

STUDI PERENCANAAN TURBIN AIR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) RAHUNING 70KW

Oleh:

Samuel Harianja ¹⁾

Sawin Sebayang ²⁾

T.Hasballah ³⁾

Universitas Dharma Agung, Medan ^{1,2,3)}

E-mail:

harianja.sam@gmail.com ¹⁾

sawinsebayang11@gmail.com ²⁾

hasballah12@gmail.com ³⁾

ABSTRACT

Micro Hydro Power Plant (PLTMH) is an alternative energy conversion tool that needs to be developed as an effort to fulfill electricity in rural areas. The study locations are in Sungai Rahuning Village and Menanti Village. The water drop (head) is the main potential energy source in operating the PLTMH where the height of the water drop has a major impact on the electrical energy produced. The method of analysis is carried out qualitatively which includes data analysis, topographical conditions, analysis of river water discharge data, measurement of waterfall height, accessibility analysis, location feasibility, estimated electrical power installed and the layout of the PLTMH. The PLTMH in Sungai Rahuning and Menanti villages have an effective water drop height of 3 meters. Rapid pipe material (penstock) made of rolled welded steel plate with a minimum pipe thickness of 500 mm. The size of the penstock has a total length of 250 meters, an outer cross-sectional diameter of 500 mm, an internal diameter of 476 mm and a thickness of 4,2 mm. Based on the data in the field, the turbine that is possible to be applied in the village is the D300-BO 500 mm crossflow turbine made of Mild Carbon Steel material with an efficiency of 65% so that in total it is able to produce a generated power of 70kW.

Key words : Planning, Water Turbine, Micro Hydro Power Plant

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah alternatif alat konversi energi yang perlu dikembangkan sebagai upaya pemenuhan listrik di pedesaan. Lokasi studi adalah di Desa Sungai Rahuning dan Desa Menanti. Jatuhan air (*head*) merupakan sumber energi potensial utama dalam mengoperasikan PLTMH dimana ketinggian jatuhan air memiliki dampak yang besar terhadap energi listrik yang dihasilkan. Metode analisis dilakukan secara kualitatif yang meliputi analisis data, keadaan topografi, analisis data debit air sungai, pengukuran tinggi air terjun, analisis aksesibilitas, kelayakan lokasi, perkiraan daya listrik yang terpasang serta tata letak PLTMH. PLTMH Desa Sungai Rahuning dan Desa Menanti memiliki ketinggian jatuhan air efektif sebesar 3 meter. Bahan material pipa pesat (*Penstock*) berbahan besi *plat rolled welded steel* dengan minimum tebal pipa adalah 500 mm. Ukuran pipa pesat (*penstock*) memiliki panjang total sebesar 250 meter, diameter bagian penampang melintang luaran sebesar 500 mm, diameter dalaman sebesar 476 mm dan tebal sebesar 4,2 mm. Berdasarkan data di lapangan, turbin yang memungkinkan untuk diaplikasikan di desa tersebut adalah turbin *crossflow* D300-BO 500 mm berbahan material *Mild Carbon Steel* dengan efisiensi 65% sehingga secara total mampu menghasilkan daya terbangkit sebesar 70 kW.

Kata Kunci : Perencanaan, Turbin Air, Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Kebutuhan listrik Indonesia terus mengalami peningkatan sejalan dengan peningkatan aktifitas ekonomi, pertumbuhan pembangunan bahkan penambahan penduduk sehingga ketersediaan pembangkit listrik harus ditingkatkan.

PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) merupakan salah satu solusi pemenuhan ketersediaan energi listrik guna mewaspadai terjadinya krisis energi listrik.

Turbin Air adalah salah satu komponen penting di dalam pengoperasian PLTMH, dimana air digunakan sebagai Fluida penggerak yang berfungsi memutar roda turbin.

Jatuhan air (*head*) merupakan sumber energi potensial utama dalam mengoperasikan PLTMH dimana ketinggian jatuhan air memiliki dampak yang besar terhadap energi listrik yang dihasilkan.

