

**Studi Kelayakan Teknis Potensi Energi Terbarukan Mini Hydro Di Desa Goal
Kecamatan Sahu Timur Kabupaten Halmahera Barat**

***Technical Feasibility Study of Mini Hydro Renewable Energy Potential in Goal
Village, East Sahu District, West Halmahera Regency***

Riyan Tri Nurharyanto¹, Iwan Gunawan^{2*}

¹PT. PLN (Persero) Area Kota Ternate, Maluku, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Indonesia

*Corresponding author: iwan99gun@unkhair.ac.id

Diterima: 17-11-2023

Disetujui: 01-12-2023

Dipublikasikan: 16-12-2023

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Pemerintah telah berkomitmen untuk mencapai netralitas karbon pada tahun 2060 atau lebih awal, dengan salah satu langkah untuk menurunkan emisi adalah melalui pengesahan Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT Perusahaan Listrik Negara 2021-2030. RUPTL tersebut menetapkan bahwa lebih dari setengahnya, yaitu 51,6% atau setara dengan 20,9 Giga Watt (GW), berasal dari sumber energi berbasis EBT daripada energi fosil. Potensi energi terbarukan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hydro (PLTM), menjadi fokus dalam upaya ini. Indonesia memiliki potensi besar dalam Energi Baru Terbarukan (EBT), termasuk mini/micro hydro sebesar 450 MW, dengan Maluku Utara sendiri memiliki potensi sebesar 145,1 MW. Salah satu isu strategis di tingkat nasional adalah ketahanan energi, khususnya di wilayah Sungai Maluku Utara. Wilayah Sungai Halmahera Utara, yang mencakup Kabupaten Halmahera Barat, Kabupaten Halmahera Utara, dan Kabupaten Pulau Morotai, menjadi fokus utama dalam menggali potensi pembangkit listrik mikro hydro. Untuk memanfaatkan sepenuhnya potensi EBT dan mengatasi isu strategis ketahanan energi, penelitian perlu dilakukan terkait perencanaan PLTM di desa Goal, dengan studi kasus pada Sungai Akelamo. Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa debit air mencapai 7,86 m³/det dengan tinggi jatuh (head) sebesar 16 meter. Dengan menggunakan turbin Kaplan, potensi daya yang dapat dihasilkan mencapai 817,21 kW. Langkah-langkah ini dapat menjadi landasan untuk implementasi proyek pembangunan PLTM yang berkelanjutan dan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pencapaian target net zero emission yang telah dijanjikan oleh pemerintah.

