

**EVALUASI POTENSI ENERGI LISTRIK TERHADAP
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO (PLTMH) PADA
SUNGAI TERONG DI GETAS BLAWONG KECAMATAN
PAGERUYUNG KABUPATEN KENDAL**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S1
pada jurusan Teknik Elektro



Disusun oleh:

FARCHAN AFDHALLASH PRIDITYA MARTHANA

30601900016

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

***EVALUATION OF ELECTRICAL ENERGY POTENTIAL OF
MINIHYDRO POWER PLANT ON TERONG RIVER IN GETAS
BLAWONG KECAMATAN PAGERUYUNG KABUPATEN KENDAL***

FINAL PROJECT

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Universitas Islam Sultan Agung*



**Arranged by:
FARCHAN AFDHALLASH PRIDITYA MARTHANA
30601900016**

**MAJORING OF INDUSTRIAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY SEMARANG
DESEMBER
2025**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “EVALUASI POTENSI ENERGI LISTRIK TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO (PLTMH) PADA SUNGAI TERONG DI GETAS BLAWONG KECAMATAN PAGERUYUNG KABUPATEN KENDAL” ini disusun oleh:

Nama : Farchan Afdhallash Priditya Marthana

NIM : 30601900016

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 2 Desember 2025

Pembimbing I

Dr. Gunawan, S.T., M.T

NIDN. 06-0711-7101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “EVALUASI POTENSI ENERGI LISTRIK TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO (PLTMH) PADA SUNGAI TERONG DI GETAS BLAWONG KECAMATAN PAGERUYUNG KABUPATEN KENDAL” ini telah dipertahankan di depan penguji

Hari : Selasa
Tanggal : 2 Desember 2025

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dr. Ir. Sukarno Budi Utomo, M.T.
NIDN.0619076401
Ketua Penguji

Dedi Nugroho, S.T., M.T.
NIDN. 0617126602
Penguji I

Dr. Gunawan, S.T., M.T.
NIDN. 0607117101
Penguji II

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Farchan Afdhallah Priditya Marthana
NIM : 30601900016
Judul Tugas Akhir : EVALUASI POTENSI ENERGI LISTRIK
TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MINIHIDRO (PLTMH) PADA SUNGAI TERONG
DI GETAS BLAWONG KECEMATAN
PAGERUYUNG KABUPATEN KENDAL

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul serta isi Tugas Akhir yang saya susun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana (S1) Teknik Elektro merupakan hasil karya saya sendiri. Karya ini belum pernah diangkat, ditulis, ataupun dipublikasikan oleh pihak lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali bagian-bagian yang secara jelas saya cantumkan sebagai rujukan dalam naskah dan daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa Tugas Akhir ini pernah ditulis, digunakan, atau diterbitkan oleh orang lain, saya bersedia menerima segala bentuk sanksi akademik yang berlaku. Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab.

Semarang, 2 Desember 2025

Yang Menyatakan



Farchan Afdhallah Priditya Marthana

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Farchan Afdhallash Priditya Marthana
NIM : 30601900016
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul “EVALUASI POTENSI ENERGI LISTRIK TERHADAP PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO (PLTMH) PADA SUNGAI TERONG DI GETAS BLAWONG KECAMATAN PAGERUYUNG KABUPATEN KENDAL” dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasinya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung

Semarang, 2 Desember 2025

Yang Menyatakan



Farchan Afdhallash Priditya Marthana

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Karya sederhana ini penulis persembahkan sebagai wujud rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Orang tua saya tercinta Ayah Sunardi dan Ibu Suprihatun yang selalu memberikan semangat, doa dan dukungan yang sangat saya rasakan ketika mengerjakan laporan Tugas Akhir ini. Baik dalam bentuk material maupun sepiritual.
2. Kakak saya Fauzy Priditya Marthana dan Kakak ipar saya Anggita Putri Sulung yang selalu memberikan semangat dan memberi dukungan yang begitu besar.
3. Reza Fitri Astuti, Partner hidup saya yang selalu memberikan dukungan, memberi semangat dan do'a untuk saya.
4. Bapak Dr. Gunawan, S.T,M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2019

Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta menjadi amal jariyah bagi kita semua.

HALAMAN MOTTO

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya.”

(QS. An-Najm: 39)

“Kehidupan dunia hanyalah sementara, maka gunakan untuk berbuat baik.”

(QS. Al-Hadid: 20)

“Orang yang bijaksana adalah mereka yang selalu mengambil pelajaran dari pengalaman.”



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji serta syukur penulis hadiahkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT, atas berkat limpahan rahmat, karunia, serta kesehatan jasmani dan rohani yang diberikan-Nya, penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Potensi Energi Listrik terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) pada Sungai Terong di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal.” Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Fakultas Teknologi Industri, Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan berbentuk pengajaran, bimbingan, serta arahan atas banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Allah SWT, yang senantiasa memberikan rahmat, ridha, ketabahan, kesabaran, serta kelapangan hati dan pikiran kepada penulis dalam menuntut ilmu.

1. Orang tua yang selalu mensupport penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini dan selalu mendoakannya.
2. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, S.T.,M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Munaf Ismail, S.T.,M.T. Selaku ketua Jurusan di Jurusan Teknik elektro Universitas Islam Sultan Agung.
4. Prof. Dr. Hj. Sri Arrtini Dwi Prasetyowati, M.Si. Selaku wali dosen penulis Teknik Elektro 2019.
5. Bapak Dr. Gunawan, S.T,M.T selaku dosen pembimbing yang sudah meluangkan waktu selama proses bimbingan.

6. Bapak Munaf Ismail, S.T., M.T. Selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung.
7. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan dukungan untuk menyusun tugas akhir ini.
8. Teman Teknik Elektro angkatan 2019 senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa.

Semarang,

2025

Farchan Afdhallah Priditya Marthana



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori	7
2.3. Pengukuran.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1. Waktu dan Tempat penelitian.....	29
3.2. Variabel Penelitian	29
3.3. Alat dan Bahan	29
3.4. Prosedur Kerja.....	30
3.5. Flowchart.....	33

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Perhitungan Potensi Daya pada Pembangkit.....	34
4.2. Perbedaan Hasil Daya	36
4.3. Pengaruh Potensi Sumber Daya Air terhadap Jumlah Energi Listrik	40
BAB V PENUTUP	42
5.1. Kesimpulan.....	42
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air	10
Tabel 4.1 Debit Rerata Sungai Terong	34
Tabel 4.2 Kebutuhan Debit Air.....	35
Tabel 4.3 Hasil Daya Pada Tahun 2012 - 2021	37
Tabel 4.4 Hasil Daya pada Mei 2023 – April 2024	37



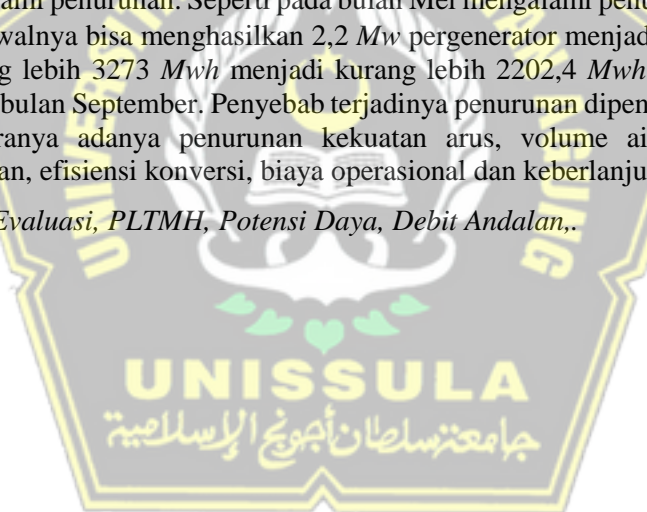
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro	8
Gambar 2.2 Komponen pada PLTMH	10
Gambar 2.3 <i>Intake</i>	11
Gambar 2.4 Settling Basin (Bak Pengendap)	12
Gambar 2.5 <i>Headrace</i> (Saluran Pembawa)	12
Gambar 2.6 Pasang Batu Kali	13
Gambar 2.7 <i>U-Ditch</i>	13
Gambar 2.8 Saluran Beton Insitu	14
Gambar 2.9 <i>Sipon</i> Suling	14
Gambar 2.10 <i>Sipon Double Box</i>	15
Gambar 2.11 <i>Box Culvert</i>	15
Gambar 2.12 <i>Headtank</i> (Bak Penenang)	16
Gambar 2.13 Penstock (Pipa Pesat)	16
Gambar 2.14 Kinerja Turbin Implus	18
Gambar 2.15 Rangkain Turbin Pelton	19
Gambar 2.16 Rangkaian Turbin <i>Crossflow</i>	20
Gambar 2.17 Kinerja Turbin Reaksi	21
Gambar 2.18 Rangkaian Turbin <i>Francis</i>	22
Gambar 2.19 Turbin <i>Propeller</i>	23
Gambar 2.20 Generator	24
Gambar 2.21 <i>Power House</i>	26
Gambar 3.1 Diagram Dasar	30
Gambar 3.2 Model Penelitian	32
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i>	33
Gambar 4.1 Jalur Pipa <i>Penstock</i>	35
Gambar 4.2 Grafik perbedaan hasil daya Tahun 2012 – 2021 dan 2023 – 2024	38
Gambar 4.3 Grafik perbedaan energi Tahun 2012 – 2021 dan 2023 – 2024	39

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang memiliki berbagai potensi energi terbarukan diantaranya berupa energi surya, energi angin dan energi hidro. Energi hidro selama ini telah dimanfaatkan manusia sebagai irigasi/pengairan, pariwisata dan pembangkit listrik. Desa Getasblawong merupakan salah satu desa yang terletak di daerah dataran tinggi dan merupakan desa yang masih bergantung dengan sumber listrik dari luar. Desa tersebut dilewati aliran air atau sungai yang bernama sungai terong (DAS Kuto). Sungai Terong dapat dimanfaatkan untuk menjadi sumber Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) yang dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan listrik di desa tersebut. Penelitian ini mengevaluasi kinerja pembangkit listrik untuk memperoleh hasil yang lebih efektif dengan mengasumsikan tinggi jatuhnya air yang sama. Dalam penelitian ini, daya yang dikeluarkan oleh PLTMH akan ditentukan, dengan data penunjang meliputi debit air, dan headnet. Fokus penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) Pada Sungai Terong Di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sungai terong memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan untuk sistem pembangkit listrik seperti debit air sebesar $2,7\text{m}^3/\text{s}$ dengan headnet 189 meter. Dalam hal tersebut, pembangkit dapat menghasilkan potensi daya mencapai 4,4 Mw atau pergenerasinya menghasilkan 2,2 Mw. Dalam setiap tahunnya, jumlah energi listrik yang dihasilkan sungai terong mengalami penurunan. Seperti pada bulan Mei mengalami penurunan hasil daya dan energi yang awalnya bisa menghasilkan 2,2 Mw pergenerator menjadi 1,5 Mw dan energi sebesar kurang lebih 3273 Mwh menjadi kurang lebih 2202,4 Mwh. Penurunan tersebut terjadi hingga bulan September. Penyebab terjadinya penurunan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adanya penurunan kekuatan arus, volume air, ketinggian jatuh, kecepatan aliran, efisiensi konversi, biaya operasional dan keberlanjutan.

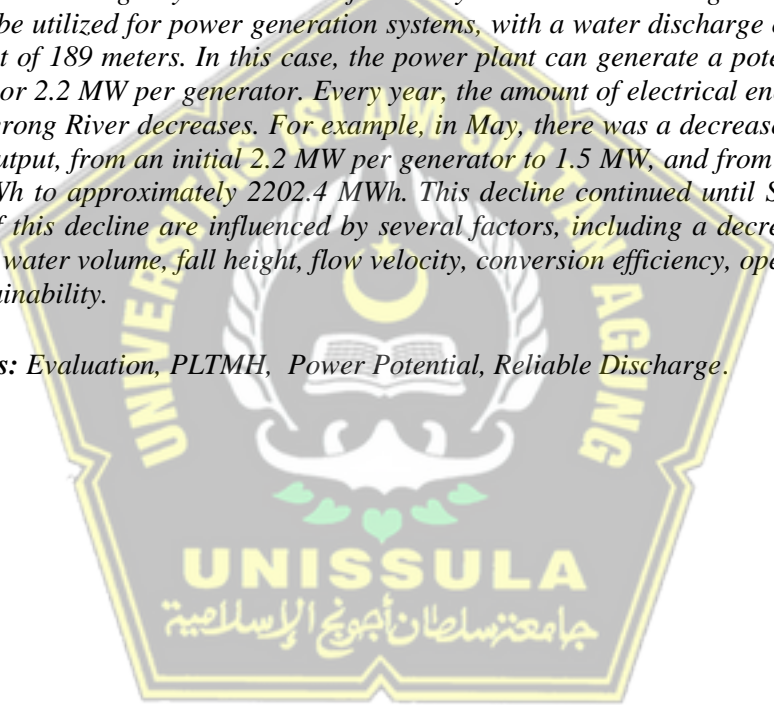
Kata kunci: *Evaluasi, PLTMH, Potensi Daya, Debit Andalan,.*



ABSTRACT

Indonesia is a tropical country with various renewable energy potentials, including solar energy, wind energy, and hydro energy. Hydro energy has long been used by humans for irrigation, tourism, and power generation. Getasblawong Village is one of the villages located in a highland area and is still dependent on electricity from outside sources. The village is crossed by a river called the Terong River (Kuto River Basin). The Terong River can be utilized as a source of mini-hydroelectric power (PLTMH) to meet the electricity needs of the village. This study evaluates the performance of power plants to obtain more effective results by assuming the same water drop height. In this study, the power output of the mini hydro power plant will be determined, with supporting data including water discharge and headnet. The focus of this study is to evaluate the electrical energy potential of mini-hydro power plants (PLTMH) on the Terong River in Getas Blawong, Pageruyung District, Kendal Regency. The results of the study show that the Terong River has potential that can be utilized for power generation systems, with a water discharge of 2.7 m³/s and a headnet of 189 meters. In this case, the power plant can generate a potential power of 4.4 MW, or 2.2 MW per generator. Every year, the amount of electrical energy generated by the Terong River decreases. For example, in May, there was a decrease in power and energy output, from an initial 2.2 MW per generator to 1.5 MW, and from approximately 3273 MWh to approximately 2202.4 MWh. This decline continued until September. The causes of this decline are influenced by several factors, including a decrease in current strength, water volume, fall height, flow velocity, conversion efficiency, operational costs, and sustainability.

Keywords: *Evaluation, PLTMH, Power Potential, Reliable Discharge.*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia menawarkan potensi besar untuk sumber energi terbarukan, termasuk matahari, angin, dan tenaga air, karena merupakan negara tropis dengan ciri khas kepulauan. Potensi tenaga air Indonesia mencapai 94,47 GW, sementara potensi energi surya dan angin masing-masing mencapai 207,9 GW dan 60,64 GW, menurut statistik dari Buku Statistik Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE) [1]. Energi hidro sendiri bisa dipergunakan pada banyak kebutuhan, antara lain irigasi, pariwisata, serta pembangkit tenaga listrik.

Desa Getas Blawong terletak di kecamatan Pagerruyung, kabupaten Kendal merupakan desa yang berada di kawasan dataran tinggi ataupun perbukitan. Desa tersebut masih bergantung dengan sumber listrik dari luar dikarenakan tidak semua wilayah desa terjangkau oleh jaringan listrik utama (PLN) karena beberapa faktor seperti kondisi geografis yang kurang mendukung. Di desa tersebut terdapat suatu aliran air atau sungai yang bernama sungai terong (DAS Kuto).

Sungai Terong (DAS Kuto) memiliki panjang 52 KM dengan konstruksi tanah batu endapan[2]. Daerah *Cathment Area* sungai tersebut terletak paling selatan terdiri dari deretan Gunung Sundoro Sumbing dengan ketinggian 1.000 M sampai dengan 3.100 MDPL[3]. Aliran air di Sungai Terong (DAS kuto) termasuk deras, bahkan ketika musim kemarau sungai tersebut tidak mengalami kekeringan sehingga volume air berkurang. Sungai Terong (DAS Kuto) di manfaatkan untuk menjadi sumber Pembangkit Listrik Tenaga *Mini Hidro* (PLTMH) karena memiliki kemampuan yang di butuhkan oleh PLTMH. PLTMH Pageruyung membantu mencukupi kebutuhan listrik pada desa tersebut. PLTMH tersebut masih tergolong baru maka masih membutuhkan penyempurnaan agar PLTMH tersebut dapat bekerja lebih efisien.

Oleh karena hal tersebut, perlu adanya evaluasi lebih lanjut untuk mengetahui kinerja pembangkit listrik yang lebih efektif dengan mengasumsikan tinggi jatuhnya air yang sama. Dalam penelitian ini, daya yang dikeluarkan oleh PLTMH akan ditentukan, dengan data penunjang meliputi debit air, dan headnet. Fokus penelitian ini dilakukan untuk mengkaji Evaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) Pada Sungai Terong Di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal.

1.2. Perumusan Masalah

Pada latar belakang permasalahan diatas diperoleh perumusan masalah untuk dilakukan penelitian sebagai berikut:

1. Seberapa besar potensi debit air Sungai Terong yang mampu di manfaatkan untuk menghasilkan energi listrik terhadap sistem PLTMH ?
2. Bagaimana pengaruh potensi sumber daya air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan?
3. Bagaimana keterkaitan antara perubahan kondisi lingkungan di sekitar Sungai Terong dengan variasi daya listrik yang dihasilkan?