Beberapa pertimbangan yang diperlukan dalam perencanaan PLTMH meliputi pertimbangan debit dan head pada aliran, kondisi air dan kondisi geologis seperti kemungkinan pembangunan di lokasi, penentuan material dan komponen turbin yang akan dipasang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PLTMH

PLTMH merupakan suatu alat pengubahan energi yang layak dikembangkan sehingga pemenuhan listrik di pedesaan dapat terpenuhi.

Potensi energi air layak untuk dikembangkan mengingat di daerah tersebut terdapat sungai yang mendukung pemanfaatan pembangunan PLTMH.

Klasifikasi PLTMH

Klasifikasi Berdasarkan Head

Berdasarkan head, PLTMH diklasifikasikan menjadi 3 (tiga), yaitu :

- 1) Turbin *pelton* dispesifikasikan pada head lebih dari 100 meter atau biasa disebut dengan head tinggi
- 2) Turbin *Crossflow* dispesifikasikan pada head 30 meter hingga 100 meter atau biasa disebut dengan head menengah
- 3) Turbin *Propeller* dispesifikasikan pada head 1 meter hingga 30 meter atau biasa disebut dengan head rendah

Klasifikasi Berdasarkan Kapasitas

Berdasarkan kapasitas, PLTMH diklasifikasikan menjadi enam (6), yaitu:

1. Kapasitas PLTMH sebesar 5 kW yaitu *pico hydro*
2. Kapasitas PLTMH diatas 5 kW hingga 100 kW yaitu *micro hydro*

3. Kapasitas PLTMH diatas 100 kW hingga kurang dari 1 mW yaitu *mini hydro*
4. Kapasitas PLTMH sebesar 1 mW hingga 15 mW yaitu *small hydro*
5. Kapasitas PLTMH diatas 15 mW hingga 100 mW yaitu *medium hydro*
6. Kapasitas PLTMH sebesar lebih dari 100 mW yaitu *large hydro*

Klasifikasi Berdasarkan Desain

Berdasarkan desain, PLTMH diklasifikasikan menjadi tiga (3), yaitu :

- 1) *Run-off-the-River*
- 2) Sistem penyimpanan
- 3) Sistem pompa penyimpanan

Pemilihan Lokasi PLTMH

Pemilihan Lokasi PLTMH dipengaruhi oleh :

1. Debit Air Andalan (Utama)
2. Kondisi Geologis Air
3. Faktor Sosial dan Ekonomi

Perencanaan Kapasitas Tenaga Air Tinggi Jatuh Efektif (*head*)

Tinggi jatuh efektif adalah hasil pengurangan dari total ketinggian jatuhnya air dengan kehilangan tinggi pada saluran air, dirumuskan dengan :

H_{bruto} = Pengurangan dari Elevasi upstream dengan Elevasi downstream

H_{loses} = 100% H_{bruto}

$H_{eff} = H_{bruto} - H_{loses}$ (Tinggi jatuh efektif)

H_{bruto} = Perbedaan tinggi muka air di hulu dan hilir

H_{loses} = Tinggi kehilangan suatu energi

Kecepatan mengendap aliran

$$L = h \frac{v}{w} \text{ dan } B = \frac{q}{v}$$

Keterangan :

H = Kedalaman aliran dalam satuan Meter

W = Kecepatan pengendapan butiran (m/det)

L = Jumlah panjang bangunan pengendap sedimen (m)

v = Jumlah kecepatan aliran air (m/det)

Q = Debit air pada saluran (m³/det)

B = Jumlah lebar kantong lumpur (m)

Pipa Pesat (*Penstock*)

Bahan Material

Tingginya kekuatan bahan material pipa pesat (*penstock*) sangat dibutuhkan untuk menjamin ketahanan penggunaannya sehingga material yang dipilih adalah *steelpenstock (rolled welded pipe)*.

