

Prototype Roda Air Arus Bawah Dengan Sudu Lengkung

Petrus Sampelawang

ABSTRAK

Potensi tenaga air merupakan salah satu dari sumber energi baru terbarukan yang murah dan ramah lingkungan. Potensi tersebut sampai saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di pedesaan, khususnya untuk daerah-daerah terpencil di wilayah Kabupaten Tana Toraja dan Kabupaten Toraja Utara yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PT. PLN (Persero) karena alasan teknis dan ekonomis. Kebutuhan tenaga listrik bagi desa-desa terpencil dengan tingkat konsumsi listrik yang masih rendah memerlukan kapasitas pembangkit yang relatif kecil. Potensi tenaga air dari aliran sungai dan saluran irigasi disekitar mereka dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik dengan kapasitas kecil Untuk skala kecil pemanfaatan roda air atau kincir air dapat dijadikan sebagai alternatif pilihan. Salah satu jenis roda air yang dapat digunakan adalah roda air arus bawah (*Undershot Water Wheel*).

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik roda air arus bawah dengan sudu lengkung. Sudu lengkung terbuat dari material pipa paralon diameter 10 cm dengan panjang masing-masing 25 cm yang dibelah dan direkatkan secara vertical pada poros dengan diameter 1 (satu) inci sebagai poros roda air. *Prototype* diuji pada suatu saluran dari seng plat dengan panjang 300 cm lebar 35 cm dan tinggi 20 cm dengan jumlah sudu yang divariasikan pada masing poros yaitu poros dengan 4 sudu, 6 dan 8. Untuk memperoleh karakteristik dari variasi sudu tersebut dilakukan variasi debit aliran yaitu 0.00360 m³/s; 0,00884 m³/s dan 0,01344 m³/s .

Dari hasil eksperimen diperoleh daya maksimum roda air arus bawah dengan sudu lengkung pada jumlah sudu 8 sebesar 40,429 watt, dengan pada debit sebesar 0.01344 m³/s. Efisiensi maksimum yaitu perbandingan daya output (P_{out}) dengan daya air (P_{in}) juga dihasilkan roda air dengan 8 sudu sebesar 19,224 %.

Kata kunci : Arus bawah, Daya, Efisiensi, Roda Air, Sudu lengkung, Torsi.

PENDAHULUAN

Hingga saat ini sebahagian besar wilayah pedesaan di Kabupaten Tana Toraja dan Kabupaten Toraja Utara belum terjangkau aliran listrik dari PLN. Jaringan listrik PLN dan sarana transportasi menjadi problem utama pada daerah-daerah tersebut, karena letaknya yang cukup jauh dan terpencil. Secara teknis dan ekonomis penyediaan listrik daerah-daerah tersebut dengan koneksi ke jaringan PT.PLN (Persero) yang ada akan menghasilkan listrik yang relatif sangat mahal, sehingga lebih efektif dan efisien dengan sistem pembangkit kapasitas kecil, jaringan yang sederhana sesuai dengan jumlah konsumen yang relatif kecil dan berada disekitar pemukiman mereka melalui sumber daya yang tersedia.

Penggunaan teknologi konversi energi air dan angin dapat menjadi salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik daerah-daerah tersebut dan akan sangat membantu peningkatan taraf hidup

masyarakat setempat. Untuk daerah disekitar aliran sungai, penggunaan turbin air dan atau Roda Air lebih fleksibel dengan kondisi penyebaran pemukiman dan alam setempat sehingga dimungkinkan memperoleh listrik dengan harga yang layak.

Suatu hal yang menarik adalah bahwa potensi air tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal untuk meningkatkan kesejahteraan mereka, baik dalam kapasitasnya sebagai sumber energi listrik, pengelolaan irigasi untuk mendukung pertanian maupun untuk keperluan lainnya. Energi air yang tersedia sepanjang tahun pada beberapa lokasi, adalah asset energi murah namun masih membutuhkan sosialisasi pengembangan dan penerapan teknologi yang tepat untuk pemanfaatannya. Salah satu sistem yang dapat digunakan adalah penggunaan roda air untuk mengkonversi energi air menjadi energi mekanis berupa putaran pada poros dan selanjutnya dapat

dikonversi menjadi energi listrik atau bentuk energi lainnya sesuai kebutuhan.

Berbagai jenis Roda air yang telah dikembangkan dan diterapkan, salah satu di antaranya *roda air arus bawah (Undershot Water wheel)*. Roda air tipe *undershot* atau sering disebut tipe *Virtruvian* tidak tergantung pada selisih head ketinggian aliran sehingga tepat digunakan pada daerah yang relatif rata dengan aliran yang cukup deras. Keuntungan tipe ini ialah konstruksi yang lebih sederhana, mudah dipindahkan, dan ramah lingkungan sehingga lebih ekonomis dibanding tipe lainnya.