Kata kunci : Daya, Net Zero Emission, PLTM, Potensi Energi

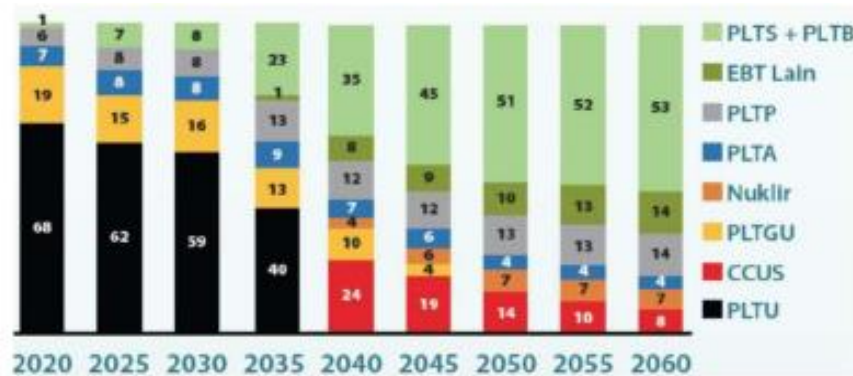
Abstract

The government has committed to achieving carbon neutrality by 2060 or earlier, with one of the steps to reduce emissions being the endorsement of PT Perusahaan Listrik Negara's General Plan for Electricity Supply (RUPTL) 2021-2030. The RUPTL stipulates that more than half, 51.6% or equivalent to 20.9 Giga Watt (GW), will come from renewable energy sources rather than fossil fuels. The potential of renewable energy, such as mini hydro power plants, is the focus of this effort. Indonesia has great potential in New Renewable Energy (NRE), including 450 MW of mini/micro hydro, with North Maluku alone having a possibility of 145.1 MW. One of the strategic issues at the national level is energy security, particularly in the North Maluku River Basin. The North Halmahera River Basin, which covers West Halmahera Regency, North Halmahera Regency, and Morotai Island Regency, is the primary focus in exploring the potential of micro hydropower plants. To fully utilise the potential of renewable energy and address the strategic issue of energy security, research needs to be conducted on the planning of MHP in Goal Village, with a case study on Akelamo River. The results of the research and analysis show that the water discharge reaches 7.86 m³/det with a head of 16 metres. The potential power that can be generated using Kaplan turbines is 817.21 kW. These steps can serve as a foundation for implementing sustainable MHP development projects. They can contribute significantly to the achievement of net zero emission targets that the government has promised.

Keywords: Energy Potential, Net Zero Emission, PLTM, Power

1. Pendahuluan

Salah satunya upaya penurunan emisi yaitu dengan pengesahan Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT Perusahaan Listrik Negara 2021 -2030 dimana porsi sumber energi berbasis EBT melebihi porsi energi fosil, yaitu sebesar 51,6% atau setara dengan 20,9 Giga Watt (GW). PLN berupaya melakukan transisi energi, berinovasi melakukan dekarbonisasi guna mencapai Carbon Neutral 2060. Upaya ini tergambarkan dari peta jalan (roadmap) skenario Zero Carbon 2060 seperti terlihat pada Gambar 1 berikut (PLN, 2021).



Gambar 1. Roadmap skenario zero carbon 2060

Tujuan Penelitian adalah mengetahui debit dan head sungai Akelamo Kecamatan Sahu Timur Kabupaten Halmahera Barat. Kemudian mengetahui jenis turbin yang digunakan pada lokasi tersebut serta mengetahui kapasitas daya tenaga listrik yang dapat dihasilkan dengan potensi sumber daya air yang ada di lokasi tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1. Penentuan lokasi penelitian

Penentuan lokasi dilakukan dengan menyusuri sungai yang berada di daerah Desa Goal Kecamatan Sahu Timur Kabupaten Halmahera Barat. Survey lapangan dilakukan guna mengetahui lokasi-lokasi mana yang berpotensi untuk dilaksanakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mini hydro (PLTM). Setelah didapat lokasi yang memiliki potensi, dilakukan penandaan lokasi menggunakan GPS. Untuk merekam jalur saluran pembawa dari bendungan ke bak penampungan dan jalur pipa penstock dari bak penampungan ke rumah turbin, kita dapat memanfaatkan fitur tracks yang terdapat pada GPS. Fitur tracks menciptakan jejak remah-remah elektronik atau “catatan jejak” pada map page selama bepergian.

Catatan jejak tersebut berisi informasi tentang poin-poin sepanjang jalurnya, termasuk waktu, lokasi, ketinggian, dan kedalaman. Catatan jejak segera mulai merekam semua informasi yang diperlukan sesaat setelah alat ini menentukan posisi lokasi yang dikirimkan oleh minimal dua sinyal satelit. Berdasarkan letak geografis wilayah, Desa Goal berada pada 1°12.525'N, 127°33.009'E. Desa Goal secara administratif termasuk dalam wilayah Kabupaten Halmahera Barat, Kecamatan Sahu Timur tepatnya di Pulau Halmahera. Akses untuk menuju ke lokasi penelitian bisa menggunakan transportasi darat. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2 (Sumber : petatematikindo.wordpress.com).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif yaitu mengumpulkan data-data survey lapangan dari potensi sungai Ake Lamo yang berada di Desa Goal, Kecamatan Sahu Timur, Kabupaten Halmahera Barat dengan mengacu pada studi kelayakan teknis suatu PLTM/MH. Data yang didapat dikaji dengan menghitung tinggi jatuh air, debit air sungai, jarak antara sumber air dengan lokasi rumah turbin.



