

STUDI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI KAMPUNG TINGKEM KECAMATAN BLANG JERANGO GAYO LUES

Said Aiyub¹, Yaman², Sayuti^{*3}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe,
24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

*e-mail: sayutizain@gmail.com

Abstract

Gayo Lues has an operational micro-hydro power plant in Tingkem Village, Blangjerango District, which provides lighting, piping, and electricity to the residents of Tingkem Village. Among the objectives of this study were to determine and investigate the potential of the Aih Tilis river, the discharge of the carrier channel, the volume of the tranquilizer tank, the flow of water through the pipe, and the amount of electricity generated. Transport lines, troughs, and tubing are measured and calculated in this process. The discharge obtained on the carrier line is 0.5304816 m³/s, which is equal to 5.3 liters per second. There are 72.4605 cubic meters of dry trough volume and 65.556 cubic meters of wet section volume in this experiment. When the micro-hydroelectric power plant in Tingkem is operating at full capacity, it generates 79.631 kW of electricity with a turbine efficiency value of 70 percent and a generator efficiency value of 75 percent.

Keywords: *Carrier channel, tranquilizer volume, rapid pipe, generated power*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik menjadi kebutuhan utama baik di kota besar maupun dipedesaan pada saat ini. Oleh karena itu pemerintah berupaya melalui PT.PLN (persero) untuk mencukupi kebutuhan energi listrik untuk masyarakat Indonesia. PT. PLN membuat inovasi untuk mencukupi kebutuhan listrik di Indonesia, untuk daerah pedesaan PLN membuat inovasi seperti mikrohidro, atau yang sering disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang menggunakan tenaga air untuk menggerakkan turbin sebagai pembangkit energi listrik. Tenaga air yang dapat digunakan antara lain tinggi terjunan dan jumlah debit air dari saluran irigasi, sungai atau air terjun.

Mikrohidro merupakan pembangkit

listrik yang terdiri dari tiga komponen, yaitu air sebagai sumber energi, turbin yang memberikan gaya dan generator sebagai pembangkit tenaga listrik. Perbedaan ketinggian air memberikan energi untuk pembangkit mikrohidro dengan memanfaatkan energi potensial air yang jatuh dari ketinggian tertentu, semakin tinggi air jatuh, maka energi potensial semakin besar, sehingga energi listrik yang dihasilkan semakin besar.

Sumber mata air umumnya terdapat di daerah pegunungan dan mengalir sepanjang saat dan didukung dengan adanya perbedaan ketinggian, memberikan potensi yang sangat baik dalam pengembangan pembangkit listrik mikrohidro.

Kabupaten Gayo Lues merupakan salah satu dataran tinggi berada di bawah kaki gunung leuser (TNGL), Gayo lues atau

Julukan (negeri 1000 bukit) banyak terdapat bukit-bukit yang di bawahnya mengalir sungai yang dapat di dimanfaatkan untuk sumber energi.

Melalui program pemerintah pada tahun 2009 pemerintah membangun beberapa pembangkit tenaga mikrohidro di gayo lues, salah satunya kampung Tingkem Kecamatan Blang Jerango Kabupaten Gayo Lues yang dialiri air sungai Aih tilis dari gunung Leuser yang dapat di dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk mengairi persawahan, perkebunan, dan banyak aktivitas lainnya yang di lakukan masyarakat di aliran air sungai tersebut dan juga sebagai sumber energi listrik untuk penerangan dan kebutuhan yang lainnya untuk menunjang prekonomian masyarakat.

Kampung Tingkem merupakan pemukiman penduduk yang susah di akses karena sarana dan prasarana yang kurang memadai pada masa itu, sehingga aliran listrik dari PLN tidak bisa masuk ke perkampungan tersebut, maka pemerintah membangun PLTMH dengan memanfaatkan aliran irigasi persawahan masyarakat sebagai sumber energi. dan untuk merawat dan mengoperasikan PLTMH tersebut masyarakat diberi pemahaman tentang PLTMH untuk menjadi operator.

