STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA KINCIR AIR (*WATER WHEEL*) *UNDERSHOT* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR PADA ALIRAN IRIGASI

M. Rizwan[1], Asral[2]
Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
[1]Rizwanyt21@gmail.com, [2]Asral_2008@yahoo.com

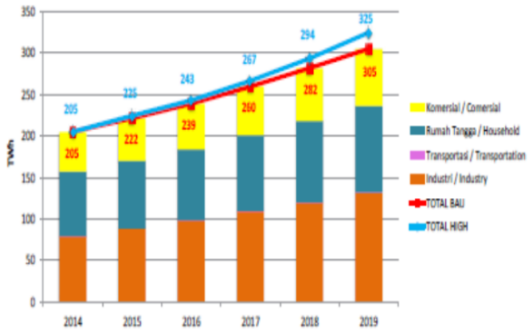
Abstract

The water flow is mostly used to generate electrical energy. The proposed research is to know the efficiency and maximum power generated by the waterwheel. In this research, the experimental method is used the water flow for irrigation, which is used to move the water wheel. The water wheel used is a type of undershot flat blade type 2 m diameter with 18 pieces of blade. The highest efficiency discharge by water wheel was 46.19 % with debit 0.313 m3/s and highest power produced water wheel 219.12 watts with debit 0.313 m3 / s. The water level greatly affects all aspects of the water wheel working system.

Keywords: water wheel, undershot flat blade, efficiency

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya terus meningkat karena pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sumber pemasok listrik yang dikelola oleh PLN memegang peran penting terhadap ketersediaan listrik terutama di Jawa, Madura, dan Bali. Rasio elektrifikasi Indonesia sebesar 85% pada tahun 2015 (ESDM, 2012), menunjukkan bahwa belum seluruh daerah di Indonesia mendapatkan fasilitas listrik. 85% yang sudah menikmati listrik tersebut di dominasi oleh Pulau Jawa. Rasio elektrifikasi Riau sendiri sebesar 77.56%. Sehingga setiap 100 jiwa penduduk, maka 78 jiwa yang menikmati fasilitas listrik (ESDM, 2012), seperti pada Gambar 1



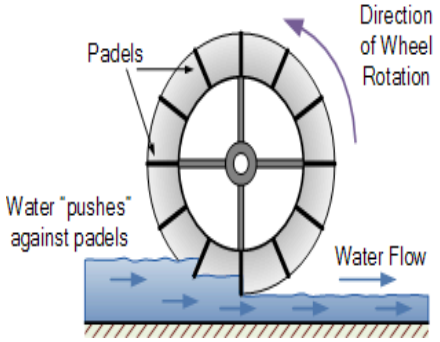
Gambar 1 Kebutuhan Listrik yang Harus Dipenuhi PLN (Sugiono, 2014)

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menghasilkan listrik adalah pemakaian energi air sebagai penggerak turbin. Di dalam turbin energi kinetik air dirubah menjadi energi mekanik, di mana air memutar roda turbin (Arismunandar. 1982). Energi puntir yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator (Luknanto. 2008).

Luther Sule, pada tahun 2012 menganalisa *performance* roda air arus bawah untuk sudu plat datar dengan variasi jumlah sudu laju melalui proyek Tugas Akhir Universitas Hasanuddin. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, Daya kincir maksimum yang dihasilkan oleh roda air pada sudu plat datar terjadi pada pembukaan debit II (Q2 = 0,01469 m3/s) dengan jumlah sudu 8 sebesar 1,80847 watt. Efisiensi atau kinerja maksimum yang dihasilkan oleh roda air pada sudu plat datar terjadi pada pembukaan debit II (Q2 = 0,01469 m3/s) dengan jumlah sudu 8 sebesar 18,622431 % (Luther dkk,2012).

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah : Untuk mengetahui efisensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan penggerak aliran arus sungai jenis *undershot*, Untuk mengetahui daya maksimum yang dihasilkan oleh roda air pada sudu plat datar jenis *undershot*.

Kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *undershot* tidak mempunyai tambahan keuntungan dari *head*. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "*Vitruvian*". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. Dapat dilihat pada Gambar 2.



