

Studi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Daya 27 kW di Desa Karangsono, Malang

¹Albert Richardo Bing, ²Daniel Rohi, ³Julius Sentosa Setiadji

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

¹albert96.arb@gmail.com, ²Rohi@petra.ac.id, ³Julius@petra.ac.id

Abstract—In Karangsono Village there are 4 big water source and connected to Brantas river so it has the potential to build micro hydro power plant. One of the water sources is named Maron water source. At Maron water source there is a microhydro power plant that serves to supply water pumps.

This development and analysis study is conducted by studying existing micro hydro power plants and then developed with calculations for planning a new micro hydro power plants. The data needed to design is head and water discharge. Head's value is obtained from measurement using tape measurer and laser distance measurer. The value of water discharge is obtained from measurement of using cross-section method and stopwatch measuring instrument.

Karangsono village has a river with water discharge of 1.43 m³/s which has the potential to produce 36 kW of electricity. In this research, the planned PLTMH will have a capacity of ± 13 kW. The water debit of the PLTMH design is 0.5 m³/s with a head of 4.1 m From the above water and head discharge data, the design of microhydro power generation has been successfully completed.

Keywords—Microhydro; Renewable Energy; Head; Water Discharge

Abstrak—Di Desa Karangsono terdapat 4 sumber air yang besar dan terhubung ke sungai Brantas sehingga sangat berpotensi untuk dibangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Salah satu sumber air tersebut bernama sumber air Maron. Di sumber air Maron terdapat pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang berfungsi untuk memberi suplai listrik pompa air.

Studi pengembangan dan analisa ini dilakukan dengan cara mempelajari pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang sudah ada lalu dikembangkan dengan perhitungan guna direncanakan pembangkit listrik yang baru. Data-data yang diperlukan untuk merancang adalah *head* dan debit air. Nilai *Head* didapat dari pengukuran dengan menggunakan *tape measurer* dan *laser distance measurers*. Nilai debit air didapat dari pengukuran dengan menggunakan metode *cross-section* dan alat ukur *stopwatch*.

Desa Karangsono memiliki debit air sungai sebesar 1,43 m³/s yang berpotensi menghasilkan listrik sebesar 36 kW. Pada penelitian ini dilakukan perencanaan PLTMH berkapasitas ± 13 kW. Debit air rancangan PLTMH tersebut adalah 0,5 m³/s dengan *head* sebesar 4,1 m Dari data debit air dan *head* diatas,

dihasilkan rancangan pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

Kata Kunci—Mikrohidro; Energi Terbarukan; Head; Debit Air

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik sekarang ini semakin meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi. Penggunaan energi listrik di Indonesia didominasi oleh energi fosil. Energi fosil di Indonesia diramalkan akan habis sekitar tahun 2030 [2]. Penggunaan energi fosil menyebabkan pencemaran lingkungan, salah satunya adalah *global-warming*. Untuk meminimalisir penggunaan energi fosil, pemerintah Indonesia giat mengkampanyekan penggunaan energi terbarukan.

Berdasarkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (ESDM), menyatakan bahwa Pemerintah Indonesia menargetkan rasio elektrifikasi di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 100%. Pada tahun 2017, rasio elektrifikasi di Indonesia telah mencapai 92,8% [1]. Kementerian ESDM juga menyampaikan bahwa saat ini Pemerintah Indonesia tengah menyiapkan sebuah konsep revisi ketentuan kebijakan energi dengan menargetkan elastisitas energi kurang dari 1 dan mengoptimalkan target bauran energi pada tahun 2025 dengan meningkatkan porsi energi baru dan terbarukan menjadi 25,9% [3].

Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang dapat diperoleh ulang yang meliputi angin, sinar matahari, air, panas bumi, dan biomass. Sumber energi terbarukan merupakan energi yang aman dan ramah lingkungan sehingga tidak menimbulkan polusi atau kerusakan lingkungan. Penggunaan energi terbarukan di Indonesia masih sangat sedikit sehingga masih sangat memungkinkan untuk adanya pembuatan pembangkit tenaga listrik dari energi terbarukan. Dari sumber energi terbarukan yang telah disebutkan di atas, penulis ingin mengembangkan pembangkit energi listrik

tenaga air ukuran kecil atau yang biasa disebut *Microhydro*.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan pembangkit listrik yang berskala kecil dari tenaga air. Mikrohidro menghasilkan daya antara 1 kW hingga 100 kW. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

