



Perencanaan Transmisi dan Poros Bagi PLTMH Dengan Head 28 Meter dan Debit Air 50 Liter Per Detik Pada Air Terjun Curug Pelangi

Planning Of Transmission and Shaft For PLTMH With A Head of 28 Meters and A Water Discharge of 50 Liters Per Second at Curug Pelangi Waterfall

Medyawanti Pane*, Rahmad Samosir, Abdi Usia Siahaan
Universitas Kristen Indonesia, Indonesia

*Corresponding author: medyawanti.pane@uki.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan air sebagai sumber daya alam dari energi terbarukan untuk pembangkit listrik adalah salah satu solusi alternatif untuk menggantikan kebutuhan bahan bakar fosil. Di Curug Pelangi terdapat sungai yang memiliki air terjun, yang dapat dipotensikan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH). Namun air terjun saat ini digunakan sebagai destinasi wisata desa. Dari pengamatan dan perhitungan dengan menggunakan pelampung, dan luas penampang sungai diperoleh total debit air $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Dari pengukuran juga didapat tinggi jatuh (H) = 28 m. Berdasarkan ketinggian dan debit air yang ada, dapat ditentukan bahwa jenis roda turbin adalah roda Pelton. Dari hasil perhitungan, head efektif adalah 23,98 m, dengan debit air yang digunakan untuk memutar turbin, daya yang diperoleh adalah 7,4 kW. Dari daya yang diperoleh maka dapat dihitung : Diameter poros 30 mm, agar mudah menyesuaikan putaran turbin dan generator maka digunakan transmisi sabuk (V Belt) dengan perbandingan 1:2, dimana lebar $b = 21 \text{ mm}$, tebal $t = 21 \text{ mm}$, massa sabuk $w = 0,533 \text{ kg}$, sementara tegangan sabuk max = 52,5 kg, dengan sudut singgung antara sabuk dan puli $5,16^\circ$.

Kata Kunci: Curug pelangi, Mikrohidro, Transmisi dan poros turbin pelton

Abstract

Utilization of water as a natural resource from renewable energy for electricity generation is an alternative solution to replace the need for fossil fuels. In Curug Pelangi there is a river that has a waterfall, which can be potential to become a Micro Hydro Power Plant (PLTMH). However, the waterfall is currently used as a village tourist destination. From observations and calculations using a float, and the cross-sectional area of the river, the total water discharge is $Q = 0.05 \text{ m}^3/\text{s}$. The measurement also shows that the height of the fall (H) = 28 m. Based on the height and flow of water available, it can be determined that the type of turbine wheel is Pelton wheel. From the calculation results, the effective head is 23.98 m, with the water discharge used to turn the turbine, the result is 7.4 kW. From the power obtained, it can be calculated: The shaft diameter is 30 mm, so that it is easy to adjust the turbine and generator rotation, a belt transmission (V Belt) is used with a ratio of 1: 2, where width $b = 21 \text{ mm}$, thickness $t = 21 \text{ mm}$, belt mass $w = 0.533 \text{ kg}$, while the max belt tension = 52.5 kg, with the angle of tangency between the belt and the pulley 5.16° .

Keywords: Curug pelangi, Microhydro, Transmission and pelton turbine shaft

How to Cite: Pane, M. 2020, Perencanaan Transmisi dan Poros Bagi PLTMH Dengan Head 28 Meter dan Debit Air 50 Liter Per Detik Pada Air Terjun Curug Pelangi, *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, 4(2): 152-158

PENDAHULUAN

Curug Pelangi yang diperlihatkan pada Gambar 1 merupakan salah satu objek wisata air terjun yang memiliki potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang dapat dimanfaatkan. Proses perancangan turbin mikrohidro merupakan objek sebagai sarana pariwisata maka dibuat sebuah perancangan dengan modifikasi yang diharapkan dapat menghasilkan bentuk aliran dengan esensial keindahan dan tidak merusak objek wisata Curug Pelangi [1].