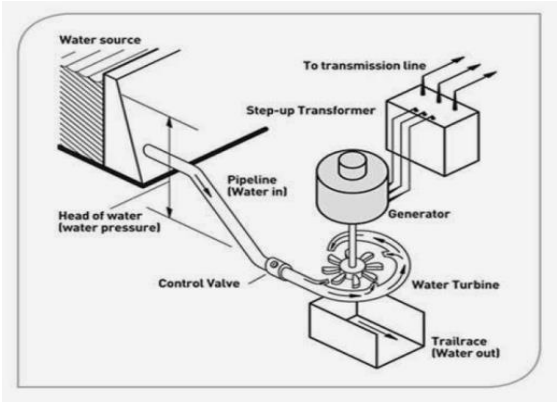
Gambar 2 Kincir air *Undershot* (http://www.alternative-energy-tutorials.com/images/stories/hydro/alt73.gif)

Keuntungan dari kincir jenis ini adalah konstruksi lebih sederhana, lebih ekonomis, mudah untuk dipindahkan. Sedangkan kerugiannya adalah memiliki efisiensi kecil dan daya yang dihasilkan relatif kecil

Tabel 1 Spesifikasi Turbin Air Jenis Kincir Air (http://tep.fateta.ipb.ac.id/elearning/media/Energi.)

Spesifikasi	***Overshot***	***Breastshot***	***Undershot***
Ketinggian jatuh air (m)	3 – 12	2 – 5	0,4 - 3,0
Debit air (m^3/detik)	0,1 - 1,0	0,3 - 3,0	0,2 - 5,0
Diameter Turbin D (m)	2,5 – 10	5,5 - 8,5 (D=h+3,5)	2 – 9 D=(3h s/d 5h)
Kecepatan Peripheral U (m/detik)	1,5 - 2,0	1,4 - 2,0	2 – 12
Putaran poros (rpm)	3 – 25	3 – 7	2 – 12
Efisiensi Maksimum (%)	25 – 80	20 – 75	20 – 70

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) skala piko pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya Menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik,(Gambar 3).



Gambar 3 Prinsip Kerja PLTPH, Energi Potensial - Energi Mekanik - Energi Listrik (Theraja,2001)

2. Parameter Kinerja Kincir Air

Adapun persamaan yang digunakan untuk mencari parameter Kincir air tipe *undershot* adalah:

2.1 Debit Aliran Air (Q)

Debit Air Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Debit (Q) dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m3/s), dimana debit air (Q) dapat dicari dengan persamaan berikut ini (Munson, 2003):

$$Q = A.v \quad (1)$$

Dimana A adalah luas penampang basah (m^2), dan v menyatakan kecepatan aliran (m/s). Luas penampang basah (A) dapat dihitung dengan persamaanberikut ini (Yusri, 2004):

$$A = d.w \quad (2)$$

Dimana d menyatakan kedalaman air pada saluran (m), dan w adalah lebar saluran yang terbasahi (m). Sedangkan kecepatan aliran air pada saluran (v) dapat dicari dengan menggunakan persamaanberikut ini (Prayatmo, 2007):

$$v = \frac{l}{t} \quad (3)$$

Dimana l adalah jarak tempuh pelampung (m), dan tmenyatakan waktu tempuh pelampung (detik).

2.2 Daya Listrik (Pe)

Daya listrik didefenisikan sebagai produk dari tegangan dan kuat arus yang diformulasikan dengan persamaanberikut ini (Govindasamy, 2010):

$$P_e = v\,x\,I \quad (4)$$

Dimana: Pe : Daya listrik(Watt)
v : Tegangan (V)
I : Kuat arus (A)

Jika suatu *resistor*/ hambatan dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung dari *resistor*/ hambatan akan menimbulkan beda potensial atau tegangan. Pada temperatur konstan kuat arus yang melewati *circuit* berbanding lurus dengan tegangan, namun berbanding terbalik dengan hambatan (Govindasamy, 2010):

$$I = \frac{v}{R} \quad (5)$$

Dimana: R: Hambatan (Ohm)

Maka daya listrik (Pe) dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikuta ini:

$$P_e = \frac{v^2}{R} \quad (6)$$

2.3 Daya Mekanik (Pm)

Karena pada pembangkit listrik terdapat sistem transmisi dan generator yang diketahui efisiensinya maka daya mekanik/ daya Kincir dapat dicari dengan persamaan berikut ini (Ferinando, 2017):

$$P_m = \frac{P_e}{\eta_{tm} \times \eta_g} \quad (7)$$

Dimana: Pm : Daya mekanik/ Kincir
ηtm : Efisiensi transmisi
ηg : Efisiensi generator

2.4 Efisiensi Kincir (η_m)

Efisiensi Kincir air merupakan perbandingan antara daya mekanik Kincir (Pm) dengan daya air (Ph) (Wahyudi, et al, 2012).

$$\eta_m = \frac{\text{Daya Mekanik } (P_m)}{\text{Daya Air } (P_h)} \text{ x } 100\%$$

