



Perencanaan Mini Hidro Di Persawahan Pahae Jae Desa Nahornop Marsada Kabupaten Tapanuli Utara

Ronaldo Simatupang¹, Muhammad Fadlan Siregar²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

²Program Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

naltupang09@gmail.com, fadlan.sir@gmail.com

Abstract

The design and construction of mini hydro in Pahae Jae rice fields, Nahornop Marsada village, North Tapanuli Regency, aims to utilize the potential of existing water resources to produce sustainable electrical energy. With supportive geographical conditions, the river flow in this area has sufficient discharge to be processed into electrical energy through a micro hydro power generation system. This study involves analyzing the potential of river flow, selecting strategic locations, and designing efficient turbine systems. The methods used include measuring water discharge, calculating the power that can be generated, and designing supporting infrastructure. The results of this design and construction are expected to provide alternative energy solutions for local communities, increase agricultural productivity, and reduce dependence on fossil fuel sources. In addition, this project also aims to increase public awareness of the importance of utilizing renewable energy and preserving the environment. Thus, the mini hydro in Pahae Jae not only functions as an energy source, but also as a model of sustainable development that can be applied in other areas with similar potential.

Keywords: *PLTA, Mini Mikrohidro, Generator*

Abstrak

Penelitian Rancang bangun mini hidro di persawahan Pahae Jae, desa Nahornop Marsada Kabupaten Tapanuli Utara, bertujuan untuk memanfaatkan potensi sumber daya air yang ada untuk menghasilkan energi listrik yang berkelanjutan. Dengan kondisi geografis yang mendukung, aliran sungai di daerah ini memiliki debit yang cukup untuk diolah menjadi energi listrik melalui sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Penelitian ini melibatkan analisis potensi aliran sungai, pemilihan lokasi strategis, serta desain sistem turbin yang efisien. Metode yang digunakan mencakup pengukuran debit air, perhitungan daya yang dapat dihasilkan, dan perancangan infrastruktur pendukung. Hasil dari rancang bangun ini diharapkan dapat memberikan solusi energi alternatif bagi masyarakat setempat, meningkatkan produktivitas pertanian, serta mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Selain itu, proyek ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pemanfaatan energi terbarukan dan menjaga kelestarian lingkungan. Dengan demikian, mini hidro di Pahae Jae tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi, tetapi juga sebagai model pengembangan berkelanjutan yang dapat diterapkan di daerah lain dengan potensi serupa.

Kata kunci: *PLTA, mini mikrohidro, generator*

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan penunjang aktivitas kehidupan manusia, di dunia sekitar 56% atau 1,7 milyar penduduk tidak mendapatkan akses terhadap listrik. Khususnya di Indonesia dimana distribusi jaringan listrik belum merata. Salah satu contohnya adalah daerah terpencil atau wilayah yang sulit terjangkau oleh Perusahaan Listrik Negeri (PLN). Hal itu mengakibatkan aktivitas masyarakat di wilayah tersebut sulit berkembang karena tidak ada pasokan listrik yang memadai. Indonesia mempunyai energi air yang cukup banyak, dimana dapat

dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, khususnya untuk daerah yang distribusi jaringan listriknya belum memadai. Pembangkit listrik tenaga air dengan skala kecil adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) dengan potensinya di Indonesia mencapai 460 MW. Dimana telah dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) sebesar 64 MW atau baru 10% dari total potensi yang ada. Meskipun potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) tidak begitu besar jika dibandingkan dengan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan skala besar. Namun jika di wilayah terpencil, air mempunyai prospek



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

untuk dikembangkan. Pada Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 menetapkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) untuk mengarahkan upaya dalam mewujudkan keamanan pasokan energi dalam negeri. Salah satu kebijakan tersebut adalah meningkatkan peran energi baru dan terbarukan, termasuk air.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam perancangan turbin air apung, Alat yang digunakan: Mesin las, Gerinda, Penggaris Siku, Meteran, Multimeter, Curren Meter, Tachometer, Bor, Kunci Ring Pass, Palu, Hotgun, Obeng.