METODE PENELITIAN

Pengambilan data Penelitian ini dilakukan pada sungai Paniki Lembang La'bo' Kecamatan Sangalang Kabupaten Tana Toraja Toraja pada bulan Maret 2013.

Alat yang digunakan adalah; Tachometer untuk mengukur putaran poros, Timbangan untuk mengukur beban, Thermometer untuk mengukur temperature air, meteran, Stopwatch, Tali beban, pegas, timbangan dan beberapa *tools* seperti kunci pas, kunci ring, kunci inggris, obeng, tang, palu dan gergaji.

Model uji (*Prototype*) berupa roda air dengan sudu lengkung terbuat dari material pipa paralon diameter 10 cm dengan panjang 30 cm dibelah dan direkatkan pada poros diameter 1 inci. Prototipe tersebut diuji pada aliran sungai dengan menggunakan suatu saluran sederhana yang terbuat dari seng plat dengan panjang 300 cm dan lebar 35 cm dan tingi 20 cm. Untuk memperoleh aliran yang dengan fluktuasi debit yang minimum saluran diposikan dengan baik pada kemiringan sudut yang kecil 5° dan pengatur debit pada mulut saluran ke sungai sedangkan prototype diposisikan pada ujung saluran lainnya. Pada poros roda air dipasang tali untuk pembebanan untuk mengatur besarnya

pengereman putaran poros.

Pada penelitian ini, dilakukan pengambilan data berupa debit aliran melalui saluran, berat pembebanan yang digunakan, pengukuran putaran poros roda, pengukuran kecepatan air, pengukuran temperature air. Data-data hasil pengukuran tersebut dikelola untuk memperoleh gambaran karakteristik roda air berupa Torsi maksimum, Daya maksimum dan efisiensi roda air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian ini nampak bahwa daya air yang dapat didikonversi secara maksimum terjadi pada roda air dengan jumlah sudu yang paling besar (8 sudu). Hal tersebut ditunjukkan melalui data hasil Perhitungan P_{out} yang memberikan hasil maksimum pada roda air dengan 8 sudu sebesar 40,429 watt, dengan beban 7,50 kg. Peningkatan beban berdampak pada semakin kecilnya daya output (P_{out}) yang dihasilkan, sedangkan beban maksimum yang memungkinkan roda air masih dapat berputar adalah sebesar 15 Kg.

Putaran maksimum untuk masing-masing variasi debit dan variasi jumlah sudu adalah putaran sebelum terjadinya pembebanan. Daya roda air maksimum didapatkan melalui pembebanan berupa pengereman pada poros sehingga untuk debit konstan sebesar $0.01344\text{m}^3/\text{s}$ dengan 8 sudu diperoleh daya maksimum sebesar 40.429 W pada pembebanan 7,50 kg, sudu 6 diperoleh daya maksimum sebesar 27,723 watt pada beban 6.00 kg sedangkan pada sudu 4 diperoleh daya maksimum sebesar 13,862 watt pada beban 4,50 kg. Hasil tersebut memberi gambaran bahwa daya maksimum yang dapat dihasilkan suatu roda air dipengaruhi jumlah sudu, Yaitu bahwa semakin besar jumlah sudu semakin besar daya yang dapat dihasilkan (Tabel 1 dan 2). Namun dengan jumlah sudu yang terbatas, dari penelitian ini belum dapat ditentukan jumlah sudu yang ideal untuk dimensi dan debit yang diuji.

Tabel 1. Data hasil pada sudu 4 debit 0,01344 m³/s

No	m(kg)	N (rpm)	T(N.m)	ω Rad/s)	Pin(watt)	P _{OUT} watt)	η (%)
1	0,00	40,000	0,000	4,187	2,103	0,000	0,000
2	0,45	38,100	0,662	3,988	2,103	2,641	1,256
3	0,90	36,000	1,324	3,768	2,103	4,990	2,373
4	1,35	34,200	1,987	3,580	2,103	7,111	3,381
5	1,80	32,000	2,649	3,349	2,103	8,871	4,218
6	2,25	30,000	3,311	3,140	2,103	10,396	4,943
7	2,70	27,800	3,973	2,910	2,103	11,561	5,497
8	3,15	26,000	4,635	2,721	2,103	12,614	5,998
9	3,60	24,000	5,297	2,512	2,103	13,307	6,327
10	4,05	21,700	5,960	2,271	2,103	13,536	6,436
11	4,50	20,000	6,622	2,093	2,103	13,862	6,591
12	4,95	18,000	7,284	1,884	2,103	13,723	6,525
13	5,40	16,000	7,946	1,675	2,103	13,307	6,327
14	5,85	13,800	8,608	1,444	2,103	12,434	5,912
15	6,30	12,000	9,270	1,256	2,103	11,644	5,537
16	6,75	10,000	9,933	1,047	2,103	10,396	4,943
17	7,20	7,600	10,595	0,795	2,103	8,428	4,007
18	7,65	6,000	11,257	0,628	2,103	7,069	3,361
19	8,30	3,100	12,213	0,324	2,103	3,963	1,884