PLTMH dikampung tingkem memiliki panjang saluran pembawa 151 meter, panjang pipa pesat 57.4 meter jenis turbine yang digunakan turbin cross flow dan generator yang digunakan adalah generator sinkron (Stamford) yang bekapasitas 40 kw.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Media utama yang menggerakkan turbin dan generator pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah energi potensial yang dibawa oleh tenaga air yang mengalir. Pada umumnya daya yang dapat dibangkitkan oleh tenaga mikrohidro berkisar 5 sampai 50 kilo watt.

Energi listrik yang dihasilkan pada PLTMH melalui perubahan energi kinetik

yang diberikan air yang berupa kecepatan dan tekanan air yang menggerakkan turbin dan generator listrik.

Komponen utama dalam sistem pembangkit listrik mikrohidro terdiri dari air sebagai sumber tenaga, turbin dan generator.

Secara teknis, mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sumber energi, turbin dan generator. Air sebagai sumber tenaga mengalir dengan kapasitas dan ketinggian tertentu dialirkan melalui pipa pesat ke rumah instalasi yang menabrak turbin dengan kecepatan tertentu sehingga poros turbin bergerak untuk menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Skema PLTMH dapat dilihat pada Gambar 1 [1].

Potensi daya pada mikro hydro dapat dihitung dengan Persamaan:[2]

$$P = 9.8 \times Q \times H \quad (1)$$

Dengan :

P = Daya (kW)

Q = Debit aliran (m³/s)

H = Head (m)

9.8 = Konstanta gravitasi

h = Efisiensi keseluruhan

Estimasi(Perkiraan) daya yang di bangkitkan secara kasar dapat diketahui dengan Persamaan 2:

$$P = F \times Q \times H \quad (2)$$

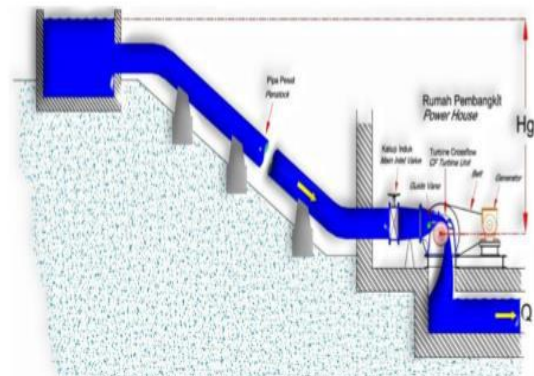
Dengan :

P = Daya (kW)

Q = Debit aliran (m³/s)

H = Tinggi air terjun (m)

F = Suatu faktor antara 0,7 dan 0,8



Gambar 1. Skema Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro
Analisa Potensi PLTMH

Daerah pedesaan terutama yang berada di daerah pegunungan merupakan daerah dengan potensi pengembangan pembangkit listrik mikrohidro karena memiliki sumber air dan potensi kecepatan aliran yang sangat baik, sehingga sangat diharapkan pengembangannya untuk memenuhi pasokan listrik di daerah pedesaan. Pembangkit listrik mikrohidro sangat ramah lingkungan sehingga dapat mewujudkan green energi yang bersih, sehat, dan terkontrol dalam suatu sistem.

Kajian pengembangan pembangkit listrik mikrohidro untuk mengetahui kapasitas daya listrik telah dilakukan pada sungai Bone di Kecamatan Pasir Putih Kabupaten Muna. Hasil kajian menunjukkan bahwa debit aliran (Q), massa jenis air (ρ), grafitasi (g), tinggi terjun (h) dan efisiensi total sistem (E_t) mempengaruhi tingkat energi yang dihasilkan. Pengukuran debit aliran dilakukan secara langsung dan dianalisis dengan metoda Manning. Hasil analisis dengan Current meter menunjukkan bahwa debit yang dihasilkan oleh sungai Bone di Kecamatan Pasir Putih sebesar $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ - $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$ [3].

Aliran Sungai

Aliran sungai yang layak untuk dijadikan sebagai sumber energi penggerak pada mikro hydro adalah aliran sungai yang mengalir sepanjang tahun (*perennial strem*) dengan debit musim kemarau dan musim penghujan yang relatif stabil/tidak fluktuatif. Karakter sungai umumnya tidak terlalu besar namun mempunyai kemiringan (*gradient*) sungai yang layak sebagai pembangunan mikro hydro, Dalam pembangunan PLTMH, karakter sungai yang paling berpengaruh adalah debit aliran (*liter/detik*) dan kemiringan sungai (*gradient*). Pada prinsipnya asal ada air yang mengalir terus menerus dan ada beda ketinggian, listrik akan dapat dihasilkan. Syarat pertama adalah sungai yang akan digunakan menjadi sumber air adalah sungai yang mengalir sepanjang tahun seperti diperlihatkan pada Gambar 2[4].



