

DISAIN PERENCANAAN UNIT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO TIPE *CROSS FLOW* KAPASITAS 5 kW

Sulis Yulianto, Fadwah Maghfurah, Munzir Qadri, Koos Sardjono Kuntadi

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta,
Jl. Cempaka Putih Tengah 27, 10510
sulis.yulianto@ftumj.ac.id

Abstrak

Penentuan suatu disain unit PLTMH yang efektif dan efisien dapat tergantung dari hasil survey data geografis pada suatu daerah tertentu, sehingga penentuan perencanaan disain dapat dibuat secara maksimal. Seperti hasil survey yang didapatkan di Desa Petir, Kecamatan Dramaga kabupaten Bogor memiliki potensi debit aliran air sebesar 0,07 m³/dtk dengan ketinggian jatuh air sebesar 8 m yang dapat dimanfaatkan sebagai media sumber pembangkit energi listrik di desa tersebut, maka disain perencanaan dari unit Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro tersebut dipilih menggunakan jenis turbin *cross-flow* dengan menggunakan 2 buah pipa dengan panjang sejauh 31 m, sistem transmisi menggunakan 2 buah sabuk *v-belt* yang akan mengerakan generator sinkron 1 phasa berkapasitas 5 kW, dimana efisiensi turbin sebesar 65% dan efisiensi generator listrik sebesar 85%, sehingga didapatkanlah data hasil pengujian output generator maksimal pada pembukaan katup penuh 4/4 yang menghasilkan tegangan maksimal konstan sebesar 230 volt dan arus listrik sebesar 17,5 amper sehingga beban maksimal yang dihasilkan sebesar 4025Watt.

Kata kunci: Turbin *cross-flow*, generator listrik, efisiensi turbin

Abstract

Determination of an effective and efficient design of a PLTMH unit can depend on the results of geographic data surveys in a particular area, so that the determination of design planning can be made maximally. As the survey results obtained in Petir Village, Dramaga Subdistrict, Bogor Regency have the potential of a water flow discharge of 0.07 m³ / sec with the height of the water falling by 8 m which can be used as a source of electricity generation in the village, the planning design of the unit The Microhydro Power Plant was selected using a cross-flow type turbine using 2 pipes with a length of 31 m, the transmission system uses 2 v-belt belts that will drive a phase 1 synchronous generator with a capacity of 5 kW, where turbine efficiency of 65% is planned and the efficiency of the electricity generator is 85%, so the maximum generator output testing data is obtained at the opening of the 4/4 full valve which produces a constant maximum voltage of 230 volts and an electric current of 17,5 amperes so the maximum load generated is 4025 Watts.

Keywords: cross-flow turbine, electric generator, turbine efficiency

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang memadai dalam kehidupan sehari hari sangatlah penting baik penggunaanya untuk kebutuhan rumah tangga ataupun untuk kebutuhan dunia industri, keberlangsungan sumber energi listrik yang memadai dalam suatu wilayah tertentu dapat menimbulkan peran yang positif dalam

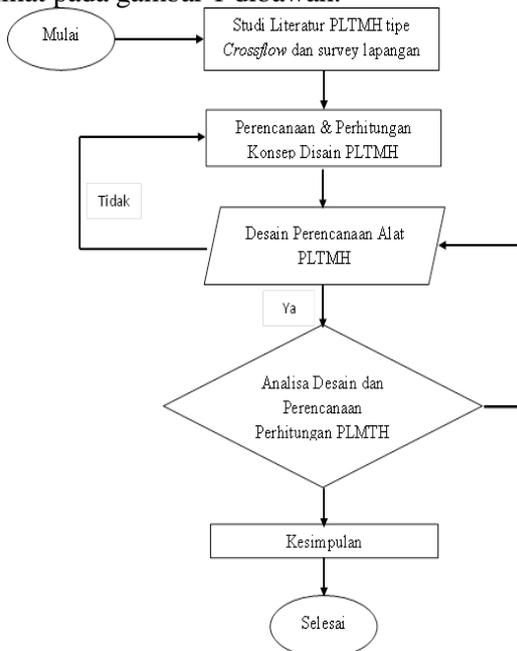
peningkatan perekonomian dan peningkatan taraf hidup dari masyarakat daerah tersebut, maka atas dasar tersebutlah kegiatan penelitian ini kami lakukan yaitu merancang suatu disain unit Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro tipe *cross flow* kapasitas 5 kW yang dapat diaplikasikan pada daerah tertentu yang memiliki potensi sumber daya air dalam

