

PENGARUH TINGGI SUDU KINCIR AIR TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI YANG DIHASILKAN

M Zahri Kadir
Bambang

Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang – Prabumulih Km. 32 Indralaya 30662 Kabupaten Ogan Ilir

ABSTRAK

Sungai di Desa Keman Kecamatan Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir merupakan sarana transportasi sehari-hari bagi penduduknya; dimana kedalaman air sungai 2,5 m dengan kecepatan arusnya pada keadaan pasang dapat mencapai 2 m/s atau setara dengan daya air 4000 W/m². Kincir air merupakan pembangkit listrik tenaga air yang tepat untuk dikembangkan di desa ini yang mayoritas penduduknya belum menikmati listrik. Namun lebar sungai yang relatif sempit lebih kurang 3 m menjadikan dimensi/ ukuran lebar kincir terbatas atau diperlukan kincir air dengan tinggi sudu optimal untuk mendapatkan daya dan efisiensi yang tinggi.

Telah dilakukan penelitian terhadap sebuah *kincir air undershoot* tipe sudu datar yang ditempatkan mengambang diatas sungai dengan memvariasikan tinggi sudu untuk lebar sudu tetap. Konstruksi Kincir semuanya terbuat dari kayu terdiri dua roda berdiameter 1,0 m, satu poros, dengan ukuran lebar sudu 2x 50 cm dan variasi tinggi sudu 3 macam yaitu $t_{s,1}= 8$ cm, $t_{s,2}= 16$ cm, dan $t_{s,3}= 24$ cm, dan dengan variasi jumlah sudu 4 buah dan 8 buah tiap roda kincir.

Hasil pengujian dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa daya dan efisiensi dipengaruhi oleh tinggi sudu. Daya maksimum kincir terletak pada harga tinggi sudu tertentu, sedangkan efisiensi kincir akan semakin tinggi jika tinggi sudu semakin kecil. Pada pengujian ini, daya maksimum tercapai pada tinggi sudu $t_{s,2}= 16$ cm baik untuk jumlah sudu 4 buah ataupun untuk jumlah sudu 8 buah; sedangkan efisiensi maksimum dicapai pada tinggi sudu $t_{s,1}= 8$ cm, baik untuk jumlah sudu 4 buah ataupun 8 buah.

Kata Kunci: Kincir air, Tinggi sudu, Daya dan Efisiensi.

I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi di negara kita adalah energi air; murah, relatif mudah didapat dan bebas dari polusi. Sungai di Desa Keman Kecamatan Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir mempunyai kecepatan arus pada keadaan pasang mencapai 2 m/s atau setara dengan daya air 4000 W/m². Kedalaman air sungai lebih kurang 2,5 m dan lebar sungai rata-rata 3 m. Pada kehidupan sehari-hari sungai ini sebagai sumber air bersih dan sarana transportasi bagi penduduk.

Kincir air merupakan pembangkit listrik tenaga air yang tepat untuk dikembangkan di desa ini yang mayoritas penduduknya belum menikmati listrik. Konstruksinya sederhana, murah dan mudah dalam perawatannya. Selain dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yang kecil, torsi yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung untuk penggilingan, pengairan, penggergajian, dsb.

Namun lebar sungai yang relatif sempit menjadikan dimensi/ ukuran lebar kincir terbatas atau diperlukan kincir air dengan tinggi sudu optimal untuk mendapatkan daya yang besar dengan efisiensi yang tinggi. Untuk ini perlu dilakukan penelitian pengaruh perubahan tinggi sudu terhadap daya dan efisiensi kincir air. Pada penelitian ini

hanya dilakukan pemanfaatan aliran arus sungai atau energi kinetik air sungai yang menabrak sudu-sudu kincir yang membuat kincir berputar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Kincir air adalah peralatan mekanis berbentuk roda dengan sudu (*bucket* atau *vane*) pada sekeliling tepi tepinya yang diletakkan pada poros horizontal.

Kincir air memanfaatkan selisih ketinggian alamiah dari permukaan sungai kecil. Air yang masuk ke dalam dan keluar kincir tidak mempunyai tekanan lebih (*over pressure*), hanya tekanan atmosfer saja. Air itu menerjang sudu dari sebuah roda, yang kebanyakan langsung dihubungkan dengan sebuah mesin.

