

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICOHIDRO DILENGKAPI DENGAN SISTEM PENGENDALI ELEKTRONIK(ECU)

Budi Prasetyo¹⁾ Dedy Pradigdo²⁾ Indra Diantoro³⁾

Jurusan Teknik Otomotif Kendaraan Tempur ,Poltekad Kodiklat Angkatan Darat^{1&2)}
Kordos Akademi Militer³⁾

Poltekad Kodiklatad Ksatrian Pusdik Arhanud PO BOX 52 Malang
E - mail : Budiprasetyo11122000@gmail¹⁾, dedypradigdo@gmail.com²⁾,
indra_diantoro@yahoo.com³⁾

Abstract: Banyaknya aliran air atau sungai di sekitar kita pada dasarnya banyak yang dirasa masih kurangnya pemanfaatannya secara efektif. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan teknologi Picohidro sebagai alternatif pembangkit tenaga listrik. Picohidro biasanya menghasilkan watt yang rendah sehingga kurang maksimal untuk dimanfaatkan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu dibuat rancang bangun alat Pembangkit listrik yang dilengkapi dengan sistem pengendali ECU sebagai sistem pengendali sumber tenaga air yang dapat menghasilkan energi listrik lebih besar. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental murni untuk mengetahui hasil yang didapatkan sebesar 300 watt dengan perhitungan tekanan yang dikirimkan ke sistem ECU. Secara teknis, picohidro mempunyai beberapa komponen di dalamnya seperti air kincir air sebagai turbin sudu pengarah dan generator. Picohidro dapat digunakan sebagai energi alternatif yang memanfaatkan aliran air yang dapat dijadikan sebagai suatu sumber energi. Pembangkit picohidro yang digunakan dalam penelitian ini adalah aliran sungai brantas yang berada di Desa Pendem kecamatan Karangploso kota Batu Malang. Dengan debit air yang memadai, menggunakan turbin air jenis Francis, serta menggunakan generator 200 Watt dan dikendalikan oleh sistem ECU. Dari hasil pengujian diperoleh energi potensial sebesar 5880 (Nm), energi tekan $2.10^7 \left(\frac{N}{m^2} \right)$ kecepatan aliran pipa (v) 7,668 $\left(\frac{m}{det} \right)$ energi yang terkandung dalam air 45,67 (watt) efisiensi turbin Francis 31,97 % efisiensi generator 28,77 % dan daya maksimal yang dihasilkan oleh generator 200 watt adalah 29 Volt.

Kata Kunci: Alat Pembangkit Listrik , Sistem ECU , Picohidro

PICOHIDRO POWER ELECTRIC PLANT DESIGN IS EQUIPPED BY ELECTRONIC CONTROL SYSTEM (ECU)

Abstrak: There are many streams of water or rivers around us which are felt to be underutilized effectively. Therefore, it is necessary to develop Pico hydro technology as an alternative to power generation. Pico hydro usually produces low wattage so that it is not optimal for people to use in their daily lives. Therefore, the design of a power plant is designed that is equipped with an ECU control system as a water source control system that can produce greater electrical energy. The research method used is a pure experimental method to find out the results obtained are 300 watts by calculating the pressure sent to the ECU system.

Technically, Pico hydro has several components in it, such as waterwheel water as a turbine, steering blade and generator. Pico hydro can be used as an alternative energy that utilizes the flow of water which can be used as an energy source. The Pico hydro generator used in this study is the Brantas River in Pendem Village, Karangploso District, Batu Malang City. With adequate water flow, using a Francis type water turbine, and using a 200Watt generator and controlled by the ECU system. From the test results obtained potential energy of 5880 (Nm), compressive energy of 2.107 (N/m²) pipe flow velocity (v) 7.668 (m/s) energy contained in water 45.67 (watts) Francis turbine efficiency 31.97% generator efficiency is 28.77% and the maximum power produced by a 200 watt generator is 29Volt

Keywords: Power Generation Equipment, ECU System, Pichohydro

PENDAHULUAN

Banyaknya aliran air atau sungai di sekitar kita pada dasarnya banyak perbedaan ketinggian yang dirasa masih kurangnya pemanfaatan secara efektif. Oleh karena itu energi aliran air bisa kita manfaatkan, sehingga perlu adanya pengembangan teknologi Picohidro

Pembangkit Listrik tenaga picohidro (PLTPH) merupakan pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan tenaga air sebagai sumber tenaga penggerakannya. Disamping itu factor geografis (tata letak sungai). Pada umumnya teknologi picohidro dipasang pada bagian tepi sungai yang berfungsi untuk menggerakkan turbin atau menghidupkan komponen pada alat picohidro tersebut.

