

Perencanaan Mikrohidro Untuk Penerangan Kandang Sapi Di Galengdowo Jombang

¹Karim Hanjaya, ²Agus Raikhani, ³Hidayatul Nurohmah

^{1,2,3}(Teknik) Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum Jombang

¹karimhanjaya@ymail.com ²agus.raikhani@gmail.com ³hidayatul.nurohmah.mt@gmail.com

Abstrak— Desa Galengdowo Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang dengan kondisi alam yang berbukit, luas wilayah 389,785 Ha koordinat 12,34211 LS/LU -7,7424 BT/BB, lokasi tersebut mudah ditemukan aliran sungai yang deras digunakan untuk irigasi, dengan debit rata-rata mencapai 602,609 liter/detik. Salah satu mata pencaharian terbanyak adalah peternak sejumlah 185 kepala keluarga, sebanyak 100 kepala keluarga adalah peternak sapi perah. Disana ditemukan kandang sapi yang kurang penerangan yakni mencapai 0-20 watt, sehingga menghambat aktifitas peternak pada saat malam. Kondisi kandang sapi yang kurang penerangan itu maka potensi aliran air sungai di galengdowo akan direncanakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Dengan metode pengumpulan data primer dan sekunder lokasi dan dengan perhitungan debit andalan akan lebih mudah untuk mengetahui debit air yang digunakan untuk PLTMH. Daya listrik yang terbangkit adalah 5,39 kW di turbin melalui pipa berdiameter 11 cm, 4,851 kW di generator, tinggi jatuh efektif 1,2 meter. Rencana energi tersebut digunakan peternak sapi perah masing-masing 100 watt untuk 40 kepala keluarga yang dijual seharga Rp. 22.500 per bulan, dan ketika siang hari listrik dijual ke PLN sebesar Rp 980 kWh, selama 12 jam dalam 1 bulan sebesar Rp 352.800. Pembangunan rencana senilai Rp 55.200.000 ini akan di dapat dari dana desa dan penjualan energi listrik ke pelanggan. Dengan metode BCR Selama 5 tahun dengan asumsi suku bunga 10% diketahui kelayakannya sebesar 1,23, kembali modal dan mendapat keuntungan sebesar Rp 14.415.153.55.

Kata Kunci—Sungai Galengdowo, PLTMH, Penerangan Kandang Sapi

Abstract- Galengdowo Village Wonosalam Sub-district Jombang Regency with hilly nature condition, the total area of 389,785 Ha coordinates 12,34211 LS / LU -7,7424 BT / BB, the location is easy to find the flow of rushing river used for irrigation, with average discharge reached 602,609 litres / sec. One of the largest livelihoods is breeders of 185 households, as many as 100 households are dairy farmers. There found cows that are less illumination that reaches 0-20 watts, thus inhibiting the activities of farmers at night. The condition of the cattle enclosure is less illuminated then the potential flow of river water in Galengdowo will be planned for Micro Hydro Power Plant. With primary and secondary data collection methods of location and with the calculation of the mainstay debit it will be easier to know the water discharge used for the PLTMH. The electricity that is generated is 5.39 kW in the turbine through the 11 cm diameter pipe, 4,851 kW in the generator, the effective falling height of 1.2

meters. The energy plan is used by dairy farmers every 100 watts for 40 heads of families are sold for Rp. 22,500 per month, and when the daytime electricity sold to PLN of Rp 980 kWh, for 12 hours in 1 month amounted to Rp 352,800. The construction of the Rp 55.2 million plan will be from village funds and electricity sales to customers. With BCR method For 5 years with the assumption of interest rate 10% known feasibility of 1.23, a return of capital and net profit equal to Rp 14.415.153.55.

