## Rancang Bangun *Picohydro* Dengan Memanfaatkan Aliran *Horizontal* Irigasi

Tito Shantika, Tri Sigit Purwanto, Martin Garnida, Agung Setyawan tshantika@itenas.ac.id

#### Abstrak

Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga air sekala kecil terutama di pedesaan pada saat ini perkembangannya sangat pesat didukung oleh sumber energi yang melimpah. Aliran air irigasi untuk distribusi pertanian merupakan salah satu potensi yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik disamping sungai-sungai landai yang ada disekitar pertanian maupun di area perkemahan. Potensi tersebut dapat menjadi salah satu keuntungan bagi masyarakat untuk memanfaatkan sebagai penghasil listrik yang murah. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan prototype pembangkit listrik picohydro dengan memanfaatkan aliran sungai maupun irigasi yang landai. Pembangkit listrik diharapkan dapat dibuat dengan harga yang kompetitif dan perawatan yang mudah serta bersifat portable. Penelitian ini diawali dengan observasi aliran air meliputi karateristik aliran serta parameter-parameter aliran seperti kecepatan, head dan debit yang tersedia, kemudian proses perancangan yang meliputi perancangan turbine, casing dan poros serta pemilihan dan modifikasi jenis generator yang digunakan. Selanjutnya proses pembuatan picohidro dan pengujian picohydro yang dilakukan untuk mendapatkan performance aktual dari pembangkit yang dibuat. Dari hasil perancangan didapatkan dimensi prototype sebesar 305 x 305 x 320 cm, dengan daya hasil pengujian sebesar 3.31 Watt pada kecepatan air 3.2 m/s.

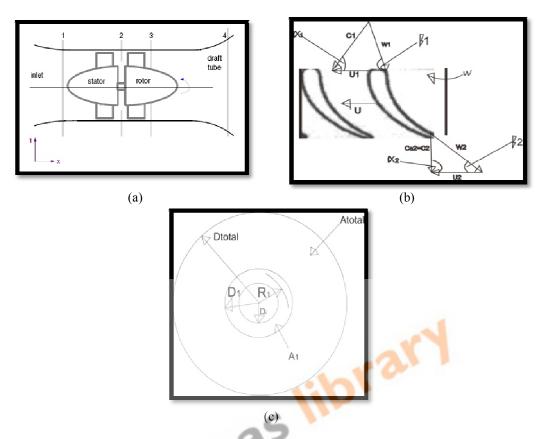
Kata-kata kunci : pikohydro, pembangkit head rendah, pembangkit listrik.

### 1. Pendahuluan

Energi Listrik merupakan kebutuhan yang penting untuk mendukung kualitas hidup masyarakat. Dari beberapa Masyarakat dipedesaaan masih memerlukan energy listrik dimana terdapat beberapa daerah masih belum teraliri listrik. Namun potensi dipedesaaan masih cukup banyak potensi air untuk pembangkit listrik, salah satunya aliran irigasi untuk pertanian. Karakteristik dari irigasi umumnya mempunyai head yang rendah, sehingga diperlukan pembangkit yang diperuntukan untuk head yang rendah, sehingga penelitian ini diharapkan dapat membuat pembangkit listrik dengan head yang rendah dan minimum daya yang dihasilkan lebih dari 100 watt. Pembangkit pichohydro masih cukup berpotensi untuk dikembangkan, karena untuk biaya proyek pembangkitan energy dibawah 5KW untuk beberapa jenis pembangkit pichohydro merupakan yang paling kecil dibandingkan pembangkit yang lain, menurut studi yang di publikasikan world Bank [2].

Penelitian sebelumnya pembangkit listrik picohydro di rancang bangun untuk masyarakat desa dengan memanfaatkan pancuran pada setiap rumah dipedesaan, penelitian ini didapatkan pembangkit pikohidro *portabel* dengan bahan PVC dengan menggunakan generator dari alternator motor yang banyak dijual dipasaran, serta dimensi dari pikohidro ini yaitu 127mm x 150mm x 300mm [6]. Dari hasil pengujian pembangkit tersebut pada head 1 meter menghasilkan daya sebesar 41 watt dan efisiensi maksimum yang diperoleh adalah 84% pada sudut sudu 50°<sup>[3]</sup>.