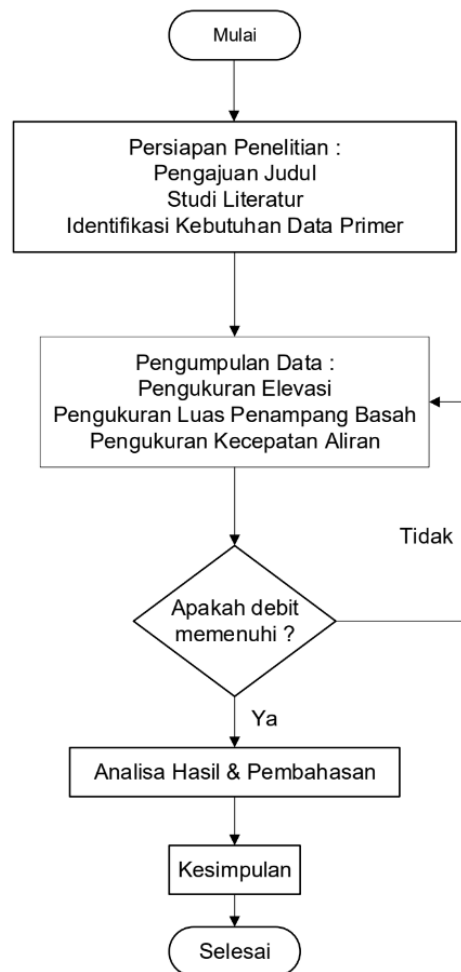
Gambar 2. Peta lokasi penelitian Desa Goal di Peta Halmahera Barat

2.2. Diagram alir

Penelitian studi kelayakan teknis potensi perencanaan pembangkit listrik tenaga Mini/Mikro hidro (PLTM/MH) ini memiliki beberapa tahap penelitian. Tahap pertama yaitu kunjungan lokasi di sungai Ake Lamo kecamatan Sahu Timur kabupaten Halmahera Barat untuk pengambilan data-data yang diperlukan untuk menganalisa kelayakan secara teknis potensi sungai Ake Lamo apabila dibangun sebuah PLTM/MH. Pada pengambilan data ini diambil debit beserta ketinggian sungai atau head untuk bisa mengetahui potensi daya yang dihasilkan suatu sungai. Setelah melakukan kunjungan lokasi dan pengambilan data yang diperlukan maka dilakukan analisa data yang akan menghasilkan potensi daya yang dicapai dan kelayakan sungai Ake Lamo apabila dibangun sebuah PLTM/MH. Untuk gambar diagram alir penelitian bisa dilihat pada Gambar 3.

2.3. Alat dan bahan

1. GPS GARMIN OREGON750
2. Meter Roll
3. Batang Kayu
4. Tali
5. Patok
6. Stopwatch
7. Bola Ping-Pong
8. Batu Pemberat



Gambar 3. Diagram alir

2.4. Metode pengambilan data

2.4.1. Pengukuran tinggi jatuh air

Dalam menentukan tinggi jatuh air di sungai berdasarkan pada:

1. Kondisi alam, yaitu perbedaan tinggi antara lokasi bak penampung dan lokasi pembangkit.
2. Tinggi terjun yang sengaja dibuat, hal ini untuk mendapat tinggi jatuh air yang sesuai dengan kapasitas yang diinginkan.

Dalam pengukuran tinggi jatuh air antara sumber air dengan lokasi rumah turbin dilakukan dengan menggunakan GPS (Global Position System) Garmin Oregon750. Langkah pertama membuat titik pada lokasi bendungan yang direncanakan kemudian dilanjutkan pada titik lokasi intake kemudian berlanjut pada lokasi forebay, bak penenang, rumah turbin dan tailsrace. Dari data-data yang diambil menggunakan GPS kemudian diolah menggunakan Google Earth untuk mendapatkan hasil pengukuran elevasi.