1.3.Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah terhadap penulisan Tugas Akhir yang berjudul Evaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) Pada Sungai Terong Di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal, maka hanya membatasi masalah pada:

1. Pengaruh potensi sumber daya air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan.
2. Lokasi penelitian di tentukan di Sungai terong (DAS Kuto) di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal
3. Pengujian ini berfokus pada debit air, tinggi efektif (*head*) serta efisiensi daya.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari dilaksanakan kajian berikut yaitu:

1. Menentukan besar potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dari aliran sungai terong menggunakan sistem pembangkit listrik.
2. Mengalisa variasi daya listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit setiap tahun.
3. Mengidentifikasi pengaruh potensi sumber daya air terhadap jumlah energi listrik.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari dilakukannya kajian berikut yaitu:

1. Menjadikan referensi penelitian bagi mahasiswa atau akademisi yang ingin melakukan kajian serupa di daerah lain.
2. Memperoleh data perbandingan mengenai potensi daya yang dihasilkan PLTMH.
3. Mengetahui cara memaksimalkan potensi daya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibuat dalam mempermudah penyusunan penelitian yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I menyajikan kerangka dasar penelitian yang komprehensif. Bagian ini diawali dengan pemaparan latar belakang yang mendasari pemilihan topik penelitian. Selanjutnya, diuraikan rumusan masalah yang akan diteliti beserta batasan-batasan yang ditetapkan untuk memastikan penelitian tetap fokus dan terarah. Bab ini juga menguraikan tujuan penelitian secara spesifik yang menggambarkan langkah-langkah konkret dalam mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi. Sebagai pelengkap, bab ini mencakup manfaat yang diharapkan dari penelitian serta sistematika penulisan yang memberikan gambaran struktur keseluruhan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab berikut terdapat kajian literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya yang diperoleh dari berbagai publikasi, termasuk jurnal, prosiding, konferensi, seminar, serta buku teks. Landasan teori diambil dari buku referensi dan data relevan terkait topik. Selain itu, bab ini menjelaskan konsep-konsep penting yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) serta Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH), pengukuran debit air, penentuan head, pemilihan jenis turbin, perhitungan potensi daya, sampai merencanakan pembangunan PLTMH.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang: model penelitian, parameter yang dibutuhkan, metode yang digunakan dan tahapan penelitian (flowchart).

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Berisi terkait perhitungan debit andalan, perhitungan tinggi jatuh air, perhitungan potensi PLTMH, penentuan jenis turbin dan generator dan perhitungan kelayakan ekonomi. Menganalisis hasil hasil perhitungan.

BAB V PENUTUP

Bab berikut bersikan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang sudah dilaksanakan serta menyajikan saran-saran yang dapat menjadi pedoman atau pertimbangan terhadap kajian berikutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini disusun sebagai acuan serta bahan perbandingan untuk penelitian yang akan dilaksanakan. Beberapa penelitian terdahulu dengan topik serupa antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilaksanakan oleh Hadi Santoso, Eris Santoso, dan Ruslim[4] berjudul “Studi Analisa Potensi Sumber Air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Karungan, Kelurahan Mamburungan Timur, Kota Tarakan”. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sumber air mempunyai debit 0,00034 m³/s dengan kecepatan aliran 0,035 m/s, sehingga daya yang dihasilkan hanya sebesar 1,1 watt. Menurut perhitungan daya ini, sumber air tersebut tidak cukup untuk menjadi sumber energi mikrohidro, tetapi masih memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber energi pikohidro.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Yusuf Dewantoro Herlambang, Gatot Suwoto, Bono, Suwarti, Nike Arum Hapsari, Tiyas Hilmi Sunardi, dan Wahyu Nurul Ikhsan [5] berjudul “Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro Kapasitas 3 kW dengan Penggerak Kincir Air”. Hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi yang dicapai sebesar 8,35% terhadap debit 0,476 m³/s, kecepatan aliran air 3,229 m/s, putaran kincir air 42,39 rpm, serta daya listrik yang dihasilkan sebesar 207 W.
3. Penelitian yang dilaksanakan oleh Murni dan Suryanto [6] berjudul “Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo, Kabupaten Pekalongan)”. Kajian berikut menggambarkan menurunnya efisiensi daya PLTMH Parakandowo terhadap musim kemarau. Temuan yang diperoleh menunjukkan bahwa efisiensi PLTMH Parakandowo mencapai 65,33%, yang mengindikasikan adanya ketidakefisienan akibat berkurangnya debit air.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Hafiz dkk.[7] berjudul “Analisis Produksi Listrik di Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM)”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi listrik pada PLTM Padang Guci bersifat fluktuatif. Produksi listrik tertinggi mencapai 77.644 kWh, meningkat tajam akibat hujan, sementara penurunan produksi terjadi secara bertahap ketika debit aliran menurun. Produksi listrik terkecil tercatat sebanyak 5.124 kWh, yang disebabkan oleh terjadinya trip sehingga turbin berhenti sementara dan produksi listrik terhenti. Selama bulan Juli 2021, total produksi listrik mencapai 1.444.252 kWh dengan rata-rata harian sebesar 46.588,77 kWh.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Milasi dkk.[8] berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) pada Krueng Meureudu, Desa Lhoksandeng”. Temuan kajian memperlihatkan jika debit andalan terhadap PLTM yaitu 7,92 m³/detik dengan tinggi jatuh yang direncanakan sebesar 5 m. Setelah memperhitungkan kehilangan energi, diperoleh head efektif sebesar 4,65 m. Dengan parameter tersebut, daya hidrolis PLTM mencapai 361,283 kW dan daya output turbin sebesar 258,898 kW, menghasilkan total energi listrik tahunan sebesar 1.395.692 kWh. Turbin yang digunakan adalah turbin crossflow dengan daya generator sebesar 227,608 kW.

Berdasarkan tinjauan pustaka tersebut, penelitian tidak membahas mengenai potensi sumber daya air yang ada di Sungai Terong (DAS Kuto) sehingga perlu dilakukan studi lebih lanjut. Dalam hal tersebut, sehingga peneliti ingin melaksanakan kajian terkait Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) pada Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal. Penelitian dilakukan secara studi literatur, diskusi dan observasi untuk mendapatkan data. Data yang telah didapatkan tersebut selanjutnya diproses guna mengetahui data yang meliputi debit air, head effective dan daya output generator.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. CAGR

Rata-rata laju pertumbuhan tahunan dari sebuah investasi selama jangka waktu tertentu. Ini adalah ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja investasi dari waktu ke waktu, dengan memperhitungkan dampak majemuk dari pertumbuhan tersebut. Dengan kata lain, CAGR menunjukkan bagaimana nilai investasi meningkat setiap tahun, secara rata-rata, dalam jangka waktu tertentu. Secara esensial, CAGR adalah tingkat pertumbuhan geometrik yang memberikan angka pertumbuhan yang halus dan konsisten, mengabaikan volatilitas atau fluktuasi aktual yang terdapat pada periode awal serta akhir. Pada perbedaan CAGR dengan pertumbuhan rata-rata aritmatika yaitu pada rata-rata aritmatika hanya menjumlahkan persentase pertumbuhan setiap tahun dan membaginya dengan jumlah tahun. Ini mengabaikan efek pemajemukan. Sedangkan pada CAGR (Rata-rata Geometrik) yaitu Memperhitungkan efek *compounding* (bunga berbunga), sehingga menghasilkan angka pertumbuhan yang lebih realistis untuk investasi atau aset yang nilainya bertambah secara majemuk.

2.2.2. Energi Listrik

Energi yaitu keterampilan dalam melaksanakan kerja atau energi tersimpan[9]. Konsep ini sejalan pada pengertian dalam fisika, yaitu sebagai keterampilan dalam menghasilkan usaha. Hukum Kekekalan Energi menyebutkan jika energi tidak bisa terciptakan maupun dihilangkan, namun hanya bisa mengalami perbedaan bentuk atau transformasi. Salah satu bentuk energi yang dihasilkan pada transformasi energi yaitu energi listrik. Energi listrik memiliki peranan penting terhadap kehidupan sehari-hari, contohnya terhadap penerangan, pemanas, dan pengoperasian motor listrik. Besarnya energi yang dikonsumsi oleh suatu alat listrik dihitung berdasarkan laju pemakaian energi (daya) dikalikan terhadap waktu pemakaian alat tersebut. Secara matematis, jika daya ditentukan pada watt dan waktu dalam jam, sehingga total energi yang digunakan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$E = P \cdot t \dots\dots\dots (2,1)$$

Dimana :

E = Energi (Kwh)

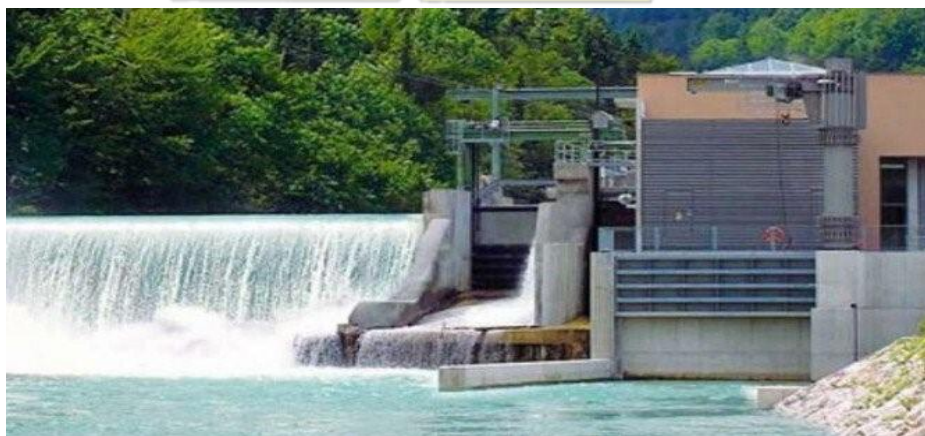
P = Daya (Kw)

T = waktu (H)

Listrik dihasilkan di pembangkit listrik menggunakan berbagai sumber energi yang dapat dibagi menjadi dua kategori utama berdasarkan ketersediaan dan dampaknya terhadap lingkungan, yakni sumber energi fosil (tak terbarukan), yaitu batu bara serta gas alam dan sumber energi bersih (terbarukan), seperti tenaga surya, angin, dan hidro yang sedang dikembangkan untuk mencapai keberlanjutan energi global.

2.2.3. Pengertian PLTMH

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik kecil yang memanfaatkan aliran udara di daerah pedesaan—seperti saluran irigasi, sungai, atau air terjun alami—untuk menghasilkan energi. PLTMH memiliki kapasitas kurang dari 100 kW. PLTMH murah untuk diinvestasikan, memiliki desain yang sederhana, mudah digunakan, dan hanya memerlukan sedikit perawatan. PLTMH ideal untuk menerangi daerah pedesaan yang belum terhubung ke jaringan listrik PLN karena kualitas-kualitas ini. Contoh PLTMH ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro

PLTMH merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, sehingga layak disebut sebagai clean energy. Prinsip kerja PLTMH memanfaatkan perbedaan ketinggian dan debit aliran air per detik pada saluran irigasi, sungai, atau air terjun. Aliran air yang jatuh akan memutar poros turbin, memperoleh energi mekanik, yang selanjutnya menggerakkan generator guna memperoleh listrik[10].

Istilah "mini" yang berarti kecil, dan "hidro" yang berarti udara, jika digabungkan membentuk istilah "minihidro". Secara teknis, pembangkit listrik tenaga minihidro terdiri dari tiga bagian dasar: generator, turbin, dan udara sebagai sumber energi. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada dasarnya memanfaatkan energi potensial udara yang jatuh (head). Energi potensial yang dapat diubah menjadi energi listrik meningkat seiring dengan ketinggian udara.

PLTMH juga sering disebut selaku white resources maupun "energi putih", dikarenakan pembangkit ini mempergunakan sumber daya alam yang tersedia secara alami serta bersifat ramah lingkungan[11].

Keunggulan:

- 1) Bebas polusi.
- 2) Biaya perawatan pembangkitan rendah.
- 3) Teknologi PLTMH yaitu teknologi ramah lingkungan serta terbaru
- 4) Teknologi yang handal serta kokoh maka bisa berjalan lebih dari 50 tahun [12].

Kelemahan:

- 1) Pada musim kemarau, tingkat daya yang dihasilkan PLTMH akan menurun akibat berkurangnya jumlah air.
- 2) Investasi awal relatif besar.
- 3) Berpotensi menjadi teknologi yang konsumtif [13].

2.2.4. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

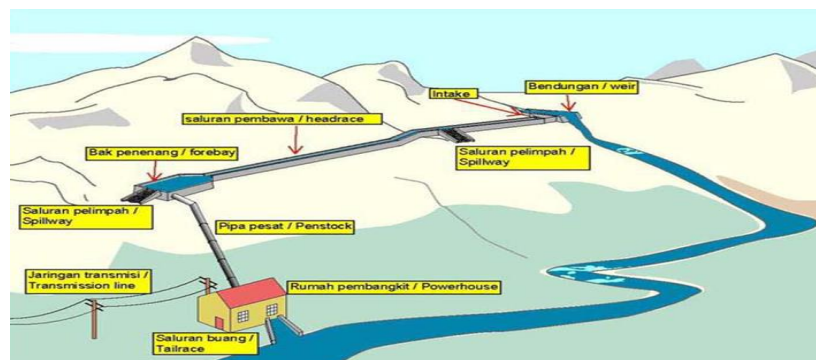
Berdasarkan kapasitas daya yang dihasilkan, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dapat dikategorikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 tentang Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air[14]

Tabel 2.1 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

No	Jenis PLTA	Kapasitas
1	PLTA besar	> 100 MW
2	PLTA menengah	30 - 100 MW
3	PLTA kecil	10 - 30 MW
4	PLTM (mini hidro)	100 KW - 10MW
5	PLTMH (mikro hidro)	5 - 100 KW
6	Pico hidro	< 5 KW

2.2.5. Komponen – komponen PLTMH

Dibawah ini merupakan komponen komponen yang ada dalam PLTMH. Diawali dengan bendungan atau weir kemudian air akan mengalir melalui sebuah pembuka (*intake*) selanjutnya air akan melewati saluran pembawa atau headrace dan ditampung oleh bak penenang atau *Forebay*. Untuk menuju rumah pembangkit air akan melewati pipa pesat atau *Penstock*. Terakhir, air di rumah pembangkit akan di keluarkan melalui saluran buang atau *tailrace*. Flow serta komponen yang terdapat dalam PLTMH dijelaskan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komponen pada PLTMH

1. *Diversion Weir* dan *Intake* (Dam/Bendungan Pengalih dan *Intake*)

Bendungan pengalihan adalah bendungan yang mengalihkan seluruh atau sebagian aliran sungai dari aliran alaminya. Bendungan pengalihan biasanya tidak menampung air di waduk; sebaliknya, air dialirkan ke saluran atau saluran air buatan, yang dapat digunakan untuk irigasi atau dikembalikan ke sungai setelah melewati pembangkit listrik tenaga air, mengalir ke sungai lain, atau dibendung untuk membentuk waduk.

Dam pengalih berguna untuk mengarahkan aliran air dengan pembuka (*intake*) di sisi sungai menuju bak pengendap (*settling basin*) [15]. Untuk gambaran mengenai *Intake* terdapat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 *Intake*

2. *Settling Basin* (Bak Pengendap)

Bak pengendap berfungsi guna memisahkan partikel-partikel pasir pada aliran air. Tujuan utamanya yaitu menjaga bagian-bagian selanjutnya atas kerusakan atau gangguan akibat pasir[16]. Gambar 2.4 memberikan ilustrasi mengenai bak pengendap tersebut.