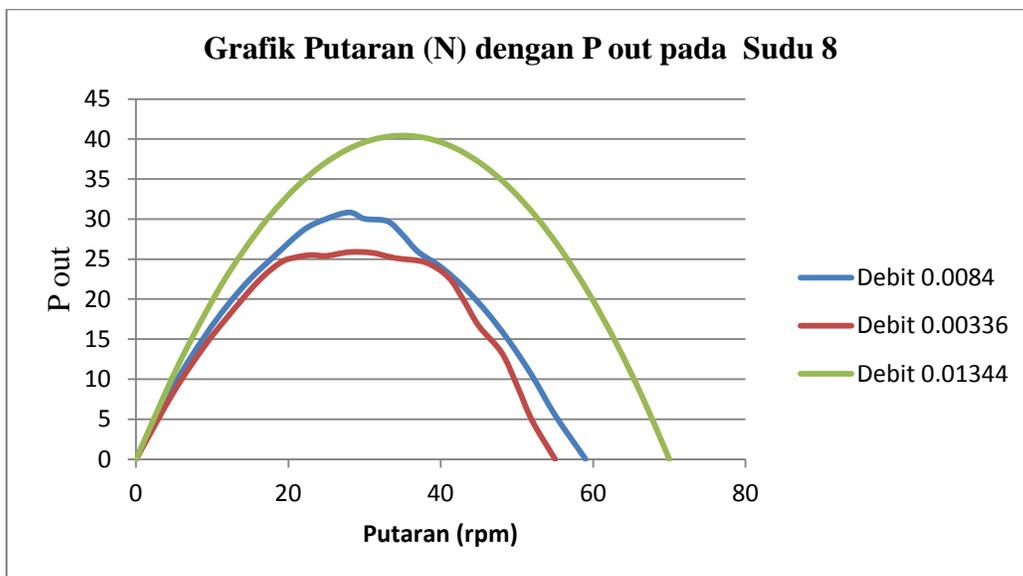
Tabel 2. Data hasil pada sudu 8 dengan debit 0.01344 m³/s

No	m(kg)	N Rpm)	T(Nm)	ω Rad/s)	P in watt)	P out watt)	η (%)
1	0,00	70,00	0,000	7,327	2,103	0,000	0,000
2	0,75	66,50	1,104	6,960	2,103	7,682	3,653
3	1,50	63,00	2,207	6,594	2,103	14,555	6,921
4	2,25	59,50	3,311	6,228	2,103	20,619	9,804
5	3,00	56,00	4,415	5,861	2,103	25,875	12,303
6	3,75	52,50	5,518	5,495	2,103	30,322	14,418
7	4,50	49,00	6,622	5,129	2,103	33,961	16,148
8	5,25	45,50	7,725	4,762	2,103	36,791	17,494
9	6,00	42,00	8,829	4,396	2,103	38,812	18,455
10	6,75	38,50	9,933	4,030	2,103	40,025	19,032
11	7,50	35,00	11,036	3,663	2,103	40,429	19,224
12	8,25	31,50	12,140	3,297	2,103	40,025	19,032
13	9,00	28,00	13,244	2,931	2,103	38,812	18,455
14	9,75	24,50	14,347	2,564	2,103	36,791	17,494
15	10,50	21,00	15,451	2,198	2,103	33,961	16,148

16	11,25	17,50	16,554	1,832	2,103	30,322	14,418
17	12,00	14,00	17,658	1,465	2,103	25,875	12,303
18	12,75	10,50	18,762	1,099	2,103	20,619	9,804
19	13,75	5,50	20,233	0,576	2,103	11,648	5,538
20	15,00	0,00	22,073	0,000	2,103	0,000	0,000

Grafik 1 menunjukkan perbandingan antara putaran (N) dengan daya output (P_{out}) pada sudu 8 dengan variasi debit (Q). Grafik tersebut menggambarkan bahwa daya maksimum tidak diperoleh pada putaran maksimum, tetapi daya maksimum dihasilkan pada