2.4.2. Pengukuran luas penampang basah

Pengukuran luas penampang basah dilakukan di beberapa bagian sungai yang telah ditentukan kemudian pada kedua sisi sungai dipasang patok dan diukur lebar sungai. Selanjutnya untuk mengukur kedalaman aliran sungai pertama-tama pada kedua patok yang berada pada kedua sisi sungai dibentangkan tali dari sisi sebelah kanan sampai ke sisi sebelah kiri. Kemudian setelah didapat hasil pengukuran lebar sungai dibagi dengan jumlah segment yang digunakan untuk mengukur kedalam sungai.

2.4.3. Pengukuran kecepatan aliran

Untuk pengukuran kecepatan aliran menggunakan pengukuran langsung dengan metode pelampung dengan bantuan media bola ping-pong. Untuk pengukuran kecepatan aliran dilakukan di beberapa titik kemudian hasil dari semua pengukuran dibagi dengan jumlah titik untuk mendapatkan nilai rata-rata.

2.4.4. Pengukuran debit air

Suatu sungai akan sangat bervariasi alirannya di sepanjang tahun, pengukuran dilakukan pada saat aliran terendah (musim kemarau). Pengukuran debit sungai primer digunakan metode benda apung. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a) Memilih bagian sungai yang relatif lurus dan penampangnya seragam, dan tentukan panjangnya.
- b) Mengukur luas penampang bagian sungai tersebut dengan membagi dalam beberapa segmen, minimal 3 segmen. Kemudian menghitung luas dari masing-masing segmen tersebut, dan menghitung luas penampang secara keseluruhan.
- c) Menjatuhkan benda apung tersebut beberapa meter sebelum garis start yang telah ditentukan.
- d) Mengukur waktu yang diperlukan benda apung tersebut untuk melewati jarak yang telah ditentukan.
- e) Menghitung kecepatannya
- f) Kecepatan benda apung tersebut merupakan kecepatan dari aliran permukaan, nilai perkiraan untuk kecepatan rata-rata aliran sungai tersebut dapat dihitung dengan mengalikan kecepatan aliran permukaan yang mendekati bagian tengah aliran dengan faktor koreksi, dimana:
 - Saluran beton, persegi panjang, mulus $c = 0,85$
 - Sungai luas, tenang, aliran bebas ($> 10 \text{ m}^2$) $c = 0,75$
 - Sungai dangkal, aliran bebas ($< 10 \text{ m}^2$) $c = 0,65$
 - Dangkal ($< 0,5 \text{ m}$), aliran turbulen $c = 0,45$
 - Sangat dangkal ($< 0,2 \text{ m}$), aliran turbulen $c = 0,25$

2.4.5. Teknik Pengolahan Data

Dalam teknik pengolahan data ini penulis ingin menjabarkan atau memaparkan tentang pengolahan data yang didapat oleh penulis sebagai bahan untuk mengerjakan penelitian ini:

1. Menghitung potensi dari Studi Kelayakan Teknis PLTM/MH di desa Goal.
2. Menghitung hasil pengukuran debit air dengan menggunakan metode pelampung.
3. Menghitung daya teoritis yang dapat dibangkitkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Studi kelayakan teknis potensi pembangkit listrik tenaga minihidro memanfaatkan aliran Sungai Ake Lamo yang terletak di desa Goal, Kec. Sahu, Kab. Halmahera Barat, Provinsi Maluku Utara.

3.1. Analisa hidrolis

3.1.1. Pengukuran tinggi jatuh air

Untuk menentukan posisi ketinggian sebuah permukaan tanah penulis menggunakan metode Global Positioning System (GPS). Untuk menentukan Head Bruto, kita harus dapat menentukan terlebih dahulu rencana titik lokasi bendung dan titik lokasi Power House dan tail race. Selanjutnya didapat nilai ketinggian (elevation) permukaan tanah dari permukaan laut

masing – masing dari titik rencana tersebut. Dibawah ini terdapat gambar rencana lokasi Bendung dan gambar hasil pengukuran elevasi menggunakan GPS.