Turbin Air

Turbin Air adalah salah satu komponen penting di dalam pengoperasian PLTMH, dimana air digunakan sebagai fluida penggerak yang berfungsi memutar roda turbin.

Jenis – Jenis Turbin Air

1. Turbin Impuls, terdiri dari :
 - a. Turbin *Pelton*
 - b. Turbin *Crossflow*
2. Turbin Reaksi, terdiri dari :
 - a. Turbin Kaplan
 - b. Turbin Francis

Pemilihan Turbin Air

Kriteria Pemilihan Turbin Air

1. Faktor ketinggian jatuhnya air
2. Keterkaitan faktor daya antara head dengan debit yang ada
3. Transmisi kecepatan turbin menuju generator

Nilai Efisiensi Turbin Air

Memiliki nilai efisiensi sebesar 80%.

Daya Turbin

$$P = Q \times \rho \times g \times H_{ef} \times \eta$$

Dimana :

P = Daya turbin, kW

Q = Kapasitas air, m³/det

ρ = Berat jenis air sebesar 1000 kg/m³

g = Gaya gravitasi sebesar 9,8 m/det²

H_{ef} = Ketinggian air jatuh efektif

η = Efisiensi turbin *crossflow* 79% atau 0,79%

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pengambilan Data Hidrologi

- 1) Pengukuran *On spot flow measurement*

Akses menuju Desa Menanti Kecamatan Padang Bolak adalah dimulai dari Medan hingga ke Kota Gunung Tua dengan jarak 421 km dan waktu tempuh sekitar ± 8 jam dengan kondisi jalan hotmix / jalan negara menggunakan kendaraan roda 2 dan roda 4.

Kondisi Ekonomi

Total pendapatan masyarakat dari hasil mengolah ladang dan kebun dalam satu tahun rata - rata Rp. 20.000.000 / tahun.

Kondisi Lingkungan

Daerah Tangkapan Hujan Aliran Sungai Rahuning merupakan hutan primer / masyarakat adat.

Kondisi Kelistrikan

Berdasarkan informasi dari masyarakat untuk penggunaan 1 bulan rata -rata menghabiskan biaya sebesar = Rp ¼ liter x 15.000 x 30 hari = Rp 112.500

- 2) Estimasi karakter pola debit pada musim kemarau
- 3) Pertimbangan penggunaan air sebagai debit desain
- 4) Pertimbangan debit desain sebagai pengaplikasian penggerak terhadap turbin
- 5) Alat ukur = *current meter*

3.2. Analisis Data

1. Analisis Data Topografi
2. Analisis Data Debit Sungai
3. Pengukuran Debit Air
4. Pengukuran Tinggi Terjun

Analisis Data Topografi

Pengukuran topografi menggunakan alat ukur Digital theodolit / Total Station TOPCON GTS – 230N atau yang setara, *Digital Pressure Gauge Ashcroft D 1005PS* atau yang setara, GPS eTrex Vista Garmin atau setara, dan roll meter.

Analisis Data Aksesibilitas

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Air Sungai Rahuning		
No	Nama Aliran Sungai	Rahuning
1	DAS	Batang Pane
2	Sub DAS	Ranuning
3	Debit air terukur	QT = 0.25 m ³ /s
4	Fluktuasi debit sesuai pola cuaca	Selama 3 bulan
	Qt (-10%)	(transisi)
	Qt (-50%) – (-70%)	Selama 1 bulan
		(kemarau)
	Qt (>150%)	selama 8 bulan
		(penghujan)
5	Debit yang direncanakan	0,20 l/s periode 8 bulan
6	Beda tinggi (Hgross)	55 meter

7	Daya terbangkit	60-75 KW
8	Daya terpasang	70 KW
9	Panjang jaringan distribusi	7 km

4.1. Kelayakan Lokasi PLTMH Rahuning

Lokasi PLTMH yang layak adalah aliran sungai Rahuningn Desa Menanti Kec. Padang Bolak Kab. Padang Lawas Utara.