Gambar 2. Aliran Sungai Aih Tilis PLTMH Kampung Tingkem

Debit Air

Pengukuran debit air dapat dilakukan dengan beberapa metoda. Untuk pembangkit skala besar, pengukuran debit dapat berlangsung lama, waktu pengukuran yang relatif singkat untuk konversi energi skala kecil. Langkah-langkah dalam pengukuran kecepatan aliran air sungai dapat dilakukan seperti uraian berikut [5].

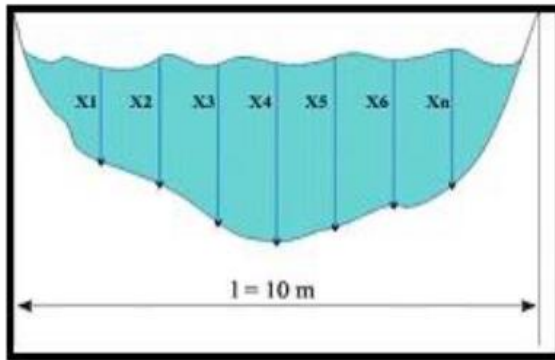
- Pengukuran kedalaman sungai dilakukan di beberapa titik berbeda $X_1 - X_n$ seperti ditunjukkan pada Gambar 3.
- Lebar saluran pembawa 110 cm.
- Kedalaman rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan menggunakan Persamaan 3

$$x_{rata} = \frac{\sum x}{n} \quad (3)$$

- Luas diperoleh dengan mengalikan kedalaman rata-rata dengan lebar sungai, dapat dinyatakan dengan Persamaan 4.

$$A = X_{(rata-rata)} \times L \quad (4)$$

Pengukuran kecepatan aliran sungai (v) dapat dilakukan dengan langkah-langkah: dilakukan pada bagian sungai yang lurus dengan panjang minimal sekitar 5 meter, dan tidak mempunyai arus putar yang menghambat jalannya pelampung. Ikat sebuah pelampung kemudian dihanyutkan dari titik $t_0 - t_1$ seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran Luas Permukaan Dan Kedalaman Aliran Sungai

- e. Hal ini dilakukan 5 (minimal) kali berturut-turut kemudian catat waktu tempuh pelampung tersebut (t_0-t_1) dengan menggunakan stopwatch. dan Hitunglah waktu tempuh rata-rata dari pelampung tersebut, yaitu dengan Persamaan 5.

$$x_{rata} = \frac{\sum x}{n} \quad (5)$$

- f. Kecepatan aliran air sungai (v) diperoleh dengan membagi jarak sungai (s) dengan waktu tempuh rata-rata dari pelampung tersebut, dapat ditentukan dengan Persamaan 6.

$$(t_0-t_n) v = \frac{s}{t} \quad (6)$$

- g. Setelah luas dan kecepatan aliran sungai diketahui, maka besar debit pada sungai dapat diketahui dengan Persamaan 7.

$$Q = A \times v \quad (7)$$

Dengan :

- Q = debit air (m^3/det)
- V = kecepatan aliran air (m^3/det)
- A = luas penampang aliran (m^3)

- h. Daya yang ada pada air dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 8.

$$P = \rho \times g \times Q \times H \text{ (Watt)} \quad (8)$$

Dengan :

- P = masa jenis air (Kg/m^3)
- g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
- Q = debit air (m^2)
- H = Tinggi jatuh air (m)

Bak Penenang

Bak penenang berfungsi untuk mengontrol debit air dalam pipa pesat pada saat terjadi fluktuasi beban, menenangkan aliran air sebelum masuk ke dalam pipa pesat, selain itu juga sebagai penyaringan terakhir sampah dan endapan partikel padat agar tidak masuk ke dalam turbin. Gambar 4 memperlihatkan gambar bak penenang pada PLTMH Kampung Tingkem Gayo Lues.