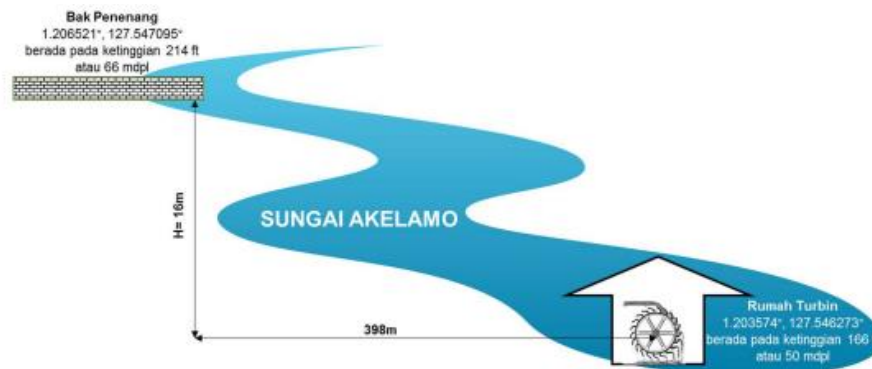
Gambar 4. Lokasi pengukuran elevasi, lokasi pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang basah

Dalam Gambar 5 diatas terdapat 3 titik yang telah di tandai diantaranya :

1. Lokasi perencanaan bendungan berada pada lokasi titik koordinat 1.207064° , 127.547464° dan tetap berada pada ketinggian 214 ft atau 66mdpl.
2. Lokasi perencanaan bak penenang berada pada titik koordinat 1.206521° , 127.547095° dan tepat berada pada ketinggian 214 ft atau 66 mdpl. Jarak dari bendungan ke bak penenang yaitu 71 meter.
3. Lokasi perencanaan power house berada pada titik koordinat 1.203574° , 127.546273° dan tepat berada pada ketinggian 166 ft atau 50 mdpl. Jarakdari bak penenang ke power house yaitu 358 meter, sehingga untuk panjang keseluruhan saluran pembawa yaitu 398 meter sedangkan untuk jarak power house ke jaringan eksisting PLN yaitu 865 meter.



Gambar 5. Lokasi perencanaan bendungan



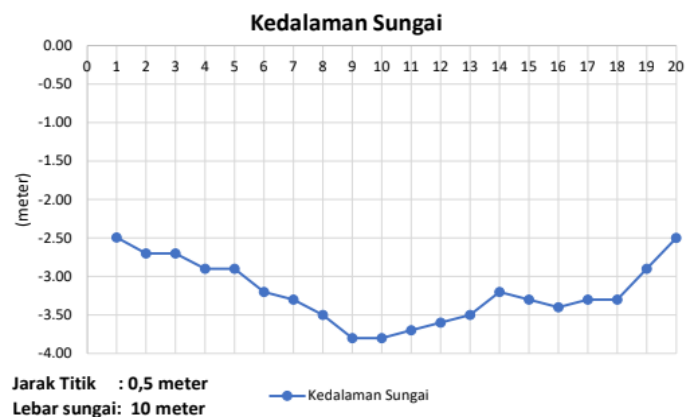
Gambar 6. Skema hasil pengukuran tinggi jatuh air (Head)

3.1.2. Luas penampang basah

Pengukuran luas penampang basah meliputi pengukuran lebar sungai dan kedalaman sungai. Pengukuran luas penampang basah dilakukan di beberapa bagian sungai dengan membaginya dalam beberapa titik. Dari data-data hasil pengukuran luas penampang basah maka kita dapat menghitung debit airnya. Untuk data hasil pengukuran luas penampang basah dapat dilihat dalam Tabel 1 dan Gambar 7.