Lokasi bangunan PLTMH Tagilang Julu yang memungkinkan untuk dibuat PLTMH adalah sebagai berikut :

Lokasi yang sesuai untuk rencana bendung berada pada koordinat 01°42'04" LU – 99°32'23,25" BT dengan ketinggian 597 m dari permukaan laut (dpl).

Rencana bak penampungan berada pada koordinat 01°42'11" LU – 99°32'24,35" BT dengan ketinggian 596 meter dari permukaan laut (dpl).

Rencana bak rumah berada pada koordinat 01°57'08" LU – 99°32'27,31" BT dengan ketinggian 542 meter dari permukaan laut (dpl).

Debit bak penampung = 120% x Qpuncak = 0.20 m³/detik

Debit terukur = 0.25 m³/detik

Kesimpulan :

Debit puncak < debit terukur. Hal ini berarti debit sungai Rahuning cukup untuk disadap untuk memutar turbin

Tinggi Jatuh Efektif

Tinggi jatuh efektif = H_{gross} – H_{netto} = 54 – 51 m = 3 meter

Bak Penenang

Perhitungan kebutuhan debit air dalam bak penampung adalah sebagai berikut

Debit bak penampung = 120% x Q_{puncak} = 0.20 m³/detik

Debit Pipa(Q) = 0.17 m³/det

Panjang pipa (L) = 250 m

Diameter pipa (D) = 0.5 m

Hambat pipa (f) = 0.017

Perkiraan Daya Listrik Yang Dihasilkan

Besarnya daya listrik terbangkit yang dihasilkan bilamana PLT MH Rahuning adalah sekitar 80 kW dan daya terpasang direncanakan 70kW.

4.2 Rencana Tata Letak PLTMH Pipa Pesat (Penstock)

Pipa Penstock terbuat dari bahan *plat rolled welded steel* yang di roll dan dilas ditempat dengan tebal 4,2 mm, panjang 250 m, diameter 50 cm, bend (0 s/d 35°) sejumlah 3 set.

Kebutuhan Debit Air Dalam pipa Penstock

Perhitungan kebutuhan debit air dalam pipa penstock adalah sebagai berikut:

Debit rencana = 70 KW

Debit puncak =

$$\frac{P_{puncak}}{n \times g \times H} = \frac{P_{puncak}}{0.85 \times 9.81 \times 50} = 0.17$$

m³/detik

Efisiensi turbin = 85 %

ZA-ZB (h) = 50 m

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.17}{0.25 \times 3.14 \times 0.25} = 0.86 \text{ m/detik}$$

$$h_F = \frac{Q}{A} = \frac{8 \times f \times L}{0.25 \times 3.14 \times 0.25} = 0.86$$

m/detik

Saluran Pembawa

Saluran pembawa merupakan saluran yang dialiri air dari saluran pengambilan ke bak penenang.

Perhitungan hidrolis saluran pembawa adalah :

1. Debit dari intake 0,24 m³/detik
2. Penentuan dimensi saluran pembawa dalam kondisi eksploitasi normal
 - a. Kecepatan normal (v_n), n = 1,20` m/detik
 - b. Luas penampang basah (A_n) yaitu A_n = Q_n/v_n = 0,20 m²
 - c. Tinggi muka air (h_n):

Dengan B rata-rata = 0,80 m, maka

$$H_n = A_n/B = 0,252 \text{ m}$$

d. Keliling basah (O_n)

$$O_n = 0,80 + 2 \times h_n \\ = 1,30 \text{ m}$$

e. Jari-jari Basah (R_n) :

$$R_n = A_n/O_n \\ = 0,154542 \text{ m}$$

f. Slope Saluran (in) :

$$I_n = 0,0069$$

$$\text{Panjang saluran pembawa} \\ = 5 \text{ m}$$

$$\text{Beda tinggi antara intake dan hilir} \\ \text{pembawa} = 0,03 \text{ m}$$