Cara kerja dari teknologi Picohidro tersebut yaitu Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan mengubah menjadi sebuah energi listrik oleh generator. Picohidro bisa menggunakan kaingin air yang

surut dan tidak terlalu besar pada musim kemarau, contohnya dengan hanya air yang tingginya 3meter bisa menghasilkan sebuah daya listrik. Kecilnya energi yang dapat dihasilkan oleh Picohidro dibandingkan dengan PLTA yang berjumlah relatif besar, dengan mencari kompenen yang sederhana dan area kecil yang diperlukan untuk instalasi dan pengoperasian pada alat Picohidro tersebut. Hal itu merupakan sebuah salah satu keunggulan dan keuntungan pada alat Picohidro yakni bisa ramah pada lingkungan dan tidak merusak pada alam.

HASIL PENELITIAN

Dari hasil pengujian diperoleh energi potensial sebesar 5880 (Nm), energi tekan $2.10^7 \left(\frac{N}{m^2} \right)$ kecepatan aliran pipa (v) 7,668 $\left(\frac{m}{det} \right)$ energi yang terkandung dalam air 45,67 (watt) efisiensi turbin Francis 31,97 % efisiensi generator 28,77 % dan daya maksimal yang dihasilkan oleh generator 200 watt adalah 29Volt.

METODOLOGI PENELITIAN.

1. Tempat Penelitian.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium konversi energi, bengkel otomotif dan di aliran sungai brantas

2 Perancangan Alat.

Sebelum melaksanakan perancangan turbin air sebagai PLTPH di Poltekad, maka terlebih dahulu harus ditentukan beberapa data untuk perancangan alat. Adapun data-data yang ditentukan adalah sebagai berikut:

1. Bahan Filamen plastik yang direncanakan untuk turbin air jenis Francis
2. Penghitungan tinggi jatuh air (*Head*) dan kapasitas aliran air (debit) yang ada

Komponen Pendukung PLTPH.

Dibutuhkan dalam perancangan turbin sebagai penggerak PLTPH adalah sebagai berikut:

1. Kolam penampungan air sebagai sumber energi. Kolam penampungan air yang digunakan adalah kolam yang terdapat di Poltekad yang mendapat irigasi Sungai Brantas

Pipa pesat (*penstock*). Air dari kolam penampungan air dialirkan menuju bak

penampung air sebagai rumah turbin melalui pipa pesat (*penstock*). Pipa pesat yang akan dipasang direncanakan 2 buah karena untuk mensuplai bak air dibutuhkan jumlah kapasitas aliran air (debit) yang cukup banyak sehingga seluruh bagian bawah turbin dapat tenggelam.

3. Bak penampung air. Bak penampung air berfungsi untuk menenggelamkan turbin air. Bak penampung air ini digunakan sebagai pengganti rumah turbin karena air yang terdapat di dalam bak diarahkan oleh *guide vane* (sudu pengarah) menuju roda turbin yang terdapat di dalam saluran pelepasan. Di dalam saluran pelepasan terjadilah *vortek* (pusaran air) sehingga dapat memutar roda turbin (*runner blades*).

Konstruksi Turbin Francis.

Konstruksi Turbin Francis yang akan dirancang dan dibuat adalah sebagai berikut

1. Sudu pengarah (*guide vanes*)
2. Roda turbin (*runner blades*) yang terdapat di dalam *draf tube*
3. Saluran pelepasan (*draf tube*)

cara kerja alat adalah sebagai berikut:

- a. Ketika katup buang dibuka maka air yang sudah ditampung dari tandon atau tangki air mengalir menuju ke pipa masuk / pipa in melewati katup cut off yang dikendalikan oleh ECU.
- b. Aliran air tersebut akan memutar turbin Kaplan.
- c. Generator menerima putaran dari poros turbin mengakibatkan timbulnya tegangan dan arus.
- d. Beban (lampu) akan dinyalakan sesuai dengan kebutuhan.
- e. Besarnya arus yang digunakan akan menjadi dasar ECU untuk mengendalikan putaran motor servo.
- f. Katup cut off akan membuka sebesar debit yang dibutuhkan untuk menghasilkan arus dan tegangan sesuai dengan kebutuhan

Tempat Penelitian.