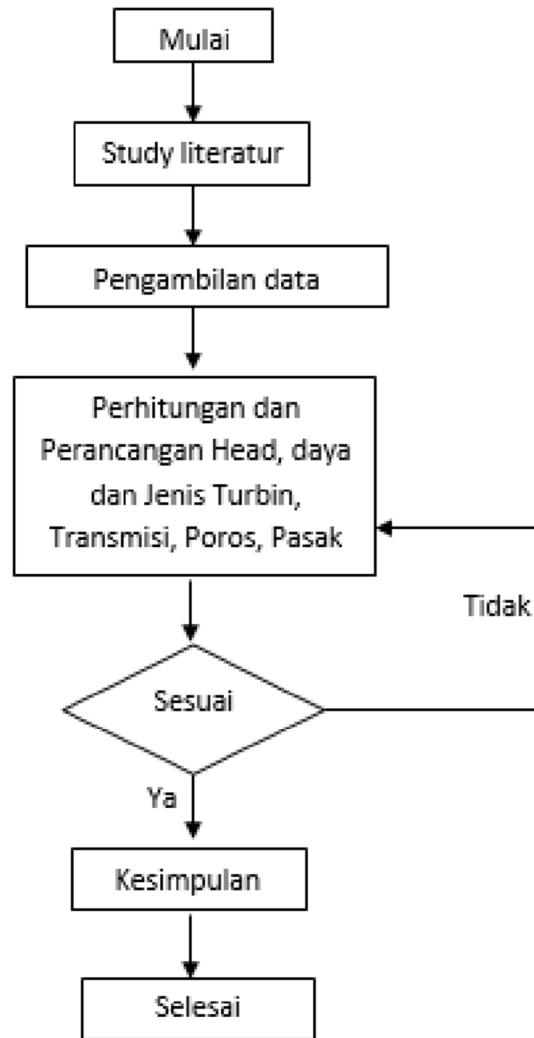


Gambar 1. Air Terjun Curug Pelangi

Curug Pelangi memiliki potensial air terjun yang besar dengan *Head* 22 meter. Dengan potensi tersebut, peneliti melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Objek wisata ini terdapat di desa Cimanggu, dimana pada sungai terdapat air terjun yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung terhadap luas penampang sungai diperoleh total debit sungai Q lebih dari $0,07 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Dari pengukuran juga diperoleh jatuh tinggi air terjun $H = 28 \text{ m}$. Berdasarkan tinggi dan debit air yang ada jatuh ke dimensi utama turbin air Jenis *Pelton Micro Hydro* sebagai pembangkit tenaga penggerak sudah direncanakan [2]. Hasil perhitungan untuk head efektif = 18 m, dengan debit air $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, diperoleh daya yang dihasilkan oleh 7,4 kW. Dalam merencanakan turbin, air hanya diarahkan untuk meradiasi ke satu sisi, guna menggantikan fungsi air terjun. Karena air diarahkan ke satu sisi, maka poros akan mengalami gaya aksial (yang sejajar dengan poros [3]. Poros dihubungkan ke runner dengan menggunakan pasak, kemudian putaran poros akan di teruskan ke transmisi, yang selanjutnya menuju ke poros generator . Perencanaan perancangan poros dan transmisi pembangkit listrik turbin air mikrohidro pada air terjun Curug Pelangi berdasarkan dari Penelitian di Palalangan [4].

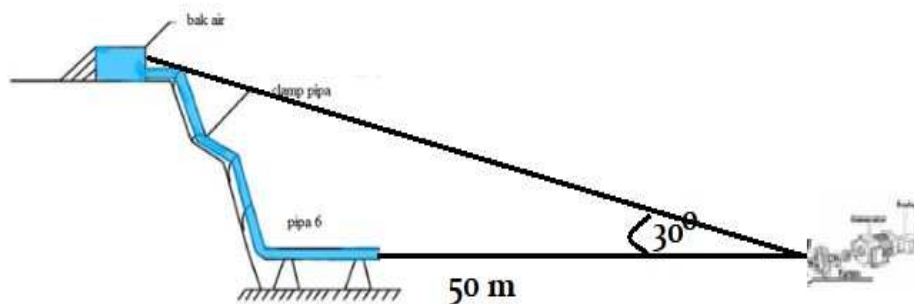
METODE

Tahap perancangan pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dapat dilihat dari Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alur Perancangan