- Struktur : Pasangan batu kali
- Panjang total = 30 meter

Bangunan Pengambilan

Perhitungan hidrolis bangunan pengambilan adalah sebagai berikut :

(1). Kebutuhan debit

Kebutuhan debit pada pintu inlet diestimasi dari perhitungan *water balance* sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas pengambilan hasil} \\ \text{perhitungan} = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$$

Oleh karena itu

Perhitungan dimensi pintu untuk intake :

$$0,24 = 0,8 \times b \times a (2 \times 9,8 \times 0,25)^{0,5}$$

Dimana :

$$b \times a = 0,137 \text{ m}^2$$

Satu pintu diasumsikan lebih = 0,80 m dan jumlah pintu diasumsikan = 1,00 pcs dengan demikian

$$b \times a = 0,80 \times 1,00 \times a = 0,137 \text{ m}^2$$

Maka diperoleh

$$a = 0,17 \text{ m} \quad v = Q/b \times a = 1,76 \text{ m/s}$$

Kesimpulan :

- Struktur: Pasangan batu kali
- Lebar = 80 cm
- Kedalaman rata-rata = 80 cm
- Pintu intake, lebar = 80 cm, tinggi = 100 cm, 1 daun pintu saja, tidak termasuk rangka).

Bendung

Kapasitas pengambilan = 120% dari kebutuhan = $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$

(2). Aliran masuk

Kecepatan di pintu pengambilan sebesar 1,0 – 2,0 m/det dengan harapan dapat masuk butiran dengan diameter 0,01 hingga 0,04 m.

Dimensi bukaan pintu didesain menggunakan rumus:

$$Q = \mu b a (2gz)^{0,5}$$

dimana

Q = debit yang masuk (m^3/s)

μ = koefisien debit untuk permukaan air dengan kehilangan tinggi energi sebesar 0,80

b = lebar bukaan dalam satuan meter

a = tinggi bukaan dalam satuan meter

g = percepatan gravitasi dalam satuan m/s^2

z = kehilangan tinggi energi pada

bukaan dalam satuan meter (0,15 s/d 0,30)

Permukaan air perlu ditinggikan

dengan tujuan agar air dapat mengalir ke saluran pembawa sesuai debit yang dibutuhkan, oleh karena itu diperlukan pembangunan bendung.

Kriteria perencanaan bendung dan saluran penghantar ini mengacu pada buku Standard Perencanaan (KP-02 & KP-03).

Air yang melewati intake langsung masuk ke Saluran Pembawa

Bendung / Weir direncanakan sebagai berikut ;

- a) Tipe : Memanjang menutupi aliran air
- b) Bentang : 6,5 m

- c) Tebal Dinding : 0,60 m (pasangan batu kali, 1 pc : 3 ps ; plester)
- d) Tinggi bendung : 1,50 m
- e) Mercu bendung : L= 2,85 m ;P= 5,10 m
- f) Pintu bilas : L= 0,80 m ; t= 1,50 m
- g) Pintu Intake : Sorong baja; b = 0,80 m; h = 1,0 m
- h) Bangunan Intake : Ke Kanan menyudut 90° thd As Bendung
- i) Debit Rencana : 0,10 m³/ det

Rumah Pembangkit (*Power House*)

Rumah pembangkit berukuran 6 m x 4 m. Struktur bangunan berupa konstruksi bangunan permanen dengan dinding pasangan bata, pondasi pasangan batu kali (1 Pc: 3 Ps), rangka atap kayu dan penutup atap menggunakan *metalroof* atau seng yang lebih ramah lingkungan.