Keywords - Galengdowo River, MHP, cowshed lighting

I. Pendahuluan

Energi memainkan peran penting dalam ekonomi suatu negara. Sumber energi terbarukan merupakan solusi potensial untuk memenuhi kebutuhan energi, terutama di daerah pedesaan. Penggunaan energi terbarukan dianggap berkontribusi mengurangi dampak perubahan iklim dan degradasi lingkungan.[1]

Desa Galengdowo Kecamatan Wonosalam merupakan salah satu daerah di Kabupaten Jombang. Di daerah tersebut mudah ditemui sungai dengan aliran air yang deras yang digunakan oleh sebagian penduduk untuk pembuangan irigasi. Melihat aliran sungai Galengdowo tersebut maka potensi itu menguntungkan ialah dengan memanfaatkannya menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Pada peninjauan lokasi di Di desa Galengdowo mayoritas mata pencaharian penduduk adalah peternak sapi perah yang memproduksi susu sebanyak 100 kepala keluarga, penerangan kandang sapi itu tidak maksimal, ada beberapa kandang yang tidak memakai lampu sama sekali dan ada juga yang menggunakan penerangan lampu dengan daya 5-20 watt.

Melihat potensi Desa Galengdowo tersebut maka penelitian berfokus pada pemanfaatan aliran air sungai

untuk dimanfaatkan menjadi PLTMH, digunakan para peternak sapi perah untuk penerangan kandang sapi, dan kelebihan daya listrik dari PLTMH ini bisa dijual ke PLN, selain itu juga untuk meningkatkan produktivitas peternak.

II. Metode Penelitian

A. Metode Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan pada saat penelitian kali ini adalah dengan mendatangi lokasi desa Galengdowo berupa data primer dan sekunder, ialah sebagai berikut :

1. Data primer meliputi :

- Perizinan dengan Kepala Desa lalu meninjau lokasi sungai penelitian yang berdekatan dengan kandang sapi.
- Menghitung luas, kedalaman, debit aliran sungai Galengdowo dengan menggunakan metode apung, perhitungan debit andalan, mengetahui curah hujan per tahun.

Perhitungan debit rata-rata aliran sungai menggunakan rumus sebagai berikut

$$Q = A \cdot V \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

Q = Debit aliran ($m^3/detik$), A = Luas penampang saluran (m^2), V = Kecepatan aliran air ($m/detik$) [2]

Rumus penghitungan luas penampang (A)

$$A = L_{rata-rata} \times H_{rata-rata} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

A = Luas Penampang (m^2), $L_{rata-rata}$ = Lebar rata-rata (meter), $H_{rata-rata}$ = Kedalaman rata-rata (meter)

Rumus perhitungan kecepatan aliran air di bawah ini menggunakan metode apung.

$$V = \frac{P_{rata-rata}}{T_{rata-rata}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

V = Kecepatan ($m/detik$), P = Panjang saluran (m)
 T rata-rata = Waktu rata-rata ($detik$) [2]

Pada perencanaan PLTMH, debit andalan sangat berpengaruh pada daya yang akan dikeluarkan. Debit andalan untuk tujuan pusat listrik tenaga air sebesar 80% - 90% . Untuk menentukan debit dengan peluang keandalan tertentu.

c. Perhitungan daya listrik

Untuk perhitungan daya listrik rencana menggunakan rumus sebagai di bawah ini

$$P = Q \times 9,81 \times H \times \eta \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

Q = debit air ($m^3/detik$), h = tinggi terjun air efektif (m),
 η = efisiensi keseluruhan PLTMH (efisiensi 0,85)
 [3]

$$P_{Teoritis} = 9,81 \times Q \times H_{eff} \dots \dots \dots (5)$$

$$P_{Turbin} = 9,81 \times \eta_t \times Q \times H_{eff} \dots \dots \dots (6)$$

$$P_{Generator} = 9,81 \times \eta_g \times \eta_t \times Q \times H_{eff} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

η_t = efisiensi turbin, η_g = efisiensi generator, Q = debit pembangkit ($m^3/detik$), H_{eff} = tinggi jatuh efektif (m)
 [3]

Perhitungan banyaknya energi yang dihasilkan pembangkit dalam satu tahun menggunakan persamaan berikut:

$$E = P \times 24 \times n \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

P = daya (kW), n = jumlah hari [4]

d. Debit melalui pipa pesat

Debit yang dihasilkan melalui pipa pesat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \frac{V \times \pi D^2}{4} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana :

Q = Debit aliran melalui pipa, V = Kecepatan aliran air,
 D = Diameter pipa [5]

e. Jumlah daya listrik yang digunakan untuk penerangan kandang sapi.

f. Manajemen ekonomi energi listrik PLTMH.