Bahan yang digunakan: Besi L, Jerigen, Paralon, Bearing, Pulley dan belt, Generator, Solar Charge Controller, Batrai, Inverter, Choper

Penelitian ini menggunakan metode literatur, observasi dan experimental. Dengan teknik pengumpulan data dilapangan selama 7 hari. Data yang didapat dilokasi penellitian seperti kecepatan air, debit, putaran poros, tegangan dan arus listrik.

1. Kecepatan aliran (v) = 0,9 m/s
2. Lebar sungai (b) = 10 meter.
3. Kedalaman sungai (h) = 1,2 meter
4. Luas penampang $A=10 \times 1,2=12 \text{ m}^2$
5. Debit air $Q=12 \times 0,9=10,8 \text{ m}^3/\text{s}$

Dari data yang didapat dilokasi penelitian kemudian dilakukan perhitungan daya air, daya generator defisiensi pembangkit Debit air yang dimana akan dihitung menggunakan rumus:

$$1. Q=A \times v$$

$$Q= \text{Debit air (m}^3/\text{s)}$$

$A=$ Luas penampang saluran air (m^2) yang dihitung dengan rumus $A=b \times h$, di mana b adalah lebar sungai dan h adalah kedalaman air.

$$v= \text{Kecepatan aliran air (m/s)}$$

Perhitungan daya yang dihasilkan dari mini hidro dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$2. P=\eta \times \rho \times g \times Q \times H$$

$$P = \text{Daya yang dihasilkan (Watt)}$$

$$\eta = \text{Efisiensi turbin (biasanya antara 70\% hingga 90\%)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air (1000 kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (9.81 m/s}^2\text{)}$$

$$Q = \text{Debit air (m}^3/\text{s)}$$

$$H = \text{Head (m)}$$

Pada penelitian ini, digunakan turbin jenis Crossflow dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1: Spesifikasi Turbin Crossflow

Parameter	Nilai
Diameter luar runner	400 mm
Diameter dalam runner	265 mm
Lebar runner	500 mm
Jumlah sudu	24 buah
Material	Stainless Steel

Generator yang digunakan dalam penelitian ini adalah generator sinkron 3 fasa dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2: Spesifikasi Generator

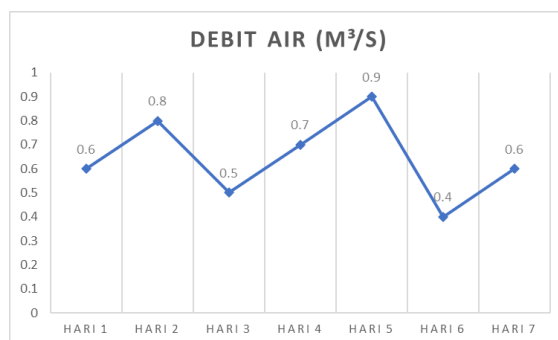
Parameter	Nilai
Daya nominal	25 kW
Tegangan	380/220 V
Frekuensi	50 Hz
Power factor	0.8
Putaran nominal	1500 rpm
Jumlah kutub	4

3. Hasil dan Pembahasan

Data Debit Air selama 7 Hari Berikut adalah data debit air yang tercatat selama tujuh hari di Persawahan Pahae Jae:

Tabel 3: Data debit air selama 7 hari

Hari	Kecepatan Aliran (v) (m/s)	Kedalaman Sungai (h) (m)	Lebar Sungai (b) (m)	Luas Penampang (A) (m^2)	Debit Air (Q) (m^3/s)
Hari 1	0.50	1.2	10	12	0.6
Hari 2	0.67	1.2	10	12	0.8
Hari 3	0.42	1.2	10	12	0.5
Hari 4	0.58	1.2	10	12	0.7
Hari 5	0.75	1.2	10	12	0.9
Hari 6	0.33	1.2	10	12	0.4
Hari 7	0.50	1.2	10	12	0.6