Gambar 4. Bendungan PLTMH Kampung Tingkem

Bendungan yang dibuat tentunya dibuat berdasarkan kebutuhan sesuai spesifikasi dan sesuai fungsi, Untuk menghitung jumlah volume pada bendungan dapat dinyatakan dengan persamaan 9.

$$V = L \times P \times T \quad (9)$$

Dengan :

- V = volume
- L = lebar
- P = panjang
- T = tinggi

Pipa Pesat

Pipa pesat adalah pipa bertekanan yang menghubungkan bak penenang dengan inlet turbin. Material yang akan digunakan sebagai penstock pada PLTMH adalah baja. Beberapa hal yang harus diperhitungkan dalam rancangan penstock adalah tekanan, diameter pipa, ketebalan, berat pipa dan kemudahan mobilisasi.

Debit air, head, panjang pipa dan sudut rata-rata pipa merupakan parameter yang diperlukan untuk menentukan

diameter pipa pesat. Data kecepatan optimum aliran dalam pipa dapat diketahui jika parameter-parameter tersebut diketahui.

Pipa pesat yang digunakan pada PLTMH kampung Tingkem dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pipa pesat PLTMH Tingkem

Debit air dan volume tabung pada pipa pesat dapat ditentukan dengan cara:

- Setelah mengetahui luas penampang dan kecepatan aliran dalam pipa maka Jumlah debit pada pipa dapat di tentukan dengan Persamaan 10 sebagai berikut.

$$Q = A \cdot v \quad (10)$$

Dengan :

Q= debit air pada pipa (m^3/s)

A= luas penampang pipa (m)

v= kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

- Volume tabung adalah jumlah air dalam pipa ketika pipa dalam kondisi tertutup maupun terbuka.

Untuk menghitung Volume tabung dapat ditentukan dengan persamaan 11 sebagai berikut

$$Vt = \pi r^2 t \quad (11)$$

Dengan

Vt = volume tabung

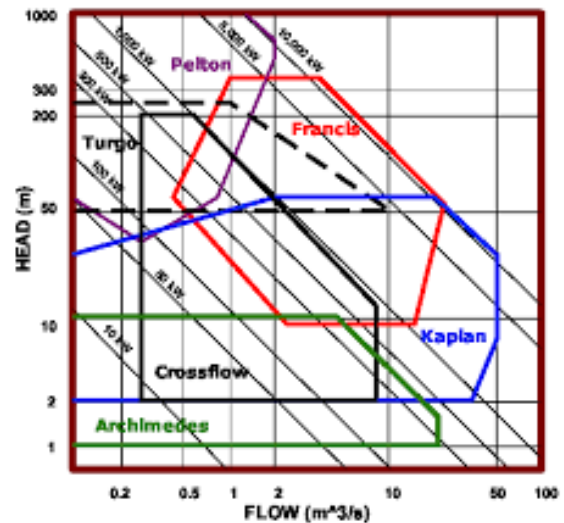
r = jari- jari

t = panjang pipa

Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi puntir. Energi puntir ini kemudian diubah menjadi energi

listrik oleh generator. Untuk pemilihan turbin sendiri digunakan diagram Gambar 6



Gambar 6. Grafik Klasifikasi turbin berdasarkan head dan debit.

Untuk menghitung daya keluaran dan pemilihan turbin dapat dinyatakan dengan Persamaan 12 sebagai berikut.

$$P_{\text{turbin}} = p \times \eta_{\text{turbin}} \quad (12)$$

Dengan :

P_{turbin} = daya turbin

P = daya hidrolis

η = efesiensi turbine

Generator

Generator adalah suatu alat yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, sedangkan jenis generator yaitu: generator sinkron dan asinkron. Generator yang digunakan pada stasiun tenaga air biasanya terdiri dari mesin sinkron tiga fase, dengan putaran antara 70 sampai 1000 rpm.

Berdasarkan arah porosnya, generator dibagi dalam jenis poros datar (horizontal) dan poros tegak (vertical). Jenis poros datar biasanya digunakan pada PLTA skala kecil dengan putaran tinggi. Untuk jenis poros tegak biasanya digunakan untuk PLTA skala besar dengan putaran rendah. Kelebihan dari generator poros tegak yaitu ruang yang dibutuhkan relatif kecil.