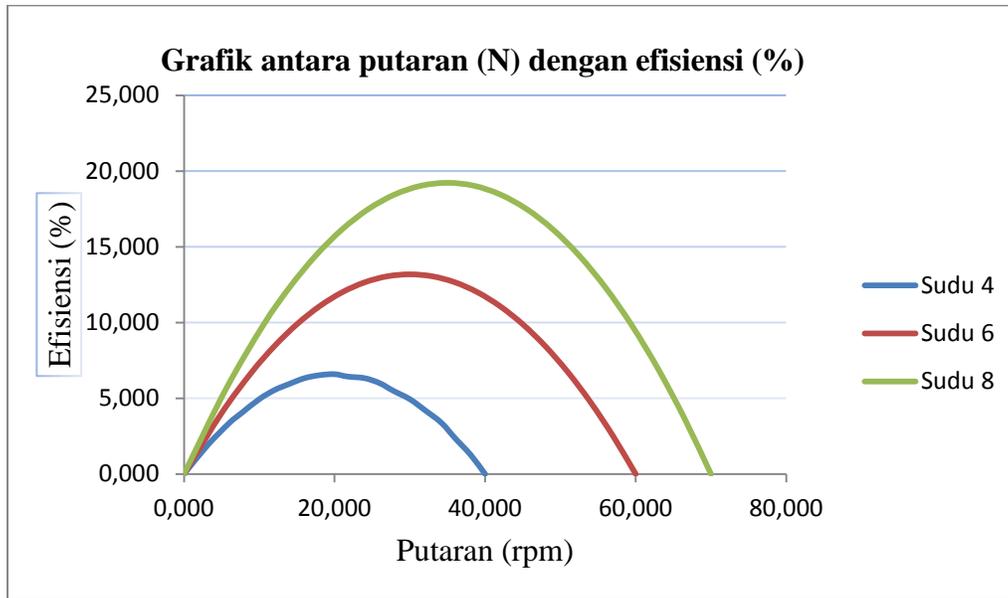
putaran menengah (sekitar 50 % putaran maksimum). Dari grafik tersebut nampak pula bahwa peningkatan debit aliran mengakibatkan peningkatan daya yang dapat dihasilkan roda air.



Grafik 1. Hubungan antara Putaran (N) dengan P_{out} dengan 8 sudu.

Grafik 2 adalah grafik yang menunjukkan korelasi antara putaran (N) dan efisiensi (%) yang dihasilkan roda air dengan variasi jumlah sudu pada debit konstan sebesar $0.01344 \text{ m}^3/\text{s}$. Grafik tersebut menunjukkan bahwa efisiensi maksimum roda air arus bawah dengan sudu lengkung adalah 19,224 %. Grafik tersebut juga memberi gambaran bahwa

efisiensi maksimum dihasilkan pada putaran menengah bukan pada putaran maksimum. Nampak juga dari hasil tersebut bahwa jumlah sudu cukup signifikan berpengaruh pada efisiensi roda air, dimana efisiensi semakin besar jika jumlah sudu semakin besar.



Grafik 2. Hubungan antara Putaran (N) dengan efisiensi (η)

KESIMPULAN

1. Roda Air arus bawah dengan sudu lengkung menghasilkan daya output (P_{out}) maksimum sebesar 40.429 Watt dengan jumlah sudu 8 pembebanan pada debit $0.0134 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Efisiensi maksimum roda air arus bawah dengan sudu lengkung dihasilkan pada sudu 8 sebesar 19,224 % untuk debit $0.0134 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Daya Output (P_{out}) roda air arus bawah dapat ditingkatkan dengan peningkatan jumlah sudu dan peningkatan debit aliran.

DAFTAR PUSTAKA

Banga T.R dan Sharma. S.C, 1984. **Hydraulic Machines with Fluid Power Engineering**,

Fourth Edition, Khanna Publishers Delhi, Delh
 Dietzel, Fritz, Dakso Sriyono (1996). **Turbin, Pompa dan Kompresor** (Terjemahan). Erlangga, Jakarta.
 Munson. R. Bruce dan Budiarto, 2003. **Mekanika Fluida** (terjemahan) Edisi keempat, Jilid I, Erlangga, Jakarta
 Munson. R. Bruce dan Budiarto, 2003. **Mekanika Fluida** (terjemahan) Edisi keempat, Jilid II, Erlangga, Jakarta
 Streeter, L. Victor dan Wylie, Benjamin.E, Arko Prijono (1988). **Mekanika Fluida** (Terjemahan). Erlangga, Jakarta.
 White, M.Frank, Manahan hariandja (1988). **Mekanika Fluida** (Terjemahan). Erlangga, Jakarta.