2. Data sekunder meliputi :

- Peta lokasi penelitian
- Kondisi kandang sapi

B. Pemilihan Turbin dan Generator

Berdasarkan prinsip kerjanya turbin air dibagi menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi, seperti ditunjukkan pada penjelasan di bawah ini :

- Turbin impuls. turbin ini meliputi *Cross-flow*, *pelton* dan *turgo*, menggunakan tekanan yang saa pada setiap sisi sudut gerkanya, dimana bagian turbin yang berputar.
- Turbin Reaksi. Turbin ini meliputi jenis *francise* dan *kapalan/propeller*. Secara umum jenis turbin ini tidak menerima tumbukan dan hanya mengikuti aliran air.

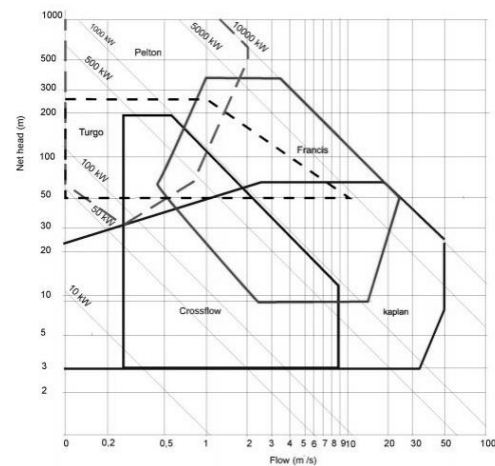
Berikut merupakan pembagian jenis-jenis turbin berdasarkan prinsip kerja serta tinggi jatuh air .

Tabel 1. pembagian jenis turbin berdasarkan prinsip kerja serta tinggi jatuh

Tipe turbin	Head (pressure)		
	High > 40 m	Medium 20 m – 40 m	Low 5m – 20 m
Impulse	Pelton, Turgo	Cross-flow, Turgo, Pelton	Cross-flow
Reaction		Francise Pump Ass Turbine (PAT) Kaplan, Propeller	Propeller Kaplan

Berdasarkan Tabel diatas dapat diketahui bahwa kerja operasi turbin dapat dibagi menjadi *low head power plant*, *medium head power plant*, dan *high head power plant*. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan turbin adalah putaran kecepatan generator yang tersedia. Hal ini berpengaruh terhadap usia guna generator. Kecepatan turbin sama dengan kemampuan kecepatan generator.

Daerah aplikasi berbagai jenis turbin air relatif spesifik. Grafik pada gambar di bawah ini dapat membantu pemilihan jenis turbin.[6]



Gambar 1. Grafik pemilihan jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin berdasarkan kecepatan spesifik juga bisa dihitung dengan rumus di bawah ini

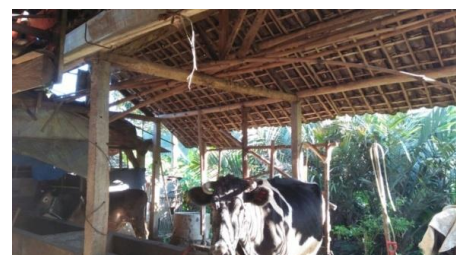
$$Ns = \frac{nP^{1/2}}{H^{5/4}} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

Ns = Kecepatan spesifik, n = Kecepatan turbin, P = Daya yang dihasilkan, H = Tinggi jatuh efektif [7]

III. Hasil dan Pembahasan

Desa Galengdowo terletak di Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang merupakan daerah dengan kondisi alam yang berbukit, terletak di 400 meter dari permukaan laut dengan luas wilayah 389,785 Ha koordinat 12,34211 LS/LU -7,7424 BT/BB, dengan kondisi berbukit, lokasi tersebut mudah ditemukan aliran air dengan debit rata-rata mencapai ini merupakan debit tinggi pada saat musim penghujan, dan didapat debit sebesar 602,609 liter/detik.