Gambar 2.4 Settling Basin (Bak Pengendap)

3. *Headrace* (Saluran Pembawa)

Saluran pembawa dirancang mengikuti kontur lereng guna mempertahankan elevasi aliran air[17]. Saluran ini berfungsi menyalurkan air dari intake menuju kolam penenang, sekaligus menjaga kestabilan aliran sebelum masuk ke tangki pengendap. Ilustrasi saluran pembawa (*headrace*) diperlihatkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Headrace* (Saluran Pembawa)

Pada PLTMH di pageruyung memiliki berbagai macam - macam saluran pembawa yang di karenakan faktor kondisi di lapangan. Berikut adalah macam – macam saluran pembawa.

a. Pasang Batu Kali

Pasangan batu kali pada saluran pembawa Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berfungsi sebagai lapisan pelindung (lining). Tujuan utamanya adalah untuk memastikan aliran air menuju turbin dapat berjalan lancar, stabil, dan efisien. Gambar Pasang Batu Kali berada dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pasang Batu Kali

b. *U-Ditch*

U-Ditch sebagai saluran pembawa pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan alternatif modern dan seringkali lebih unggul dibandingkan pasangan batu kali, terutama dari segi kecepatan instalasi, kualitas, dan efisiensi hidrolik. Gambar *U-Ditch* berada pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 *U-Ditch*

c. Saluran Beton Insitu

Saluran beton in-situ adalah metode pelapisan saluran pembawa PLTA yang paling umum, terutama untuk proyek skala besar dan medium yang membutuhkan kekuatan struktural tinggi dan efisiensi hidrolik maksimal. Serta kondisi lapangan yang jauh atau susah untuk di jangkau. Gambar Saluran beton insitu berada pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Saluran Beton Insitu

d. Sipon Suling

Sipon Suling (Sistem Sifon atau *Siphon System*) adalah sebuah metode yang digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), khususnya pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM), yang berfungsi sebagai bangunan pengambilan air (intake) tanpa memerlukan struktur bendungan besar di hulu. Gambar Sipon suling berada pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Sipon Suling

e. *Sipon Double Box*

Sipon double box (kotak ganda) adalah modifikasi dari sistem sipon yang khusus dirancang untuk meningkatkan efisiensi hidrolik dan mempermudah pengisian (pemancingan) air pada pipa atau saluran. Gambar *Sipon double box* berada pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 *Sipon Double Box*

f. *Inlet Sipon*

g. *Outlet Sipon*

h. *Box Culvert*

Box culvert adalah struktur hidrolik tertutup yang digunakan untuk mengalirkan air di bawah hambatan. Gambar *BoxCulvert* berada pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 *Box Culvert*

4. Bak penenang

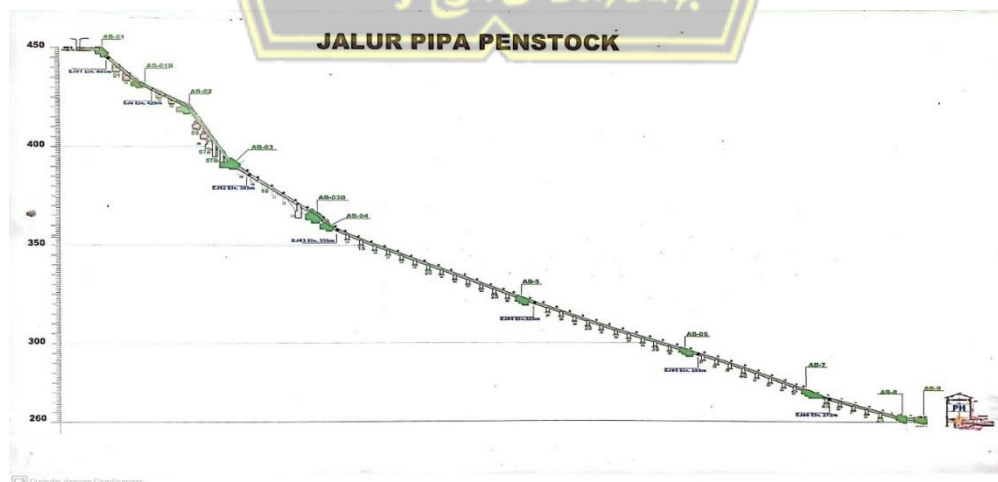
Bak penenang (*headtank*) berfungsi untuk menyeimbangkan perbedaan aliran air antara headrace dan penstock, serta sebagai tahap akhir untuk memisahkan kotoran dalam air, seperti pasir dan serpihan kayu [15]. Ilustrasi headtank dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Headtank* (Bak Penenang)

5. *Penstock* (Pipa Pesat)

Penstock menyalurkan air dari elevasi yang lebih tinggi menuju turbin. Jenis pipa ini disesuaikan dengan kondisi topografi serta skema PLTMH yang diterapkan. Dalam umum, penstock perlu disusun dengan memperhatikan kemiringan (*head*) agar sistem PLTMH bekerja secara optimal [18]. Ilustrasi penstock diperlihatkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Penstock* (Pipa Pesat)

Penstock adalah struktur kunci, gerbang atau saluran masuk yang mengontrol aliran air atau pipa tertutup yang membawa air ke turbin hidrolik dan sistem pengolahan limbah. Penentuan kecepatan aliran terhadap pipa penstock menggunakan persamaan (2.2).

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana ;

A = Kecepatan aliran dalam pipa

d^2 = Diameter pipa

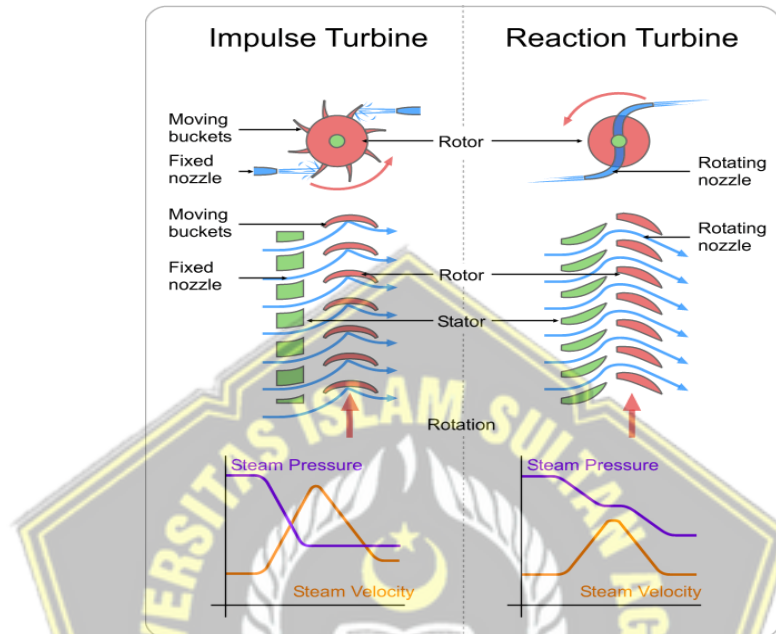
6. Turbin

Turbin yaitu mesin berputar yang memanfaatkan energi pada aliran fluida. Aliran fluida tersebut akan memutar baling-baling turbin, mendapatkan energi mekanik dalam menjalankan rotor. Contoh awal turbin termasuk kincir angin serta kincir air. Turbin modern, seperti turbin gas, uap, maupun air, umumnya dilengkapi dengan casing di sekitar bilahnya untuk memusatkan dan mengarahkan aliran fluida. Bentuk casing dan baling-baling dapat bervariasi agar pengoperasian lebih efisien sesuai kondisi aliran fluida.

Turbin air merubah energi air, baik energi potensial, tekanan, maupun kinetik, menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Energi mekanik berikut selanjutnya dirubah menjadi energi listrik oleh generator. Berlandaskan prinsip kerjanya, turbin hidrolik dikelompokkan menjadi dua kategori :

1. Turbin Impuls

Turbin impuls, yang sering dikenal sebagai turbin tekanan tetap maupun turbin pancaran bebas, merupakan jenis turbin air yang bekerja pada kondisi di mana tekanan air yang keluar pada nosel sama terhadap tekanan atmosfer di sekitarnya.

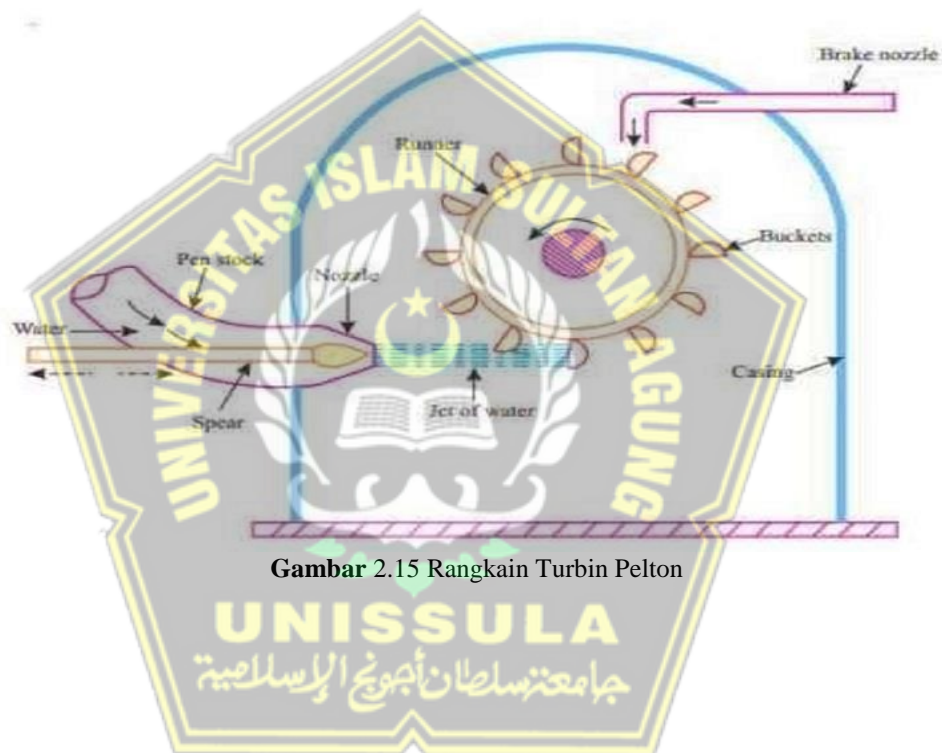


Gambar 2.14 Kinerja Turbin Implus

Pada gambar 2.14 merupakan kinerja pada turbin implus. Prinsip kerja turbin ini didasarkan pada konversi seluruh energi potensial (yang berasal dari perbedaan ketinggian dan tekanan) menjadi energi kinetik berbentuk pancaran air berkecepatan tinggi. Pancaran air tersebut diarahkan ke sudu atau roda jalan turbin, sehingga mengubah arah aliran dan menghasilkan gaya dorong yang menyebabkan roda turbin berputar. Pada bagian roda jalan tidak terjadi perubahan tekanan, karena seluruh energi potensial telah diubah menjadi energi kinetik sebelum air mengenai sudu turbin. Tahapan perubahan energi ini ada di dalam nosel, yang berfungsi mempercepat aliran air dan memfokuskan pancarannya ke roda jalan turbin. Dibawah ini yaitu jenis jenis turbin impuls:

a. Turbin Pelton

Ciri khas utama dari turbin ini terletak pada desain nosel serta sudu roda jalannya yang disusun secara khusus. Air berkecepatan tinggi yang keluar dari nosel diarahkan untuk mengenai bagian tengah sudu. Sudu pada turbin ini memiliki bentuk menyerupai dua mangkuk berukuran sama yang disusun berdampingan. Umumnya, jenis turbin ini dipergunakan dalam instalasi terhadap head (ketinggian jatuh air) yang tinggi. Rangkaian turbin pelton dijelaskan dalam Gambar 2.15 berikut.

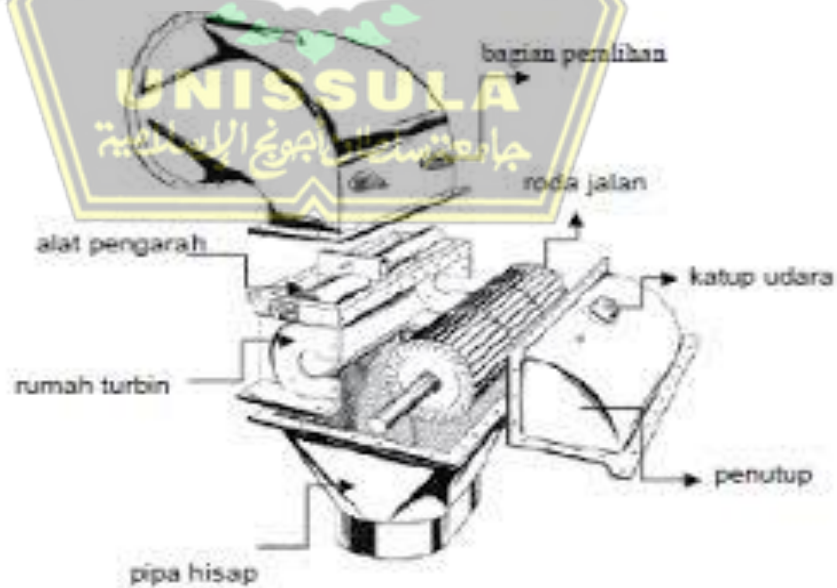


Gambar 2.15 Rangkain Turbin Pelton

b. Turbin Aliran Ossberger (*Crossflow*)

Turbin Ossberger, yang juga dikenal sebagai turbin crossflow, merupakan turbin dengan sejumlah sudu yang dipasang di antara dua piringan sejajar dan dilengkapi dengan nosel. Aliran air berkecepatan tinggi dari nosel diarahkan melalui sudu berbentuk silinder. Ketika udara dari nosel memasuki turbin dan mengenai bilah turbin, energi kinetiknya diubah menjadi energi mekanik pada poros turbin pada tahap pertama. Bilah turbin digerakkan oleh udara yang masuk melalui bagian atas, bergerak melalui bagian dalam, dan akhirnya keluar melalui bagian bawah.

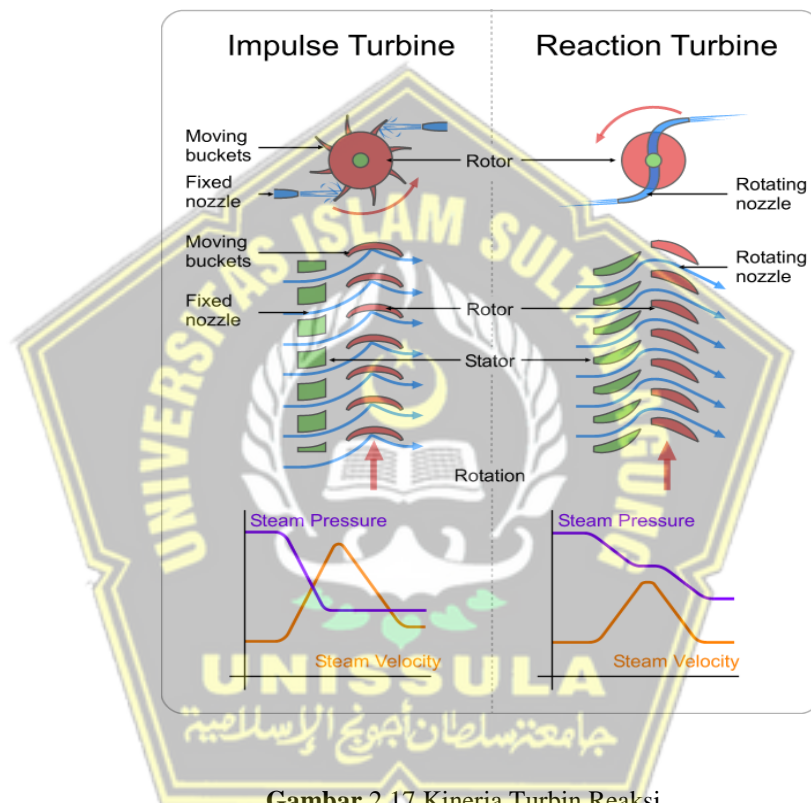
Turbin berikut memiliki dua tingkat kecepatan, yang prinsip kerjanya mirip terhadap turbin uap. Pada tingkat kedua, aliran air yang melewati sudu menyumbang sekitar 20% pada total daya yang didapatkan pada jenjang pertama. Setelah melewati turbin, air keluar tanpa mengalami hambatan berarti. Karena efisiensi dan konstruksinya yang sederhana, turbin crossflow sangat cocok untuk pembangkit listrik tenaga air skala kecil atau sistem mikrohidro. Ilustrasi turbin crossflow diperlihatkan dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Rangkaian Turbin *Crossflow*

2. Turbin Reaksi.

Tidak sama pada turbin impuls, turbin reaksi bekerja berdasarkan perbedaan tekanan aliran air antara sisi masuk serta sisi keluar sudu. Perubahan tekanan inilah yang menjadi prinsip dasar operasional turbin reaksi, sehingga turbin jenis ini dinamakan turbin reaksi. Ilustrasi kinerja turbin reaksi bisa terlihat dalam Gambar 2.17.