Pengambilan data debit beserta ketinggian sungai atau head untuk bisa mengetahui potensi daya yang dihasilkan suatu sungai adalah dengan perhitungan trigonometri (gambar 3) [5] [6]. Sudut pandang antara transmisi terhadap bak air ialah 30 derajat, sehingga dengan persamaan trigonometri diperoleh ketinggian head = $\tan(30^\circ) \times 50 = 28$ meter.



Gambar 3. Skema Desain Pipa

Dengan menggunakan rumus kecepatan $V = \sqrt{(2gH_{Ideal})} = \sqrt{(2 \times 9.8 \times 18)} = 18.78$ m/s, diameter pentsock ialah 9.2 cm maka data debit dapat diperoleh $Q = V \times A = 18.78 \times 2.71 \times 10^{-4} = 5.08 \text{ l/s}$ [7] [8]. Setelah melakukan pengambilan data yang diperlukan maka dilakukan analisa data yang akan menghasilkan berapa potensi daya yang dapat dicapai dan komponen-komponen apa yang dipakai seperti spesifikasi generator dan jenis turbin. Penentuan jenis turbin dapat dilakukan dengan menggunakan tabel efisiensi turbin air pada beberapa kondisi beban (Tabel 1) [9].

Tabel 1. Tabel Efisiensi Turbin Air pada beberapa kondisi beban

Jenis Turbin	Ns	% efisiensi pada beberapa kondisi beban					% beban pd efisiensi maximum
		0.25	0.50	0.75	1.00	max	
Impuls (Pelton)	22	81	86	87	85	87.1	70
Francis	75	62	83	88	83	88	75
Francis	110	60	85	90	84	90.2	80
Francis	220	59	83	90	85	91.5	85
Francis	335	54	82	91	86	91.0	87.5
Francis	410	47	71.5	85	87	91.5	92.5
Francis	460	55	74.5	86.5	86	92.5	92
Propeller (sudu tetap)	690	45	70	84.5	82	91.5	92
Propeller (sudu tetap)	800	32	59	78	84	88	96
Propeller (sudu dpt diatur)	750	83.5	91	91.5	87	91.6	70

Pada perancangan ini, data awal diperoleh dari pengukuran dilapangan yang dapat dilihat pada tabel 1 untuk digunakan untuk perancangan. Adapun data awal diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data awal yang diperoleh

Data Awal	Nilai
Panjang bak	3 m
Lebar bak	4 m
Debit	50 l/s
Head	28 m
Pembangunan rumah pembangkit	12 m

Dari data awal tersebut, maka beberapa bahan penolong untuk perancangan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Bahan-bahan Penolong

Bahan-bahan Penolong	Kuantitas
Elbow 90°	3 buah
Elbow 45°	4 buah
Gate Valve	1 Buah
Reducer	2 Buah
Tee	1 Buah
Pipa Lurus	90 meter

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan diperolehnya data awal serta bahan penolong yang ditentukan, maka perancangan PLMTH dapat dilakukan sebagai berikut:

Perancangan daya turbin

Untuk mengetahui daya turbin dapat menggunakan rumus $P_{Turbin} = \rho \times g \times H_{Total} \times Q \times \eta T$ dan efisiensi turbin diketahui $\eta T = (50 - 80)\%$, sehingga dipilih efisiensi turbin ialah 65% [10]. Bahan pipa pesat dipilih dari PVC, dengan nominal diameter 160 mm, faktor gesekan dicari menggunakan diagram Moody (nilai $f = 0,015$). Untuk memperoleh daya turbin maka harus dihitung total head pada turbin terlebih dahulu. Hasil perhitungan perancangan daya turbin diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil perancangan daya turbin