Gambar 2. Kandang sapi peternak



Gambar 3. Sungai Lokasi rencana PLTMH Galengdowo

Tabel 2. Pengukuran debit dengan metode apung

No	waktu	kecepatan 3m/detik	Kecepatan m/detik	kedalaman (cm)	lebar sungai (cm)
1	1.4	11.7	3.9	46	750
2	0.9	5.7	1.9	22	400
3	1.5	8.9	2.966667	31	330
4	1.1	7.6	2.533333	18	420
5	1	8	2.666667	25	650
6	0.8	5.6	1.866667	20	300
7	0.4	3.3	1.1	18	930
8	0.9	10.3	3.433333	50	84
Rata-rata	1	7.6375	2.545833	28.75	5.775

Perhitungan debit dimulai dari pengukuran dengan menggunakan metode apung. Agar mempermudah dalam perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel 2.

Mula-mula pengukuran dilakukan dengan mengapungkan bola pimpong dengan panjang lintasan 3 meter, dan stopwatch untuk menghitung waktu tempuhnya sebanyak delapan kali. Kedalaman dan lebar sungai diukur menggunakan alat meteran. Dari data di atas dapat dihitung dengan perhitungan di bawah ini.

a. Debit Aliran air

$$A_{rata-rata} = L_{rata-rata} / H_{rata-rata}$$

$$A_{rata-rata} = 5.775 / 28.75 = 20.08696 \text{ cm}^2 = 0,20087 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{P_{rata-rata}}{T_{rata-rata}}$$

$$V = \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,20087 \times 3 = 0.602609 \text{ m}^3/\text{s} = 602 \text{ liter/detik}$$

b. Debit Pipa

Debit pada pipa dihitung dengan menggunakan probabilitas perhitungan pipa dengan memasukkan rumus 9. Untuk ukuran pipa yang digunakan ialah menurut diameter pipa yang tersedia di pabrik, dengan ukuran pendekatan diameter, yakni seperti ditunjukkan tabel di bawah ini.

Tabel 3. Perhitungan debit air ke pipa

Diameter pipa (cm)	Debit sunagi (m ³ /detik)	Debit air masuk pipa (m ³ /detik)
9	0.602609	0.382782
10	0.602609	0.47257
11	0.602609	0.57181
12	0.602609	0.680501
14	0.602609	0.926237
21	0.602609	2.084034
22	0.602609	2.287239

Debit air yang masuk ke pipa dengan nilai mendekati debit aliran air adalah berdiameter 11 cm, dengan debit 0,57181 m³/ detik.

c. Debit Andalan

Penggunaan debit ialah 80% - 90% air yang tersedia di sungai, probabilitasnya ialah ditunjukkan tabel di bawah ini.

Tabel 4. Perhitungan debit andalan

Probabilitas Debit (%)	Hasil (m ³ /detik)
50 %	0.301305
60 %	0.361565
65 %	0.391696
75 %	0.451957
80 %	0.482087
85 %	0.512218
90 %	0.542348
95 %	0.572479
100 %	0.602609

Jika air yang digunakan 80%-90% maka ditemukan debit sebesar 0,482087 m³/detik hingga 0,572479 m³/detik.

d. Mencari Kecepatan Turbin

$$n1 = \frac{n11}{D} \sqrt{H}$$

$$n1 = \frac{40}{0,11} \sqrt{1,2} = 378,421 \text{ rpm}$$

$$Ns = \frac{n1^{1/2}}{H^{5/4}}$$

$$Ns = \frac{378,421 \times 5320,435^{1/2}}{1,2^{5/4}} = 21,98$$

e. Perhitungan Daya Listrik

Efisiensi turbin direncanakan sebesar 80%, maka dan efisiensi generator sebesar 90%.