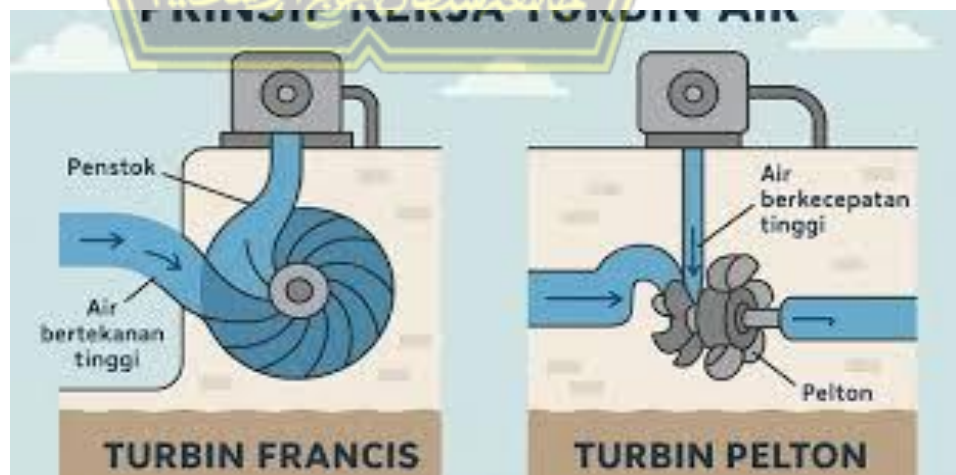


Gambar 2.17 Kinerja Turbin Reaksi

Secara umum, turbin air reaksi diklasifikasikan menjadi beberapa tipe, antara lain:

a. Turbin *Francis*

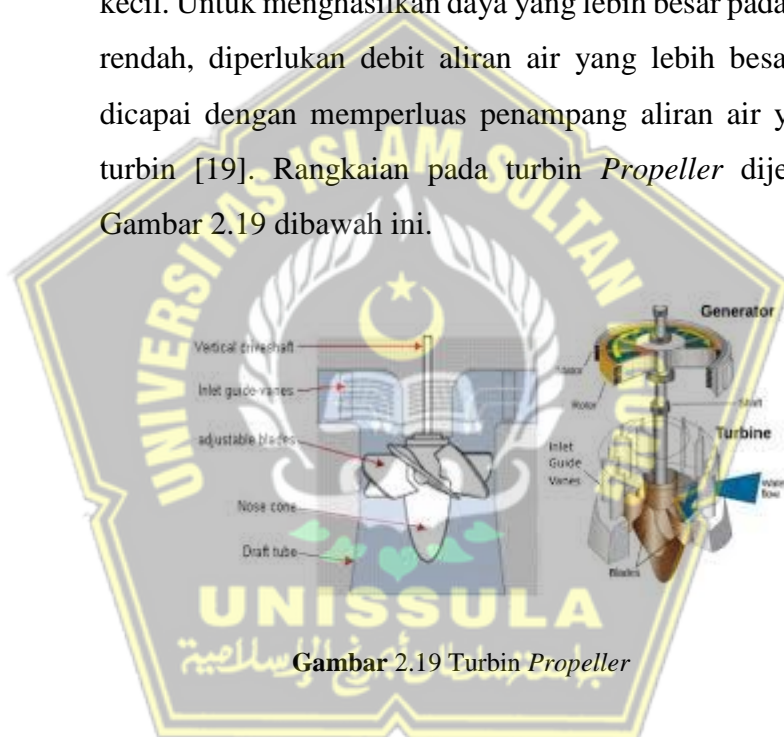
Turbin *Francis*, yang diciptakan oleh insinyur Inggris-Amerika James Francis pada tahun 1849, adalah turbin pembangkit listrik tenaga air modern yang pertama. Turbin ini memiliki *runner* dengan setidaknya sembilan bilah yang terpasang secara permanen. Air diarahkan masuk tepat di atas dan mengelilingi *runner*, kemudian mengalir ke bawah, menyebabkan bilah-bilah tersebut berputar. Selain *runner*, turbin *francis* memiliki komponen lainnya seperti *scroll case* (rumah keong), *wicket gate* (gerbang pengarah), dan *draft tube* (pipa isap). Kehadiran *draft tube* (pipa isap) pada turbin ini memungkinkan pemanfaatan energi potensial dari tinggi jatuh air secara maksimal pada sudu jalan. Pipa isap berfungsi serupa pada sudu hantar terhadap pompa sentrifugal, yaitu mengonversi energi kinetik aliran air menjadi energi tekanan, sehingga meningkatkan efisiensi kerja turbin secara keseluruhan. Turbin Francis umum dipakai pada lokasi pembangkit listrik tenaga air pada *head* (ketinggian) air atas sedang hingga tinggi, yaitu berkisar antara 130 hingga 2.000 kaki. Rangkaian pada turbin *francis* digambarkan dalam Gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.18 Rangkaian Turbin *Francis*

b. Turbin *Propeller* (Kaplan)

Turbin jenis berikut yaitu hasil mengembangkan pada turbin *Francis*. Turbin *Propeller* biasanya dilengkapi dengan *runner* yang memiliki tiga hingga enam bilah. Pada turbin ini, air terus-menerus menyentuh semua bilah saat mengalir melaluinya. Turbin ini dapat diibaratkan seperti baling-baling perahu yang berputar di dalam sebuah pipa. Untuk menjaga keseimbangan *runner*, tekanan air harus dijaga agar konstan di sepanjang pipa karena semakin rendah tinggi jatuh air (*head*), maka sudut belokan sudu jalan akan semakin kecil. Untuk menghasilkan daya yang lebih besar pada keadaan *head* rendah, diperlukan debit aliran air yang lebih besar, yang dapat dicapai dengan memperluas penampang aliran air yang melewati turbin [19]. Rangkaian pada turbin *Propeller* dijelaskan dalam Gambar 2.19 dibawah ini.

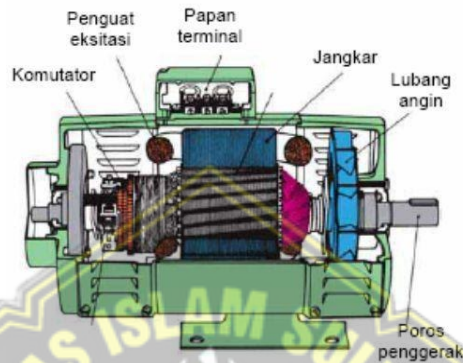


Gambar 2.19 Turbin *Propeller*

Dalam proses pembuatan turbin, tahapan awal yang perlu dilaksanakan yaitu pemilihan jenis turbin yang sesuai untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), dalam mempertimbangkan tinggi jatuh air (*head*) dan debit aliran air. Pemilihan jenis turbin dapat dilakukan melalui tabel kriteria yang menunjukkan kesesuaian berbagai jenis turbin air. Selain itu, dapat juga digunakan grafik Turbine Application Chart, yang dengan jelas menunjukkan kriteria pemilihan turbin berdasarkan kombinasi *head* dan debit air tertentu [20].

7. Generator

Pembangkitan listrik adalah proses di mana generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, biasanya menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Meskipun terdapat banyak persamaan antara generator dan motor, motor bekerja dengan cara yang sebaliknya, yaitu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Gambar 1.7 menggambarkan generator dan bagian-bagiannya.



Gambar 2.20 Generator

Michael Faraday mengamati pada tahun 1831–1832 bahwa sebuah konduktor yang bergerak tegak lurus terhadap medan magnet dapat menghasilkan beda potensial di ujung-ujungnya. Arus yang diinduksi oleh medan magnet akan kembali ke bagian konduktor yang tidak terpengaruh. Selain menghasilkan panas pada cakram tembaga, arus balik ini membatasi jumlah energi yang dapat ditransfer ke konduktor[15].

Generator yang akan digunakan pada PLTMH memiliki klasifikasi berdasarkan hasil daya listrik dan interaksi dengan jaringan. Seperti Generator Sinkron (*Synchronous Generator*) dan Generator Asinkron (Induksi) (*Asynchronous/Induction Generator*). Berikut adalah perbedaan dari generator sinkron serta generator asinkron.

a. Generator Sinkron (*Synchronous Generator*)

Generator Sinkron adalah pilihan yang dirancang untuk beroperasi secara interkoneksi dengan jaringan listrik publik (grid), karena kemampuannya menghasilkan daya yang berkualitas tinggi dan stabil. Generator ini beroperasi berdasarkan prinsip Induksi Faraday, di mana energi mekanik putar dari turbin diubah menjadi energi listrik AC pada frekuensi yang persis sama dengan frekuensi jaringan (bersifat sinkron). Untuk mencapai hal ini, Generator Sinkron sangat bergantung pada *Sistem Exciter*, yang berfungsi sebagai sumber energi arus searah (DC) untuk menciptakan medan magnet yang diperlukan pada rotor. *Exciter* menyalurkan arus DC ke lilitan medan rotor, yang kemudian menghasilkan fluks magnet kuat yang berputar bersama poros turbin, menginduksikan tegangan pada lilitan stator. *Sistem Exciter* ini sangat krusial karena ia terhubung dengan AVR (*Automatic Voltage Regulator*). AVR memonitor tegangan keluaran generator. Saat terjadi penyimpangan akan secara otomatis menyesuaikan arus yang disuplai oleh *Exciter*. Pada saat menaikkan arus untuk memperkuat medan magnet (jika tegangan turun) atau menurunkannya (jika tegangan naik).

Dengan demikian, Exciter dan AVR memastikan tegangan keluaran generator tetap stabil, serta memungkinkan generator untuk mengontrol daya reaktif (VAR) yang penting untuk menjaga kestabilan tegangan seluruh jaringan. Generator Asinkron (Induksi) (*Asynchronous/Induction Generator*).

b. Generator Asinkron (Induksi) (*Asynchronous/Induction Generator*)

Generator Asinkron (atau Generator Induksi) merupakan pilihan yang sangat dipertimbangkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) berskala kecil karena menawarkan kesederhanaan konstruksi, ketahanan mekanis, dan efisiensi biaya awal yang superior. Generator ini beroperasi berdasarkan prinsip motor induksi, dengan menghasilkan listrik ketika rotornya diputar oleh turbin melebihi kecepatan sinkron, suatu kondisi yang disebut slip negatif.

Secara operasional, ciri khas utama generator ini adalah kebutuhannya akan daya reaktif dari sumber eksternal untuk proses magnetisasi, yang berarti generator ini menarik daya reaktif dari jaringan listrik yang terhubung. Apabila dioperasikan secara mandiri (*stand-alone*), keharusan untuk menyediakan daya reaktif ini dipenuhi dengan pemasangan bank kapasitor eksternal. Keunggulan strukturalnya mencakup ketiadaan sistem *exciter* DC yang kompleks dan toleransi yang lebih tinggi terhadap variasi kecepatan putar turbin, sehingga mengurangi ketergantungan pada *governor* yang mahal dan presisi. Karakteristik ini menjadikan generator asinkron sangat sesuai dengan kondisi operasional PLTMH yang debit airnya sering mengalami fluktuasi.

8. *Power House*

Desain pembangkit listrik yang baik akan melindungi turbin, generator, dan peralatan lainnya dalam jangka panjang. Desain bangunan berbeda-beda tergantung kondisi dan ketersediaan material di dalam area. Penstock digambarkan pada Gambar 2.21 berikut.



Gambar 2.21 *Power House*

2.3. Pengukuran

1. Debit Air

Untuk mengetahui debit, bisa diketahui dengan terlebih dahulu mencari luas penampang air (A) serta kecepatan air (V) menggunakan persamaan (2.3) seperti berikut:

$$Posisi Q_x = \left(\frac{x}{100}\right)x(n+1) \dots\dots\dots (2.3)$$

Kemudian untuk mengetahui debit air dengan persamaan (2.4) :

$$Q_x = Q_1 - \frac{P_2 - P_1}{P_x - P_1} \times (Q_1 - Q_2) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana ;

- Q = Debit Air (m³/s)
- Q1 = Debit terhadap posisi data terdekat di atas Px
- Q2 = Debit terhadap posisi data terdekat di bawah Px
- Px = Posisi interpolasi yang dihitung sebelumnya
- P1 = Posisi data terdekat di atas Px
- P2 = Posisi data terdekat di bawah Px

2. Potensi Daya

Potensi daya yang bisa diperoleh PLTMH bisa diketahui menggunakan persamaan (2.4) :

$$P = G \times Q \times H_n \times Eff \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana ;

- P = Daya (kW)
- G = Gravitasi (9,81)
- Q = Debit Aliran (m³ /s)
- Hn = Headnet (m)
- Eff = Efisiensi Turbin

3. CAGR

Potensi daya yang bisa didapatkan oleh PLTMH bisa diperkirakan atau di proyeksikan ke masa depan menggunakan persamaan (2.5) :

$$CAGR = \left(\frac{P_{akhir}}{P_{awal}} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \dots\dots\dots (2.6)$$

Kemudian untuk mengetahui prediksi masa depan daya maka menggunakan persamaan 6 :

$$P_{akhir} = P_{awal} \times (1 + CAGR)^t \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana ;

CAGR = Persentase konsumsi energi rata rata pertahun (%)

P_{akhir} = Nilai pada tahun terakhir (Kw)

P_{awal} = Nilai pada tahun awal (Kw)

t = jangka waktu (s)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat penelitian

Waktu yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu 1 bulan. Kegiatan dilaksanakan di dua tempat, yaitu :

- a. Dam atau bendungan pada pembangkit listrik tenaga mini hidro pageruyung.
- b. Kantor pembangkit listrik tenaga mini hidro.

3.2. Variabel Penelitian

1. Variabel terikat pada pengujian
 - a. Potensi energi listrik yang di hasilkan
2. Variabel terkontrol dalam pengujian
 - a. Metode perhitungan energi listrik, menggunakan persamaan (2.5)
 - b. Efisiensi sistem turbin-generator
 - c. Pembangkit Listrik Mini Hidro.
3. Variabel tetap pada penelitian ini:
 - a. Sungai Terong di Getas blawong
 - b. Kondisi topografi
 - c. Kondisi geografi

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1 Pengukuran Debit Air

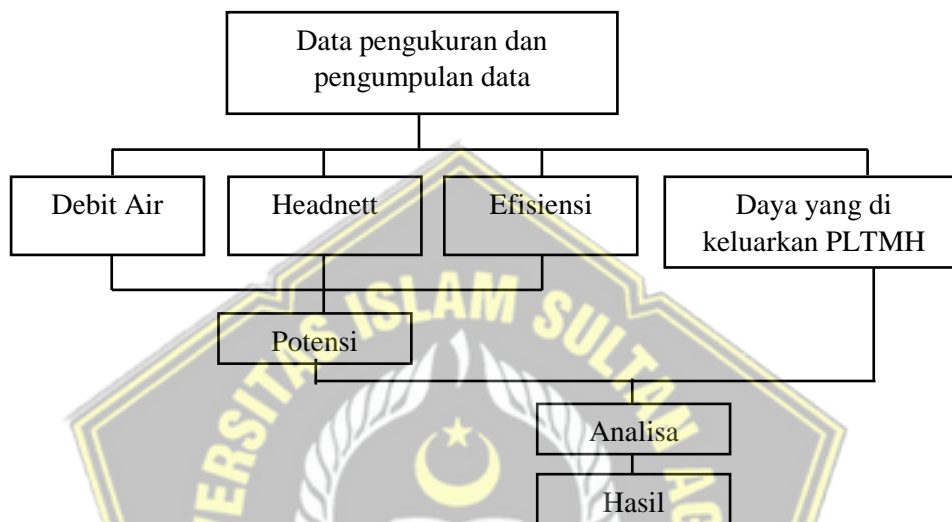
Data debit air yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber terpercaya, yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kendal, yang melakukan pengumpulan dan pengolahan data terkait potensi sumber daya air di wilayah tersebut.

3.3.2 Pengukuran *Headnet*

Pengukuran head dilakukan dengan mengukur elevasi tertinggi dan terendah menggunakan Google Earth sebagai acuan ketinggian.

3.4. Prosedur Kerja

3.4.1 Pembuatan diagram dasar



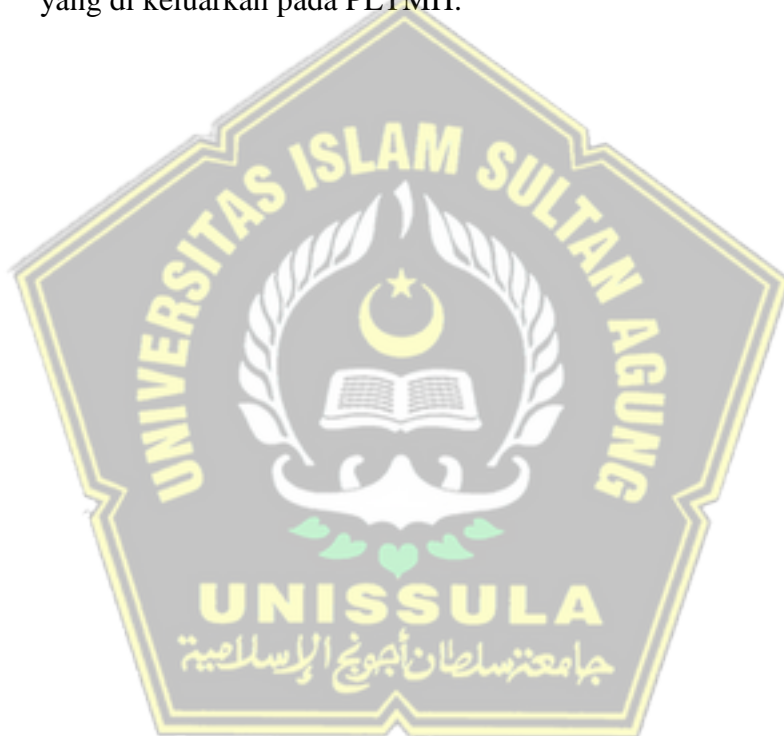
Gambar 3.1 Diagram Dasar

Pada kajian berikut, penulis memperoleh kumpulan data dengan berbagai cara sebagai berikut:

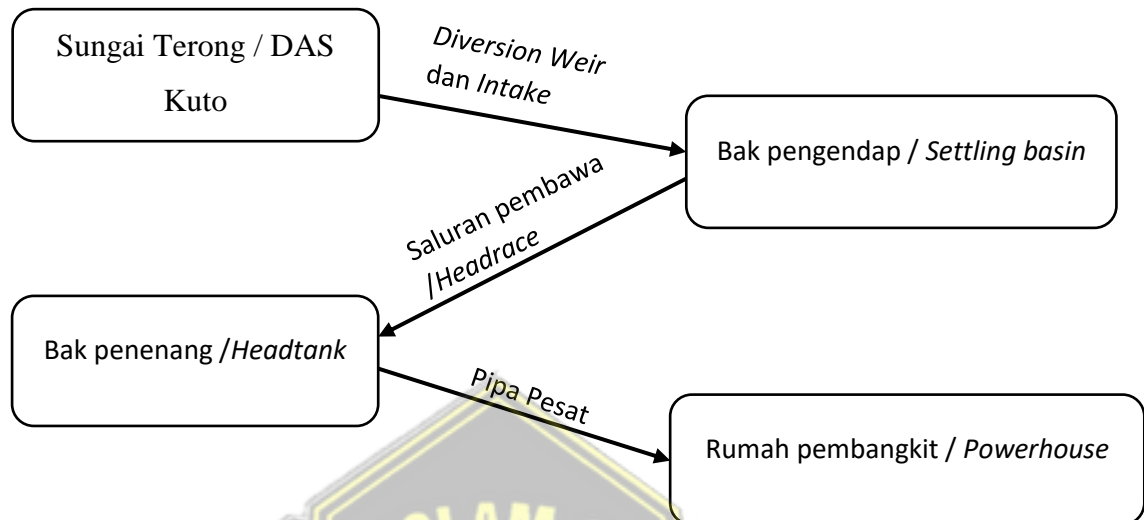
- Menentukan gagasan besarnya, pada penelitian ini memiliki tujuan yaitu dalam memahami potensi sumber daya air selaku pembangkit listrik yang berada di Sungai Terong (DAS Kuto).
- Pengukuran dan perhitungan data, dalam penelitian ini melakukan pengukuran dan perhitungan pada lokasi yaitu Sungai terong (DAS Kuto). Pengukuran tersebut berupa pengukuran *headnet* sedangkan untuk perhitungan data pada debit air. Pengukuran *headnet* dapat menggunakan alat bantu yaitu *google earth*. Pengukuran *headnet* dilakukan dengan mengukur ketinggian dari titik awal pipa pesat hingga ke titik akhir pipa pesat. Pada debit air dilakukan perhitungan dengan melalui data di Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kendal, setelah mendapatkan data seperti rerata debit air dari tahun 2012 hingga 2021.