Dalam perancangan sudu turbin, sudut sudu sangat berpengaruh untuk mendapatkan lengkungan pada sudu (*blade*). Lengkungan sudu turbin mempengaruhi putaran(Torsi), sehingga berpengaruh pada daya rancangan yang akan dihasilkan. Lengkungan sudut sudu dihitung berdasarkan segitiga kecepatan dari aliran air yang mengalir pada bilah sudu, seperti pada gambar:



Gambar 1. (a)Turbin dalam pipa, (b) Sudut masuk dan keluar sudu, (c) Penampang sudu [4]

Keterangan:

P = Daya output (watt)

= Sudut masuk stator
(°)

=Sudut keluar stator
(°)

Sudut masuk rotor

Sudut masuk rotor

(°)

Sudut masuk rotor

(°)

Sudut masuk rotor

(°)

Q = Laju aliran (m³/s)

Persamaan euler pada mesin-mesin turbin untuk daya output adalah :

<del>(</del>1)

Dari segitiga kecepatan:

Menentukan kecepatan aliran mendekati sudu turbin :

<del>(2)</del>

Menentukan debit air yang mendekati sudu turbin :

Menentukan Kecepatan Absolut (Ca) dan relatif (u1):

$$C_a = \frac{Q_1}{A_1} \operatorname{dan} C_{u1} = \frac{H \cdot g}{U}(4)$$

Arah rotasi untuk sudut yang positif diperlukan arah aliran  $\beta_1$  masuk dari rotor dan  $\beta_2$  keluar dari stator, sehingga persamaannya:

$$\beta_1 = tan^{-1} \left(\frac{c_{a1}}{c_{u} - U_1}\right) dan \ \beta_2 = tan^{-1} \left(\frac{c_{a2}}{c_{u2} - U_2}\right) (5)$$

#### Daya Potensi air

Daya yang dapat dibangkitkan tergantung pada potensi air yang akan digunakan. Dalam menentukan daya potensi air tersebut dapat menggunakan persamaan dibawah, namun harus dikalikan dengan efisiensi pembangkit yang akan dihasilkan<sup>[1]</sup>:

$$Daya = \eta \rho ghQ(6)$$

Dimana:

 $\rho$ = mass jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>) g=konstanta grafitasi (m/s²)

h= Ketinggian/head (m)

Q = debit air (m<sup>3</sup>/s)

 $\eta = efisiensi$ 

## Head dan Debit Masuk (Qin) Turbin

ibrary Dalam perancangan ini, head dan debit masuk turbin(Qin)ditentukan berdasarkan perhitungan secara teoritis dimana nantinya akan menjadi parameter dalam mendapatkan daya minimal 100 Watt head turbin [5]:

$$H_{\text{source}} = \frac{V_{\text{sungai}}^2}{2.9} (7)$$

Dimana debit masuk turbin [5]:

$$Q_{in} = \frac{P}{\rho.g.H}(8)$$

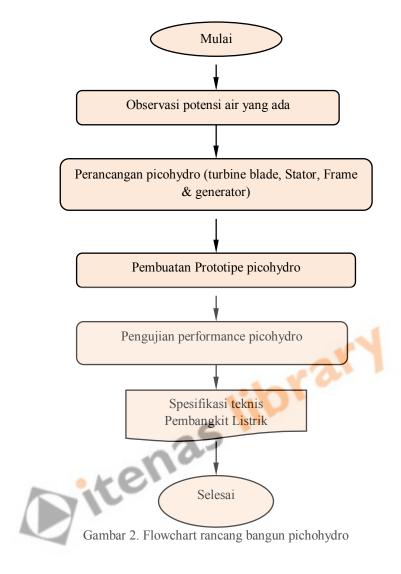
## **Kecepatan Putar Spesifik Turbin**

Kecepatan putar spesifik turbin dihitung menggunakan persamaan [5]:

$$n_{\rm s} = \frac{n\sqrt{N}}{\frac{5}{H^{\frac{5}{4}}}}(9)$$

## Metodologi

Penelitian ini dimulai dengan melakukan survey potensi air pada beberapa daerah irigasi, kemudian melakukan pengumpulan data parameter yang dibutuhkan dalam proses perancangan. Tahap selanjutnya adalah proses desai picohydro dengan mempertimbangkan beberapa parameter yang telah didapat dan selajutnya proses pembuatan dan proses pengujian untuk mendapatkan performan pembangkit listrik picohydro.



#### 3. Hasil dan Pembahasan

## Survey dan observasi irigasi

Dalam Perancangan pembangkit listrik pikohidro yang dilakukan perlu dilakukan survey ke beberapa irigasi yang ada di daerah Jawa Barat terutama pada daerah pedesaan. Dari hasil observasi didapatkan kedalaman sungai antara 30 cm sampai 60 cm dari dasar sungai, sehingga, picohydro tidak melebihai dari kedalam tersebut maka pipa reduser 12x8 in dapat digunakan pada kondisi tersbut. kecepatan aliran air didapatkan sebesar antara  $1,24\frac{m}{s}$  sampai  $3,75\frac{m}{s}$  sehingga dalam perancangan akan berkisar pada kondisi tersebut. Pada irigasi terdapat beberapa kondisi mempunyai kemiringan, namun tidak terlalu curam sehingga potensi akibat head ketinggian, akan tetapi dalam perancangan diasumsikan daya turbin dihasilkan dari head kecepatan saja, meskipun pada beberapa daerah terdapat kemiringan.

## Perancangan Pikohidro

## > Perancangan Daya Dari Head yang Tersedia

Dalam perancangan, perhitungan head turbin diperlukan dalam menentukan jenis turbin yang akan dipakai. Daya perancangan didapat 137 Watt dengan mengasumsikan efisiensi sebesar 85%, namun untuk menghitung efisiensi total nantinya diperlukan pengujian langsung pada pikohidro *portable*.

## Analisa Daya Dari Segitiga Kecepatan Sudu

Perhitungan segitiga kecepatan diperlukan dalam menentukan lengkungan sudu. Dari hasil perhitungan diadapkan dengan kondisi aliran yang telah dijelaskan pada hasil survey makan

didapatkan untuk mencapai daya listrim minimum 100 watt dengan menggunkan diameter reduser 8 in maka didapatkan sudut sudu turbin masuk dan keluar sebesar 80 derajat dan 58 derajat.

Tabel 1. Daya dari segitiga kecepatan sudu

Tabel 1. Daya dan seginga kecepatan sudu						
Deskripsi	simbol	harga				
Perhitungan segitiga kecepatan:						
Luas Turbin Cross Section	A	$0.032 \text{ m}^2$				
Debit	Q	$0.02 \text{ m}^3$				
Sudut masuk sudu	$\beta_1$	$80^{\rm o}$				
Sudut keluar sudu	$\beta_2$	58°				
Sudut serang	ξ	4°				
Koefisien gaya angkat	$C_{\mathrm{L}}$	0,44				
Koefisien tahanan	$C_{\mathrm{D}}$	0,95				
Gaya angkat air	$\mathrm{F_{L}}$	72,85 N				
Gaya tahanan air	$F_{D}$	310,59 N				
Peritungan Turbin:						
Daya Air tersedia	P	137 watt				
Kecepatan Air	V	3,2 m/s				
Diameter Penstok	dp	0,217 m				
Jumlah Pools Generator	n	12 buah				
Kecepatan Putaran Poros	N	500 rpm				
Kecepatan Spesifik Runner	Ns	358,06				
		rpm				
Runner Diameter	D	0,200 m				