kapasitas kecil hingga sedang yang dapat kemudian dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik bagi masyarakat sekitar. Disain dari unit PLTMH ini dirancang untuk dapat dioperasikan dengan mudah oleh masyarakat dan mudah dalam perawatannya serta memiliki *performance* yang tinggi sehingga harapannya unit ini bermanfaat bagi masyarakat sekitar.

METODE PENELITIAN

Kegiatan perencanaan disain akan dilakukan setelah kami melakukan kegiatan pemetaan survey lapangan terhadap potensi sumber daya air dan karakteristik lingkungannya. Pengambilan data yang akurat seperti kapasitas debit aliran, karakteristik kontur tanah dilokasi, ketinggian jatuh air dari dump ke dalam unit turbin, serta perlu adanya analisis mengenai potensi lingkungan yang asri dan terjaga kelestariannya sehingga kita dapat memprediksi ketersediaan air yang cukup dalam waktu yang lama.

Pengambilan data yang akurat dari hasil survey tersebut dapat menentukan hasil disain terbaik dari unit PLTMH dan sekaligus untuk memperkecil kesalahan disain dan konstruksi terhadap unit yang akan dibuat, sehingga harapannya unit tersebut dapat beroperasi secara maksimal dan tanpa kendala dikemudian hari, adapun proses kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 dibawah.



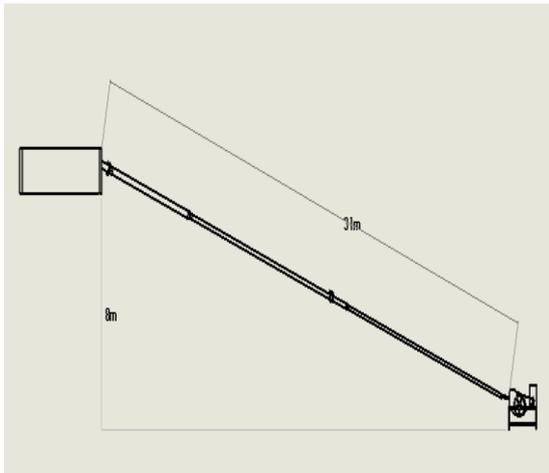
Gambar 1. Diagram alir kegiatan penelitian

Adapun tempat penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta dan lokasi penempatan unit PLTMH tersebut di Desa Petir, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor yang memiliki luas ±44 ha dengan ketinggian ±300 meter diatas permukaan laut dan titik koordinat berada pada 106.725315 BT / -6.620515 LS, adapun kondisi geografis Desa Petir dapat dilihat pada gambar 2 dibawah.

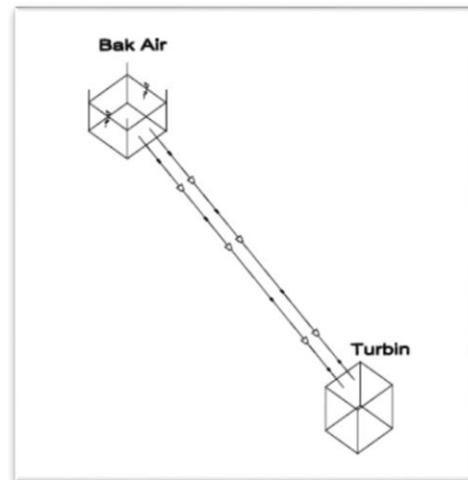


Gambar 2. Kondisi Geografis

Perencana analisa data dalam pembuatan disain unit PLTMH kapasitas 5 kW ini kami terlebih dahulu merencanakan kegiatan survei lapangan di Desa Petir Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor, dimana dalam survei tersebut kami melakukan beberapa kegiatan pengambilan data berupa pengukuran potensi air yang dimiliki serta melakukan observasi lokasi mengenai kondisi geografis daerah setempat berupa ketinggian titik lokasi dari atas permukaan laut (mdpl), kemiringan kontur tanah dan lain lain. Setelah melihat kondisi pada lapangan tersebut maka didapatkan data-data lapangan seperti terlihat pada (tabel 1) dibawah.