Data tersebut kemudian diurutkan dari nilai terbesar ke terkecil untuk memudahkan perhitungan probabilitas.

- c. Mengumpulkan data, Dalam penelitian ini memerlukan pengumpulan data seperti arus, resistensi, dan efisiensi turbin. Beberapa data pengukuran yang terkait untuk menghasilkan daya yaitu pengukuran debit air dan headnet. Data pengukuran yang di olah dengan efisiensi dapat mengetahui hasil daya yang dikeluarkan oleh PLTMH. Data yang digunakan untuk mengetahui hasil daya yang terjadi pada PLTMH yaitu seperti arus dan resistensi Data tersebut diolah untuk menghasilkan daya yang di keluarkan pada PLTMH.



3.4.2 Pembuatan model

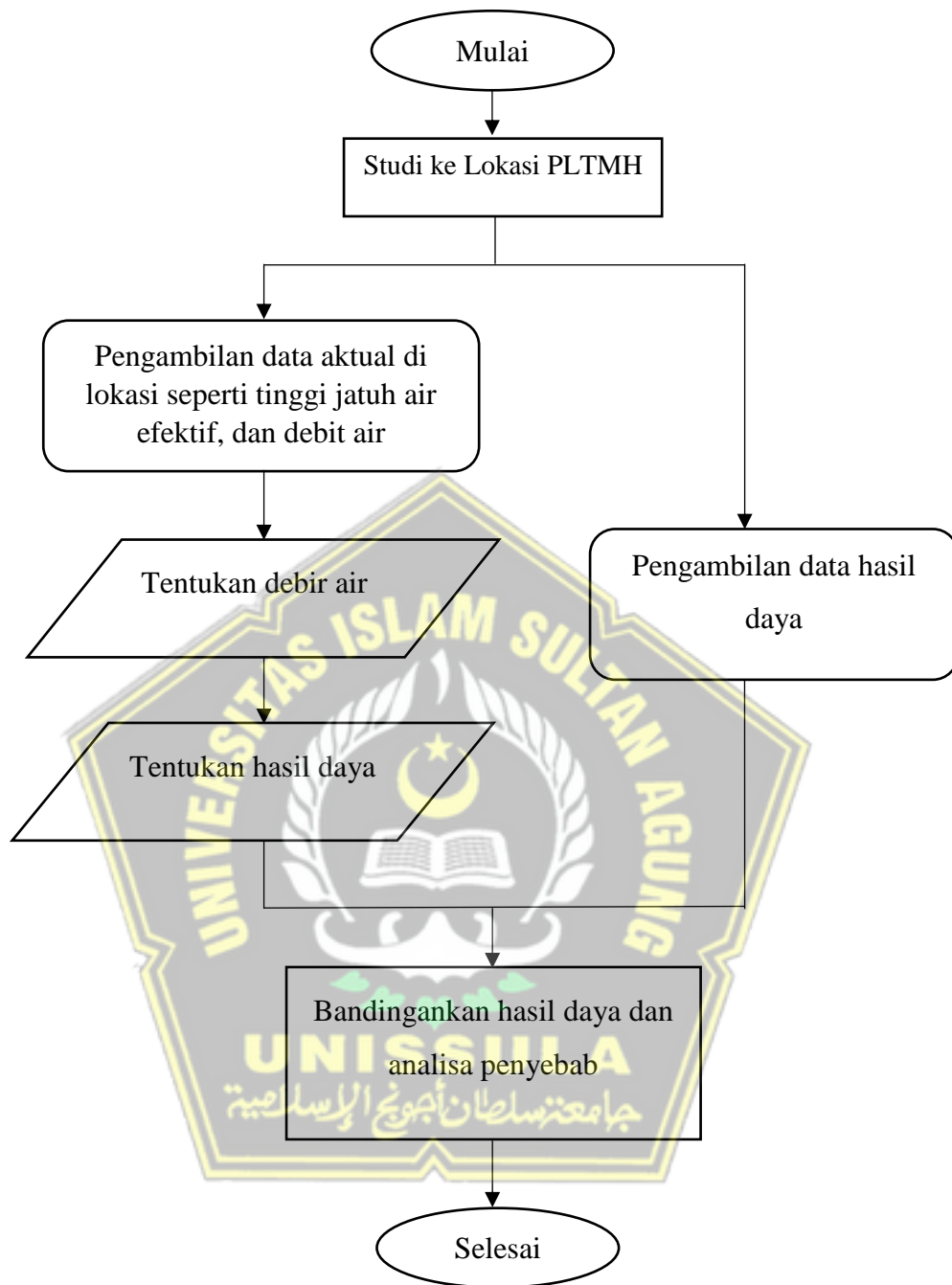


Gambar 3.2 Model Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan penentuan lokasi, yaitu PLTMH Pagerruyung yang beralamat di Desa Getas Kulon, Getas Blawong, Kecamatan Pageruyung, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. Tahap berikutnya adalah mengumpulkan data, yang dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni data primer serta data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung selama operasional PLTMH, namun data sekunder didapatkan pada buku, jurnal, serta penelitian terdahulu.

Data primer yang terkumpul kemudian diolah untuk menghitung rugi-rugi daya, kecepatan aliran air, dan headnet. Berdasarkan hasil pengolahan data, dilakukan analisis untuk menilai potensi energi air terhadap jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan. Penelitian diakhiri dengan penyusunan kesimpulan dari seluruh hasil analisis tersebut.

3.5. Flowchart



Gambar 3.3 Flowchart

BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Potensi Daya pada Pembangkit

Untuk menghitung potensi daya pada pembangkit listrik tenaga minihidro, memerlukan beberapa data yang sudah diambil, seperti; debit air (Q), tinggi jatuh air (H), serta efisiensi pembangkit (η).

1. Debit Air

Debit Air (Q): Debit air merupakan volume air yang mengalir per satuan waktu, biasanya diukur pada meter kubik per detik (m^3/s). Dalam hal tersebut, tidak dapat dilakukan karena memiliki data yang sudah di ukur dahulu. Berikut adalah data perhitungan debit Sungai terong dalam table:

Tabel 4.1 Debit Rerata Sungai Terong

Tahun	Debit Rerata Sungai Terong (m^3/detik)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2021	8,55	12,19	6,33	3,92	2,97	3,64	1,11	1,81	2,28	3,10	3,86	6,08
2020	8,29	7,95	8,17	5,39	7,80	2,15	2,81	2,25	2,08	3,96	6,18	9,07
2019	7,31	9,45	7,21	8,53	5,38	1,43	1,10	0,44	0,25	0,41	1,56	3,64
2018	7,92	13,57	9,19	9,12	5,50	3,04	1,02	0,71	0,42	0,58	2,60	5,15
2017	5,00	7,70	6,74	4,89	4,87	3,39	1,31	0,55	2,11	4,21	11,94	10,36
2016	6,33	8,81	6,01	7,84	5,86	4,44	3,39	2,49	5,03	6,45	6,16	6,62
2015	5,47	5,62	5,10	6,13	3,20	1,22	0,55	0,30	0,20	0,11	2,50	5,20
2014	10,75	10,15	7,39	8,08	4,83	2,82	3,47	2,20	0,71	1,36	3,33	5,67
2013	7,73	9,44	9,18	7,34	5,66	4,96	5,02	1,85	0,99	2,25	4,84	7,11
2012	4,70	8,57	6,49	5,98	4,31	3,09	0,88	0,43	0,29	2,18	5,59	7,99

Berdasarkan dari data pada tabel 4.1 menyatakan bahwa rata-rata debit sejak tahun 2012 sampai 2021, tertinggi berada pada bulan Februari 2018 (13,57 m^3/detik) dan terendah pada bulan Oktober 2011 (0,11 m^3/detik).

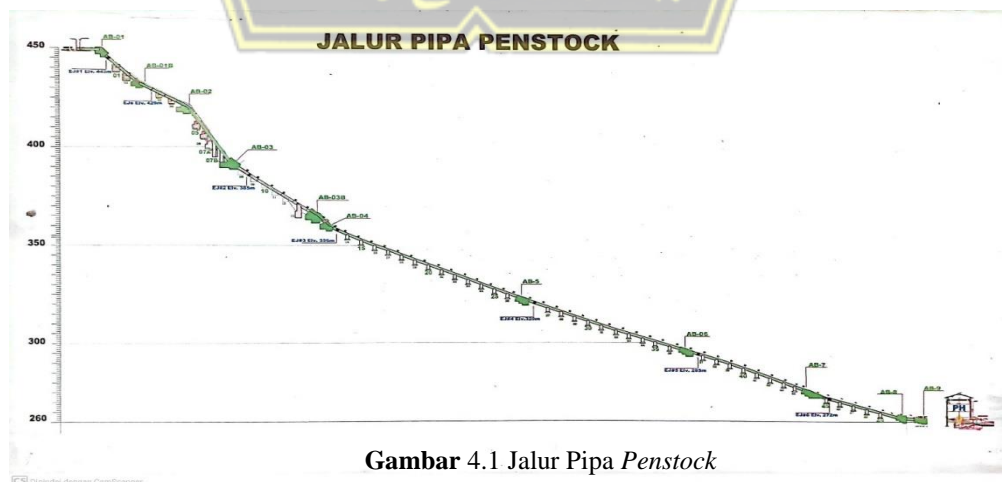
Tabel 4.2 Kebutuhan Debit Air

Debit (m ³ /detik)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Ketersediaan Air												
Q ₈₀	9,47	9,07	9,33	6,15	8,90	4,16	3,21	2,57	2,38	4,52	7,05	10,36
Kebutuhan	4,02	4,14	4,01	4,09	3,91	3,66	2,96	2,43	1,91	3,62	3,69	3,81
PLTMH Pageruyung	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2	1,5	1	2,7	2,7	2,7
Irigasi S terong	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Pemeliharaan Sungai	0,42	0,54	0,41	0,49	0,31	0,06	0,06	0,03	0,01	0,02	0,09	0,21
Neraca Air	5,45	4,93	5,32	2,06	4,99	0,50	0,25	0,15	0,46	0,90	3,36	6,55
Keterangan	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Pada tabel 4.2 menyatakan dalam mempertimbangkan pemanfaat air sungai Terong, pertimbangan aliran sungai untuk menjaga biota air juga menjadi pertimbangan pengukuran pemakaian debit, maka diperoleh hasil bahwa pemakaian air untuk operasional pembangkit listrik sebesar 2,7 m³/dtk.

2. Headnett

Tinggi Jatuh Air (H): Tinggi jatuh air adalah ketinggian vertikal dari titik masuk air ke titik keluar air dalam turbin, biasanya diukur dalam meter (m). Menurut survei lokasi yang dilaksanakan menentukan titik awal pipa pesat sampai titik akhir pipa pesat terlihat dalam gambar 4.1



Gambar 4.1 Jalur Pipa Penstock

Jadi untuk ketinggian *headnet* yang didapat dari gambar 4.1 adalah 189 meter dimana dalam titik awal memiliki ketinggian 449meter serta titik akhir memiliki ketinggian 260meter maka bisa ditemukan selisih sebanyak 189 meter.

3. Efisiensi Pembangkit

Efisiensi Pembangkit (η): Efisiensi pembangkit adalah rasio antara daya keluaran yang sebenarnya dengan daya keluaran yang teoritis maksimum. Pada pembangkit tersebut memiliki efisiensi ± 0.88 .

Berlandaskan data yang didapatkan terhadap pengukuran serta persamaan pada landasan teori berikut yaitu perhitungan kemampuan daya dengan menggunakan persamaan (2.5).

$$P = G \times Q \times Hn \times Eff$$

$$P = 9.8 \times 2.7 \times 189 \times 0.88$$

$$P = 4400,82 \text{ kW}$$

$$P = 4,4 \text{ MW}$$

Daya yang dihasilkan oleh 2 generator adalah 4,4 MW dengan masing masing generator menghasilkan daya 2,2 MW.

4.2. Perbedaan Hasil Daya

Daya yang dihasilkan setiap saat seringkali mengalami perubahan. Penyebab terjadinya perubahan karna beberapa faktor. Dalam hal tersebut, memerlukan analisa untuk mengetahui perbedaan hasil daya yang dihasilkan setiap tahunnya. Berikut adalah data dari tahun 2012 hingga tahun 2021 yang menghasilkan daya dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Daya Pada Tahun 2012 - 2021

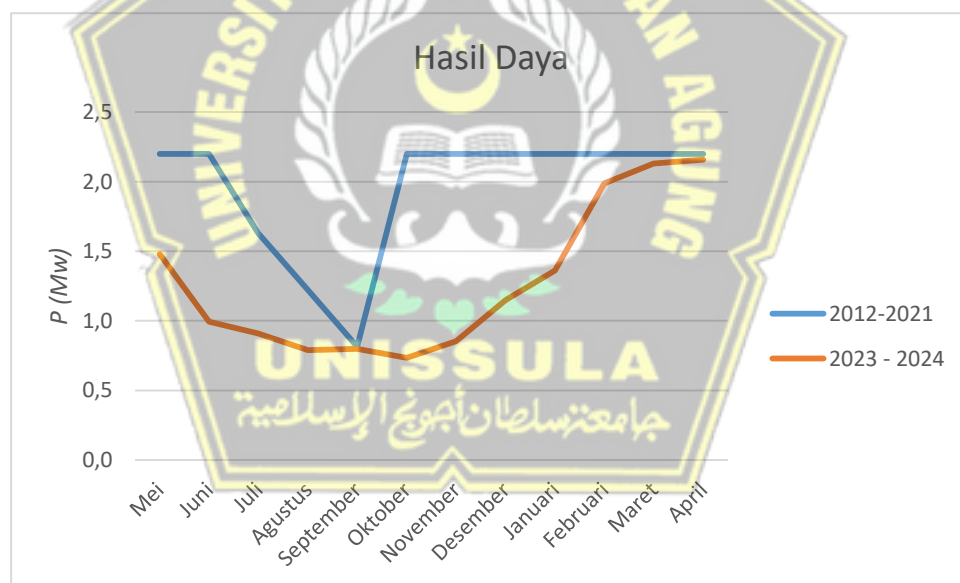
NO	BULAN	Q80	Hn	P (Kw)	P(Mw)	P _{total} (Mw)	E _{total} (Mwh)
1	Mei	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
2	Juni	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3168,0
3	Juli	2	189	3259,9	1,6	3,3	2455,2
4	Agustus	1,5	189	2444,9	1,2	2,4	1785,6
5	September	1	189	1629,9	0,8	1,6	1152,0
6	Oktober	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
7	November	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3168,0
8	Desember	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
9	Januari	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
10	Februari	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	2956,8
11	Maret	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
12	April	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3168,0

Dalam hasil daya pada tabel 4.3 menyatakan bahwa dari bulan januari hingga bulan desember menghasilkan daya rata – rata 4,4 *Mw* atau 2,2 *Mw* pergeneratornya dan menghasilkan energi kurang lebih 3273 *Mwh*. Dengan menggunakan data pada tabel 4.2 sebagai debit air dan *head* atau ketinggian 189 meter. Untuk membandingkan hasil daya pada PLTMH setiap tahunnya berikut adalah data yang dihasilkan pada pembangkit dari bulan Mei 2023 – Maret 2024.