Penelitian ini di lakukan di Laboratorium konversi energi ,bengkel otomotif dan di aliran sungai brantas

Perancangan Alat.

Sebelum melaksanakan perancangan turbin air sebagai PLTPH di Poltekad, maka terlebih dahulu harus ditentukan beberapa data untuk perancangan alat. Adapun data-data yang ditentukan yaitu:

1. Bahan Filamen plastic yang direncanakan untuk turbin air jenis Francis

2. Penghitungan tinggi jatuh air (*Head*) dan kapasitas aliran air (debit) yang ada

Komponen Pendukung PLTPH.

Dimana membutuhkan dalam tahap perancangan sebuah turbin sebagai penggerak PLTPH adalah sebagai komponen tambahan yaitu:

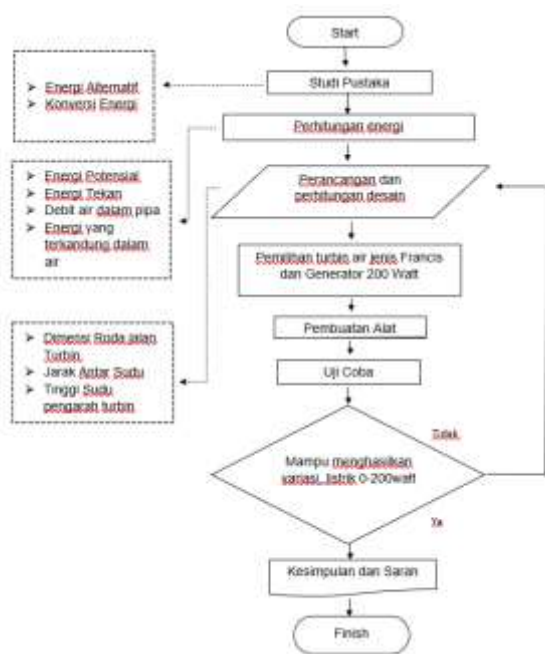
1. Kolam yang berada di Poltekad yang mendapat aliran air dari saluran irigasi Sungai Brantas Pipa pesat(*penstock*). Air dari kolam penampungan air dialirkan menuju bak Penampung air sebagai rumah turbin melalui pipa pesat (*penstock*). Pipa pesat yang akan dipasang direncanakan 2 buah karena untuk mensuplai bak air dibutuhkan jumlah kapasitas aliran air(debit) yang cukup banyak sehingga seluruh bagian bawah turbin dapat tenggelam Bak penampung air. Bak penampung air berfungsi untuk menenggelamkan turbin air . Bak penampung air ini digunakan sebagai pengganti rumah turbin karena air yang terdapat di dalam bak di arahkan oleh *guide vanes* (sudu pengarah) menuju roda turbin yang terdapat di dalam saluran pelepasan. Di dalam saluran pelepasan terjadilah *vortek* (pusaran air) sehingga dapat memutar roda turbin (*runner blades*).

Konstruksi Turbin Francis.

konstruksi Turbin Francis yang akan dirancang dan dibuat adalah sebagai berikut

1. Sudu pengarah (*guide vanes*)
2. Roda turbin (*runner blades*) yang terdapat di dalam *draf tube*
3. Saluran pelepasan (*draf tube*)

Diagram alir



PEMBAHASAN

Berdasarkan dari rancang bangun pembangkit listrik tenaga picohidro diperoleh hasil perhitungan awal yaitu

a. Daya air

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} &= \text{Potensial air } 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ &= \text{Percepatan gravitasi } 9,8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \end{aligned}$$

Cara kerja alat sebagai berikut:

- Ketika katup Ketika katup buang dibuka maka air yang sudah ditampung dari tandon atau tangki air mengalir menuju ke pipa masuk / pipa in melewati katup cut off yang dikendalikan oleh ECU.
- Aliran air tersebut akan memutar turbin Kaplan.
- Generator menerima putaran dari poros turbin mengakibatkan timbulnya tegangan dan arus.
- Beban (lampu) akan dinyalakan sesuai dengan kebutuhan.
- Besarnya arus yang digunakan akan menjadi dasar ECU untuk mengendalikan putaran motor servo.
- Katup cut off akan membuka sebesar debit yang dibutuhkan untuk menghasilkan arus dan tegangan sesuai dengan kebutuha

$$= \text{Head 3 meter}$$

Dimana :

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \text{ (watt)}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot h \cdot Q$$

$$\begin{aligned} P &= 1000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times 9,8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times 3 \\ &\quad (\text{m}) \times 0,015534 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \end{aligned}$$

$$P = 45,67 \left(\frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3} \right) = 45,67 \text{ (watt)}$$

$$= 38,36 \text{ (Joule)}$$

b. Kapasitas Aliran Debit.