Tabel 1. Hasil pengukuran kedalaman dan lebar sungai di lokasi-1 (start)

Segment	Kedalaman Sungai (m)	Segment	Kedalaman Sungai (m)
1	2.49	11	3.70
2	2.70	12	3.60
3	2.70	13	3.50
4	2.90	14	3.20
5	2.90	15	3.30
6	3.20	16	3.40
7	3.30	17	3.30
8	3.50	18	3.30
9	3.80	19	2.90
10	3.80	20	2.50



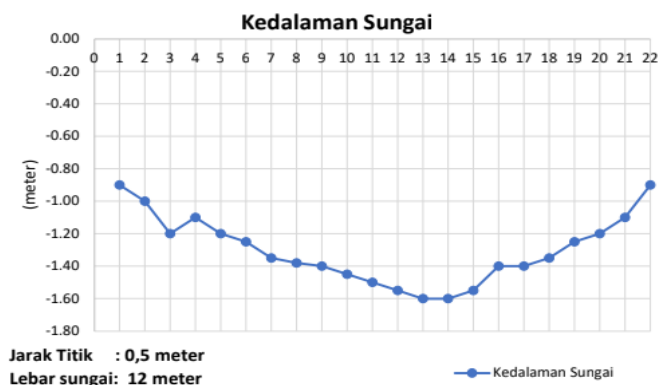
Gambar 7. Grafik penampang sungai di lokasi-1

Lokasi-1 dijadikan sebagai titik awal (start) pengukuran kecepatan aliran. Lebar saluran/sungai titik awal ini sebesar 10 meter. Sesuai dengan Direktorat Jendral Sumber Daya Air (2009) jarak maksimum antara dua jalur vertikal yaitu 1/20 lebar sungai/saluran terbuka dengan dasar yang tidak teratur, sehingga jarak antar titik pengambilan data kedalaman sungai yaitu sebesar 0,5 meter. Dari Tabel 1, didapatkan nilai rata-rata kedalaman sungai sebesar 3,20 m. Sehingga luas penampang lokasi-1 sebagai berikut :

$$A_1 = (10\text{m} \times 3,2\text{m}) = 32 \text{ m}^2$$

Tabel 2. Hasil pengukuran kedalaman dan lebar sungai di lokasi-2 (finish)

Segment	Kedalaman Sungai (m)	Segment	Kedalaman Sungai (m)
1	0.90	11	1.50
2	1.00	12	1.55
3	1.20	13	1.60
4	1.10	14	1.60
5	1.20	15	1.55
6	1.25	16	1.40
7	1.35	17	1.40
8	1.38	18	1.35
9	1.40	19	1.25
10	1.45	20	1.20



Gambar 8. Grafik penampang sungai di lokasi-2

Lokasi-2 dijadikan sebagai titik akhir (finish) pengukuran kecepatan aliran. Lebar saluran/sungai titik awal ini sebesar 12 meter. Jarak antar titik pengambilan data kedalaman sungai yaitu sebesar 0,5 meter sehingga didapatkan 22 titik. Dari Tabel 2, didapatkan nilai rata-rata kedalaman sungai sebesar 1,31 m. Sehingga luas penampang lokasi-2 sebagai berikut:

$$A_2 = (12\text{m} \times 1,31\text{m}) \\ = 15,72 \text{ m}^2$$

Dari kedua lokasi diatas maka diambil nilai rata-rata luas penampang sebagai berikut:

$$A_{rata-rata} = \frac{32\text{m}^2 + 15,72 \text{ m}^2}{2} \\ = 23,81\text{m}^2$$

3.1.3. Pengukuran kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dari lokasi-1 (start) ke lokasi-2 (finish) dengan jarak tempuh 25 meter. Pemilihan lokasi pengukuran kecepatan aliran dengan memperhatikan syarat berikut:

1. Dibagian sungai yang relatif lurus
2. Jauh dari pertemuan cabang sungai
3. Tidak ada tumbuhan air
4. Aliran tidak turbelen
5. Aliran tidak melimpah melewati tebing sungai

Tabel 3. Hasil pengukuran kecepatan aliran

NO	WAKTU (S)	JARAK (M)	KECEPATAN (M/S)
1	58	25	0.43
2	56	25	0.45
3	58	25	0.43
4	53	25	0.47
5	55	25	0.45
6	57	25	0.44
7	55	25	0.45
8	56	25	0.45
9	57	25	0.44
10	58	25	0.43
RATA-RATA			0.44

Untuk mendapatkan kecepatan rata-rata V_{total} di kalikan dengan faktor koreksi c.

$$V = 0,44 \times (c) \\ = 0,44 \times 0,75 \\ = 0,33 \text{ m/det}$$

3.1.4. Analisis hasil pengukuran debit air

Pada penelitian ini debit air di ukur secara langsung dengan menggunakan metode apung (float) dan pada saat musim kemarau. Untuk proses pengukuran dapat dilihat pada Gambar 9 dibawah ini.