No.	Parameter	Nilai
1.	Kecepatan air	2,488 m/det
2.	Rugi head pada pipa pesat	2,64 m
3.	Rugi head pada valve	0,078 m
4.	Rugi head pada elbow 90	0,846 m
5.	Rugi head pada elbow 45	0,456 m
6.	Total head pada turbin,(Htot)	23,98 m
8	Daya turbin (PT)	7,4 kW

Perancangan jenis turbin

Dalam perancangan ini, perhitungan dilakukan berdasarkan parameter yang telah ditentukan terlebih dahulu. Parameter tersebut adalah: Debit : 50 l/det; Head total: 24,83 m; Efisiensi Turbin: 65%, sehingga dapat diperoleh putaran spesifik turbin yang digunakan untuk menentukan jenis turbin. Maka, putaran spesifik jenis turbin yang dipilih berdasarkan tabel efisiensi turbin air pada kondisi beban ialah jenis turbin Implus (Pelton) [11] [12] [13].

Berdasarkan perhitungan jenis turbin pelton, diameter nozel yang diperlukan untuk kecepatan air keluar nozzle 21,38 m/det dan kecepatan tangensial 10,69 m/det ialah 50 mm. Sedangkan putaran generator untuk spesifikasi turbin tersebut ialah 750 rpm, maka diameter roda ialah 0,272 m. Daya turbin dalam konversi horse power ialah 9,842 HP.

Perancangan Sistem Transmisi

Dalam perencanaan ini dipakai transmisi tidak langsung yaitu sabuk transmisi (V belt) dan poros turbin dipilih dengan posisi horizontal [14] [15] [16]. Berdasarkan daya rencana dan faktor koreksi maka transmisi yang dipakai ialah V belt tipe B dengan jarak sumbu poros harus sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter puli besar [17]. Data hasil perhitungan sistim transmisi diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel 5. Data hasil perhitungan perancangan sistim transimi

No.	Parameter	Nilai
1.	Putaran turbin yang digerakkan (n_2) ($n_1 = 750$ rpm)	1500 rpm
2.	Diameter puli besar (D_2) ($D_1 = 120$ mm)	240 mm
3.	Panjang sabuk (l)	1,8 m
4.	Luas penampang sabuk (jenis V-belt Tipe B)	250 mm ²
5.	Massa sabuk	0,533 kg
6.	Kecepatan sabuk (V)	9,42 m/s
7.	Tegangan sentrifugal (T_c)	4,8 kg
8.	Tegangan maksimal sabuk (T_{max})	52,5 kg
9.	Tegangan maksimal pada sisi kancang sabuk (T_1)	47,7 kg
10.	Sudut singgung antara sabuk dan puli (θ)	5,16°
11.	Tegangan pada sisi kendur sabuk (T_2)	4,79 kg
12.	Daya yang di pindahkan satu sabuk (P)	6 HP
13.	Daya maksimum atau Total pada sisi kancang sabuk (P_{Max})	18 HP
14.	Rasio tegangan penggerak pada flat belt R	52,49 kg

Perancangan Poros

Hasil perhitungan pada perancangan poros turbin diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan perancangan poros

No.	Parameter	Nilai
1.	Moment puntir yang di transmisikan oleh poros (T)	859,87 kg.cm
2.	Moment lentur maksimum (M)	944,82 kg. cm
3.	Moment equivalent,	1277,52 kg.cm
4.	Diameter poros (bahan baja karbon S 45C)	2,49 cm
5.	Moment equivalent (T_e)	1667,68 kg.cm
6.	Diameter poros (menggunakan T_e)	2,72 cm
	Diameter perancangan poros	3 cm

Pasak

Hasil perhitungan perancangan pasak untuk poros turbin diperlihatkan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan pasak

No.	Parameter	Nilai
1.	Lebar pasak (w)	0,75 cm
2.	Panjang pasak (l)	4,71 cm
3.	Tebal pasak (t)	0,5 cm

KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Head Efektif yang dapat dikonversi jadi energi adalah 23,98 m dan daya listrik yang dihasilkan adalah 7,4 kW dengan ukuran diameter poros yang diperlukan adalah 30 mm. Sebagai transmisi daya dari turbin ke generator digunakan sabuk V sebanyak 3 buah.