Dalam perhitungan keluaran daya generator pada PLTMH/PLTA dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$P_{generator} = \eta_{generator} \times P_{turbin} \quad (13)$$

Dengan :

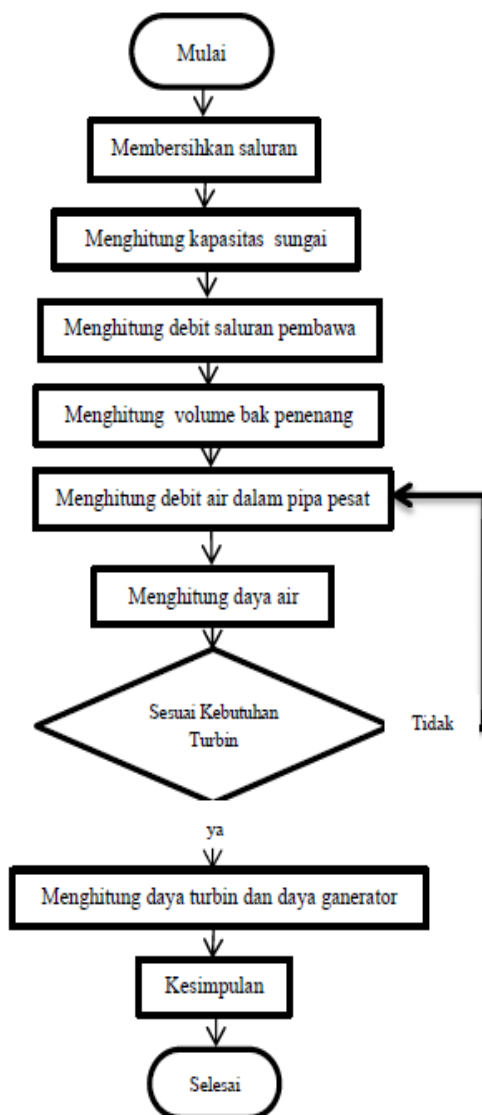
$$P_{generator} = \text{Daya generator}$$

$$P_{turbin} = \text{Daya turbin}$$

$$\eta_{generator} = \text{Efisiensi generator}$$

METODELOGI PENELITIAN

Tahapan dalam penyelesaian Penelitian ini dilakukan berdasarkan flowchart seperti ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 7. flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro di kampung Tingkem Kecamatan Blang Jerango Gayo Lues, dimulai dengan mengukur spesifikasi unit PLTMH yaitu saluran pembawa, panjang 151 m dan lebar 1,10 m, bak penenang, panjang 9,10 m, lebar 4,10 m tinggi 2,10 m (kering) dan 1,90 meter (basah). Pipa pesat, panjang 57.4 m, keliling pipa 1,20 m, elevasi pipa pertama 74° elevasi kedua 33°, jenis turbin yang digunakan turbin crossflow dan generator yang digunakan adalah generator sinkron dengan kapasitas daya 40 kw yang berada di Kampung Tingkem Kecamatan Blangjerango Gayo Lues.

Perhitungan Debit Air Pada Saluran Pembawa

Untuk data perhitungan pada saluran pembawa yang telah selesai dihitung dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Pada Saluran Pembawa

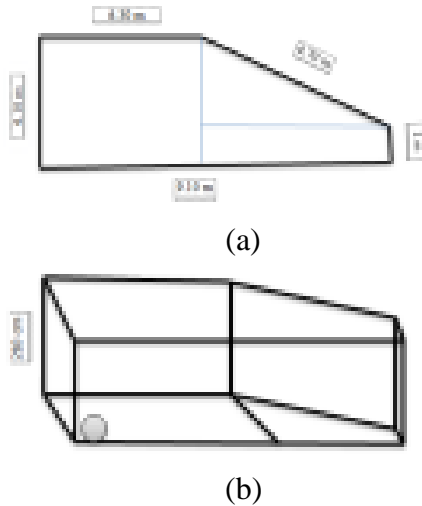
No	Saluran pembawa	Hasil perhitungan
1	Kedalaman rata - rata	40,8 cm
2	Luas penampang	1488cm ² /0,4488m ²
3	Waktu tempuh rata-rata	4,23 m/detik
4	Kecepatan aliran rata-rata	1,182 m/detik
5	Debit	053,04816m ³ /detik

Perhitungan Volume Air Pada Bak Penenang

Perhitungan volume air pada bak penenang dapat dilakukan dengan mengetahui parameter dari panjang lebar dan tinggi dari bak penenang tersebut, dengan demikian volume bak penenang dapat dihitung dengan persamaan 9.