Daya pada turbin sebesar

$$P \text{ Turbin} = 9,81 \times \eta_t \times Q \times H_{\text{eff}}$$

$$P \text{ Turbin} = 9,81 \times 0,8 \times 0.602609 \times 1,2$$

$$= 5.675131 \text{ Kw}$$

Daya listrik terbangkit melalui pipa sebesar

$$P = \rho \times Q \times g \times H \times \eta_g \times \eta_t$$

$$P = 1000 \times 0.57181 \times 9,81 \times 1,2 \times 0,9 \times 0,8$$

$$P = 4.84657 \text{ kW}$$

Tabel 5. Spesifikasi PLTMH rencana

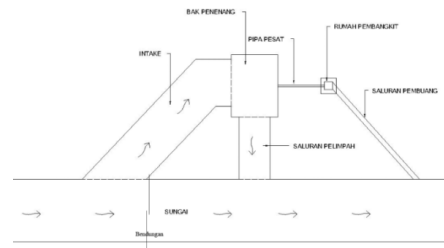
No	Jenis Perhitungan	Hasil
1	Debit air	0.602609 m ³ /s
2	Kecepatan turbin spesifik	21,98 ns
3	Tinggi Efektif	1,2 m
4	Debit air ke pipa efektif diameter 11 cm	0.57181 m ³ /detik
5	Daya listrik dari debit air pipa ke turbin	5.675131 kW
6	Daya listrik akhir	4.84657 kW

Menurut tabel di atas kecepatan spesifik ditemukan sebesar 21,98 itu artinya turbin yang digunakan ialah antara turbin jenis *pelton* dan kincir air namun berdasarkan tinggi jatuh efektif sebesar 1,2 meter itu artinya turbin yang digunakan ialah antara *kaplan* dan *propeller*.

Pemilihan turbin di atas akan ditentukan dengan mengetahui kondisi lokasi rencana PLTMH. Menurut kondisi di lapangan maka turbin yang cocok menurut kecepatan spesifik dan tinggi jatuh untuk jenis turbin yang sesuai di lapangan ialah turbin *pelton*.

Sedangkan untuk generator rencana yang akan digunakan ialah dengan daya 5 kW, phasa 3, kecepatan 1500 Rpm, 220 V, 50 Hz.

Rencana pembangunan PLTMH pada skema penangkapan air, pipa penstock, rumah pembangkit, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Denah penangkapan aliran air, pipa *penstock*, dan rumah pembangkit.

f. Perhitungan manajemen ekonomi

$$NET/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B-Ct}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Ct-Bt}{(1+i)^t}} \dots\dots\dots(11)$$

Bt = Manfaat (Benefit) pada tahun ke-t

Ct = Biaya (Cost) pada tahun ke-t

i = Discount factor

t = Umur proyek

Indikator *NET B/C Ratio* adalah :

Jika Net B/C > 1, maka proyek layak (*go*) untuk dilaksanakan. Jika Net B/C < 1, maka proyek tidak layak (*not go*) untuk dilaksanakan.[8]

Dalam perhitungan ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar kelayakan penjualan energi listrik ke konsumen dan penjualan energi listrik ke PLN. Perhitungan menggunakan Benefit Cost Ratio (BCR) dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 6. Break Efant Point (BCR)