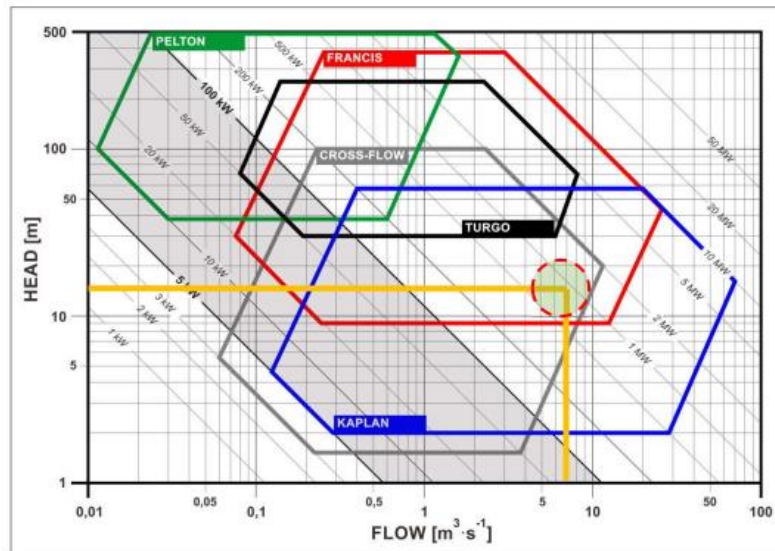
Sehingga perhitungan debit air sebagai berikut:

$$Q = 23,81 \text{ m}^2 \times 0,33 \text{ m/det} \\ = 7,86 \text{ m}^3/\text{det}$$



Gambar 9. Proses pengukuran kecepatan aliran

3.2. Pemilihan jenis turbin



Gambar 10. Pemilihan jenis turbin

Dari hasil pengukuran tinggi jatuh air yaitu sebesar 16 m debit air $7,86 \text{ m}^3/\text{det}$ kemudian ditarik garis lurus pada grafik pemilihan turbin, sehingga didapatkan potongan garis antara tinggi jatuh (head) dengan debit air (flow) yang berada pada wilayah turbin Kaplan, Francis dan Cross-Flow. Dari 3 jenis tersebut dipilih kembali dengan melihat Tabel 3 berdasarkan tinggi jatuh air (head) maka turbin yang digunakan yaitu turbin Kaplan.

3.3. Analisa perhitungan potensi daya terbangkit

Setelah mendapat hasil pengukuran tinggi jatuh air (head) sebesar 16 meter dan juga debit air sebesar $7,86 \text{ m}^3/\text{detik}$ maka kita dapat menghitung potensi daya yang dapat dibangkitkan secara teoritis, maka perhitungan debit air adalah:

Apabila diasumsikan :

Efisiensi pipa pesat, $\eta_p = 0,9$

Efisiensi turbin, $\eta_t = 0,92$

Efisiensi generator, $\eta_g = 0,8$

Maka daya listrik yang dibangkitkan adalah:

$$\begin{aligned}
 P &= 16 \text{ m} \times 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 7,86 \text{ m}^3/\text{det} \times 9,81 \text{ m}^2/\text{det} \times 0,92 \times 0,8 \times 0,9 \\
 &= 817.206 \text{ W} \\
 &= 817,21 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Hasil penelitian studi kelayakan teknis potensi pembangkit listrik tenaga mini hidro di desa Goal Kecamatan Sahu Timur Kabupaten Halmahera Barat dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Sungai Akelamo yang terletak di desa Desa Goal Kecamatan Sahu Timur Kabupaten Halmahera Barat dari segi kelayakan teknis sangat layak untuk dibangun sebuah pembangkit listrik tenaga minihidro dengan head 16 meter dan debit 7,86 m³/det.
2. Turbin yang digunakan pada daerah studi yaitu turbin kaplan.
3. Potensi daya yang dapat dibangkitkan sebesar 817,21 kW, dengan turbin yang cocok digunakan dengan head dan debit yang didapatkan adalah turbin Kaplan.