Saluran Pembuang

Saluran pembuang berfungsi membuang aliran air yang ada dalam rumah pembangkit ke aliran sungai agar tidak ada genangan air pada rumah pembangkit

Persyaratan :

- a. Memperhitungkan ketinggian air apabila terjadi genangan pada rumah pembangkit
- b. Menghindari tumpukan jalur tanah pada sisi kanan maupun sisi kiri sungai di sekitar rumah pembangkit

- c. Ketidakstabilan dasar sungai disekitar saluran pembuangan
- d. Menyearahkan aliran sungai dengan saluran pembuang
- e. Struktur : pasangan batu kali, 1 pc : 3 ps ; plester
- f. Lebar = 890 cm
- g. Kedalaman rata-rata = 0,80 cm
- h. Panjang saluran pembuang 5,00 meter

Fungsi Kerja Turbin

Turbin merupakan komponen yang menjadi tulang punggung dari PLTMH yang berfungsi untuk merubah energi potensial pada air menjadi energi mekanik.

Parameter penentuan turbin meliputi penentuan tinggi jatuh air, debit air dan daya terbangkit.

Daya Turbin

$$\text{Daya terbangkit (P}_{\text{turbin}}) = 70\text{kW}$$

Putaran Spesifik Turbin (Ns)

$$N_{sj} = 85.49/Hn^{0.243}$$

Dimana :

N_{sj} = Putaran spesifik turbin untuk single jet

Hn = Tinggi Jatuh

$$N_{sj} = 85.49/10.00^{0.243} = 48.86$$

Putaran Spesifik Turbin

$$Ns = N_{sj} \cdot \sqrt{z}$$

Dimana :

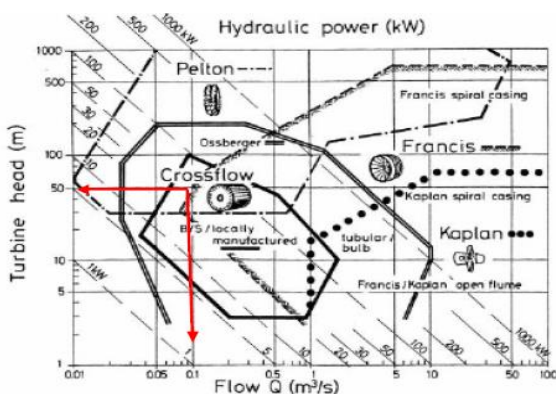
Z = Jumlah jet = 1

$$Ns = 48.86 \text{ rpm}$$

No	Type of Runner	Ns (specific speed)
1	Pelton	12--30

2	Turgo	20--70
3	Crossflow	20--80
4	FrancXis Propeller and	80--400
5	Kaplan	340--1000

Setelah menyesuaikan jenis turbin yang sesuai dengan kecepatan spesifiknya, tipe turbin yang dipakai adalah tipe turbin *crossflow*. Proses kerja turbin *cross flow* juga handal dalam pengoperasian serta perawatannya lebih mudah dibanding turbin tipe lainnya. Metode penentuan jenis turbin juga bisa menggunakan grafik, dengan data potensi net head = 50 meter dan debit = 0,20 m³/det, menggunakan turbin *cross flow* Ø = 300 mm, BO = 500 mm.



Spesifikasi turbin

- 1). Turbin harus dilengkapi dengan *dismantling joint* pada titik pemasangan antara adaptor dengan *butterfly valve*
- 2). Efisiensi turbin pada *best operating point* net head = 50 meter, debit =

0,120 m³/det harus dapat digaransi minimal dapat mencapai 0,76.

- 3). Material untuk *runner* dan *guide vane* turbin harus terbuat dari bahan berkualitas tinggi. Material untuk *runner* dari bahan *mild steel seamless pipe* SCH-40 dengan grade material A-380 lebih rekomendasikan
- 4). Sebelum turbin dikirim ke lokasi harus dilakukan *pre load test* dan *leakage tes*

Komponen Turbin Cross Flow

- 1). Base frame
- 2). Casing Turbin
- 3). Guide vane (inlet valve)
- 4). Hand Regulator
- 5). Rotor (Runner)
- 6). Perletakan turbin

Transmisi Mekanik

PLTMH Rahuning memakai sistem transmisi dengan *V-Belt*.