2.5 Efisiensi Sistem

Efisiensi sistem merupakan perbandingan antara daya listrik yang dihasilkan Kincir (Pe) dengan daya air (Ph) (Wahyudi, et al, 2012).

$$\eta_s = \frac{Daya\ Listrik\ (P_e)}{Daya\ Air\ (P_h)}\ x\ 100\% \qquad (9)$$

3. Waktu Dan Tempat Penelitian

Pengujian kincir air tipe *undershot* dilakukan pada tanggal 27 Agustus 2016 s/d 11 November 2016 yang dilakukan di Desa Koto Tibun, Kec. Kampar, Kab. Kampar. Pengujian sendiri dimulai dengan pemasangan istalasi kincir pada lokasi pengujian dan penyetingan alat pengujian, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data pengujian dan analisa data hasil pengujian.

4. Metode

Metode yang digunakan adalah metode Eksperimental dengan pengujian langsung pada aliran irigasi anak sungai. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi ketinggian air, adapun variasi ketinggian air adalah :

1. Tinggi Air 0,87
2. Tinggi Air 0,85
3. Tinggi Air 0,83
4. Tinggi Air 0,81
5. Tinggi Air 0,79
6. Tinggi Air 0,77
7. Tinggi Air 0,75
8. Tinggi Air 0,73
9. Tinggi Air 0,71
10. Tinggi Air 0,769
11. Tinggi Air 0,67
12. Tinggi Air 0,65

Dengan adanya perbedaan ketinggian air kecepetan liran juga berubah, kecepatan aliran diukur dengan menggunakan metode manual dengan cara melemparkan benda terapung berupa sebuah pelampung ke aliran air dalam saluran dengan jarak tertentu kemudian dibagi dengan kecepatan benda menempuh jarak tersebut menggunakan stopwatch (Gambar 4). Pengukuran dilakukan beberapa kali agar mendapatkan hasil yang mendekati kecepatan air yang sesungguhnya (Jamlay, 2016).

Gambar 4 Skema Pengukuran Waktu Aliran Pelampung (Jamlay, 2016)

Setelah waktu alir pelampung diperoleh, maka selanjutnya dihitung kecepatan aliran irigasi (Prayatmo, 2007).

$$v = \frac{l}{t} \qquad (8) \qquad (4)$$

Dimana :

v : Kecepatan air rata-rata (m/s)
l : Jarak tempuh pelampung (m)
t : Waktu tempuh pelampung rata-rata (s).

Dalam penelitian ini digunakan beberapa jenis alat ukur untuk mengukur besaran-besaran atau parameter pada pengujian. Alat ukur dipasang pada titik-titik yang perlu diuji dan diambil datanya. Alat ukur yang diperlukan yaitu:

1. Multi meter (alat ukur tegangan, tahanan dan kuat arus listrik)
2. Tachometer (alat ukur putaran poros)
3. Mistar/meteran air (alat ukur ketinggian air)

5. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2 hasil perhitungan prestasi kincir air

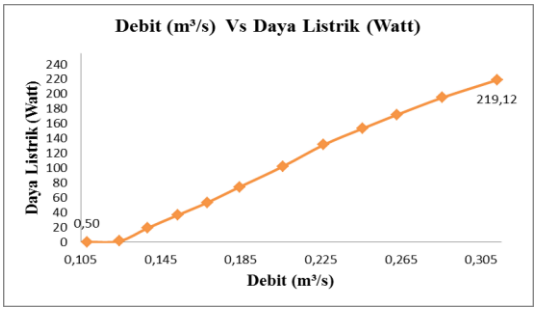
Debit (m^3/s)	Pemasangan Kincir Air			
	P_e (Watt)	P_m (Watt)	η_m (%)	η_s (%)
0,313	219,12	286,43	46,19	35,34
0,286	195,31	255,31	45,14	34,53
0,263	172,28	225,21	43,27	33,10
0,246	153,46	200,60	41,29	31,59
0,226	131,58	172,01	38,45	29,42
0,206	102,60	134,12	32,95	25,21
0,184	74,50	97,38	26,79	20,50
0,168	53,79	70,32	21,18	16,20
0,153	36,72	48,00	15,87	12,14
0,139	19,40	25,37	9,30	7,11
0,124	1,67	2,19	0,89	0,68
0,108	0,50	0,65	0,31	0,23

Berdasarkan Tabel 2 yaitu hasil perhitungan paramater kincir air maka didapatkan beberapa grafik seperti di bawah ini :

a. Hubungan Debit (Q) Dengan Daya Listrik (P_e)

Gambar 5 menunjukkan Grafik antara Q = perubahan debit (m^3/s) terhadap P_e = 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. Dari grafik dapat dilihat

bahwa kenaikan daya listrik berbanding lurus dengan kenaikan debit(Q).



