

# PRESTASI KINCIR AIR SUDU MELENGKUNG TIPE *UNDERSHOT* SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR PIKOHIDRO PADA SALURAN IRIGASI

Sugiman<sup>[1]</sup>, Asral<sup>[2]</sup>, Feblil Huda<sup>[3]</sup>

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

<sup>[1]</sup>sugiman.unri@gmail.com, <sup>[2]</sup>asral\_2008@yahoo.com, <sup>[3]</sup>feblil\_80@yahoo.com

## Abstract

*The study waterwheel performance has done by utilizing the potential of water energy source which is found in irrigation channel in Koto Tibun Village, Kampar Subdistrict, Kampar Regency. The purpose of this study is to determine the achievement of the waterwheel curved undershot type on the irrigation canal. The design has been done to get a curved angle of  $54.21^{\circ}$  with a blade length of 0.7 m. The result is obtained from the test is the mass of water type ( )  $972 \text{ Kg} / \text{m}^3$ , the maximum water wheel daya  $244.3736 \text{ W}$  at the 5th discharge ( $Q_5$ ) is  $0.2221 \text{ m}^3 / \text{s}$ , and the highest efficiency  $58.62576\%$  at the discharge 3 ( $Q_3 = 0.1671 \text{ m}^3 / \text{s}$ ) with  $1.3 \text{ rpm}$  and  $186.874 \text{ W}$ . Achievement of waterwheels curved undershot curve can be seen through the power graph and the efficiency of the rotation indicating that the greater the value it will be along with the increase in rotational speed and will drop at a certain speed of play.*

**Keywords:** *waterwheel, undershot, curved blade, irrigation, picohydro*

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik di Indonesia setiap tahunnya, terus mengalami peningkatan. Pada periode tahun 2016-2025 kebutuhan listrik diperkirakan akan meningkat dari 216,8 TWh pada tahun 2016 menjadi 457,0 TWh pada tahun 2025, atau tumbuh rata-rata 8,6% per tahun [1]. Kekayaan sumber daya energi di Indonesia, yaitu tenaga air (*Hydropower*), panas bumi, gas bumi, batu bara, gambut, biomassa, biogas, angin, energi laut, matahari dan lainnya dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif, menggantikan ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, yang semakin terbatas baik jumlah dan cadangannya [2]. Dengan terbatasnya sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, maka pemanfaatan energi baru dan terbarukan terus dikembangkan salah satunya *hydropower* atau tenaga air. Potensi energi dari aliran air dapat dimanfaatkan untuk memutar sudu kincir atau turbin yang ditransmisikan, sehingga dapat menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik.

Unggul Wibawa dan tim dalam penelitiannya melakukan perancangan kincir air pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) di Desa Bendosari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang. Daya yang dihasilkan dalam pembangkitnya sebesar 3,214 kW pada putaran 17,41 rpm. Daya tersebut tidak jauh berbeda dengan daya teoritis pada perancangannya yaitu 3,354 kW [3]. M. Zahri Kadir dan Bambang juga telah melakukan penelitian terhadap sebuah kincir air *undershot* 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 2x50 cm dan variasi tinggi sudu 3 macam yaitu 8 cm, 16 cm, dan 24 cm, dan dengan variasi jumlah sudu 4 buah dan 8 buah tiap roda kincir [4]. Luther Sule dan Erwin Timbayo Sule dalam penelitiannya pada roda air sudu plat datar memiliki tujuan yaitu untuk menganalisis torsi maksimum dan daya roda air maksimum yang dihasilkan dengan variasi debit dan jumlah sudu serta menentukan kinerja terbaik dari roda air berdasarkan hasil pengujian [5].

Melihat potensi energi aliran pada saluran irigasi di wilayah perdesaan khusus Provinsi Riau, yang belum dimanfaatkan secara maksimal terutama dalam bidang pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan (*renewable energy*) dan mengacu penelitian yang pernah dilakukan. Maka, Penulis bermaksud untuk melakukan penelitian tentang pembangkit listrik tenaga air. Penelitian dilakukan dengan kincir air tipe *undershot* dan sudu kincirnya berbentuk melengkung disaluran irigasi. Energi aliran irigasi yang belum dimanfaatkan secara maksimal tersebut nantinya akan dikonversikan menjadi energi listrik skala pikohidro (kecil dari 5 KW).

Tenaga air (*Hydropower*) merupakan salah satu energi terbarukan yang terus dikembangkan karena hampir dimiliki di setiap daerah. *Hydropower* adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Tenaga air (*Hydropower*) contohnya adalah air terjun, air sungai, arus laut dan aliran irigasi. Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi, untuk menunjang pertanian

yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak [6].

Kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Sudu gerak kincir air tipe *undershot* sebelum dilakukan modifikasi mempunyai bentuk lurus. Untuk meningkatkan unjuk prestasinya maka bentuk sudu geraknya diubah menjadi bentuk vane yang melengkung. Jenis kincir ini juga dikenal sebagai kincir air *poncelet*. Besar efisiensi dari kincir air *undershot* dengan sudu melengkung ini adalah sebesar 60%-70% [7]. Turbin merupakan mesin penggerak, dimana fluida yang digunakan langsung untuk memutar turbin. Bagian roda turbin yang berputar dinamakan *rotor (runner)* atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan (*stator*) atau rumah turbin.

## 2. Metodologi

Pengujian dilakukan langsung dilapangan yaitu disaluran irigasi. Dilakukan dilapangan agar penelitian ini memberikan pengetahuan atas potensi air di Provinsi Riau secara langsung serta memberikan gambaran kepada masyarakat akan pentingnya pengembangan energi baru dan terbarukan. Pengujian dilakukan dengan mekanisme seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme pengujian kincir air

Keterangan gambar :

1. Kincir air
2. *Support*
3. *Load* (beban)
4. Sabuk
5. Poros
6. *Spanscrup*

Pengujian kincir dilakukan dengan metode pembebanan poros sehingga dapat diketahui daya yang dihasilkan melalui putaran kincir dikali dengan besar torsi. Pembebanan yang dilakukan yaitu dengan memberikan *hanging scale* (timbangan gantung) yang dipasang pada batang *support* dan dikalungkan sabuk pada poros. Untuk mengatur variasi pembebanan dengan memutar *spanscrup* untuk mengatur ketegangan sabuk dan menarik poros yang sedang berputar.

Sebelum menghitung besar daya air pada saluran irigasi, maka dilakukanlah perhitungan nilai massa jenis air dengan mengambil sample air dan dilakukan dengan menimbang massa air tersebut, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Air sebagai sample pengujian diambil dari saluran irigasi
2. Air dituang sebanyak 50 ml pada *picnometer*, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Air dituang pada *picnometer*

3. Kemudian ditimbang dengan neraca *analitik*, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Air ditimbang dengan neraca analitik

4. Hasil dari massa air dicatat dan dihitung
5. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan nilai yang akurat

Untuk proses pengambilan data dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Alat dalam proses pengujian kincir disiapkan. Alat yang digunakan dalam pengujian terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat pengujian

2. Kecepatan air diukur dengan metode apung menggunakan bola pimpong dan waktu dikontrol dengan *stopwatch*, panjang dan lebar saluran diukur dengan *rollmeter* untuk mengetahui data air
3. Seperangkat alat *dynotest* yang telah disiapkan kemudian dipasang pada poros kincir seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Dynotest*

4. Pintu utama saluran irigasi diatur sehingga ketinggian air di saluran irigasi pada 0,7 m
5. *Spanscrup* diputar untuk memberikan beban pengereman pada poros dengan variasi pembebanan. Cara penambahan beban pada poros seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Spanscrup* diatur

6. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *tachometer* untuk mengetahui putaran kincir, seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengukuran putaran kincir

7. Variasi ketinggian air dilakukan dengan membuka pintu air utama pada saluran irigasi dari ketinggian 0,7 m sampai 1 m. Dan setiap ketinggian air divariasikan pembebanannya pada poros kincir dari 20 Kg sampai 180 Kg. Untuk setiap ketinggian air juga dilakukan pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan metode apung (bola pimpong) dan waktu diukur dengan *stopwatch*.
8. Hasil pengukuran dan data air dicatat

### 3. Hasil

Pada Tabel 1 dan 2 disajikan data hasil pengujian berdasarkan keadaan dilapangan (saluran irigasi) dan perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 1. Data aliran air

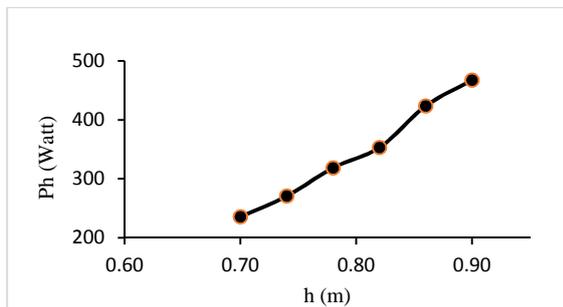
$h$ (m)	$l$ (m)	$t$ (s)	$V$ (m <sup>3</sup> /s)	$w$ (m)	$A$ (m <sup>2</sup> )	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	$P_h$ (W)
0,70	5,0	23,8	0,2101	0,84	0,5880	0,1235	972	9,81	235,578
0,74	5,0	21,9	0,2283	0,84	0,6216	0,1419	972	9,81	270,646
0,78	5,0	19,6	0,2551	0,84	0,6552	0,1671	972	9,81	318,752
0,82	5,0	18,6	0,2688	0,84	0,6888	0,1852	972	9,81	353,114
0,86	5,0	16,3	0,3075	0,84	0,7224	0,2221	972	9,81	423,636
0,90	5,0	15,4	0,3243	0,84	0,7560	0,2451	972	9,81	467,49