Diketahui = Luas penampang pipa saluran $\frac{1}{4} 3,14 =$ Kecepatan aliran air $0,1400^2$

Dimana : $Q = A \cdot v \text{ (m}^3/\text{s)}$

$$= \frac{1}{4} \pi \cdot (D-d)^2 \cdot v \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

$$= \frac{1}{4} 3,14 \cdot 0,1400^2 \text{ (m)} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot 3 \text{ (m)}$$

$$= 0,015386 \text{ (m}^2) \cdot 7,6720 \text{ (m/s)}$$

$$= 0,015534 \text{ (m}^3)$$

c. Kandungan energi dalam kandungan air.

$$E_p = m \cdot g \cdot H \text{ (Joule)}$$

Dimana :

$$E_p = m \cdot g \cdot h \text{ (Joule)}$$

$$E_p = 200 \text{ (dm}^3) \cdot 9,8 \text{ (N)} \cdot 3 \text{ (m)}$$

$$E_p = 5880 \text{ (Nm)}$$

d. Energi kinetik air.

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ (joule)}$$

Dimana :

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ (Joule)}$$

$$= \frac{1}{2} m \cdot [2 \cdot g \cdot H]^2$$

$$= \frac{1}{2} 1000 \text{ (kg)} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} \cdot 3 \text{ (m)} \right]^2$$

$$= \frac{1}{2} 1000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) \cdot 7,672 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right).$$

e. Kecepatan spesifik turbin.

$$n_s = \frac{\sqrt{N}}{H^{5/4}} \text{ (rpm)}$$

$$= \frac{500 \text{ (rpm)} \cdot \sqrt{0,805047}}{3 \text{ m}^{5/4}}$$

$$= \frac{448,622}{3,75}$$

$$= 1196,3 \text{ (rpm)}$$

$$= 1150 \text{ (rpm)}$$



Gambar 3. Perubahan kecepatan putaran turbin pada perbedaan volume air

f. Daya Indikasi Turbin Francis (*Water Horse Power*).

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \text{ (watt)}$$

$$= 1000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,0952 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \cdot 3 \text{ (m)}$$

$$= 28,01 \text{ (watt)}$$

g. Torsi turbin Francis.

$$T = Q \cdot \rho \cdot c \cdot r \text{ (Nm)}$$

$$= 0,0952 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 7,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,01008 \text{ (m)}$$

$$= 7,235 \text{ (Nm)}$$

h. Daya Efektif Turbin Francis (*Brake Horse Power*).

$$BHP = T \cdot \omega$$

$$= T \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} = 7,235 \text{ (Nm)} \cdot \frac{2,3,14 \cdot 1196,3 \text{ (rpm)}}{60}$$

$$= 9,05 \text{ (watt)}$$

i. Efisiensi turbin Francis. Turbin Francis memiliki Efisiensi antara 0,7-0,8, sehingga besarnya energi turbin (P_T) sebagai berikut :

$$\eta_t = \frac{BHP}{WHP} \times 100 \%$$

$$= \frac{280,173}{378.631} \times 100 \%$$

$$= 32 \%$$

$$P_T = P \cdot \eta_T$$

$$P_T = 456,702 \text{ (watt)} \cdot 0,7$$

$$= 31,97 \%$$

j. Efisiensi Generator memiliki efisiensi antara 0,7-0,8 sehingga besarnya energi generator (P_G) sebagai berikut

$$P_G = P_T \cdot \eta_G$$

$$P_G = 319,7 \text{ (Watt)} \cdot 0,7$$

$$= 22,37 \%$$

No	Beda ketinggian (h) (m)	Debit (Q) (m ³ /detik)	Daya Air (P) (W)	Efisiensi	
				Turbin (0.7) (W)	Generator (0.9) (W)
1.	1	$8,96 \cdot 10^{-3}$	8,78	6,15	5,53
2.	2	$1,26 \cdot 10^{-2}$	24,85	17,40	15,66
3.	3	$1,55 \cdot 10^{-2}$	45,67	31,97	22,37
4.	4	$1,79 \cdot 10^{-2}$	70,31	49,21	44,19