REFERENSI

- [1] S. A, Pemberdayaan Masyarakat dalam Mengelola Potensi Sumber Daya Air melalui Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mini/Mikro Hidro, Jakarta: Pradnya Paramita, 2009.
- [2] Dietzel and Fritz, Turbin, Pompa dan kompresor, Jakarta: Erlangga, 1996.
- [3] R. Samosir, K. Turnip and S. L. Simanjuntak, "Design of microhidro turbine for electricity plants based on techno park in cimanggu village," Universitas Kristen Indonesia, Jakarta, 2020.
- [4] R. Samosir and M. D. Sebayang, "PERANCANGAN KINCIR ANGIN UNTUK MENDUKUNG PANEL SURYA (PV array) SEBAGAI PENERANGAN," Universitas Kristen Indonesia, Jakarta, 2016.
- [5] I. A. A, erancangan dan implementasi proto tipe pembangkit listrik tenaga MIKROHIDRO (PLTMH), Jakarta: Erlangga, 2010.
- [6] M. Y. R. Siahaan and D. Darianto, "KARAKTERISTIK KOEFISIEN SERAP SUARA MATERIAL CONCRETE FOAM DICAMPUR SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN METODE IMPEDANCE TUBE," *JMEMME (JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, MANUFACTURES, MATERIALS AND ENERGY)*, vol. 4, no. 1, pp. 85-93, 2020.
- [7] Sularso and S. Kiyokatsu, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Jakarta: Pradnya Paramita, 2004.
- [8] D. Darianto, B. Umroh, A. Amrinsyah and A. J. Zulfikar, "Numerical Simulation on Mechanical Strength of a Wooden Golf Stick," *JMEMME (Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy)*, vol. 2, no. 1, p. 13-19, 2018.
- [9] R. Khurmi and J. Gupta, Machine Design, New Delhi: Guptha Press, 2005.
- [10] Baskoro, Solusi pemenuhan listrik daerah curah hujan tinggi, Jakarta: Erlangga, 2015.
- [11] Suprpto and D. Astuti, "teknologi informasi energi dan material," Badan pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta, 2015.
- [12] A. J. Zulfikar, A. Sofyan and M. Y. R. Siahaan, "Numerical Simulation on The Onion Dryer Frame Capacity of 5 kg/hour," *JMEMME (Journal of Mechanical Enggineering, Manufactures, Materials and Energy)*, vol. 2, no. 2, p. 86-92, 2018.
- [13] A. J. Zulfikar, "Numerical Analysis of Strength of Rear Brake Holder Flat on The Motor Cycle Due to Impact Load," *JMEMME (Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy)*, vol. 2, no. 1, p. 1-6, 2018.
- [14] T. Ratna, "Pilih mana Energy terbarukan atau fosil," Mongabay Press, Jakarta, 2015.
- [15] A. J. Zulfikar, B. Umroh and M. Y. R. Siahaan, "Design and manufacture of skateboard from banana stem," *JMEMME (Journal of Mechanical Enggineering, Manufactures, Materials and Energy)*, vol. 3, no. 2, pp. 109-116, 2019.
- [16] A. J. Zulfikar, B. Umroh and M. Y. Siahaan, "Investigation of Mechanical Behavior of Polymeric Foam Materials Reinforced by Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) Fibers Due to Static and Dynamic Loads," *JMEMME (Journal of Mechanical Enggineering, Manufactures, Materials and Energy)*, vol. 3, no. 1, pp. 10-19, 2019.
- [17] H. A. Nugroho, "erancangan dan pembangunan pembangkit listrik tenaga Mikro Hidro," *JITEKI*, vol. 2, no. 1, pp. 23-39, 2012.