Bak penenang memiliki dua kondisi pengukuran yaitu kondisi penampang basah

(berlumpur) dan kondisi penampang kering (tidak berlumpur). Skema bak penenang di PLTMH Kampung Tingkem Gayo Lues diperlihatkan pada Gambar 8, sedang hasil perhitungan volume bak penenang ditunjukkan pada Tabel 2.



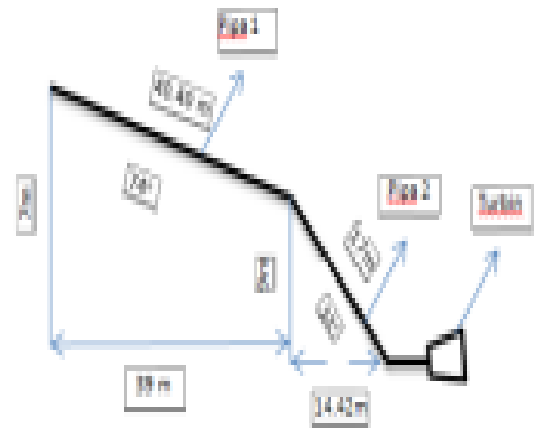
Gambar 8. Skema bak penenang (a) tampak atas dan (b) tampak samping

Tabel 2. Hasil Perhitungan Volume Bak Penenang

No	Bak penenang	Hasil perhitungan
1	Volume penampang kering	= 72,4605 m ³
2	Volume penampang basah	= 65,556 m ³

Perhitungan Pipa Pesat

Pengukuran dan perhitungan yang dilakukan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Kampung Tingkem Kecamatan Blangjerango Gayo Lues didapatkan keliling pipa 120 cm elevasi pertama berdasarkan aplikasi 74° pada elevasi ke dua 33°, panjang pipa ruas pertama 40.40 m ruas kedua 17 m dan tekanan pada bar meter yaitu 34 psi, skema pipa pesat dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Skema Pipa Pesat

Hasil perhitungan pipa pesat pada PLTMH kampung Tingkem ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pipa Pesat

No	Pipa pesat	Data hasil perhitungan
1	Diameter pipa	19,09 cm
2	Luas penampang pipa	0,114 m ²
3	Sudut α pipa 1	0,965
4	Sudut α pipa 2	0,848
5	Kecepatan aliran air dalam pipa	221,749 m ³ /s
6	Debit air dalam pipa	25,279 m ³ /s
7	Volume air dalam pipa(tabung)	6,568 m ³
8	Head losis total	22,3 m
9	Tekanan air dalam pipa	248.852,84 (pa) atau 36,093(psi)

Daya Yang Dibangkitkan

Setelah melakukan perhitungan pada pipa pesat dan memperoleh data maka dapat dihitung daya yang dibangkitkan dengan nilai efisiensi dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut

Tabel 4. Nilai Efisiensi

No	Efisiensi	Harga %
1	Efisiensi Kontruksi Sipil	65 – 95 %
2	Efisiensi Penstock	65 – 90 %
3	Efisiensi Turbin	60 - 80 %
4	Efisiensi Generator	65 - 85 %
5	Efisiensi Trafo	80 - 96 %
6	Efisiensi Transmisi	80 – 90 %

Sehingga nilai efisiensi ini sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan turbin dan generator, dalam menghasilkan daya listrik yang dihasilkan. Daya hidrolis adalah daya air yang dibutuhkan untuk memutar turbin, turbin akan berputar dan menghasilkan daya hidrolis, Untuk menghitung daya hidrolis dapat digunakan persamaan 12, daya hidrolis yang didapatkan berdasarkan persamaan adalah 98,337 kw.