Tabel 4.4 Hasil Daya pada Mei 2023 – April 2024

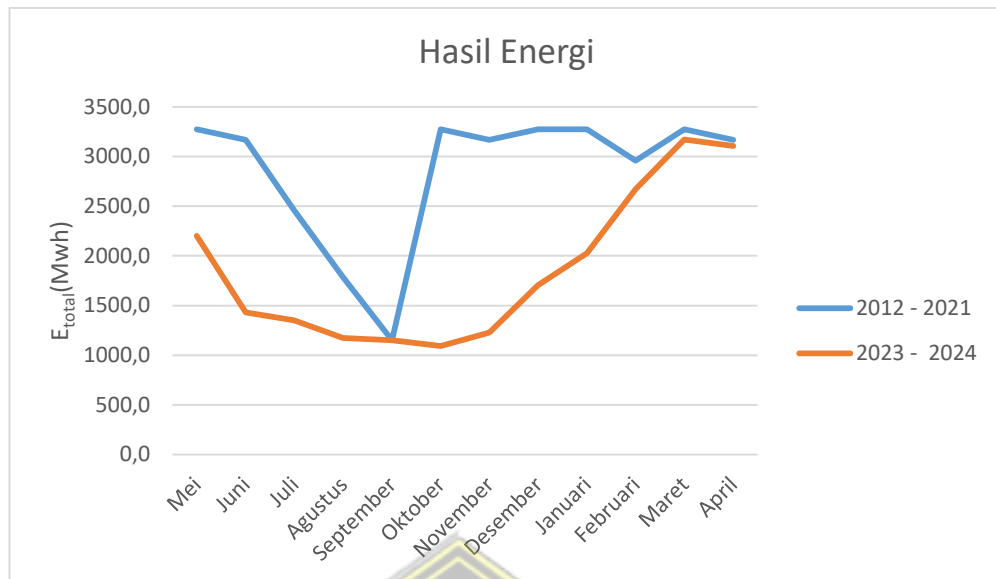
NO	BULAN	P(Kw)	P(Mw)	P _{total} (MW)	E _{total} (Mwh)	P ₁₀ (Mw)
1	Mei	1480,1	1,5	3,0	2202,4	2,0
2	Juni	993,2	1,0	2,0	1430,1	1,4
3	Juli	908,6	0,9	1,8	1351,9	1,3
4	Agustus	789,5	0,8	1,6	1174,7	1,1
5	September	798,6	0,8	1,6	1150,0	1,1
6	Oktober	734,8	0,7	1,5	1093,4	1,0
7	November	853,2	0,9	1,7	1228,6	1,2
8	Desember	1147,0	1,1	2,3	1706,7	1,6
9	Januari	1362,4	1,4	2,7	2027,2	1,9
10	Februari	1987,6	2,0	4,0	2671,4	2,8
11	Maret	2129,9	2,1	4,3	3169,3	2,9
12	April	2157,8	2,2	4,3	3107,2	3,0
Rata Rata			1,3	2,6		1,8

Dalam hasil daya pada tabel 4.4 menyatakan bahwa pada bulan Mei mengalami penurunan hasil daya yang awalnya bisa menghasilkan 2,2 Mw pergenerator menjadi 1,5 Mw. Begitupun terjadi hampir setiap bulan yang lain. Akan tetapi, pada bulan September tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan hasil daya melainkan yang dihasilkan tetap sama yaitu 0,8 Mw. Begitu juga terjadi pada energi. Pada bulan Mei mengalami penurunan hasil energi yang awalnya bisa menghasilkan kurang lebih 3273 Mwh menjadi kurang lebih 2202,4 Mwh. Begitupun terjadi hampir setiap bulan yang lain. Akan tetapi, pada bulan September tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan hasil daya melainkan yang dihasilkan tetap sama yaitu kurang lebih 1152 Mwh. Pada gambar 4.2 adalah grafik perbedaan hasil daya dan hasil energi pada Tahun 2012 – 2021 dan pada bulan Mei 2023 – April 2024.



Gambar 4.2 Grafik perbedaan hasil daya Tahun 2012 – 2021 dan 2023 – 2024

Dalam grafik tersebut, dalam rentang 2012 – 2021 terjadi penurunan hasil daya terutama pada bulan September. Namun pada bulan selanjutnya daya yang dihasilkan meningkat dan cenderung stabil hingga bulan-bulan berikutnya.



Gambar 4.3 Grafik perbedaan energi Tahun 2012 – 2021 dan 2023 – 2024

Dalam grafik tersebut, menggunakan data sama pada sebelumnya. Pada tahun 2012 – 2021 yang di atas yang menghasilkan terjadi penurunan hasil energi terutama pada bulan September. Begitupun pada tahun 2023 – 2024 mengalami penurunan hingga bulan Oktober. Namun ke dua data tersebut, untuk bulan selanjutnya energi yang dihasilkan meningkat dan cenderung stabil hingga bulan bulan berikutnya.

Ditinjau dari grafik tersebut, diperkirakan kebutuhan daya pada masa yang akan datang akan mengalami peningkatan sehingga perlu adanya perkiraan hasil daya atau proyeksi hasil daya yang akan datang. Berikut adalah perkiraan hasil daya atau proyeksi hasil daya dengan menggunakan persamaan (2.6)

$$\begin{aligned}
 CAGR &= \left(\frac{P_{akhir}}{P_{awal}} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \\
 &= \left(\frac{2,2}{1,5} \right)^{\frac{1}{12}} - 1 \\
 &= 0,032 \\
 &= 3\%
 \end{aligned}$$

Kemudian dilanjutkan ke persamaan (2.7) untuk mengetahui prediksi atau proyeksi ke masa depan.

$$\begin{aligned} P_{akhir} &= P_{awal} \times (1 + CAGR)^t \\ &= 1,3 \times (1 + 0,03)^{10} \\ &= 1,8 \text{ Mw} \end{aligned}$$

Rata – rata daya yang diperkirakan atau yang diproyeksikan dalam waktu 10 tahun ya itu rata rata 1,8 Mw.

Berdasarkan tabel 4.4 mengenai hasil daya pada periode Mei 2023 – April 2024 pada kolom P10 terdapat perkiraan atau proyeksi hasil daya dalam waktu 10 tahun yang akan datang yang dihitung dengan menggunakan rumus persamaan antara rata – rata daya dengan hasil daya yang dihasilkan. Namun, perkiraan tersebut berpotensi mengalami ketidakakuratan akibat adanya perubahan iklim yang tidak dapat diprediksi.

4.3. Pengaruh Potensi Sumber Daya Air terhadap Jumlah Energi Listrik

Potensi sumber daya air memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan, terutama melalui pembangkit listrik tenaga air. Berikut adalah pengaruh potensi sumber daya air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan.

a. Kekuatan Arus

Potensi energi air yang lebih tinggi akan menghasilkan arus yang lebih kuat. Arus yang lebih kuat berarti lebih banyak muatan listrik yang mengalir per satuan waktu, yang dapat menghasilkan lebih banyak energi listrik.

b. Volume Air

Jumlah air yang tersedia juga mempengaruhi jumlah energi yang dapat dihasilkan. Volume air yang lebih besar dapat menghasilkan energi listrik yang lebih banyak karena lebih banyak air yang dapat diubah menjadi energi kinetik dan kemudian dikonversi menjadi energi listrik.

c. Ketinggian Jatuh

Energi potensial gravitasi dari air yang jatuh dari ketinggian yang lebih tinggi dapat diubah menjadi energi kinetik. Energi kinetik ini kemudian dapat dikonversi menjadi energi listrik.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada hasil penelitian serta analisis yang sudah dilakukan terhadap Evaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) Pada Sungai Terong Di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal, diperoleh kesimpulan jika:

- a. Pada analisis, Sungai Terong memiliki debit air sebesar $2,7 \text{ m}^3$ yang dapat menghasilkan daya sebesar $4,4 \text{ Mw}$ atau pergeneratornya menghasilkan $2,2 \text{ Mw}$. Besarnya potensi daya tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pada pembangkit listrik.
- b. Berdasarkan analisis data daya dan energi yang dihasilkan, pada setiap tahunnya Sungai Terong mengalami penurunan potensi daya. Pada bulan Mei hingga bulan September mengalami penurunan yaitu daya sebesar $2,2 \text{ Mw}$ menjadi $1,5 \text{ Mw}$ dan energi sebesar kurang lebih 3273 Mwh menjadi kurang lebih $2202,4 \text{ Mwh}$. Namun pada bulan selanjutnya daya yang dihasilkan meningkat dan cenderung stabil hingga bulan berikutnya.
- c. Potensi sumber daya air mempengaruhi jumlah energi listrik yang dihasilkan melalui berbagai faktor seperti kekuatan arus, volume air, ketinggian jatuh, kecepatan aliran, efisiensi konversi, biaya operasional, dan keberlanjutan.

5.2. Saran

Pada hasil penelitian yang sudah dilaksanakan, berikut adalah beberapa saran yang diinginkan mampu menjadi masukan untuk penelitian selanjutnya

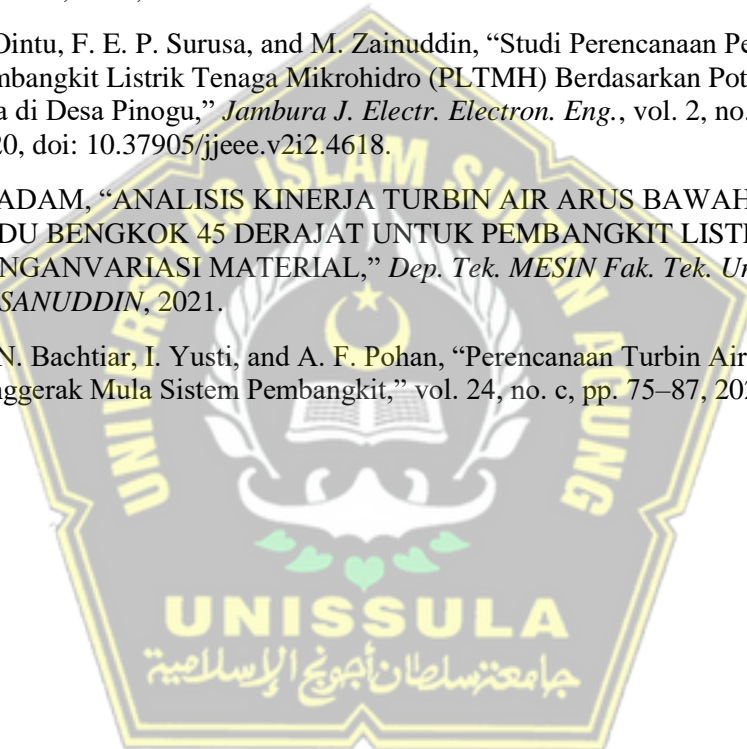
- a. Penelitian ke depan dapat mempertimbangkan integrasi PLTMH dengan sumber energi lain seperti PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) untuk meningkatkan keandalan pasokan energi di daerah terpencil..
- b. Disarankan untuk menggunakan alat pencatat debit otomatis agar data debit air yang digunakan dalam evaluasi lebih akurat dan memperhitungkan fluktuasi musiman yang memengaruhi potensi energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. I. D. I. E. BARU and T. D. K. E. (LINTAS EBTKE), “Potensi Pengembangan Aneka Energi Terbarukan di Indonesia.”
<https://ebtke.esdm.go.id/lintas/id/investasi-ebtke/sektor-aneka-et/potensi>
- [2] P. D. K. Kendal, *PERATURAN DAERAH KABUPATEN KENDAL*. 2015.
- [3] C. S. Energi, *Studi Kelayakan Penggunaan Sumber Daya Air*. 2022.
- [4] H. Santoso, E. Santoso, and R. Ruslim, “Studi Analisa Potensi Sumber Air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Karungan Kelurahan Mamburungan Timur Kota Tarakan,” *J. Inov. Sains dan Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 22–26, 2021, doi: 10.51454/instek.v4i2.129.
- [5] W. N. I. Yusuf Dewantoro Herlambang, Gatot Suwoto, Bono*, Suwarti, Nike Arum Hapsari, Tiyas Hilmi Sunardi, “Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro Kapasitas 3 Kw Dengan Penggerak Kincir Air,” *Pros. Semin. Nas. NCIET*, vol. 1, no. 1, pp. 317–325, 2020, doi: 10.32497/nciet.v1i1.124.
- [6] S. S. Murni and A. Suryanto, “Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan),” *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 34–38, 2020, doi: 10.22146/juliet.v1i2.61282.
- [7] Arif Rahman Hafiz, Agus Nuramal, and Nurul Iman Supardi, “Analisis Produksi Listrik Di Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (Pltm),” *Rekayasa Mek.*, vol. 6, no. 1, pp. 15–21, 2022, doi: 10.33369/rekayasamekanika.v6i1.25452.
- [8] S. Milasi, Fauzan, and T. Zulfadli, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) pada Krueng Meureudu Desa Lhoksandeng,” *J. Tektro*, vol. 8, no. 1, pp. 90–98, 2024.
- [9] D. Z. H. Lister, Eugene C, Hanapi Gunawan, *Mesin dan rangkaian listrik*, Ed.ke-6, C. Jakarta: Erlangga, 1993. [Online]. Available:
<https://lib.untad.ac.id/index.php?subject=%22Rangkaian+Listrik+-+Mesin%22&search=Search>
- [10] Fahdita and A. A. Muthahhari, “Evaluasi Buka Wicket Gate Dan Pintu Air Terhadap Putaran Generator Pada Very Low Head Water Turbine,” *Inst. Teknol. Nas.*, vol. 1, no. 69, pp. 5–6, 2020.
- [11] M. KHAIDIR, “Pemanfaatan Air Buangan Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Hydro Dengan Model Desain Integrasi Powerhouse Berbasis Ant Colony Optimization,” *Univ. HASANUDDIN*, vol. 53, no. 1, pp. 1–9, 2020, [Online]. Available:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025>
<http://dx.doi.org/10.1038/nature10402>
<http://dx.doi.org/10.1038/nature21059>
<http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127>
<http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577>
- [12] R. A. Nugraha, “Inovasi Teknologi Madya pada Masyarakat Adat Kasepuhan Ciptagelar,” *Empower J. Pengemb. Masy. Islam*, vol. 6, no. 1, p. 14, 2021, doi: 10.24235/empower.v6i1.9969.
- [13] E. Setiawan, I. Sujana, and M. Ivanto, “Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Untuk Mengetahui Efisiensi Turbin Pada Desa Rirang Jati

Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau,” *JTRAIN J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 90–96, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtm/article/view/47142>

- [14] K. ESDM, “Klasifikasi Pembangkit Tenaga Air,” 2017.
- [15] S. Barus, S. Aryza, P. Wibowo, S. Anisah, and Hamdani, “Rancang Bangun Pemanfaatan Aliran Tandon Air Gedung Bertingkat Sebagai Pembangkit Listrik Mikro Hidro,” *Semin. Soc. Sci. Eng. Humaniora-SCENARIO 2020*, pp. 545–557, 2020.
- [16] A. D. Pratama, “Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Anak Sungai Jompo (Sub-DAS Rawatamtu),” *Digit. Repos. Univ. Jember*, 2021.
- [17] R. B. Astro, H. Doa, and H. Hendro, “Fisika Kontekstual Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro,” *ORBITA J. Kajian, Inov. dan Apl. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 1, p. 142, 2020, doi: 10.31764/orbita.v6i1.1858.
- [18] S. Ointu, F. E. P. Surusa, and M. Zainuddin, “Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 30–38, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.4618.
- [19] A. ADAM, “ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH BENTUK SUDU BENGKOK 45 DERAJAT UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN VARIASI MATERIAL,” *Dep. Tek. MESIN Fak. Tek. Univ. HASANUDDIN*, 2021.
- [20] A. N. Bachtiar, I. Yusti, and A. F. Pohan, “Perencanaan Turbin Air sebagai Penggerak Mula Sistem Pembangkit,” vol. 24, no. c, pp. 75–87, 2024.



LAMPIRAN

RATA RATA PERHARI										RATA RATA PERHARI										RATA RATA PERHARI	
Tanggal	Mei-23	Jul-23	Agustus-23	Oktober-23	Desember-23	Januari-24	Mar-24	Tanggal	Jun-23	Sep-23	Nov-23	Apr-24	Tanggal	Februari-24							
1	0	813,5833333	821,7058824	732,4583333	1111,541667	1193,304348	1857,857143	1	1234,47619	894,2	763,2916667	2155,083333	1	0							
2	0	910,0416667	868,6363636	700,3333333	1097,26087	1455,791667	1927,208333	2	1201,3333333	738,2916667	785,8333333	2155,166667	2	0							
3	0	906,4583333	885,173913	669,875	1101,434783	1292,916667	2061,625	3	1186,166667	731,375	795,0416667	2160,083333	3	0							
4	0	910,3333333	821,33	729,2083333	1311,545455	1507,5	2062,208333	4	1149,75	807,9166667	784,15	2164,083333	4	0							
5	0	995,5833333	818,29	757,2083333	1383,578947	0	0	5	1060,695652	778,6666667	752,6	2158,5	5	0							
6	0	1014,470588	811,37	776,9545455	1252,916667	0	2082,958333	6	1045,578947	865,5	756,875	2186,583333	6	0							
7	0	1142,083333	806,25	842,25	1170,208333	0	1972,416667	7	989	842,25	757,3333333	2196,291667	7	0							
8	0	1071,875	712,87	735,25	1276,347826	0	2110,5	8	1033,541667	766,0416667	772,625	2233,958333	8	0							
9	0	1020,916667	726,33	739,7916667	1301,416667	0	2086,791667	9	1039,6	780,4166667	742,0833333	2229,625	9	0							
10	0	1020,208333	692,45	774,2916667	1451,5	0	2126,708333	10	1068,875	790	772,625	2217,791667	10	0							
11	0	919,9166667	690,87	739,5217391	1412,5	0	2075,238095	11	1040,11111	814,1666667	729,2916667	2190,375	11	0							
12	0	862,5	691,7391304	758,3333333	1277,458333	0	2031,541667	12	996,8333333	846,6666667	726	2214,208333	12	0							
13	0	906,5416667	735,5454545	746,375	1263	0	2155,47619	13	976,7368421	805,1304348	724,7916667	2212,875	13	0							
14	0	887,5454545	751,45	760,4166667	1322,583333	0	2234,5	14	894,25	802,9583333	898,4166667	2206,791667	14	0							
15	0	842,1666667	765,5	700,4583333	1171,375	0	2242,291667	15	916,3478261	790,6666667	760,9583333	2140,208333	15	0							
16	1350	857,375	764,04	665,0416667	1135,291667	0	2095,333333	16	911,375	733,125	885,4166667	1910,956522	16	0							
17	1494,5	841,7083333	729	744,0889885	1198,125	0	2177,041667	17	924,1666667	752,9	863,875	2006,708333	17	0							
18	1589,043478	877,9090909	707,4166667	707,1666667	1024,875	0	2181,916667	18	946,125	782,25	858,3333333	2049,25	18	0							
19	1562,3333333	897,6818182	707	741,5	1011,333333	0	2160,708333	19	938,375	779,7083333	855,6666667	2079,125	19	0							
20	1595,75	923,2608896	767,4782609	724,9583333	949,7916667	0	2155,291667	20	981,6666667	842,9166667	897,5833333	2071,416667	20	1257,928571							
21	1650,047619	894,5416667	772,9166667	720,375	950,5	0	2160,291667	21	1023,952381	844,2916667	1087,666667	2141,521739	21	1521,8333333							
22	1734,4375	888,7916667	763,6666667	733	986,7916667	0	2163,333333	22	961,4166667	784,0833333	796	2199,875	22	1745,8033333							
23	1628,5833333	917,7083333	779,5833333	722,5	1016,347826	0	2168,375	23	979,125	848,0416667	808,2916667	2179,958333	23	1847,7083333							
24	1452,25	933,1363636	827,3333333	687,625	993	0	2179,916667	24	904,6666667	799,7916667	885,3888889	2215,708333	24	1921,75							
25	1547,125	883,4166667	829	708,9583333	1030,545455	0	2223,416667	25	924,8333333	761,3809524	1074,25	2193,2	25	1805,909091							
26	1446,5	879,2083333	799,0833333	729,875	963,125	0	2231,375	26	960	817,7272727	1087,958333	2213,583333	26	1897,2083333							
27	1384,888889	882,5833333	793,25	750,5	986,9166667	0	2205,625	27	881,5416667	759,1666667	995,9166667	2208,041667	27	2000,428571							
28	1350,291667	870,9166667	911,3333333	755,5416667	1066,916667	0	2179,791667	28	897,6842105	798,4545455	1084,791667	2144,695652	28	2144,142857							
29	1307,541667	744,9090909	972,0416667	730,3333333	1106,363636	0	2148,26087	29	864,5	829,5833333	879,5833333	216,083333	29	1745,791667							
30	1316,166667	728	889,625	765,3333333	1108,625	0	2218,833333	30	871,9583333	770,5	1214,227273	2180,913043									
31	1272,75	940	880,875	729,125	1123,545455	0	2220,25		993,1561054	798,6056068	853,2288721	2167,755399		1987,614899							
RATA2	1480,138072	908,5603745	789,4565808	734,7950508	1146,98232	1362,37817	2129,91941	Rata 2					Rata 2								

cara download jerkin: klik file-download-mic.word

Evaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Pada Sungai Terong Di Getasblawong