Tahun	Benevit	Cost	PV COST	PV BENEFIT
1	Rp -	Rp 35,200,000.0 0	Rp 38,723,872.3 9	Rp -
2	Rp 13,800,800.0 0	Rp 4,200,000.00	Rp 5,084,745.76	Rp 16,707,990.3 1
3	Rp 13,800,800.0 0	Rp 4,300,000.00	Rp 5,725,699.07	Rp 18,376,564.5 8
4	Rp 13,800,800.0 0	Rp 4,310,000.00	Rp 6,310,395.31	Rp 20,206,149.3 4
5	Rp 13,800,800.0 0	Rp 4,300,000.00	Rp 6,924,315.62	Rp 22,223,510.4 7
jumlah	Rp 55,203,200.0 0	Rp 52,310,000.0 0	Rp 62,769,028.1 5	Rp 77,514,214.7 0

Tabel 6 adalah hasil pengolahan keuangan total penjualan listrik dari pelanggan dan PLN. Penjualan listrik ke konsumen

rencana sebanyak 40 kepala keluarga masing masing 100 W dengan harga Rp 22500 per bulan, maka didapat Rp 900.000 per bulan dari 40 kepala. Penjualan listrik ke PLN dengan harga Rp 980 per kWh, karena pada saat siang hari penduduk tidak menggunakan listriknya maka listrik akan dijual ke PLN dalam waktu 12 jam selama satu bulan ditemukan penjualan sebesar Rp 352.800. jika pembangunan menghabiskan dana sebesar Rp 55.200.000, dana diambil dari dana desa dan hasil penjualan listrik. jika rencana penjualan listrik direncanakan sebesar Rp 35.200.000 maka dalam 5 tahun bisa ditemukan BCR sebesar 1,23 itu artinya pembangunan PLTMH ini layak dilaksanakan (go).

iv. Kesimpulan

1. PLTMH menghasilkan energi listrik ramah lingkungan yang kegunaannya sangat bermanfaat untuk peternak sapi perah di Desa Galengdowo. Dengan debit sebesar $0.602609 \text{ m}^3/\text{s}$ dan energi listrik yang akan tebangkit sebesar 4.84657 kW ini mampu menerangi kandang sapi sebanyak 40 kepala keluarga.
2. Penjualan energi listrik ke peternak dan PLN menunjukkan kelayakan dengan rencana PLTMH terbangun senilai Rp 55.200.000. Dana pembangunan diperoleh dari hasil penjualan listrik dan bantuan dana desa. Dengan metode Benefit Cost Ratio (BCR) dengan asumsi suku bunga 10% selama 5 tahun penggunaan PLTMH ini bisa kembali modal dan keuntungan sebesar Rp 14.745.186.55

Daftar Pustaka

- [1] S. P. Hadi, "The Environmental Impact Study Of Micro Hydro Power In Pekalongan Indonesia," vol. 08007, pp. 1–7, 2018.
- [2] A. Norhadi, A. Marzuki, L. Wicaksono, and R. A. Yacob, "Studi Debit Aliran Pada Sungai Antasan Kelurahansungai Andai Banjarmasin Utara," vol. 7, no. 1, 2015.
- [3] R. Nair *et al.*, "Community development and energy equality: Experiences from micro hydro implementation in a tribal settlement in India," *IEEE Reg. 10 Humanit. Technol. Conf. 2016, R10-HTC 2016 - Proc.*, pp. 1–7, 2017.
- [4] P. Listrik *et al.*, "(Pltmh) Di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Sumber daya air adalah sumber daya berupa air yang," 2015.

- [5] A. Sugiri, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada PDAM Way Sekampung Kabupaten Pringsewu," vol. 5, pp. 5–10, 2014.
- [6] H. Wibowo and A. Daud, "Kajian Teknis Dan Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Di Sungai Lematang Kota Pagar Alam," vol. 4, no. 1, pp. 34–41, 2015.
- [7] S. Nababan, E. Muljadi, and F. Blaabjerg, "An overview of power topologies for micro-hydro turbines," *Proc. - 2012 3rd IEEE Int. Symp. Power Electron. Distrib. Gener. Syst. PEDG 2012*, no. April 2014, pp. 737–744, 2012.
- [8] Vincent Gaspersz, *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Bandung: Tarsito Bandung, 1996.