Tabel 4. data berdasarkan perbedaan ketinggian

1. kecepatan tangensial roda pada sisi masuk dapat

ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$v = \frac{\pi DN}{60} \text{ (m/s)}$$

Dimana :

$$v = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 180}{60}$$

$$v = \frac{67,82}{60}$$

$$= 1,13 \text{ m/s}$$

(Sumber : (Fritz Dietzel,1980 hal. 6)

2. Besarnya (kecepatan *absolute*/mutlak) dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut : —

$$C = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \text{ (m/s)}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \left(\frac{m}{s}\right)}$$

$$= \sqrt{58,86} \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$= 7,6 \left(\frac{m}{s}\right)$$

(Sumber : (Fritz Dietzel,1980 hal. 6)

3. Besarnya (Kecepatan tangensial dari sudu gerak) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$U = u = \frac{c}{2} \text{ (m/s)}$$

$$= \frac{7,6 \left(\frac{m}{s}\right)}{2}$$

$$= 3,8 \left(\frac{m}{s}\right)$$

(Sumber : Fritz Dietzel, 1980 hal 26)

4. Besarnya nilai w (kecepatan relatif air terhadap sudu gerak) dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= c-u \text{ (m/s)} \\ &= 7,6 \left(\frac{m}{s}\right) - 3,8 \left(\frac{m}{s}\right) \\ &= 3,8 \left(\frac{m}{s}\right) \end{aligned}$$

(Sumber : Fritz Dietzel, 1980 hal 11)

KESIMPULAN DAN SARAN.

Kesimpulan. Dari hasil perhitungan rancang bangun pembangkit listrik tenaga picohidro dilengkapi sistem pengendali elektronik (*ECU*), maka dapat diperoleh suatu kesimpulan sebagai berikut :

- | | |
|---------------------------------|------------|
| a. Daya indikasi turbin Francis | 28,01 Watt |
| b. Torsi turbin Francis | 7,235 Nm |
| c. Daya efektif turbin Francis | 37,86 Wat |
| d. Efisiensi turbin Francis | 31,97% |
| e. Efisiensi generator | 22,37 % |

Dari hasil perhitungan dan pengujian alat bahwa perencanaan dan hasil yang di dapat mampu memutarakan turbin Francis serta mampu memutarakan generator dan menghasilkan daya listrik variasi 0-200 Watt rata-rata yang dihasilkan dari percobaan.

SARAN

Dari hasil rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro dilengkapi sistem pengendali Elektronik (*ECU*) dan pengolahan data, penulis menyarankan sebagai berikut :

- a. Dari hasil rancang bangun pembangkit listrik tenaga picohidro dilengkapi sistem pengendali elektronik (*ECU*) akan lebih efektif lagi apabila dalam pembuatan turbin memperhitungkan lagi desain dan bahannya.
- b. Untuk penggunaan saat dilapangan agar memperhatikan lagi peletakan komponen *ECU* karena apabila terkena air mudah rusak.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris Munandar, Artono dan S. Kuwahara. "Teknik Tenaga Listrik" Jakarta. PT, Pradnya Paramita.
- Bangga T.R dan S.C.Sharma, (1984), *Hydraulic Machines New Delhi Khanna Publisher*
- ESHA, (2004), *Guide on how to Develop a small Hydropower Plant* Belgia ESHA
- Fritz Dietzel., 1980, **Turbin Pompa dan Kompresor**, Jakarta Erlangga
- Kjolle, Arne (2001), *Mechanical Equipment, Norwegia, Norwegian University Of Science and Technology.*

Layman's Guidebook's (1998) *"on how to develop a small hydro site"* Belgia ESHA

M.M Dandekar dan K.N Sharma (1991),
"Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Air", Jakarta Universitas Indonesia

Paryatmo Wibowo,(2007) "Turbin Air"
Yogyakarta,Graha Ilmu.

PNPM Mandiri, (2010) "Buku Panduan Energi Terbarukan" Jakarta,Contained Energi Indonesia.