Farchan Afdhallash Priditya Marthana^{1 *}, Gunawan²

Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Jl. Kaligawe Raya No.Km.4,
Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112, Indonesia). ← (10pt)

E-mail: dhallash@std.unissula.ac.id

* Corresponding Author

 <https://doi.org/>

ARTICLE INFO

Article history

Received:

Revised:

Accepted:

Kata Kunci:

Evaluasi, PLTMH, Potensi
Daya, Debit Andalan,.

Keywords

Evaluation, PLTMH, Power
Potential, Reliable
Discharge.



ABSTRACT

Desa Getasblawong merupakan salah satu desa di dataran tinggi yang masih bergantung dengan sumber listrik dari luar. Desa tersebut dilewati sungai yang bernama sungai terong (DAS Kuto). Sungai tersebut dapat dipergunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) sehingga dapat mencukupi kebutuhan listrik di desa tersebut. Penelitian ini mengevaluasi kinerja pembangkit listrik untuk memperoleh hasil yang lebih efektif dengan mengasumsikan tinggi jatuhnya air yang sama. Dalam penelitian ini, daya yang dikeluarkan oleh PLTMH akan ditentukan, dengan data penunjang meliputi debit air, dan headnet. Fokus penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap PLTMH Pada Sungai Terong Di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sungai terong memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan untuk sistem pembangkit listrik seperti debit air sebesar 2,7m³/s dengan headnet 189 meter. Dalam hal tersebut, pembangkit dapat menghasilkan potensi daya mencapai 4,4 Mw atau pergeneratornya menghasilkan 2,2 Mw..

Getasblawong Village is one of the villages in the highlands that still depends on electricity from outside sources. The village is crossed by a river called Terong River (Kuto River Basin). The river can be used as a Mini Hydro Power Plant (PLTMH) to meet the electricity needs of the village. This study evaluates the performance of power plants to obtain more effective results by assuming the same water drop height. In this study, the power output of the PLTMH will be determined, with supporting data including water discharge and headnet. The focus of this study is to evaluate the electrical energy potential of the PLTMH on the Terong River in Getas Blawong, Pageruyung District, Kendal Regency. The results of the study show that the Terong River has the potential to be utilized for power generation systems, with a water discharge of 2.7 m³/s and a headnet of 189 meters. In this case, the power plant can generate a potential power of 4.4 MW, or 2.2 MW per generator.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

How to Cite: Marthana, Farchan Afdhallash Priditya dan Gunawan. (2025). Evaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Pada Sungai Terong Di Getasblawong. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 1(1) 1-3. doi: <https://doi.org/10.31004/jerkin.v1i1>

PENDAHULUAN

Indonesia menawarkan potensi besar untuk sumber energi terbarukan, termasuk matahari, angin, dan tenaga air, karena merupakan negara tropis dengan ciri khas kepulauan. Potensi tenaga air Indonesia mencapai 94,47 GW, sementara potensi energi surya dan angin masing-masing mencapai 207,9 GW dan 60,64 GW (EBTKE, 2025). Energi hidro dapat dipergunakan pada banyak kebutuhan, antara lain irigasi, pariwisata, serta pembangkit tenaga listrik.

Desa Getas Blawong terletak di kecamatan Pagerruyung, kabupaten Kendal merupakan desa yang berada di kawasan dataran tinggi ataupun perbukitan. Desa tersebut masih bergantung dengan sumber listrik dari luar dikarenakan tidak semua wilayah desa terjangkau oleh jaringan listrik utama (PLN) karena beberapa faktor seperti kondisi geografis yang kurang mendukung. Di desa tersebut terdapat suatu aliran air atau sungai yang bernama sungai terong (DAS Kuto).

Sungai Terong (DAS Kuto) memiliki panjang 52 KM dengan konstruksi tanah batu endapan (Peraturan Daerah Kabupaten Kendal, 2015). Daerah Cathment Area sungai tersebut terletak paling selatan terdiri dari deretan Gunung Sundoro Sumbing dengan ketinggian 1.000 M sampai dengan 3.100 MDPL (PT.CSE, 2022). Aliran air di Sungai Terong (DAS kuto) termasuk deras sehingga dapat dimanfaatkan untuk menjadi sumber Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) karena memiliki kemampuan yang di butuhkan oleh PLTMH sehingga dapat membantu mencukupi kebutuhan listrik pada desa tersebut. Namun, PLTMH tersebut masih tergolong baru maka masih membutuhkan penyempurnaan agar PLTMH tersebut dapat bekerja lebih efisien.

Oleh karena hal tersebut, perlu adanya evaluasi lebih lanjut untuk mengetahui kinerja pembangkit listrik yang lebih efektif dengan mengasumsikan tinggi jatuhnya air yang sama. Dalam penelitian ini, daya yang dikeluarkan oleh PLTMH akan ditentukan, dengan data penunjang meliputi debit air, dan headnet. Fokus penelitian ini dilakukan untuk mengkaji Evaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) Pada Sungai Terong Di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat yaitu Dam atau bendungan pada pembangkit listrik tenaga minihidro Pageruyung dan pada kantor pembangkit listrik tenaga minihidro Pageruyung, Kabupaten Kendal.

Variabel Penelitian

Variabel terikat meliputi potensi energi listrik yang dihasilkan. Variabel terkontrol meliputi metode perhitungan energi listrik, efisiensi sistem turbin – generator dan pembangkit listrik tenaga minihidro. Sedangkan untuk variabel tetap yaitu Sungai Terong, kondisi topografi dan kondisi geografi.

Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data meliputi:

Studi Literatur

Pengumpulan informasi dan teori dari buku, jurnal ilmiah, artikel online dan dokumen teknis terkait Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro, kondisi geografis dan sosial masyarakat di desa Getasblawong Kabupaten Kendal.

Observasi Lapangan

Observasi langsung terhadap kondisi fisik lokasi, kebutuhan listrik masyarakat, serta potensi energi listrik yang dihasilkan oleh sungai Terong.

Pengukuran Debit Air

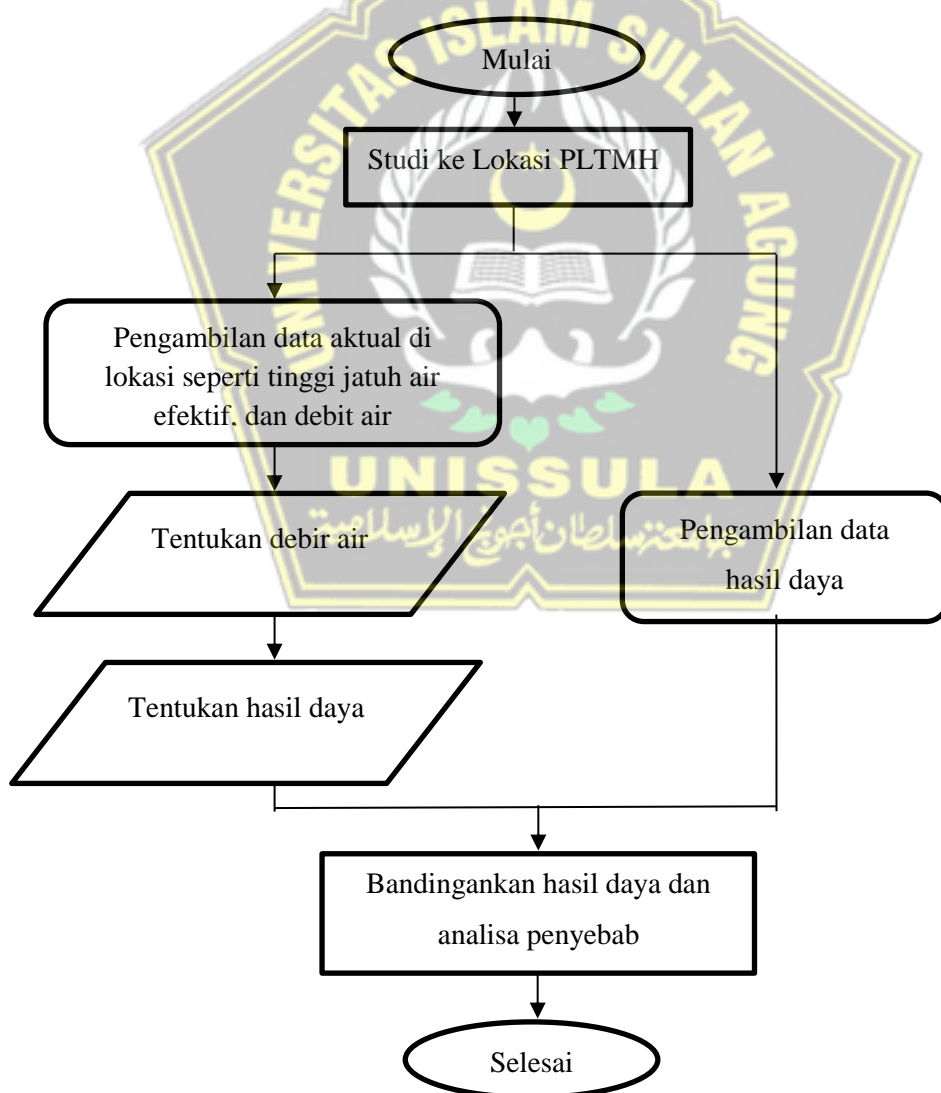
Data debit air yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber terpercaya, yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kendal, yang melakukan pengumpulan dan pengolahan data terkait potensi sumber daya air di wilayah tersebut. Data yang diperoleh berupa rata – rata debit air dari tahun 2012 hingga 2021. Data tersebut kemudian diurutkan dari nilai terbesar ke terkecil untuk memudahkan perhitungan probabilitas.

Pengukuran Headnett

Pengukuran head dilakukan dengan mengukur elevasi tertinggi dan terendah menggunakan Google Earth sebagai acuan ketinggian. Pengukuran headnet dilakukan dengan mengukur ketinggian dari titik awal pipa pesat hingga ke titik akhir pipa pesat.

Pengukuran dan Perhitungan Data

Dalam penelitian ini memerlukan pengumpulan data lainnya seperti arus, resistensi, dan efisiensi turbin. Data pengukuran yang di olah dengan efisiensi dapat mengetahui hasil daya yang dikeluarkan oleh PLTMH. Data primer yang terkumpul kemudian diolah untuk menghitung rugi-rugi daya, kecepatan aliran air, dan headnet. Berdasarkan hasil pengolahan data, dilakukan analisis untuk menilai potensi energi air terhadap jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan. Penelitian diakhiri dengan penyusunan kesimpulan dari seluruh hasil analisis tersebut.



Gambar 1. Alur Sistem Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Potensi Daya pada Pembangkit

1. Debit Air

Berikut adalah data perhitungan debit Sungai terong dalam tabel 1:

Tabel 1. Debit Rerata Sungai Terong

Tahun	Debit Rerata Sungai Terong (m ³ /detik)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2021	8,55	12,19	6,33	3,92	2,97	3,64	1,11	1,81	2,28	3,10	3,86	6,08
2020	8,29	7,95	8,17	5,39	7,80	2,15	2,81	2,25	2,08	3,96	6,18	9,07
2019	7,31	9,45	7,21	8,53	5,38	1,43	1,10	0,44	0,25	0,41	1,56	3,64
2018	7,92	13,57	9,19	9,12	5,50	3,04	1,02	0,71	0,42	0,58	2,60	5,15
2017	5,00	7,70	6,74	4,89	4,87	3,39	1,31	0,55	2,11	4,21	11,94	10,36
2016	6,33	8,81	6,01	7,84	5,86	4,44	3,39	2,49	5,03	6,45	6,16	6,62
2015	5,47	5,62	5,10	6,13	3,20	1,22	0,55	0,30	0,20	0,11	2,50	5,20
2014	10,75	10,15	7,39	8,08	4,83	2,82	3,47	2,20	0,71	1,36	3,33	5,67
2013	7,73	9,44	9,18	7,34	5,66	4,96	5,02	1,85	0,99	2,25	4,84	7,11
2012	4,70	8,57	6,49	5,98	4,31	3,09	0,88	0,43	0,29	2,18	5,59	7,99

Berdasarkan dari data pada tabel 1, menyatakan bahwa rata-rata debit sejak tahun 2012 sampai 2021, tertinggi berada pada bulan Februari 2018 (13,57 m³/detik) dan terendah pada bulan Oktober 2011 (0,11 m³/detik).

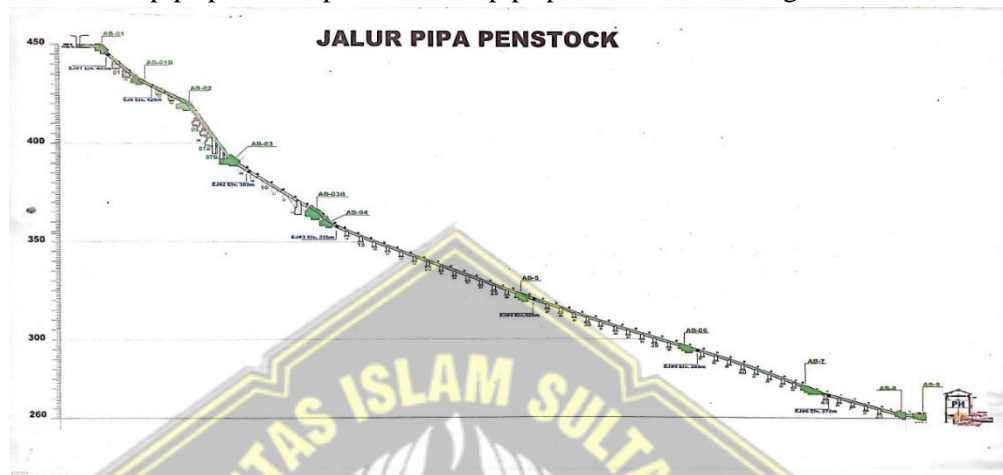
Tabel 2. Kebutuhan Debit Air

Debit (m ³ /detik)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Ketersediaan Air												
Q ₈₀	9,47	9,07	9,33	6,15	8,90	4,16	3,21	2,57	2,38	4,52	7,05	10,36
Kebutuhan	4,02	4,14	4,01	4,09	3,91	3,66	2,96	2,43	1,91	3,62	3,69	3,81
PLTMH Pageruyung	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2	1,5	1	2,7	2,7	2,7
Irigasi S terong	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Pemeliharaan Sungai	0,42	0,54	0,41	0,49	0,31	0,06	0,06	0,03	0,01	0,02	0,09	0,21
Neraca Air	5,45	4,93	5,32	2,06	4,99	0,50	0,25	0,15	0,46	0,90	3,36	6,55
Keterangan	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Pada tabel 2, menyatakan dalam mempertimbangkan pemanfaat air sungai Terong, pertimbangan aliran sungai untuk menjaga biota air juga menjadi pertimbangan pengukuran pemakaian debit, maka diperoleh hasil bahwa pemakaian air untuk operasional pembangkit listrik sebesar 2,7 m³/dtk.

2. Headnett

Tinggi Jatuh Air (H): Tinggi jatuh air adalah ketinggian vertikal dari titik masuk air ke titik keluar air dalam turbin, biasanya diukur dalam meter (m). Menurut survei lokasi yang dilaksanakan menentukan titik awal pipa pesat sampai titik akhir pipa pesat terlihat dalam gambar berikut



Gambar 2. Jalur Pipa Penstock

Jadi untuk ketinggian headnet yang didapat dari gambar 4.1 adalah 189 meter dimana dalam titik awal memiliki ketinggian 449meter serta titik akhir memiliki ketinggian 260meter maka bisa ditemukan selisih sebanyak 189 meter.