Tabel 2. Data Pengujian

No.	Q (m <sup>3</sup> /s)	Ph (Watt)	Load (Kg)	n (rpm)	P (Watt)	$\eta$ (%)
1	Q1 (0,1235)	235,578	180	0	0	0
			140	0,8	114,9994	48,81583
			100	1	102,678	43,58556
			60	1,1	67,76748	28,76647
			20	1,2	24,64272	10,46054
			0	0	0	0
2	Q2 (0,1419)	270,646	180	0	0	0
			140	1	143,7492	53,1337
			100	1,1	112,9458	41,73193
			60	1,2	73,92816	27,31545
			20	1,4	28,74984	10,62267
			0	0	0	0
3	Q3 (0,1671)	318,752	180	0	0	0
			140	1,3	186,874	58,62676
			100	1,4	143,7492	45,09751
			60	1,5	92,4102	28,99125
			20	1,7	34,91052	10,95225
			0	0	0	0
4	Q4 (0,1852)	353,114	180	0	0	0
			140	1,4	201,2489	56,99261
			100	1,5	15,017	43,61679
			60	1,6	98,57088	27,91475
			20	1,7	34,91052	9,886473
			0	0	0	0
5	Q5 (0,2221)	423,636	180	0	0	0
			140	1,7	244,3736	57,68481
			100	1,8	184,8204	43,62717
			60	1,9	117,0529	27,63054
			20	2	41,0712	9,694927
			0	0	0	0
6	Q6 (0,2451)	467,49	180	0	0	0
			140	1,4	201,2489	43,04881
			100	1,5	154,017	32,94552
			60	1,7	104,7316	22,40295
			20	1,8	36,96408	7,906924
			0	0	0	0

4. Pembahasan

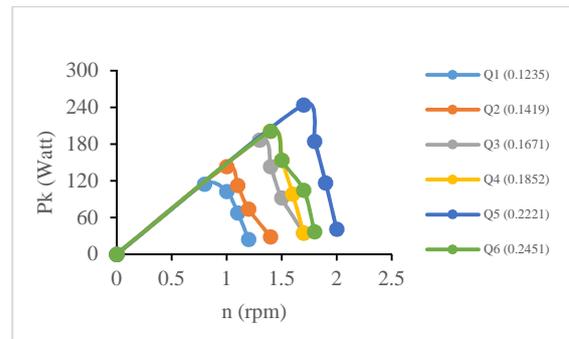
Dari grafik hasil pengujian pada Gambar 8 dapat dilihat perbandingan tinggi air (h) terhadap daya air (Ph) besarnya berbanding lurus. Hal ini terjadi karena volume air yang semakin besar menjadikan debit semakin bertambah dan daya air yang dihasilkan akan lebih besar. Hubungan antara torsi dan pembebanan yaitu berbanding lurus artinya semakin besar beban yang di berikan (di gantung) pada poros maka torsi yang terjadi juga semakin besar dan sebaliknya semakin kecil pembebanan yang di berikan pada kincir maka torsi juga semakin kecil.



Gambar 8. Grafik hubungan ketinggian air terhadap daya air

Daya kincir yang dihasilkan secara maksimal terhadap putaran kincir ditunjukkan pada debit 0,2221 m<sup>3</sup>/s dengan pembebanan 140 Kg dan putarannya 1,7 rpm yaitu sebesar 244,3736 W.

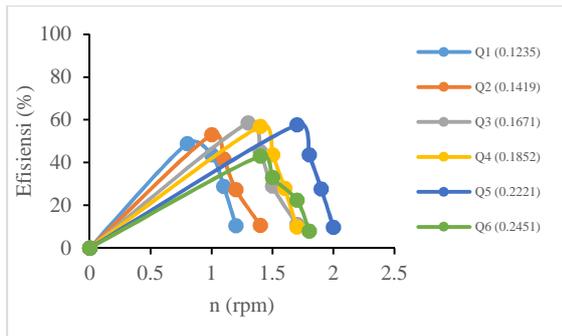
Seperti yang terlihat pada Gambar 9, tidak pada putaran awal kincir yang memiliki rpm lebih besar dari putaran saat diberikan pembebanan tersebut. Ini menunjukkan bahwa putaran berpengaruh terhadap beban yang diberikan kepada poros sehingga nilai kecepatan sudutnya kecil. Untuk besar torsi yang dihasilkan pada putaran awal sangat rendah dan bahkan tidak ada karena pembebanan yang diberikan tidak ada. Menjadikan alasan semakin besar pembebanan yang diberikan akan semakin besar juga torsi yang dihasilkan. Untuk itu, dalam menghasilkan besar daya kincir yang maksimal maka besar torsi yang dihasilkan dengan kecepatan sudut haruslah seimbang (berbanding lurus). Pada debit 0,2221 m<sup>3</sup>/s dengan putaran 1,7 rpm merupakan titik dimana torsi dan putaran kincir hampir seimbang dan menghasilkan daya yang maksimal.