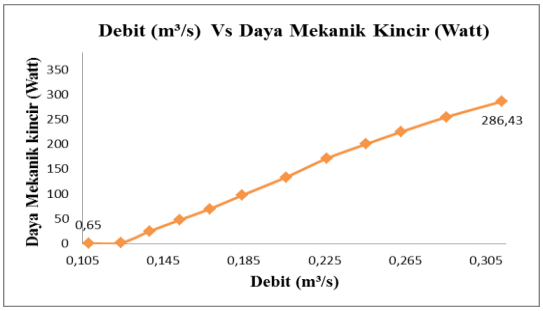
Gambar 5 Grafik Hubungan Debit (Q) Dengan Daya Listrik (Pe) Kincir

Pada saat variasi debit 0,108 m^3/s daya listrik (P_e) yang dapat dihasilkan 0,5 Watt, sedangkan pada saat debit maksimal yaitu variasi debit 0,313 m^3/s daya listrik (P_e) yang dapat dihasilkan 219,12.

Hal ini merujuk pada penelitan luther dan mukhtar 2004, yang menyatakan semakin besar perubahan debit aliran maka daya listrik yang dihasikan akan semakin besar pula, namun ketika kinerja roda air sudah mencapai titik maksimumnya maka daya listrik akan mengalami penurunan akibat semakin besarnya pembebanan yang diberikan terhadap roda air. dan bentuk dari grafik pengujian antara "Debit vs Daya Listrik" sama dengan pengujian yang telah peneliti lakukan (luther dan mukhtar, 2004).

b. Hubungan Debit (Q) Dengan Daya Mekanik Kincir (P_m)

Gambar 6 menunjukkan Grafik hubungan debit (Q) dengan daya mekanik (P_m) Kincir pada aliran irigasi.



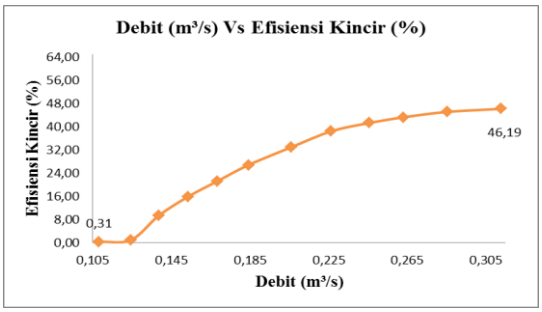
Gambar 6 Grafik Hubungan Debit (Q) Dengan Daya Mekanik (Pm) Kincir Utama

Daya mekanik kincir merupakan daya yang dihasilkan kincir setelah kincir mengalami pembebanan, dari grafik diatas dapat dilihat bahwa daya mekanik kincir terus meninggkat seiring bertambahnya debit (Q) aliran irigasi, hal ini dipengaruhi oleh torsi (T) kincir dan kecepatan sudut kincir (ω). Energi air yang menumbuk sudu-sudu kincir akan meningkat seiring dengan semakin tingginya debit aliran irigasi, hal ini mengakibatkan torsi kincir (T) dan kecepatan sudut kincir (ω) yang dihasilkan dari putaran poros kincir juga akan meningkat.

Pada saat variasi debit 0,108 m^3/s daya mekanik kincir 0,65 Watt sedangkan pada saat debit maksimal yaitu variasi debit 0,313 m^3/s daya kincir yang dihasilkan 286,43.

c. Hubungan Debit (Q) Dengan Efisiensi Mekanik Kincir (η_m)

Gambar 7 menunjukkan Grafik efisiensi mekanik kincir air yang telah dibuat dan diuji dengan pemasangan secara seri dan tunggal pada aliran irigasi.

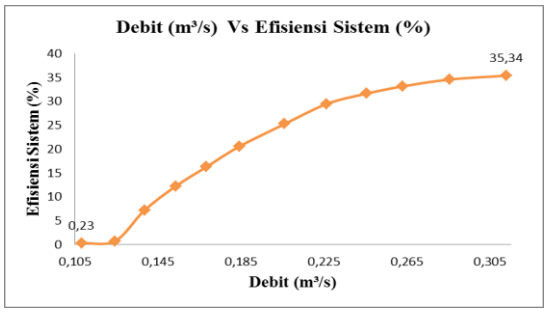


Gambar 7 Grafik Hubungan Debit (Q) Dengan Efisiensi Mekanik Kincir Utama (ηm)