Gambar 3. Disain pemasangan unit PLTMH.



Gambar 4. Disain jaringan pemipaan unit PLTMH.

Tabel 1. Data Hasil Survei Lapangan

Kondisi Geografis Desa Petir	Nilai	Satuan
Koordinat	106.725315 BT / -6.620515 LS	
Ketinggian lokasi dari atas permukaan laut	±300	mdpl
Luas wilayah Desa Petir	±440000	m ²
Potensi air pada lokasi	± 60 s/d 110	liter/detik
Derajat kemiringan tanah	15°	(°)
Rencana ketinggian jatuh air keturbin	8	meter
Luas bak penampung air	4 x 4 x 1/ 16	Meter/m ³
Rencana panjang pipa penstok	31	meter

Untuk tahap selanjutnya dari data hasil survei lapangan tersebutlah kami melakukan perhitungan dan perencanaan disain dari unit PLTMH tipe *cross-flow* yang akan dibuat.

PEMBAHASAN

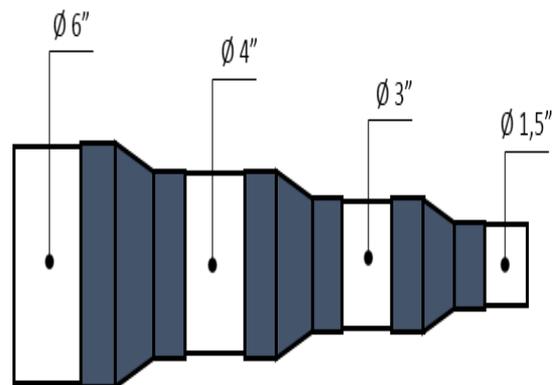
Besarnya kapasitas debit air yang dihasilkan oleh dump penampungan air dinyatakan dengan luas penampang air dikalikan dengan kecepatan aliran, sehingga nilai dari debit aliran dapat diketahui dengan menggunakan (pers1) sebagai berikut:

$$Q = V \times A \tag{pers1}$$

sedangkan untuk menghitung kapasitas kecepatan air (V_1) yang keluar dari dump dengan menggunakan pipa PVC Ø 6” dan *heat* sebesar 8 m, dapat dihitung dengan menggunakan rumus (pers 2) sebagai berikut:

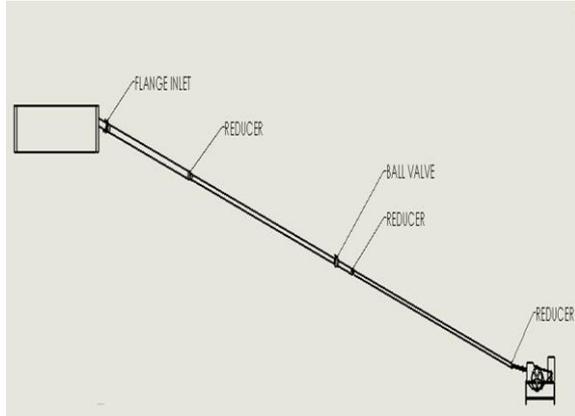
$$V_1 = \eta h \sqrt{2gH} \tag{pers 2}$$

maka didapatkanlah nilai V_1 sebesar 3,76 m/s, dan debit laju aliran Q_1 sebesar 0,07 m³/s



Gambar 5. Rencana penampang *reducer* pada sistem pipa.