Hasil perancangan picohydro bahan yang digunakan pipa pvc Reducer ukuran 12x8 inci, kecepatan aliran air 1,24  $\frac{m}{s}$  sampai 3,75  $\frac{m}{s}$  dengan lengkungan sudut sudu β masuk dan keluar berdasarkan segitiga kecepatan adalah β<sub>masuk</sub> 64,86°, 67,67°, 69,94°, 71,81°, 73,36°, 74,68°, 75,81°, 76,79°, 77,64°, 78,39°, 79,06°, 79,65°, 80,18°, 80,67°, 81,10°. Sedangkan β<sub>keluar</sub> 77,37°, 75,64°, 73,93°, 72,25°, 70,60°, 68,99°, 67,41°, 65,87°, 64,36°, 62,89°, 61,45°, 60,06°, 58,70°, 57,38°, 56,10°, dan sudut serang yang cocok adalah 76°.

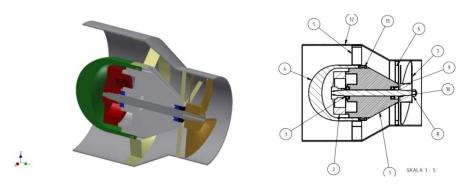
## > Perhitungan Poros

Poros merupakan komponen yang fungsinya mentransmisikan daya dari turbin ke generator. Material yang digunakan adalah baja ST 37, tegangan ijin  $27.5 \frac{kg}{mm^2}$ . Pada tabel dibawah ini merupakan dimensi-dimensi pada poros.

Tabel 2. Perhitungan poros

1 does 2: 1 erintungun poros					
Deskripsi	Harga	Keterangan			
Material Shaft	210 Mpa	ST 37			
Diameter Poros (Do)	8 mm				
Panjang Poros(Lp)	26,9 mm				
Torsi Poros (T)	1,91 N.m				
Tegangan Puntir	2,07 Mpa	Aman			
$Poros(\tau)$					
Tegangan Geser	4,71Mpa	Aman			
$Poros(\sigma)$					
Defleksi Sudut(θ)	0,02	Aman			

Dari hasil perhitungan komponen-komponen yang sudah dijabarkan diatas, maka didpatakan spesifikasi teknis perancangan pembangkit tersebut. Spesifikasi pembangkit yaitu 305 x 305 x 320 cm, kecepatan runner 600 rpm, tegangan 12 Volt dan daya diharapkan 100 watt. Dimensi hasil perancangan dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3. Pembangkit listrik pikohidro portable

#### Pembuatan Picohydro

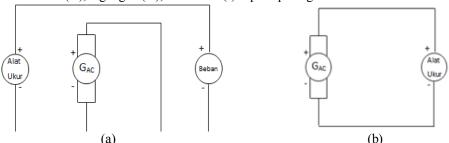
Pada proses pembuatan mengacu pada gambar teknik, Proses pemesinan yang digunakan dalam pembuatan PLTPh ini antara lain, mesin bubut, gurdi, frais top vertikal, jig saw, gerinda tangan, kerja bangku, pengelasan, dan mesin CNC*milling*. Pada proses pembuatan parameter yang di cari adalah kecepatan potong (v), kecepatan pemakanan (V<sub>f</sub>), waktu pemakanan (T<sub>c</sub>), dan kecepatan penghasil beram (z) (Taufiq, 1992). Parameter tersebut untuk mendapatkan waktu pembuatan dan sehingga proses pembuata dapat diprediksi. Dari hasil perhitungan maka didapatkan waktu efektif produksi picohydro ini sebesar 4249 menit atau sekitar 70,8 jam proses.