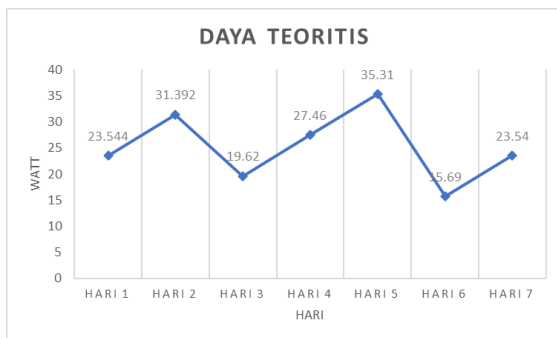
Gambar 1. Grafik Debit Air Selama 7 hari

Berdasarkan data debit air dan head 5 meter, daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus yang telah dijelaskan. Berikut adalah perhitungan daya untuk beberapa hari:

1. Hari ke 1:
 $P=0.8 \times 1000 \times 9.81 \times 0.6 \times 5 = 23.544 \text{ kW}$
2. Hari ke 2:
 $P=0.8 \times 1000 \times 9.81 \times 0.8 \times 5 = 31.392 \text{ kW}$
3. Hari ke 3:
 $P=0.8 \times 1000 \times 9.81 \times 0.5 \times 5 = 19.62 \text{ kW}$
4. Hari ke 4 :
 $P=0.8 \times 1000 \times 9.81 \times 0.7 \times 5 = 27.46 \text{ kW}$
5. Hari ke 5:
 $P=0.8 \times 1000 \times 9.81 \times 0.9 \times 5 = 35.31 \text{ kW}$
6. Hari ke 6:
 $P=0.8 \times 1000 \times 9.81 \times 0.4 \times 5 = 15.69 \text{ kW}$
7. Hari ke 7:
 $P=0.8 \times 1000 \times 9.81 \times 0.6 \times 5 = 23.54 \text{ kW}$

Tabel 4. Tabel Daya Teoritis

Hari	Daya
Hari 1	23.544
Hari 2	31.392
Hari 3	19.62
Hari 4	27.46
Hari 5	35.31
Hari 6	15.69
Hari 7	23.54



Gambar 2. Grafik Daya Teoritis

Dari Kecepatan Aliran (v) (m/s) Kedalaman Sungai (h) (m) Lebar Sungai (b) (m) Luas Penampang (A) (m²) Debit Air (Q) (m³/s)

Pengujian kinerja turbin dilakukan dengan mengukur kecepatan putaran turbin pada berbagai kondisi debit air. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 5:

Tabel 5. Tabel Kinerja Turbin

Debit Air (m ³ /s)	Kecepatan Putaran (rpm)
0.4	210
0.5	245
0.6	285
0.7	320
0.8	350
0.9	380

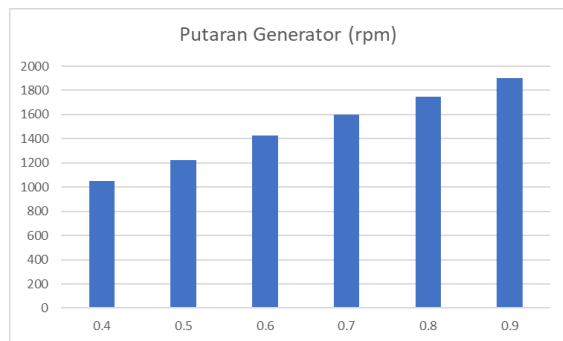


Gambar 3. Grafik Kinerja Turbin

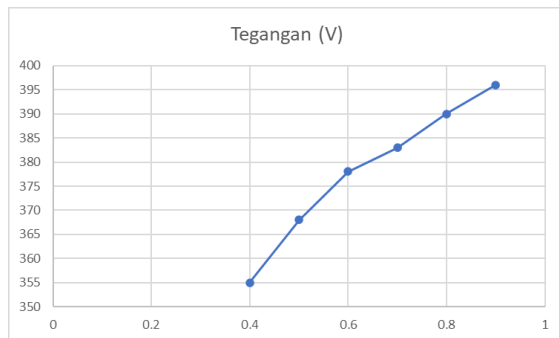
Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus keluaran generator pada berbagai kondisi beban. Sistem transmisi menggunakan pulley dan belt dengan rasio 1:5 untuk meningkatkan putaran dari turbin ke generator.