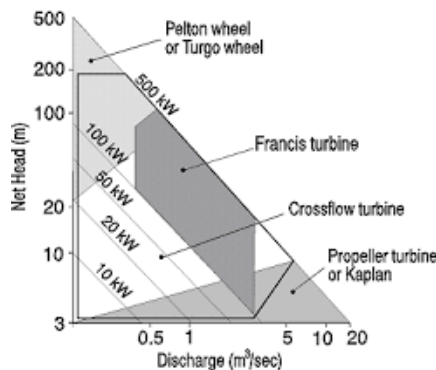
Konsep PLTMH adalah sebuah sistem konversi tenaga, menyerap tenaga dari bentuk ketinggian dan aliran, dan menyalurkan tenaga dalam bentuk daya mekanik ke daya listrik. Tidak ada sistem konversi daya yang dapat mengirim sebanyak yang diserap karena sebagian daya hilang oleh sistem itu sendiri dalam bentuk gesekan, panas, dan sebagainya. Daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$P = 9,81 \times H \times Q \times \eta_t \times \eta_g$$

Dimana:

- P = Daya yang dapat dihasilkan (kW)
- H = Tinggi jatuh air efektif (m)
- Q = Debit aliran air (m³/s)
- η_t = Efisiensi turbin
- η_g = Efisiensi generator

Didalam perancangan PLTMH, bagian yang terpenting adalah desain turbin dan pipa pesat. Untuk menentukan desain turbin harus ditentukan terlebih dahulu *head* dan debit air. Setelah diketahui, maka perlu dilakukan peninjauan terhadap grafik karakteristik turbin.



Gambar 1. Karakteristik Turbin

Pipa pesat pada PLTMH dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

Diameter minimum pipa pesat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$D = 2,69 \times \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{h} \right)^{0,1875}$$

Dimana :

- D = Diameter pipa pesat (m)
- n = koefisien kekasaran
- Q = Debit air (m³/s)
- L = Panjang pipa pesat (m)
- h = head

Tebal pipa pesat yang direncanakan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\delta = d^3 \sqrt{\frac{n P_0}{2E}}$$

Dimana:

- d = Diameter pipa pesat (m)
- n = Faktor keamanan
- n = 2 untuk pipa yang tertutup tanah
- n = 4 untuk pipa diluar
- P₀ = Tekanan udara (0,1 Mpa)
- E = Modulus elastisitas (200 Gpa)

II. Metode Penelitian

A. Metode

Pada bagian ini, akan dibahas mengenai metode untuk mendesain PLTMH.

1. Studi literatur

Pada metode ini penulis melakukan studi terhadap beberapa komponen yaitu :

- ~ Beban
- ~ Komponen PLTMH
- ~ Turbin
- ~ Generator
- ~ Desain PLTMH

2. Observasi

Metode ini dilakukan dengan melakukan pendataan komponen PLTMH *existing* unit 1 dan melakukan observasi terhadap potensi dibangunnya PLTMH unit 2 di lokasi yang meliputi:

- ~ Debit air
- ~ Arus air (kecepatan air)
- ~ Beban yang terpasang (pompa dan rumah tangga)
- ~ Jenis turbin yang terpasang

~ Ukuran kolam bak air

3. Mengambil data

Pengambilan data pada lokasi dilakukan dengan melalui wawancara, pengamatan, dan dokumen. Data yang diambil meliputi:

- ~ Jumlah penduduk
- ~ Jumlah beban
- ~ Debit air
- ~ Kontur tanah
- ~ Curah hujan
- ~ Jumlah produksi listrik

4. Perancangan

Pada metode ini dilakukan perancangan unit 2 PLTMH di lokasi serta melakukan pengujian perhitungan dengan menggunakan software. Perancangan unit 2 PLTMH ini dilakukan dengan melakukan pengambilan data di lapangan dan perhitungan menggunakan rumus.

5. Dokumentasi

Metode ini dilakukan dengan melakukan pencatatan kondisi di lapangan dan mengambil gambar – gambar atau foto sebagai penunjang penyusunan tugas akhir.

B. Gambar dan Tabel

Berikut ini merupakan lokasi perencanaan desain PLTMH unit 2:



Gambar 2. Lokasi Sumber Air Maron

Beban yang akan dipasang pada PLTMH unit 2 berupa pompa air dan beban rumah tangga. Berikut ini merupakan rincian beban PLTMH unit 2:

Tabel 1. Rencana Beban PLTMH Unit 2

Rencana Beban	Jumlah	Kapasitas (W)	TOTAL	
Pompa Air	1	7.500	7.500	W
Kios	9	360	3.240	W
			10.740	W

Tabel 2. Data Kecepatan dan Waktu Sungai

Percobaan	Lebar sungai (m)	Panjang lintasan(m)	Waktu tempuh (s)	Kecepatan (m/s)
1	5,4	2	2,90	0,68
2	5,4	2	3,10	0,64
3	5,4	2	3,10	0,64
4	5,4	2	3,00	0,66
5	5,4	2	3,10	0,64
Rata-rata			3,04	0,65

Tabel 3. Data Kedalaman Sungai

Pengukuran ke-	Kedalaman (m)
1	0,40
2	0,42
3	0,40
4	0,41
5	0,44
Rata-rata	0,41

Dari Tabel 2 dan tabel 3 dapat diketahui bahwa debit air sungai tersebut sebesar 1,43 m³/s.

III. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini, akan dibahas tentang hasil perancangan PLTMH unit 2 di Desa Karangsono, Malang. Perancangan PLTMH unit 2 ini menggunakan head sebesar 4,1 m.

Berikut ini merupakan potensi daya terbangkit di sumber air Maron jika menggunakan debit air musim hujan sebesar 1,43 m³/s:

$$P = 9,81 \times H \times Q \times \eta_t \times \eta_g$$

Dimana:

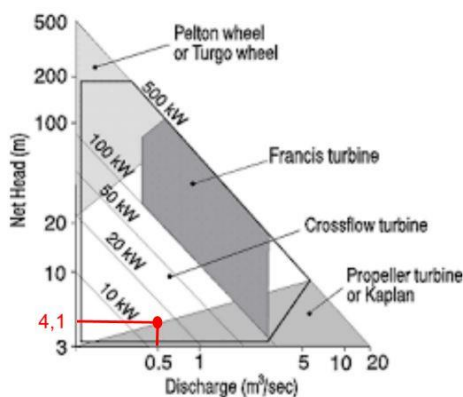
P = Daya yang dapat dihasilkan (kW)

H = Tinggi jatuh air efektif (m)

$$\begin{aligned} Q &= \text{Debit aliran air (m}^3/\text{s)} \\ \eta_t &= \text{Effisiensi turbin} \\ \eta_g &= \text{Effisiensi generator} \\ P &= 9,81 \times H \times Q \times \eta_t \times \eta_g \\ P &= 9,81 \times 4,1 \times 1,43 \times 0,8 \times 0,8 \\ P &= 36,81 \text{ kW} \end{aligned}$$

Desain pembuatan PLTMH unit 2 dengan debit air rancangan sebesar 35% dari debit air saat musim hujan yakni 0,5 m³/s agar PLTMH dapat berjalan diwaktu musim kemarau dan tidak mengganggu fasilitas rekreasi di lokasi wisata.

Berdasarkan teori karakteristik penggunaan turbin, dengan debit air rancangan sebesar 0,5 m³/s dan dengan perhitungan head di atas sebesar 4,1 m, serta dari gambar 3, jenis turbin yang bisa dipakai adalah tipe *Crossflow*.



Gambar 3. Karakteristik Pemilihan Turbin

Dengan menggunakan debit air rancangan sebesar 0,5 m³/s, maka daya terbangkit dari PLTMH unit 2 adalah sebesar ±13 kW.

$$P = 9,81 \times H \times Q \times \eta_t \times \eta_g$$

Dimana:

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya yang dapat dihasilkan (kW)} \\ H &= \text{Tinggi jatuh air efektif (m)} \\ Q &= \text{Debit aliran air (m}^3/\text{s)} \\ \eta_t &= \text{Effisiensi turbin} \\ \eta_g &= \text{Effisiensi generator} \\ P &= 9,81 \times H \times Q \times \eta_t \times \eta_g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 9,81 \times 4,1 \times 0,5 \times 0,8 \times 0,8 \\ P &= 12,87 \text{ kW} \end{aligned}$$

iv. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi total debit air maksimal yang tersedia sebesar 1,43 m³/s. Dari potensi debit air maksimum, dapat menghasilkan daya terbangkit sebesar 36 kW.
2. Perancangan PLTMH Unit 2 menggunakan spesifikasi debit air diambil 35% dari debit air musim hujan yakni 0,5 m³/s dan dengan ketinggian 4,1 m yang akan menghasilkan daya sebesar 12,87 kW.

Daftar Pustaka

- [1] ESDM, "ESDM - Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia," June 2017. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/>.
- [2] Prasetyantoko, "Waspada, Energi Fosil di Indonesia Sebentar Lagi Habis," 21 April 2013. [Online]. Available: <http://www.tribunnews.com/bisnis/2013/04/21/waspada-energi-fosil-di-indonesia-sebentar-lagi-habis>.
- [3] J. Wacik, "Porsi Energi Baru Terbarukan 2025 Dinaikkan Jadi 25,9%," 23 October 2012. [Online]. Available: <http://www.dunia-energi.com/porsi-energi-baru-terbarukan-2025-dinaikkan-jadi-259/>.
- [4] R. Firmansyah, I. Utomo dan I. Purnomo, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur unit 3 Lumajang," *Perancangan PLTMH*, pp. 1-9, 2008.
- [5] E. Yuniarti, "Rancangan Parameter Turbin Crossflow Generator Sinkron Pada Pltmh," *Rancangan PLTMH*, pp. 1-13, 2012.