Gambar 4. (a) PLTPh Tampak Depan, (b) PLTPh Tampak Samping

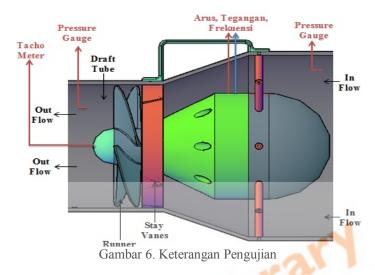
## Pengujian Pichohydro

Pengujian ini dilakukan proses pemasangan turbin kedalam air, dengan keadaan suhu air 23,8°C maka generator sehingga tidak perlu pendinginan, karena suhu dilingkungan dianggap mampu menyerap panas yang dihasilkan dari generator. Pada pengujian ini menggunakan lampu pijarsebagai beban. beban yang digunakan adalah 0, 25, 50, 75, dan 100 Watt, dengan tegangan lampu 12 Volt, dan tahanan masing-masing lampu sebesar 2,24 Ohm. Skema pengujian yang telah dilakukan untuk pengukuran arus (A), tegangan (V), frekwensi (f) seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. (a) Skema Pengujian Dengan Beban, (b) Skema Pengujian Tanpa Beban.

Untuk mendapatkan parameter-parameter seperi kecepatan air (V) yang masuk secara tepat dilakukan dengan metode pengukuran takanan pada sisi masuk dan pada sisi keluar dan pengukuran kecepatan dengan tachometer menggunakan kawat torsi yang disambungkan di belakang turbin. Utnuk pengukuran tegangan, arus,serta frekwensi dilakukan pada keluaran generator. Titik pengukuran terihat seperti pada gambar dibawah.



Kemudian sebelum pengujian pada picohydro dilakukan maka perlu ada pengukuran pada aliran irigasi atau sungai. Pengukuran ini menggunakan alat ukur seperti stopwach, meteran, termometer. Dari hasil pengukuran didapatkan parameter seperti pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Sungai

T <sub>sungai</sub> (m)	L <sub>sungai</sub> (m)	T <sub>air</sub> (°C)	Kecepatan Air $\left(\frac{m}{s}\right)$		Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Densiti $\frac{kg}{m^3}$
1,15	0,55	23,80	1,55	0,98	0,69	4,41	997,212

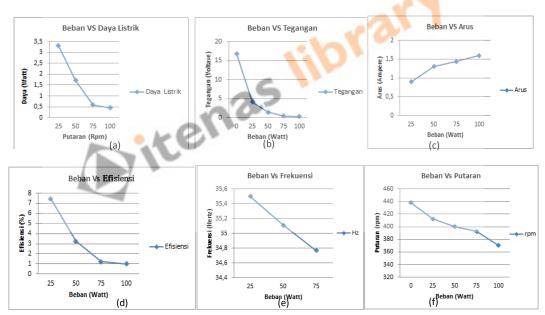
Setelah dilakukan pengukuran maka dilakukan pengujian picohudro secara langsung pada aliran irigasi. Dari hasil pengukuran dan pengolahan data didapatkan hasil pengujian seperti pada tabel 3 dibawah. Pada tegangan terjadi penurunan yang signifikan saat diberi beban 25 Watt, setelah beban 50, 70, dan 100 Watt tegangan turun hampir konstan, penurunan ini dimungkinkan oleh lilitan generator yang telah dirubah diameter kawat-nya menjadi 0,4 mm dan 80 gulungan, hal ini menyebabkan generator tidak kuat untuk terus *mensupplay* tegangan 16 Volt, idealnya ketika putaran dan frekuensi rata-tata hampir konstan penurunanya maka teganganpun juga harus konstan, pada pengukuran putaran turbin tidak terjadi penurunan yang signifikan, biasanya turunya putaran berbanding lurus dengan turunya tegangan, karena semakin kecil tegangan dan semakin besar kuat arus yang mengalir maka tahanan jangkarnya akan menjadi besar.