Tabel 6: Hasil Pengujian Keluaran Generator

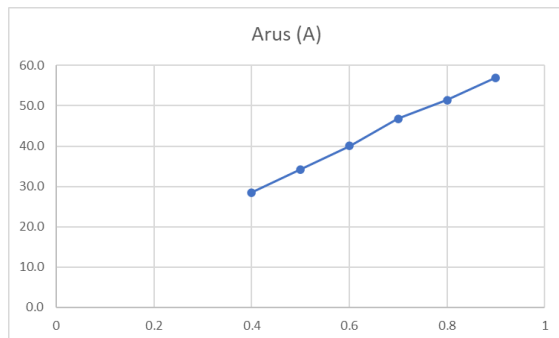
Debit Air (m ³ /s)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Output (kW)	Efisiensi (%)
0.4	210	1050	355	28.5	12.3	78.4
0.5	245	1225	368	34.2	15.4	78.5
0.6	285	1425	378	40.1	18.5	78.6
0.7	320	1600	383	46.8	21.9	79.7
0.8	350	1750	390	51.4	24.5	78.0
0.9	380	1900	396	57.0	27.5	77.9



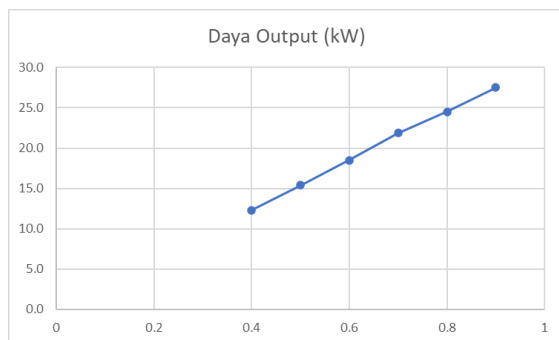
Gambar 4. Grafik Keluaran Generator



Gambar 2. Grafik Tegangan



Gambar 2. Grafik Arus



Gambar 2. Grafik Daya

Hasil pengujian menunjukkan hubungan yang linear antara debit air dengan daya output yang dihasilkan. Dengan meningkatnya debit air dari 0.4 m³/s hingga 0.9 m³/s, daya output meningkat dari 12.3 kW hingga 27.5 kW. Hal ini sesuai dengan teori bahwa daya output berbanding lurus dengan debit air.

Sistem mampu menjaga tegangan output sekitar 380V ($\pm 5\%$) dan frekuensi pada 50Hz ($\pm 4\%$) pada berbagai kondisi beban. Hal ini menunjukkan sistem kontrol beban ballast berfungsi dengan baik.

4. Kesimpulan

Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro di Desa Nahornop Marsada memiliki potensi besar untuk menyediakan pasokan listrik terbarukan yang ramah lingkungan. Melalui perencanaan yang cermat, pemilihan turbin yang tepat, serta analisis terhadap debit air dan head yang tersedia, PLTMH ini dapat memberikan energi yang dibutuhkan untuk

meningkatkan kualitas hidup masyarakat setempat. Melalui perhitungan daya yang dihasilkan dan analisis potensi sumber daya air, dapat disimpulkan bahwa PLTMH