Dari grafik dapat dilihat bahwa untuk variasi Debit (Q)108 m^3/s, efisiensi mekanik Kincir 0,31% Sedangkan pada saat variasi debit 0,313 m^3/sefisiensi kincir adalah 46,19%. Berdasrkan grafik pengujian diatas dapat dinyatakan semakin tinggi variasi debit maka semkin besar efisiensi mekanik kincir yang diuji. Dan variasi debit yang tinggi juga mempengaruhi kecepatan air yang semakin besar, sehingga mengakibatkan semakin besar kenaikan kecepatan putaran poros kincir dan semakin besar daya listrik yang dapat dihasilkan seperti pada gambar 4.3. hal ini sesuai dengan persamaan Q= v.A, dimana debit (Q) berbanding lurus dengan kecepatan aliran air (v) dan luas penampang aliran air (A).

d. Hubungan Debit (Q) Dengan Efisiensi Sistem (η_s)

Gambar 8 menunjukkan Grafik efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga air yang telah dibuat dan di uji pada saluran irigasi, efisiensi sistem itu sendiri adalah perbandingan antara daya listrik (P_e) yang dihasilkan generator setelah diberi beban dengan potensi daya air (P_h).



Gambar 8 Grafik Hubungan Debit (Q) Dengan Efisiensi Sistem Kincir (ηs)

Dari Gambar 8 menunjukkan hubungan antara efisiensi sistem (%) 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. Dapat dilihat bahwa untuk debit air 108 m^3/s memiliki efisiensi sistem (η_s) sebesar 0,23% dan didapatkan efisiensi sistem tertinggi pada variasi debit 0,313 m^3/s adalah 35,34%.

Hal ini merujuk dengan penelitan yang dilakukan oleh luther dan mukhtar 2004, yang menyatakan semakin besar perubahan debit aliran maka efisiensi sistem yang dihasikan akan semakin besar pula, namun ketika kinerja roda air sudah mencapai titik maksimumnya maka efisiensi sistem akan mengalami penurunan akibat semakin besarnya pembebanan yang diberikan terhadap roda air, dan bentuk dari grafik pengujian antara debit vs efisiensi sistem sama dengan pengujian yang telah peneliti lakukan (luther dan mukhtar, 2004).

6. Simpulan

Dari penelitian kinerja kincir air sudu plat datar jenis undershot yang telah dilakukan didapatkan

1. Efisiensi maksimum yang mampu duhasilkan kincir air adalah 46,19% dengan debit 0,313 m3/s dan daya listrik tertinggi yang dihasilkan kincir dalam penilitian ini sebesar 219,12 watt.
2. Hasil pengujian kincir akibat perubahan ketinggian menujukkan nilai yang berfluktuasi (kenikan yang tidak stabil). Hal ini disebabkan pengujian pada alam terbuka yang kinerja kincir ini bergantung dengan fenomena alam yang cenderung tidak stabil berupa angin dan curah hujan yang cukup kuat pada waktu tertentu.

Daftar Pustaka

Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM), 2005, "Blueprint Pengembangan Industri Energi Nasional 2005-2020", Jakarta.

Ferinando, Tino, Gs, 2017. "Kaji Eksperimental Turbin Angin Sumbu Horozontal Dengan Tipe Bilah *Inverse Taper* Berkapasitas 300 W". Skripsi Teknik Mesin, Universitas Riau.

Govindasamy, K. 2010. "*Electrical machines and appliances*". *Chenai*: *Government of tamilnadu.*

Jamlay, Kristianus, 2016. Analisis Perilaku Aliran Terhadap Kinerja Roda Air Arus Bawah Untuk Pembangkit Kistrik Sekala Picohidro. Jurnal Dinamika Teknik Mesin, Vol.6 No 1: 2502-1729.

Luknanto, D. 2008. Diktat Kuliah Bangunan Tenaga Air. Surabaya: ITS.

Prayatmo, Wibowo, 2007, "Turbin Air", Graha Ilmu, Yogyakarta.

Sule, Luther, Mukhtar Rahman. 2014. Kinerja Roda Air Arus Bawah 6 Sudu Plat Datar Dengan Variasi Debit Aliran Sebgai Pembangkit Tenaga Listrik. *Procending* Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIII , 2014.

Wahyudi, Slamet, 2012. Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3, No. 2: 337-342.

Yusri, Aidil Z., Asmed., 2004, "Analisis daya dan putaran kincir air tradisional sebagai alternatif sumber daya penggerak", Jurnal Teknik Mesin Vol 1, No.2.