Tabel 4. Hasil Pengolahan Data Picohydro

No	Beban (Watt)	Arus (amp)	Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hertz)	Putaran (rpm)	Tahanan (Ohm)
1	0	-	16,780	-	438,10	
2	25	0,898	4,103	35,50	412,24	2,24
3	50	1,304	1,469	35,11	400,30	4,48
4	75	1,437	0,452	34,77	392,50	6,72
5	100	1,592	0,316	-	370,70	8,96

Kenaikan arus dengan beban yang semakin besar, dikarenakan generator harus mengeluarkan arus yang lebih besar, sebab bebanya ditambah, konsekuensi dari besarnya arus berdampak pada frekuensi, putaran, dan tegangan akan semakin mengecil, dan tahanan jangkar (GGL) menguat. Efisiensi yang didapatturun ini karenakan pengaruh dari tegangan, arus, dengan beban yang besar maka dibutuhkan tegangan dan arus yang besar (berbanding lurus), tetapi kemampuan daya hidrolik, putaran turbin, tegangan, dan arus yang dibangkitkan turbin-generator terbatas, faktor tersebut menyebabkan efisiensi-nya turun. Pada Torsi, dapat dilihat bahwa semakin besar beban, maka arus yang harus dialirkan juga semakin besar, arus semakin besar menyebabkan kumparan didalam jangkar semakin kuat dan putaran generator semakin berat, hal ini yang membuat torsi naik.

Pada grafik (a) daya yang didapat degan beban yang selalu ditambah dayanya selalu turun, hal ini disebabkan kapasitas generator untuk mensupplay arus dan tegangan selalu besar. Pada grafik (b) ketika beban semakin besar maka tegangan turun dan pada grafik (c) arus semakin naik hal ini disebabkan ketika arus naik maka arus yang ada di lilitan jangkar akan semakin besar membuat tegangan turun (idealnya tegangan tetap konstan), putaran turun karena tahanan jangkar semakin kuat, sehigga menyebabkan momentum sudu semakin kecil. Itu sebabnya putaran turun. Pada grafik (d) dan grafik (f) efisiensi yang didapat selalu turun penurunan efisiensi ini disebabkan generator tidak mampu memberikan tegangan yang konstan, tegangan yang terjadi setiap di tambah bebanya hasilnya selalu drop, efisiensi ini dihitung ketika daya listrik yang dibangkitkan generator di bagi dengan daya hidrolik yang ada di air. Semakin kecil daya listriknya maka efisiensinya juga semakin turun, dilihat daya hidrolik yang tersedia di air PLTPh adalah sebesar 52,9 Watt.



Gambar 7. Grafik beberapa pada hasil pengujian

# 4. Kesimpulan dan saran Kesimpulan

• Hasil perancangan picohydro bahan yang digunakan pipa pvc Reducer ukuran 12x8 inci, kecepatan aliran air 1,24  $\frac{m}{s}$  sampai 3,75  $\frac{m}{s}$  dengan lengkungan sudut sudu β masuk dan keluar berdasarkan segitiga kecepatan adalah β<sub>masuk</sub> 64,86°, 67,67°, 69,94°, 71,81°, 73,36°, 74,68°, 75,81°, 76,79°, 77,64°, 78,39°, 79,06°, 79,65°, 80,18°, 80,67°, 81,10°. Sedangkan β<sub>keluar</sub> 77,37°, 75,64°, 73,93°, 72,25°, 70,60°, 68,99°, 67,41°, 65,87°, 64,36°, 62,89°, 61,45°, 60,06°, 58,70°, 57,38°, 56,10°, dan sudut serang yang cocok adalah 76°. Dengan penggunaan generator putaran 500 rpm, frekuensi 50 Hz, dan 12 volt. Dimensi pikohidro *portable* 320 x 305 x 203 (mm).

- Dari hasil perhitungan proses pembuatan pichohidro ini didapatkan waktu efektif produksi sebesar 4249 menit atau sekitar 70,8 jam proses.
- Dari hasil pengujian Efisiensi yang didapat dari pichydro didapat 7,44 % dengan putaran yang didapat adalah 438,10 rpm. Daya yang dihasilkan turbin-generator 3,31 Watt.

#### Saran

Dari hasil pengujian awal daya yang dihasilkan belum mencapai optimal maka perlu dilakukan modifikasi pada generator dan sudu pengarah.