Kincir air dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem aliran airnya, yaitu: kincir air *overshot*, kincir air *undershot*, kincir air *breastshot* dan kincir air *tub*. Untuk kincir air *undershot* mempunyai efisiensi (20 ÷ 80)%, kecepatan poros (2 ÷ 12) rpm, tinggi jatuh/ head < 5 m dan dengan kapasitas air: (0,05 ÷ 5) m³/s.



Persamaan /rumus yang digunakan.

Untuk kincir air yang hanya memanfaatkan aliran air datar atau kecepatan arus sungai, energi air yang tersedia merupakan energi kinetik :

$$E = \frac{1}{2} m V_s^2 \tag{1}$$

dimana:

$$V_s = \text{kecepatan aliran arus sungai (m/s)}$$

Debit aliran air melalui kincir:

$$Q = V_s A, \text{ m}^3/\text{s} \tag{2}$$

Dimana:

$$A = \text{luas penampang sudu/ aliran air (m}^2\text{)}$$

Daya air yang tersedia:

$$P = \frac{1}{2} \rho Q V_s^2 \tag{3a}$$

atau,

$$P = \frac{1}{2} \rho A V_s^3 \tag{3b}$$

Daya yang dihasilkan kincir air:

$$P_{ka} = T \omega, \text{ Watt} \tag{4}$$

Dan torsi yang dihasilkan kincir:

$$T = F \times R, \text{ Nm} \tag{5}$$

dimana :

$$F = \text{Gaya tangensial, N}$$

$$R = \text{Radius kincir, m}$$

Kecepatan sudut kincir:

$$\omega = 2\pi n/60, \text{ rad/s} \tag{6}$$

dimana:

$$n = \text{putaran poros atau roda kincir, rpm}$$

Ratio kecepatan tangensial sudu dan aliran arus sungai :

$$U/V_s = \omega R / V_s \tag{7}$$

III. PERANGKAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

3.1 Diskripsi Perangkat Uji

Perangkat uji terdiri dari sebuah kincir air dengan dua roda yang dipasang seporos berdiameter satu meter, seperti terlihat pada gambar 2. Pada keliling roda dipasang sudu tipe rata dengan lebar setiap sudu 50 cm dan tinggi sudu dapat divariasikan, $t_{s,1} = 8 \text{ cm}$, $t_{s,2} = 16 \text{ cm}$, dan $t_{s,3} = 24 \text{ cm}$, dan selain itu jumlah sudu tiap roda dapat juga divariasikan yaitu 4 buah dan 8 buah. Konstruksi kincir semua terbuat dari kayu kecuali bantalannya yang menggunakan Ball Bearing baja karbon P209 yang ada dipasaran.



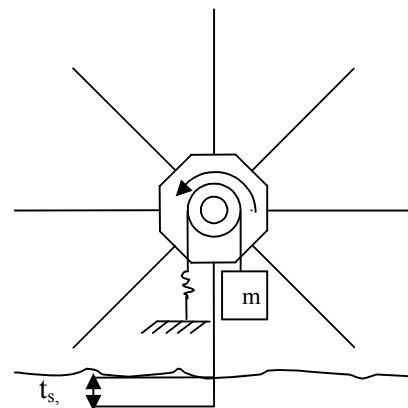
Gambar 1. Prototipe kincir air yang diuji

Perangkat uji dilengkapi sebuah alat ukur torsi tipe dinamometer pita dan pengukur jumlah putaran. Kincir air ditempatkan terapung diatas permukaan sungai yaitu dengan menempatkan kincir diatas sebuah rakit bambu. Dalam pengujian ini sistem aliran air melalui kincir adalah *Undershot Wheel* yaitu memanfaatkan energi kinetik aliran arus sungai yang mengalir dibagian bawah kincir, kemudian diubah menjadi energi mekanis pada kincir air itu sendiri.