Gambar 9. Grafik hubungan kecepatan putaran kincir terhadap daya kincir

Pada grafik efisiensi maksimal yang diperoleh pada debit 3 (Q3), meskipun besar debit lebih kecil jika dibandingkan dengan debit 4,5, dan 6. Hal ini dapat terjadi dikarenakan besar pembagi atau daya air (Ph) dari persamaan efisiensi  $\eta = \frac{P_k}{P_h} 100\%$  menunjukkan nilai yang kecil. Putaran yang dihasilkan akan mempengaruhi besarnya daya kincir, dimana semakin rendah putaran maka daya kincir yang dihasilkan juga akan semakin turun. Disebabkan karena pemberian pembebanan sehingga putaran yang dihasilkan menurun dimana putaran sangat berpengaruh terhadap nilai kecepatan sudut. Dan kecepatan sudut menjadi salah satu pengaruh terhadap besar daya kincir.

Daya air juga berpengaruh terhadap efisiensi yang sangat dipengaruhi oleh besarnya debit yang mengalir pada saluran irigasi. Dengan bertambahnya besar pembebanan terhadap poros kincir menjadikan putaran kincir semakin berputar lambat dan menjadikan ketinggian air pada saluran semakin meningkat. Dengan bertambahnya debit air maka semakin besar daya air yang mengalir dalam saluran. Oleh karena itu, efisiensi maksimum terjadi pada debit 3 yaitu 0,1671 m<sup>3</sup>/s sedangkan torsi yang besar pada debit yang besar.



Gambar 10. Grafik hubungan kecepatan putaran kincir terhadap efisiensi

Nilai efisiensi kincir air dengan sudu melengkung yang telah diuji pada saluran irigasi sebagai pembangkit listrik tenaga air pikohidro sebesar 58,62% terlihat pada Gambar 10. Nilai ini menunjukkan kesesuaian dengan teori dimana kincir air *undershot* sudu melengkung memiliki efisiensi sebesar 55-65%. Dan dilihat dari hasil perhitungan yang telah diplotkan dalam grafik menunjukkan performansi kincir tersebut. Bentuk kurvanya parabolik yang menunjukkan bahwa daya yang semakin besar akan seiring dengan kecepatan putar dan daya akan turun pada suatu kecepatan putar tertentu. Dan untuk grafik efisiensi terhadap putaran menunjukkan performansi kincir air tersebut berbentuk parabolik yang artinya bahwa efisiensi naik seiring dengan kenaikan kecepatan putar dan efisiensi juga akan mengalami turun pada suatu kecepatan putar tertentu.

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Daya maksimum yang dihasilkan adalah 244,4 Watt
2. Efisiensi maksimum adalah 58,62% dicapai pada saat debit aliran 0,1671 m<sup>3</sup>/s
3. Kenaikan kecepatan aliran mengakibatkan peningkatan daya output kincir

## Daftar Pustaka

- [1] Mentri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2016. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) tahun 2016 s.d. 2025*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta
- [2] Kholiq, I. 2015. Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi BBM. *Jurnal IPTEK*. 19 (2): 75-91
- [3] U. Wibawa, S. Hari dan Dharmayana. 2014. Perancangan kincir air pembangkit listrik tenaga mikohidro (PLTMH) desa Bendosari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang. *Jurnal Elektro*. 7 (1): 45-48

- [4] Kadir, Z. M. dan Bambang. 2010. Pengaruh tinggi sudu kincir air terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9*. 13-15 Oktober 2010, Palembang, Indonesia. Hal. 537-540
- [5] Sule, L dan Sule T. E. 2012. Analisa performance roda air arus bawah untuk sudu plat datar dengan variasi jumlah sudu laju. *Prosiding 2012 Hasil Penelitian Fakultas Teknik*. Desember 2012. Sulawesi Selatan, Indonesia. Hal. 1-10
- [6] Mentri PUPR. 2015. *Kriteria dan penetapan status daerah irigasi*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta
- [7] Naveed, A. 2014. Investigation and design of undershot hydrostatic pressure converter for the exploitation of very low head hydropower potential for a specific site in Pakistan. *Tesis*. University of Engineering and Technology, Pakistan