Perhitungan Keluaran Turbin Dan Pemilihan Turbin

Tabel 5 Hasil Perhitungan Daya

No	Daya Turbin Dan Daya Generator	Hasil Perhitungan
1	Daya yang dibangkitkan	79,631 kw
2	Daya hidrolis	86,954 kw
3	Daya turbin	60,8678 kw
4	Daya generator	45,6508 kw

Ketika air mengalir melalui turbin maka turbin akan berputar dan itu yang dinamakan daya turbin, Daya turbin atau daya keluaran turbin dapat dihitung secara teoritis Untuk mengevaluasi daya keluaran turbin dengan nilai debit air gravitasi

ketinggian dan nilai efisiensi pipa pesat turbin dan generator ditentukan berdasarkan Tabel 5 maka daya keluaran turbin sebesar 60,8678 kw.

Perhitungan daya keluaran generator

Generator diputar oleh turbin dengan proses pengcopelan antara poros generator dengan poros turbin, proses penggerak turbin didapatkan dari putaran yang diperoleh dari daya air atau daya hidrolis, dengan berputarnya poros generator yang terkopel dengan poros turbin tersebut, generator akan menghasilkan tegangan dan daya listrik, energi listrik disalurkan ke beban yang ada di kampung Tingkem Gayo Lues.

Untuk menentukan kapasitas generator yang dikeluarkan harus memperhitungkan kapasitas energi primer (air), gravitasi, ketinggian, dan nilai efisiensi pipa pesat turbin dan generator, sehingga didapatkan kapasitas tersebut seperti pada Tabel 5.

Data Perhitungan PLTMH Kampung Tingkem Gayo Lues

Setelah melakukan penelitian dengan meninjau lokasi dilapangan, melakukan pengukuran dan perhitungan, maka data hasil perhitungan yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Perhitungan Pada PLTMH

No	PLTMH Kampung Tingkem Gayo Lues	Hasil perhitungan
1	Debit saluran pembawa	53,04816 m ³ /s
2	Volume bak penenang (Basah)	65,556 m ³
3	Debit air dalam pipa	25,279 m ³ /s
4	Daya yang dapat dibangkitkan	79,631 kw
5	Daya keluaran turbin	60,8678 kw
6	Daya keluaran generator	45,6508 kw
7	Debit air sungai aih tilis (musim kemarau)	172,635 m ³ /s

KESIMPULAN

Air pada hulu sungai Aih Tilis pada musim kemarau sangat melimpah, sehingga dapat memutar turbin sehingga PLTMH dapat beroperasi pada musim kemarau.

Debit air pada saluran pembawa 0.5304816 m³/detik atau 5.3 liter/detik dan debit pada sungai yaitu 172,635 m³/ detik.

Volume bak penenang penampang kering adalah 72,4605 m³ dan pada penampang basah 65,556 m³.

Pipa pesat yang digunakan berbahan baja dengan keliling pipa 120 cm, panjang pipa 57.4 m dengan debit air pada pipa pesat sebesar 25,279 m³/s tekanan pada pipa 248.852.84 Pa atau 36,093 psi.

Daya generator yang dibangkitkan 25% lebih kecil dari daya turbin yaitu 60,868 Kw sedangkan daya generator 45,651 Kw

REFERENSI

- [1] Jamal, I. A. (2018). "Analisa Dan Pengecekan Kerusakan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Setelah Setahun Beroperasi, *Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 135.
- [2] Hestikah Eirene Patoding, & Matius Sau. (2019). " *Buku Ajar dan Operasi Tenaga Listrik Dengan Aplikasi Etap*". Yogyakarta: Cv. Budi Utama.
- [3] La Hasanudin, A. R. (2019). "Analisis Potensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Pada Sungai Bone Di Kecamatan Pasir Putih Kabupaten Muna.". *Seminar Nasional Teknologi Terapan Inovasi Dan Rekayasa (SNT2IR)*.
- [4] Hunggul Y.S.H Nugroho, & Markus Kudeng allata. (2015). "*PLTMH (Pembangkit Tenaga Listrik Micro Hydro)*". Yogyakarta: Andi.
- [5] Sri ukamta, A. K. (2013). "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur". *jurnal teknik elektro*, 5(2).
- [6] Barlian Mahendra, I. M. (2013). "Perancangan Pipa Pesat, Dan Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Air Kokok Putih Desa Bilok Petung Kecamatan Sembalun Kabupaten Lombok Timur.". 3(2).