Dikarenakan debit aliran fluida dari Q_1 sebesar $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$, maka nilai kecepatan laju aliran fluida (V_2) pada pipa $\varnothing 4''$ yaitu sebesar 7 m/s , dan kecepatan laju aliran fluida (V_3) sebesar $11,27 \text{ m/s}$ pada pipa $\varnothing 3$ inci serta untuk kecepatan laju aliran fluida pada pipa *output* (V_4) pada pipa $\varnothing 1,5''$ yaitu sebesar $38,8 \text{ m/s}$.



Gambar 6. Disain pemipaan dan kebutuhan accesories

Perencanaan perhitungan daya listrik

Daya input yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut;

$$P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (\text{pers 3})$$

$$P_{in} = 977 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{dtk}} \times 8 \text{ m}$$

$$P_{in} = 7659,68 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 7,6 \text{ kW} \approx 10,19 \text{ HP}$$

Daya output yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan sebagai berikut;

$$P_{out} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \quad (\text{pers 4})$$

dimana (η_t) efisiensi turbin penggerak hasil dari proses fabrikasi dan kerugian kerugian lainnya dan proses perencanaan perhitungan, maka didapatkanlah nilai dari (η_t) adalah sebesar 65% . Maka,

$$P_{out} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t$$

$$P_{out} = 977 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{dtk}} \times 8 \text{ m} \times 0,65$$

$$P_{out} = 4978,7 \text{ Watt} \approx 5 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan daya input dan output turbin yang sudah diketahui nilai besarnya maka nilai dari daya output listrik dari unit PLTMH yang akan direncanakan dapat dihitung dengan persamaan (pers 5) dan dimana (η_g) efisiensi generator yang akan dipakai akan direncanakan sebesar 85% .

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \quad (\text{pers 5})$$

$$P = 977 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{dtk}} \times 8 \text{ m} \times 0,65 \times 0,85$$

$$P = 4231,97 \text{ Watt}$$

$$P = 4,2 \text{ kW}$$

Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin adalah parameter kinerja turbin yang dapat ditentukan oleh perbandingan daya (P_{out}) dan daya (P_{in}) dan dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah;

$$\eta_t = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (\text{pers 6})$$

Dimana:

P_{in} = daya masuk turbin (kW)

P_{out} = daya keluar turbin (kW)

Maka.

$$\eta_t = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{5 \text{ kW}}{7,6 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_t = 65,7\%$$

Putaran Turbin dan Putaran Spesifik

Kecepatan putaran turbin (*turbin speed*), adalah perbandingan antara *head netto* dengan diameter tubin *cross-flow* dimana nilai dari kecepatan turbin yang direncanakan adalah sebesar 300 rpm dengan diameter runner $0,3 \text{ m}$, dan putaran spesifik (N_s) menunjukkan bentuk putaran dari turbin dan sama sekali tidak berhubungan dengan ukurannya.

Turbin *cross-flow* memiliki kecepatan spesifik antara $40\text{-}300 \text{ rpm}$, dan putaran spesifik dapat dihitung dengan dibawah;

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (\text{pers 6})$$

Dimana:

- N_s = putaran spesifik
- N = putaran turbin (300 rpm)
- H = tinggi jatuh (6,2 m)
- P = daya output turbin (6,7 kW)

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

$$N_s = \frac{300\sqrt{6,7}}{8^{5/4}}$$

$$N_s = 57,71 \text{ m. kW}$$

Maka,

Tabel 2. Perhitungan Perencanaan Desain Unit PLTMH tipe *cross-flow* kapasitas 5 kW

No.	Perencanaan Unit PLTMH tipe <i>cross-flow</i> kapasitas 5 kW	Simbol	Nilai	Satuan
1.	Tinggi Jatuh Air	H	8	m
2.	Kerugian Mayor	H_{Imayor}	0,73	m
3.	Kerugian Minor	H_{Iminor}	1,47	m
4.	Tinggi jatuh air efektif	H_{eff}	5,8	m
5.	Debit aliran	Q	0,07	m ³ /s
6.	Kecepatan aliran pada pipa input	V_1	3,76	m/s
7.	Kecepatan aliran pada pipa output	V_2	38,8	m/s
8.	Laju aliran massa	\dot{m}	97,7	kg/s
9.	Putaran turbin	N	300	rpm
10.	Putaran spesifik	N_s	57,71	mkW
11.	Daya input	P_{in}	7,6	kW
12.	Daya output	P_{out}	6,7	kW
13.	Daya output listrik	P	4,2	kW
14.	Efisiensi turbin	η	65	%