3.2 Prosedur pengujian

Setelah kincir air ditempatkan di aliran sungai maka dilakukan langkah-langkah pengujian/ pengambilan data sebagai berikut:

- Ukur kecepatan arus/ aliran sungai (V_s)
- Atur kedudukan kincir air sehingga sudu pada posisi vertikal terhadap permukaan air, tingginya semua terendam dalam air sungai.
- Atur beban/ torsi pada dinamometer pita.
- Setelah kincir berputar secara stedi, ukur kecepatan putar roda kincir (n) dan gaya torsi (F).
- Lakukan langkah pengujian yang sama untuk ketiga ukuran tinggi sudu dan jumlah sudu yang berbeda lainnya.



Gambar 2. Posisi tinggi sudu dan dinamometer pita

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1, dan selanjut dilakukan analisis/ perhitungan yang hasilnya disajikan dalam bentuk grafik-grafik dibawah ini.

Tabel .1 Data Hasil Pengujian

Kincir Air 8 sudu			Kincir Air 4 sudu		
V_s (m/s)	n (rpm)	F (N)	V_s (m/s)	n (rpm)	F (N)
$t_{s,1} = 8 \text{ cm}$			$t_{s,1} = 8 \text{ cm}$		
0.98	13.12	9.810	0.98	11.26	9.810
0.98	12.64	29.430	0.98	10.02	29.430
0.98	11.91	49.050	0.98	8.31	49.050
0.98	10.25	68.670	0.98	7.62	68.670

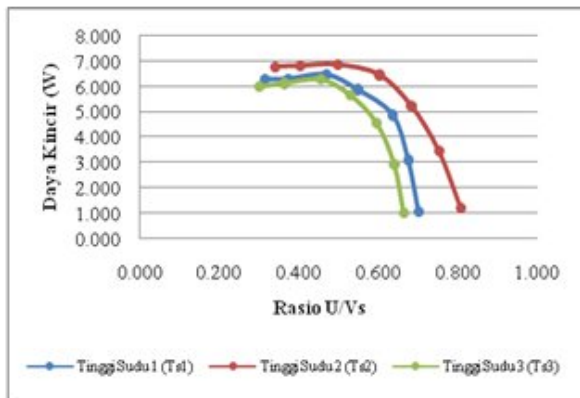


0.98	8.77	88.290	0.98	5.79	88.290
0.98	6.98	107.910	0.98	4.11	107.910
0.98	5.89	127.530			
$t_{s,2} = 16$ cm			$t_{s,2} = 16$ cm		
0.98	15.11	9.810	0.98	12.13	9.810
0.98	14.09	29.430	0.98	11.12	29.430
0.98	12.79	49.050	0.98	10.21	49.050
0.98	11.27	68.670	0.98	9.11	68.670
0.98	9.3	88.290	0.98	7.05	88.290
0.98	7.56	107.910	0.98	5.03	107.910
0.98	6.37	127.530			

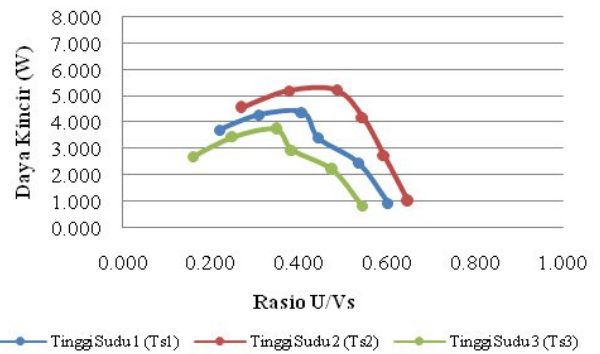
Bersambung

sambungan

Kincir Air 8 sudu			Kincir Air 4 sudu		
V_s (m/s)	n (rpm)	F (N)	V_s (m/s)	n (rpm)	F (N)
$t_{s,3} = 24$ cm			$t_{s,3} = 24$ cm		
0.98	12.42	9.810	0.98	10.16	9.810
0.98	11.97	29.430	0.98	8.91	29.430
0.98	11.14	49.050	0.98	7.2	49.050
0.98	9.89	68.670	0.98	6.51	68.670
0.98	8.51	88.290	0.98	4.68	88.290
0.98	6.78	107.910	0.98	3	107.910
0.98	5.62	127.530			