Desa Nahornop Marsada adalah solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah tersebut, dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada secara efisien dan berkelanjutan. Dengan modernisasi saat ini berbagai teknologi semakin maju dan berkembang pesat sehingga memudahkan manusia untuk melakukan pekerjaan dan membantu mengatasi masalah yang timbul di lingkungan masyarakat. Teknologi telah diterapkan di berbagai jenis pekerjaan seperti industri, militer, perekonomian, kesehatan, pertanian, dan berbagai jenis pekerjaan lainnya salah satunya adalah bidang kebersihan baik di rumah, kantor, perusahaan maupun instansi pemerintah. Di dalam bidang pengetahuan dan teknologi belakangan ini berkembang dengan pesat. Dengan adanya kemajuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi menghasilkan inovasi baru yang menuju ke arah yang lebih baik. Hal ini dapat dilihat dari industri – industri yang besar, perlengkapan otomotif sampai pada peralatan listrik rumah tangga. Dalam era globalisasi saat ini kita tidak lepas dari perkembangan dan teknologi

Oleh karena itu kita harus mampu menguasai teknologi. Dan bersaing dengan negara lain. Saat ini kemudahan dan efisiensi waktu serta tenaga menjadi pertimbangan utama manusia dalam melakukan aktivitas. Dari waktu ke waktu kita dihadapkan pada perkembangan teknologi yang begitu pesat, sehingga membuat pekerjaan manusia semakin mudah. Oleh karena itu pembuat berusaha untuk membuat sistem penyiraman tanaman secara otomatis. Dimana pada alat ini pembuat menggunakan sebuah sensor Ph air dan arduino uno dan NodeMCU sebagai kendali dan kontrol utama dalam alat.

Daftar Rujukan

- [1] Kusumastuti, D. I., Winarno, D. J., Humaidi, Falah, M. N., & Robiyanto. (2016). Estimasi potensi PLTMH dengan metode regionalisasi pada ungauged catchments di Kecamatan Suoh. *Jurnal Teknik Sipil*, 63-74.
- [2] Nugroho, D., Suprajitno, A., & Gunawan. (2017). Desain pembangkit listrik tenaga mikrohidro di air terjun Kedung Kayang. *Jurnal Rekayasa Elektroika*, 13(3), 161- 171.
- [3] Oktaviani, K. (2016). Prakiraan penyediaan dan pemanfaatan energi skenario optimalisasi EBT Daerah. Pusat Data dan Teknologi Informasi Kementerian ESDM.
- [4] Palintin, A. D. (2020). Potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Kabupaten Pegunungan Arfak. *Igya Ser Hanjop*, 11-24.
- [5] Pieters, P. E. (1990). Geologi lembar Ransiki, Irian Jaya. Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [6] Pratama, F. S. (2016). Potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro dan pemanfaatannya untuk masyarakat di Daerah Aliran Sungai Cikurai (Disertasi doktor tidak diterbitkan). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- [7] Pasalli, Y. R., & Rehiara, A. B. (2014). Design planning of micro-hydro power plant in Hink River. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 55-63.

- [8] Reinders, K. K. (2020). *The electricity grid in Indonesia*. Springer.
- [9] Robinson, G. P. (1990). *Geologi lembar Steenkool, Irian Jaya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [10] Sogen, M. D. (2017). *Studi perencanaan pembangunan PLTMH di Kampung Sasnek*. Electro Luceat.
- [11] Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat. Electro Luceat.
- [12] Tobi, M. D., & Van Harling, V. N. (2017). *Studi perencanaan pembangunan PLTMH di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat*. Electro Luceat.
- [13] Widodo, S., et al. (2020). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri*. Jakarta: Penerbit A.
- [14] Kurniawan, A. (2021). "Monitoring Kekeruhan Air Menggunakan Sensor TSS dan Arduino," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 8(2), 45–52.
- [15] Nugroho, T. (2019). "Aplikasi IoT untuk Pemantauan Kualitas Air," *Jurnal Sistem Informasi*, 13(1), 11–18.
- [16] Taufiq, R. (2022). *Sensor dan Instrumentasi Lingkungan*. Yogyakarta: Deepublish.