3. Efisiensi Pembangkit

Efisiensi Pembangkit (η): Efisiensi pembangkit adalah rasio antara daya keluaran yang sebenarnya dengan daya keluaran yang teoritis maksimum. Pada pembangkit tersebut memiliki efisiensi ± 0.88 . Berlandaskan data yang didapatkan terhadap pengukuran serta persamaan pada landasan teori berikut yaitu perhitungan kemampuan daya dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 P &= G \times Q \times H_n \times Eff \\
 P &= 9.8 \times 2.7 \times 189 \times 0.88 \\
 P &= 4400,82 \text{ kW} \\
 P &= 4,4 \text{ MW}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Daya yang dihasilkan oleh 2 generator adalah 4,4 MW dengan masing masing generator menghasilkan daya 2,2 MW.

Perbedaan Hasil Daya

Daya yang dihasilkan setiap saat seringkali mengalami perubahan. Penyebab terjadinya perubahan karna beberapa faktor. Dalam hal tersebut, memerlukan analisa untuk mengetahui perbedaan hasil daya yang dihasilkan setiap tahunnya. Berikut adalah data dari tahun 2012 hingga tahun 2021 yang menghasilkan daya dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Daya Pada Tahun 2012 – 2021

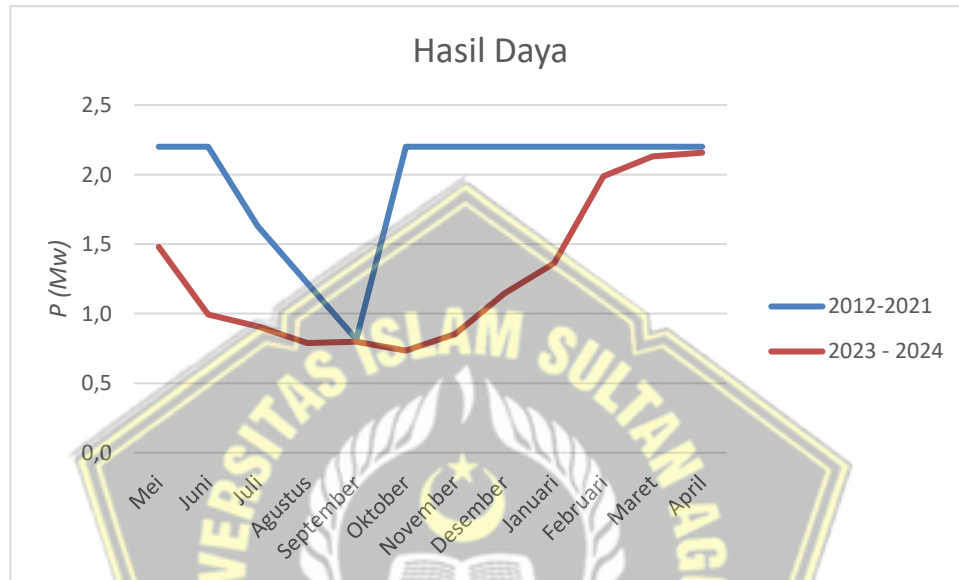
NO	BULAN	Q80	Hn	P (Kw)	P(Mw)	P _{total} (Mw)	E _{total} (Mwh)
1	Mei	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
2	Juni	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3168,0
3	Juli	2	189	3259,9	1,6	3,3	2455,2
4	Agustus	1,5	189	2444,9	1,2	2,4	1785,6
5	September	1	189	1629,9	0,8	1,6	1152,0
6	Oktober	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
7	November	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3168,0
8	Desember	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
9	Januari	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
10	Februari	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	2956,8
11	Maret	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3273,6
12	April	2,7	189	4400,8	2,2	4,4	3168,0

Dalam hasil daya pada tabel 3, menyatakan bahwa dari bulan januari hingga bulan desember menghasilkan daya rata – rata 4,4 Mw atau 2,2 Mw pergeneratornya dan menghasilkan energi kurang lebih 3273 Mwh. Dengan menggunakan data pada tabel 4.2 sebagai debit air dan head atau ketinggian 189 meter. Untuk membandingkan hasil daya pada PLTMH setiap tahunnya berikut adalah data yang dihasilkan pada pembangkit dari bulan Mei 2023 – Maret 2024.

Tabel 4. Hasil Daya pada Mei 2023 – April 2024

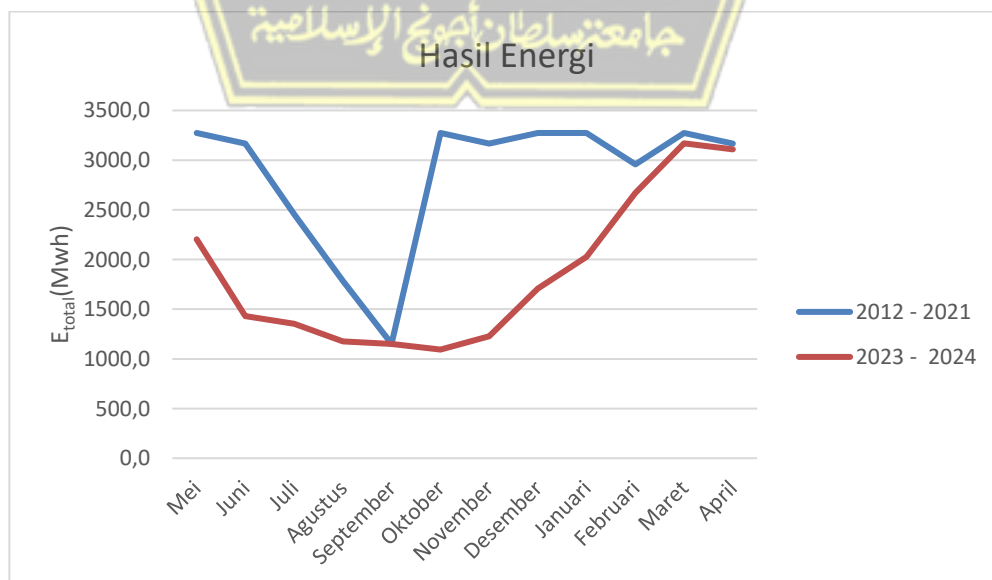
NO	BULAN	P(Kw)	P(Mw)	P _{total} (MW)	E _{total} (Mwh)	P ₁₀ (Mw)
1	Mei	1480,1	1,5	3,0	2202,4	2,0
2	Juni	993,2	1,0	2,0	1430,1	1,4
3	Juli	908,6	0,9	1,8	1351,9	1,3
4	Agustus	789,5	0,8	1,6	1174,7	1,1
5	September	798,6	0,8	1,6	1150,0	1,1
6	Oktober	734,8	0,7	1,5	1093,4	1,0
7	November	853,2	0,9	1,7	1228,6	1,2
8	Desember	1147,0	1,1	2,3	1706,7	1,6
9	Januari	1362,4	1,4	2,7	2027,2	1,9
10	Februari	1987,6	2,0	4,0	2671,4	2,8
11	Maret	2129,9	2,1	4,3	3169,3	2,9
12	April	2157,8	2,2	4,3	3107,2	3,0
Rata Rata			1,3	2,6		1,8

Dalam hasil daya pada tabel 4, menyatakan bahwa pada bulan Mei mengalami penurunan hasil daya yang awal nya bisa menghasilkan 2,2 Mw pergenerator menjadi 1,5 Mw. Begitupun terjadi hampir setiap bulan yang lain. Akan tetapi, pada bulan September tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan hasil daya melainkan yang dihasilkan tetap sama yaitu 0,8 Mw. Begitu juga terjadi pada energi. Pada bulan Mei mengalami penurunan hasil energi yang awal nya bisa menghasilkan kurang lebih 3273 Mwh menjadi kurang lebih 2202,4 Mwh. Begitupun terjadi hampir setiap bulan yang lain. Akan tetapi, pada bulan September tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan hasil daya melainkan yang dihasilkan tetap sama yaitu kurang lebih 1152 Mwh. Pada gambar 3, adalah grafik perbedaan hasil daya pada Tahun 2012 – 2021 dan pada bulan Mei 2023 – April 2024.



Gambar 3. Grafik perbedaan hasil daya Tahun 2012 – 2021 dan 2023 – 2024

Dalam gambar 3, grafik menyatakan dalam rentang 2012 – 2021 terjadi penurunan hasil daya terutama pada bulan September. Namun pada bulan selanjutnya daya yang dihasilkan meningkat dan cenderung stabil hingga bulan bulan berikutnya.



Gambar 4. Grafik perbedaan energi Tahun 2012 – 2021 dan 2023 – 2024

Dalam gambar 4, menyatakan penggunaan data sama dengan sebelumnya. Pada tahun 2012 – 2021 yang di atas yang menghasilkan terjadi penurunan hasil energi terutama pada bulan September. Begitupun pada tahun 2023 – 2024 mengalami penurunan hingga bulan Oktober. Namun ke dua data tersebut, untuk bulan selanjutnya energi yang dihasilkan meningkat dan cenderung stabil hingga bulan bulan berikutnya.

Ditinjau dari grafik tersebut, diperkirakan kebutuhan daya pada masa yang akan datang akan mengalami peningkatan sehingga perlu adanya perkiraan hasil daya atau proyeksi hasil daya yang akan datang. Berikut adalah perkiraan hasil daya atau proyeksi hasil daya dengan menggunakan persamaan (2)

$$\begin{aligned} CAGR &= \left(\frac{P_{akhir}}{P_{awal}} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \\ &= \left(\frac{2,2}{1,5} \right)^{\frac{1}{12}} - 1 \\ &= 0,032 \\ &= 3\% \end{aligned} \tag{2}$$

Kemudian dilanjutkan ke persamaan (3) untuk mengetahui prediksi atau proyeksi ke masa depan.

$$\begin{aligned} P_{akhir} &= P_{awal} \times (1 + CAGR)^t \\ &= 1,3 \times (1 + 0,03)^{10} \\ &= 1,8 \text{ Mw} \end{aligned} \tag{3}$$

Rata – rata daya yang diperkirakan atau yang diproyeksikan dalam waktu 10 tahun ya itu rata rata 1,8 Mw. Berdasarkan tabel 4, mengenai hasil daya pada periode Mei 2023 – April 2024 pada kolom P10 terdapat perkiraan atau proyeksi hasil daya dalam waktu 10 tahun yang akan datang yang dihitung dengan menggunakan rumus persamaan antara rata – rata daya dengan hasil daya yang dihasilkan. Namun, perkiraan tersebut berpotensi mengalami ketidakakuratan akibat adanya perubahan iklim yang tidak dapat diprediksi.

Pengaruh Potensi Sumber Daya Air terhadap Jumlah Energi Listrik

Potensi sumber daya air memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan, terutama melalui pembangkit listrik tenaga air. Berikut adalah pengaruh potensi sumber daya air terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan.

a. Kekuatan Arus

Potensi energi air yang lebih tinggi akan menghasilkan arus yang lebih kuat. Arus yang lebih kuat berarti lebih banyak muatan listrik yang mengalir per satuan waktu, yang dapat menghasilkan lebih banyak energi listrik.

b. Volume Air

Jumlah air yang tersedia juga mempengaruhi jumlah energi yang dapat dihasilkan. Volume air yang lebih besar dapat menghasilkan energi listrik yang lebih banyak karena lebih banyak air yang dapat diubah menjadi energi kinetik dan kemudian dikonversi menjadi energi listrik.

c. Ketinggian Jatuh

Energi potensial gravitasi dari air yang jatuh dari ketinggian yang lebih tinggi dapat diubah menjadi energi kinetik. Energi kinetik ini kemudian dapat dikonversi menjadi energi listrik.

SIMPULAN

Pada hasil penelitian serta analisis yang sudah dilakukan terhadap Evaluasi Potensi Energi Listrik Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) Pada Sungai Terong Di Getas Blawong Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal, diperoleh kesimpulan:

- a. Pada analisis, Sungai Terong memiliki debit air sebesar 2,7 m³ yang dapat menghasilkan daya sebesar 4,4 Mw atau pergeneratornya menghasilkan 2,2 Mw. Besarnya potensi daya tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pada pembangkit listrik.
- b. Berdasarkan analisis data daya dan energi yang dihasilkan, pada setiap tahunnya Sungai Terong mengalami penurunan potensi daya. Pada bulan Mei hingga bulan September mengalami penurunan yaitu daya sebesar 2,2Mw menjadi 1,5Mw dan energi sebesar kurang lebih 3273 Mwh menjadi kurang lebih 2202,4 Mwh.. Namun pada bulan selanjutnya daya yang dihasilkan meningkat dan cenderung stabil hingga bulan berikutnya.
- c. Potensi sumber daya air mempengaruhi jumlah energi listrik yang dihasilkan melalui berbagai faktor seperti kekuatan arus, volume air, ketinggian jatuh, kecepatan aliran, efisiensi konversi, biaya operasional, dan keberlanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak yang sudah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- L. I. D. I. E. BARU and T. D. K. E. (LINTAS EBTKE), "Potensi Pengembangan Aneka Energi Terbarukan di Indonesia." <https://ebtke.esdm.go.id/lintas/id/investasi-ebtke/sektor-aneka-et/potensi>
- P. D. K. Kendal, *PERATURAN DAERAH KABUPATEN KENDAL*. 2015.
- C. S. Energi, *Studi Kelayakan Penggunaan Sumber Daya Air*. 2022.
- H. Santoso, E. Santoso, and R. Ruslim, "Studi Analisa Potensi Sumber Air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Karungan Kelurahan Mamburungan Timur Kota Tarakan," *J. Inov. Sains dan Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 22–26, 2021, doi: 10.51454/instek.v4i2.129.
- W. N. I. Yusuf Dewantoro Herlambang, Gatot Suwoto, Bono*, Suwarti, Nike Arum Hapsari, Tiyas Hilmi Sunardi, "Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro Kapasitas 3 Kw Dengan Penggerak Kincir Air," *Pros. Semin. Nas. NCIET*, vol. 1, no. 1, pp. 317–325, 2020, doi: 10.32497/nciet.v1i1.124.
- S. S. Murni and A. Suryanto, "Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan)," *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 34–38, 2020, doi: 10.22146/juliet.v1i2.61282.
- Arif Rahman Hafiz, Agus Nuramal, and Nurul Iman Supardi, "Analisis Produksi Listrik Di Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (Pltm)," *Rekayasa Mek.*, vol. 6, no. 1, pp. 15–21, 2022, doi: 10.33369/rekayasamekanika.v6i1.25452.
- S. Milasi, Fauzan, and T. Zulfadli, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) pada Krueng Meureudu Desa Lhoksandeng," *J. Tektro*, vol. 8, no. 1, pp. 90–98, 2024.
- D. Z. H. Lister, Eugene C, Hanapi Gunawan, *Mesin dan rangkaian listrik*, Ed.ke-6, C. Jakarta: Erlangga, 1993. [Online]. Available: <https://lib.untad.ac.id/index.php?subject=%22Rangkaian+Listrik++Mesin%22&search=Search>

- Fahdita and A. A. Muthahhari, "Evaluasi Bukaan Wicket Gate Dan Pintu Air Terhadap Putaran Generator Pada Very Low Head Water Turbine," *Inst. Teknol. Nas.*, vol. 1, no. 69, pp. 5–6, 2020.
- M. KHAIDIR, "Pemanfaatan Air Buangan Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Hydro Dengan Model Desain Integrasi Powerhouse Berbasis Ant Colony Optimization," *Univ. HASANUDDIN*, vol. 53, no. 1, pp. 1–9, 2020, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/nature10402%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/nature21059%0Ahttp://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577%0Ahttp://>
- R. A. Nugraha, "Inovasi Teknologi Madya pada Masyarakat Adat Kasepuhan Ciptagelar," *Empower J. Pengemb. Masy. Islam*, vol. 6, no. 1, p. 14, 2021, doi: 10.24235/empower.v6i1.9969.
- E. Setiawan, I. Sujana, and M. Ivanto, "Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Untuk Mengetahui Efisiensi Turbin Pada Desa Rirang Jati Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau," *JTRAIN J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 90–96, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtm/article/view/47142>
- K. ESDM, "Klasifikasi Pembangkit Tenaga Air," 2017.
- S. Barus, S. Aryza, P. Wibowo, S. Anisah, and Hamdani, "Rancang Bangun Pemanfaatan Aliran Tandon Air Gedung Bertingkat Sebagai Pembangkit Listrik Mikro Hidro," *Semin. Soc. Sci. Eng. Humaniora-SCENARIO 2020*, pp. 545–557, 2020.
- A. D. Pratama, "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro(PLTMH) di Anak Sungai Jompo (Sub-DAS Rawatamtu)," *Digit. Repos. Univ. Jember*, 2021.
- R. B. Astro, H. Doa, and H. Hendro, "Fisika Kontekstual Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," *ORBITA J. Kajian, Inov. dan Apl. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 1, p. 142, 2020, doi: 10.31764/orbita.v6i1.1858.
- S. Ointu, F. E. P. Surusa, and M. Zainuddin, "Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 30–38, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.4618.
- A. ADAM, "ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH BENTUK SUDU BENGKOK 45 DERAJAT UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN VARIASI MATERIAL," *Dep. Tek. MESIN Fak. Tek. Univ. HASANUDDIN*, 2021.
- A. N. Bachtiar, I. Yusti, and A. F. Pohan, "Perencanaan Turbin Air sebagai Penggerak Mula Sistem Pembangkit," vol. 24, no. c, pp. 75–87, 2024.