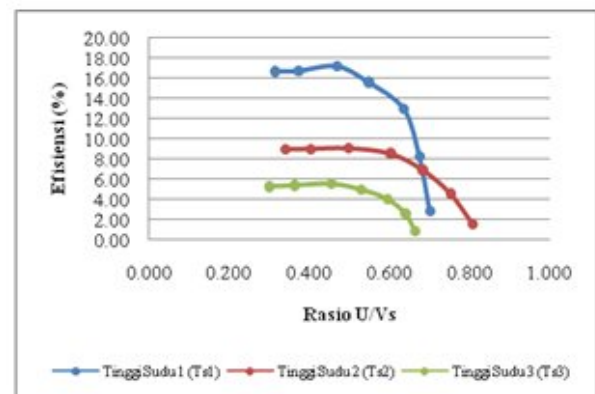


Gambar 3 Grafik Daya Kincir Air Sudu 8 vs U/Vs



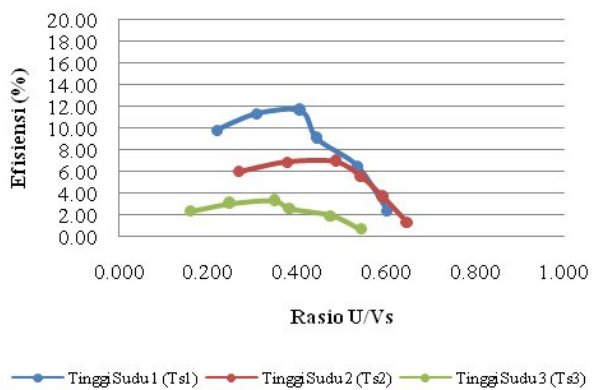
Gambar 4 Grafik Daya Kincir Air Sudu 4 vs U/Vs

Dari gambar 3 dan 4 terlihat bahwa tinggi sudu mempengaruhi daya kincir, dimana daya mencapai maksimum untuk tinggi sudu menengah atau $t_{s,2} = 18$ cm baik untuk jumlah sudu 4 ataupun untuk jumlah sudu 8; jumlah sudu kincir hanya mempengaruhi nilai nominal daya kincir yang dihasilkan, dimana untuk jumlah sudu yang lebih banyak dapat menghasilkan daya yang lebih besar. Hal ini juga menunjukkan bahwa luas penampang sudu tidak berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan kincir, jadi ada harga luas penampang optimalnya.



Gambar 5 Grafik Efisiensi Kincir Air Sudu 8 vs U/Vs





Gambar 6 Grafik Efisiensi Kincir Air Sudu 4 vs U/Vs

Dari gambar 5 dan 6, efisiensi kincir air dipengaruhi tinggi sudu kincir semakin kecil (pendek) tinggi sudu semakin baik efisiensi yang dihasilkan, baik untuk kincir sudu 4 ataupun untuk kincir sudu 8.

Dari gambar grafik diatas juga terlihat bahwa kondisi operasi terbaik kincir air terletak pada rasio kecepatan keliling sudu dan kecepatan arus sungai pada $4 < U/V_s < 5,5$.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan pengujian dan analisis data yaitu sebagai berikut:

1. Tinggi sudu kincir mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan kincir air ; daya maksimum kincir terletak pada harga tinggi sudu tertentu, sedangkan efisiensi kincir akan semakin tinggi jika tinggi sudu semakin kecil.
2. Jumlah sudu pada roda kincir hanya mempengaruhi nilai nominal dari daya dan efisiensi maksimum yang dihasilkan kincir air.
3. Titik optimal pengoperasian kincir air terletak pada ratio kecepatan keliling sudu dan kecepatan arus sungai, U/V_s antara 4 sampai 5,5.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar Wiranto, *Penggerak Mula Turbin Edisi Ketiga*. Bandung: ITB, 2004
2. Basyirun, Winarno DR dan Karnowo, *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2008
3. http://en.wikipedia.org/wiki/water_wheel
4. Kusnaedi dan Suharsono, *Kincir Air Pembangkit Listrik*. Jakarta : Penebar Swadaya, 2000.
5. Nakra, *Instrumentation, Measurement and Analysis 2ed*. Tata MGH, 2004.
6. Paryatmo, Wibowo. *Turbin Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2007.

7. Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati, *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: ANDI, 2006
8. Streeter, Victor.L and Wylie, E. Benjamin, *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga, 1996
9. www.scribd.com/pemanfaatan_tenaga_air/