Generator

Instalasi Rumah Pembangkit

Instalasi rumah pembangkit meliputi : kabel daya yang menghubungkan generator ke *Panel Control* ELC, kabel daya yang menghubungkan *Panel Control* ELC ke *Ballas Load*, kabel untuk pentanahan (*Grounding*), instalasi untuk penerangan

rumah pembangkit dan penangkal petir (*lighting arrester*)

5. SIMPULAN

1. Debit puncak adalah $0.17 \text{ m}^3/\text{detik}$ sedangkan debit terukur adalah $0.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan demikian debit puncak < debit terukur.
2. Tinggi jatuh efektif yang dimanfaatkan PLTMH Rahuning adalah sebesar $H_{\text{gross}} - H_{\text{netto}} = 54 - 51 \text{ m} = 3 \text{ meter}$
3. Bahan material *Penstock* yang digunakan adalah berbahan besi dengan ketebalan besi 4.2 mm Jumlah Panjang *penstock* adalah 250 m dan diameternya adalah 50 cm
4. Jenis turbin yang air yang digunakan adalah turbin *Crossflow* sesuai dengan debit dan head yang ada serta mempunyai efektifitas 0.76
5. Kemungkinan Daya total yang dihasilkan oleh PLTMH Rahuning adalah sebesar 70kW

Saran

1. Diharapkan perencanaan PLTMH melibatkan banyak pihak agar perhitungan data di lapangan lebih akurat.
2. Diharapkan agar pemeliharaan PLTMH lebih diawasi sehingga dapat mengantisipasi setiap lonjakan kebutuhan listrik masyarakat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hafid, Ari Satmoko. (2007), Pemeliharaan prediktif dengan jaringan listrik dengan thermography inframerah, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir Serpong.
- Ari Satmoko (2008). Analisis kualitatif teknik Thermography Inframerah dalam rangka pemeliharaan secara prediktif pada pompa, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir Serpong.
- Dandekar, MM., dan Sharma, KN. 1991. Pembangkit Listrik Tenaga Air. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Dream Indonesia. Panduan Sederhana Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. 15 Juni 2022. <http://dreamindonesia.me/2011/06/11/panduan-sederhana-pembangunan>
- Firmansyah, R., Utomo, T., Purnomo, H. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur Unit
- IMIDAP, T. (2008). Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Jakarta: Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi DESDM. Lumajang. Malang: Universitas Brawijaya.
- [3] Kadir, R. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro

Hidro (PLTMH) Di Sungai Marimpa Kecamatan Pinembani. 2010. Palu:

M Ozgun Korukcu, Muhsin Kilic. (2009). Penggunaan IR Thermography untuk pengukuran suhu di dalam kabin mobil, Jurnal online, Department of Mechanical Engineering, Uludag University, 16059 Bursa, Turkey

Miko (2009), Dasar Termografi. <http://termografi.blog.ac.id> di akses tanggal 13 Juni 2022.

Montarich, Lily. 2010. Hidrologi Praktis. CV. Lubuk Agung. Bandung.

Nasir Bilal Abdullah. 2013. "Design of Micro - Hydro - Electric Power Station", International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-

Patty, OF. 1995. Tenaga Air. Jakarta: Erlangga.

Rita Lambros. (2009). <http://Electricalbody.com>. Akses tanggal 20 September 2009. [8] J Andrzej Wrotniak. (2009). <http://Digital Camera Infrared.com>. Akses tanggal 14 Juni 2022

Serway Jewet (1994). Physics for Scientist and Engineers. California State Politechnic University, Ponom.

Sri Sugiarti, Hani Rama Putri (2008), Pengaruh radiasi gelombang elektromagnetik pada ponsel terhadap kesehatan manusia. Seminar

mahasiswa Fisika 2008, FMIPA ITB, Bandung.