SIMPULAN

1. Bahwa pengambilan data survei lapangan yang berulang ulang dalam berbagai kondisi cuaca dapat menentukan hasil perencanaan perhitungan disain yang optimal dan valid, sehingga dapat memperkecil kesalahan perencanaan disain.
2. Didapat parameter perencanaanya dengan tinggi jatuh air (*head*) 8 meter dengan head efektif 5,8 m dan debit aliran air 0,07 m³/s dan efisiensi turbin 65 %. Dengan potensi tersebut, energi potensial air yang dibawa oleh pipa *penstok* sepanjang 31 m dengan kemiringan 15° akan menggerakkan turbin *cross-flow* menjadi energi mekanik dengan putaran 300 rpm sehingga dihasilkan daya input P_{in} sebesar 7,6 kW dan daya output P_{out} 5 kW serta daya rencana output listrik yang dihasilkan adalah sebesar 4,2 kW.

SARAN

- Adapun saran untuk mengoptimalkan unit PLTMH adalah sebagai berikut:
1. Untuk lebih diperhatikan setiap detail pada saat melakukan survei apangan dikarenakan data survei lapangan sangat penting untuk menjadi acuan perhitungan dan persiapan alat ukur yang memadai untuk mendukung pengambilan data yang tepat.
 2. Perlu diadakan kegiatan study penelitian lanjutan mengenai desain *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin *cross-flow* yang lebih besar sehingga dapat membangkitkan PLTMH dengan kapasitas yang lebih besar dan efektif agar dapat diaplikasikan pada lingkungan masyarakat yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

Corvis L, Rantererung, Sudjito Soeparman, Rudy Soenoko and Slamet Wahyudi, 2016, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, , Dual Nozzle Cross Flow Turbine As An Electrical Power Generation, Volume 11, NO 1.

Kosjoko, 2016, Cros Flow As Turbine Power Plant Minihidro (PLTM) Village To Self Energi, Jurnal Penelitian Ipteks, Fakultas Teknik University of Muhammadiyah Jember.

Loice Gudukeya, Ignatio Madanhire, 2013, *Efficiencyimprovement Of Pelton Whell And Crossflow Turbines In Micro Hydro Plants: Case Study*, *International Journal Of Engineering And Computer Science*, Volume 2 Page No. 416-432.

Mafrudin, Dwi Irawan,, Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro, Jurnal Turbo, Vol. 3 N0. 2.

Rustan Hatib, Andi Ade Larasakti, 2013, Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Kinerja Turbin Cross Flow, Jurnal Mekanikal, Vol. 4 No 2.

S. Yulianto., F. Maghfurah., M. Qadri., 2017, Perencanaan Disain PLTMH Kapasitas 5000 Watt Dengan Menggunakan Dua Buah Turbin Pengerak, Prosiding Semnastek FT UMJ, hal 1 – 3.

Varun Sharma, And Sanjeev Kumar Dhama, 2014, Analysis of Stress on Pelton Turbine Blade Due to Jet Impingement, *International Journal of Current Engineering and Technology* Vol.4, No 4.

Winasis, Hari Prasetijo, Giri Angga Setia, 2013, Optimasi Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Menggunakan Linear Programming Dengan Batasan Ketersediaan Air, *Dinamika Rekayasa* Vol. 9 No. 2.

Verdy A. Koehuan, Agustinus Sampealo, 2015, Analisis Desain Turbin Air Tipe Aliran Silang (*Crossflow*) dan Aplikasinya di Desa Were I Kabupaten Ngada-NTT, Lontar, Jurnal Teknik Mesin Udayana, Vol. 02, No 01.