Daftar Pustaka

- Administrasi Kabupaten Halmahera Barat. 2013. Diakses pada 18 Juni 2022, dari <https://petatematikindo.wordpress.com/2013/04/22/administrasi-kabupaten-halmahera-barat/>.
- Asdak, C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. Standar Nasional Indonesia (SNI) SNI 8066:2015 Tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung. Jakarta : Dewan Standarisasi Indonesia.
- Badaruddin. 2017. Panduan Praktikum Debit Air. Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
- Balai Wilayah Sungai Maluku Utara. 2017. Laporan Akhir Sumber Daya Air Maluku Utara Dalam Angka. Ternate
- BPSDM. 2018. Modul 3: Survey Hidrologi Dan Hidrometri.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2009. Prosedur Dan Instruksi Kerja Pengukuran Debit Sungai Dan Saluran Terbuka. Jakarta : Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Eleiser. 2018. Studi kelayakan teknis pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Desa Galala Kabupaten Halmahera Selatan. Skripsi Sarjana. Universitas Khairun.
- IMIDAP. 2008. Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Jakarta: Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- IMIDAP. 2009a. Buku 2A Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi. Jakarta: Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- IMIDAP. 2009b. Buku 2C Pedoman Studi Kelayakan Mekanikal Elektrikal. Jakarta: Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. Peraturan Menteri ESDM No. 04 tahun 2012 tentang harga pembelian tenaga listrik oleh PT PLN (Persero) dari pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi terbarukan skala kecil dan menengah.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2021. Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT Perusahaan Listrik Negara 2021 – 2030. Jakarta : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Keputusan Bupati Halmahera Barat No. 136 tahun 2011 tentang Pembentukan Tim Pengarah Dan Tim Penyusun Rencana Pengelolaan Terpadu Daerah Aliran Sungai Akelamo Berlokasi Di Kecamatan Sahu Timur Kabupaten Halmahera Barat. 6 Juni 2011.

- Nurhayati, Ai Sri. 2019. Sumber Energi Listrik Alternatif. Diakses pada 18 Juni 2022, dari <https://sumber.belajar.kemdikbud.go.id/repos/FileUpload/sumber%20energi%20Tragedi%20Nasional/Topik-2.html>. PLN. 2015. Buku 1 Data Dasar Untuk Perencanaan Pltmh. Jakarta : PLN Corporate University.
- Pemerintah Indonesia. 2012. Peraturan Pemerintah nomor 14 tahun 2012 tentang kegiatan usaha penyediaan tenaga listrik.
- PLN. 2015. Buku 3 Disain Mekanikal PLTM/H. Jakarta : PLN Corporate University.
- PLN. 2022. The Role Of Hydrogen And Fuel Cell Technology In The Energy Transition In Indonesia.
- PLN UP3 Sofifi. 2022. Laporan data asset Jaringan September 2022.
- Prianto, Eko dan Nurhening Yuniarti. 2016. Pembangkit Tenaga Listrik.
- Purwanto. 2017. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Sebuah Pilihan : Belajar dari Koperasi Mekar Sari, Subang. Jakarta : LIPI Press.
- Puspitarini, Handriyanti Diah. 2021. Beyond 443 GW Indonesia's infinite renewable energy potentials. Jakarta : Institute for Essential Services Reform.
- Ridwan, Muhammad, Iwan Gunawan, dan Said Hi Abbas. 2023. "Analisis Modifikasi Filter Fuel Caterpillar C15 Di Pusat Listrik Laiwui". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 2 (1):1-10. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i1.28>.
- Siaran Pers Kementerian ESDM RI Nomor : 389.Pers/04/SJI/2021 Tentang COP ke-26, Menteri ESDM Sampaikan Komitmen Indonesia Capai Net Zero Emission. 2 November 2021.
- USAID. 2016. Pembiayaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro.