

**VERIFIKASI KELAYAKAN PERENCANAAN
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)
DI DESA API-API KECAMATAN WARU KABUPATEN PASIR
KALIMANTAN TIMUR**

Oleh:

M. Hariansyah, ST., MT.

Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

m.hariansyah@ft.uika-bogor.ac.id

Abstract

Verification of Power Feasibility Planning Micro Hydro (PLTMH) Api-Api in Village, Kecamatan Waru, Kabupaten Pasir East. Indonesian electricity crisis. In 2008, the amount of electrical energy to be raised as much as 24 800 MW, while demand for reaching 26.250 MW, the average annual demand of 8.2%,). While 60% of the above plant using fossil fuel. With the increasing world oil prices. The Government issued a policy, through the President of the Republic of Indonesia Regulation No. 5 of 2006 on national energy policy to develop alternative energy sources as a substitute for fuel oil. The policy emphasis on renewable resources as an alternative fuel substitute for oil. The need for a security in the field of electric energy, to explore the sharing potential which can be used as a source of electrical energy. In an effort to follow up the above policy, efforts continue to produce energy, one of which is hydroelectric. Objectives to achieve is to assist the government in the effort to overcome the electricity crisis in Indonesia, as well as helping people who have not got the power of the State Electricity Company (PLN) Rural areas in particular, which has a source of hydropower. In theory that power can be generated is the product of water discharge (Q) with a high fall (H), to the earth's gravity (9.8 m / dt). Water pressure of the water turbine blades, so that the turbine rotates. Round rotor turbine used to rotate the generator, to produce an electric voltage.

Key Words: Electrical Energy, Micro Hydro Power, Turbines, Pipe Rapidly, Generator

Abstrak

Verifikasi Kelayakan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Api-Api Kecamatan Waru Kabupaten Pasir Kalimantan Timur. Indonesia mengalami krisis energi listrik. Tahun 2013, jumlah energi listrik yang di bangkitkan sebanyak 24.800 MW, sementara permintaan mencapai 26.250 MW, rata-rata permintaan pertahun sebesar 8,2 %,). Sementara 60 % dari Pembangkit tersebut diatas menggunakan bahan baker fosil. Seiring meningkatnya harga minyak dunia. Pemerintah mengeluarkan suatu kebijakan, melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi

nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Kebijakan tersebut menekankan pada sumber daya yang dapat diperbaharui sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak. Perlunya suatu ketahanan di bidang energi listrik, untuk menggali berbagai potensi yang dapat dijadikan sumber energi listrik. Sebagai upaya menindak lanjuti kebijakan tersebut di atas, berbagai upaya terus dilakukan untuk menghasilkan energi, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga air. Tujuan yang ingin di capai adalah membantu pemerintah dalam upaya mengatasi krisis energi listrik di Indonesia, serta membantu masyarakat yang belum mendapat aliran listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) khususnya wilayah Pedesaan, yang mempunyai sumber tenaga air. Secara teori daya yang dapat dibangkitkan merupakan perkalian antara debit air (Q) dengan tinggi jatuh (H), terhadap gravitasi bumi ($9,8 \text{ m/dt}$). Tekanan air mengenai sudu-sudu turbin air, sehingga turbin berputar. Putaran turbin dimanfaatkan untuk memutar rotor pada generator, hingga menghasilkan tegangan listrik.

Kata Kunci: Energi Listrik, Tenaga Mikro Hidro, Turbin, Pipa Pesat, Generator

A. Pendahuluan

Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, hingga tahun 2010, telah mendapat proposal dari berbagai daerah, untuk segera dibangun pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Beberapa proposal atau permohonan pengembangan PLTMH yang diajukan masih banyak diantaranya yang belum bisa dipenuhi, hal ini disebabkan oleh (a) keterbatasan dana APBN, (b) waktu pelaksanaan studi kelayakan PLTMH tersebut sudah lama sehingga telah terjadi perubahan kondisi, baik potensi energi maupun biaya (tergantung pada tingkat inflasi), atau (c) pelaksanaan survey yang tidak akurat, sehingga studi kelayakan yang dihasilkan menjadi tidak layak untuk dilaksanakan[1]. Sehingga diperlukan verifikasi proposal lebih lanjut.

Beberapa rumusan masalah yang perlu dilakukan sebelum verifikasi kelayakan proposal [2] seperti menentukan lokasi PLTMH yang akan disurvei, baik segi aksesibiliti, kondisi alam, kondisi demografi, kondisi social budaya, kondisi lingkungan, kondisi perekonomian masyarakat setempat, serta kondisi teknis perencanaan PLTMH. Permasalahan utama pada debit air yang dihasilkan oleh PLTMH harus konstan sepanjang tahun, masalah yang dihadapi adalah musim di Indonesia, dan hutan yang ada di Daerah Aliran Sungai (DAS) terus berkurang, hal ini dapat mengurangi debit air. Permasalahan ke dua adalah tinggi

jatuh air, hal ini dibutuhkan untuk menambah tekanan air pada turbin agar turbin berputar sesuai rencana, beberapa daerah tidak memiliki ketinggian yang cukup untuk menghasilkan tekanan yang dibutuhkan untuk menggerakkan turbin.

Permasalahan ke tiga, turbin yang digunakan harus sesuai dengan daya yang dibangkitkan, dan harus sesuai dengan debit air yang ada. Permasalahan ke empat enerator, agar dapat menghasilkan tegangan yang konstan, maka debit air yang menggerakkan turbin harus konstan, jika tidak maka tegangan yang dihasilkan akan tidak konstan, dapat merusak peralatan listrik. Permasalahan kelima adalah system proteksi PLTMH, bagaimana untuk menjaga agar PLTMH dapat beroperasi hingga sesuai umur PLTMH.

Verifikasi proposal *Feasibility Study* (FS) [3] bertujuan memperoleh studi kelayakan yang baik, meliputi lokasi bendungan, type dan ukuran bendungan, saluran penghantar, bak penenang dan penampung, pipa pesat, debit air, head, jenis turbin, jenis generator serta kebutuhan beban di masyarakat, sehingga dapat dilanjutkan ke tahap implementasi.

B. Tinjauan Pustaka

1. Survei potensi

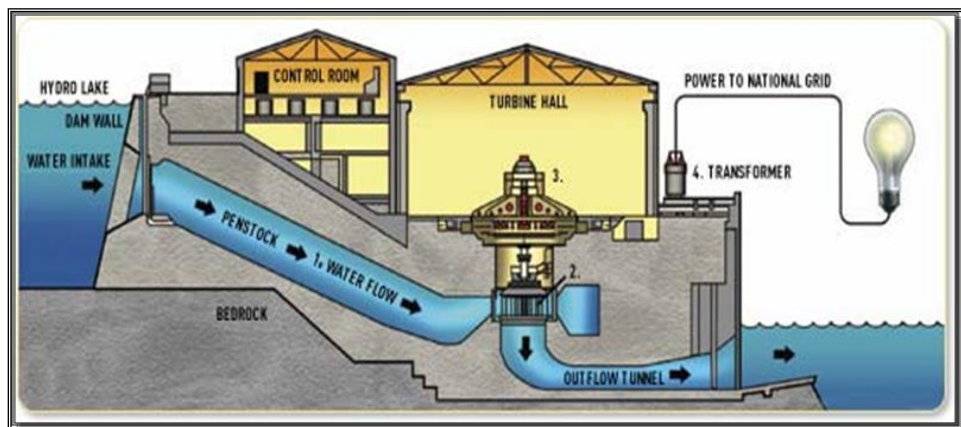
Peninjauan lapangan untuk survei potensi ini bersifat pengecekan/konfirmasi hasil *desk study* terhadap situasi-kondisi lokasi yang sebenarnya.[4] Menyatakan survei potensi ini sering juga disebut sebagai survei identifikasi lokasi. Disamping mengidentifikasi lokasi, di dalam survei potensi juga dilakukan evaluasi, modifikasi dan sebagainya sehingga prospek selanjutnya dari rencana lokasi tersebut dapat diperkirakan. Kegiatan survei lapangan seperti topografi, geologi/geoteknik, hidrologi, kelistrikan, pusat beban, sosial-ekonomi, fasilitas – fasilitas yang berhubungan dengan pelaksanaan konstruksi serta sumber-sumber lokasi/suplai bahan bangunan (material). Survei potensi seperti gambaran pencapaian lokasi, pengukuran debit sesaat dari aliran air sungai, pengukuran tinggi jatuh (*head*).

Tidak selalu lokasi yang dimaksud akan mempunyai prospek untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya. Ada kalanya suatu lokasi terlihat sulit untuk dikembangkan, kemungkinan karena faktor kondisi air sungainya, situasi

topografinya, sulit dan jauh dari lokasi penduduk. Adapun karakteristik potensi untuk menentukan tingkat prospek pengembangan PLTMH adalah kapasitas lebih dari 100 kW, kemiringan dasar sungai minimum 2 % atau debit air relatif besar, jarak PLTMH ke pusat beban, maksimum 20 km dan teknis pelaksanaan mudah [5]

2. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Berdasarkan kapasitasnya, ukuran PLTA dapat dibedakan menjadi beberapa macam: [6], seperti PLTA besar > 50 MW, PLTA kecil 10 – 50 MW, PLTM (Minihidro) 500 kW – 10 MW dan PLTMH (Mikrohidro) < 500 kW. Bentuk PLTMH diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk PLTA

Cara kerja PLTMH sebagai berikut[6]:

- a. Aliran sungai dibendung agar mendapatkan debit air (Q) dan tinggi jatuh air (H), kemudian air yang dihasilkan disalurkan melalui saluran penghantar air menuju kolam penenang,
- b. Kolam penenang dihubungkan dengan pipa pesat, dan pada bagian paling bawah di pasang turbin air.
- c. Turbin air akan berputar setelah mendapat tekanan air (P), dan perputaran turbin dimanfaatkan untuk memutar generator,
- d. Setelah mendapat putaran yang constan maka generator akan menghasilkan tegangan listrik, yang dikirim kekonsumen melalui saluran kabel distribusi (JTM atau JTR).

3. Pendekatan Analisis

Pendekatan analisis yang digunakan umumnya bersifat parametrik [7] Secara teoritis daya yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH dilakukan dengan pendekatan:

$$P = 9,8 \cdot \rho \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots (\text{kW}) \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

ρ : Masa jenis air (kg/m)

Q : Debita air dalam (m³/dt)

H : Tinggi jatuh air dalam (m)

Daya teoritis PLTMH tersebut di atas, akan berkurang setelah melalui turbin dan generator, yang diformulasikan sebagai berikut:

$$P = 9,8 \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \text{eff}_T \cdot \text{eff}_G \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

eff_T : Efisiensi Turbin (0,8 s/d 0,95)

eff_G : Efisiensi Generador (0,8 s/d 0,95)

4. Fasilitas PLTMH

Fasilitas PLTMH terdiri dari:

a. Bendungan

Bendungan berfungsi sebagai sarana untuk menampung air, agar dapat disalurkan menuju bak penampung [7]. Macam-macam type bendungan terdiri dari type beton, type anyaman batu, urug dan type kayu.

Mengukur kedalaman sungai rata-rata:

$$dA = \Sigma (dA)/n \dots \dots \dots (3)$$

b. Saluran Penghantar Air

Saluran penghantar air berfungsi untuk menyalurkan air dari bendungan menuju bak penampung. Umumnya dibuat kemiringan antara 0,2 hingga 0,5 o, agar air dapat mengalir dengan lancar tanpa merusak sisi-sisi dari saluran air[7]

Waktu tempuh rata-rata keseluruhan adalah:

$$T_{rata-rata} = \Sigma T / n \dots \dots \dots (4)$$

Besarnya kecepatan aliran (S) meter; t detik

c. Bak Penampung

Berfungsi sebagai penampung air, mengendapkan lumpur, dan sebagai cadangan air terutama pada saat musim kemarau. Umumnya dibuat sangat luas dan dapat menampung jumlah air yang sangat banyak, mampu bertahan hingga 3 hari, untuk memutar turbin.[7]

d. Bak Penenang

Berfungsi sebagai penenang air, agar siap untuk dimasukkan kedalam pipa pesat. Bak penenang juga berfungsi sebagai dasar untuk menganalisis tekanan air, antara bak penenang dengan tekanan air yang mengenai sudu turbin, sehingga turbin air dapat berputar[7]

e. Pipa Pesat

Pipa pesat berfungsi untuk menyalurkan air dari bak penenang ke turbin. Umumnya pipa pesat dibuat dengan ketinggian dan kemiringan anatar 2 o hingga

45 o. Pipa terbuat dari besi, atau sejenisnya. Ukuran pipa tergantung dari kebutuhan debit air[7]

f. Power House

Power house berfungsi untuk menyimpan turbin, generator sinkron dan peralatan kontrol serta peralatan pendukung. Umumnya dibuat di dekat saluran pembuangan air.

g. Turbin Air

Turbin berfungsi untuk merubah energi kinetik air menjadi energi mekanik. Air yang mengalir melalui pipa pesat, akan menghantam sudu-sudu turbin sehingga turbin dapat berputar. Ada dua macam turbin air, yaitu turbin aksi dan turbin reaksi. Umumnya pada PLTMH menggunakan turbin arus lintang.

h. Generator Sinkron

Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik. Umumnya generator yang digunakan adalah generator sinkron. Cara kerjanya jika poros putar dari generator(rotor) diputar didaerah medan magnet, maka pada ujung terminal staror timbul gaya gerak listrik [8]. Kecepatan medan putar di dalam generator sinkron dinyatakan oleh persamaan [8]

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

n_s =Kecepatan medan putar (rpm)

f = Frekuensi (Hz)

p = Jumlah kutub motor induksi

Kecepatan putar rotor tidak sama dengan kecepatan medan putar, perbedaan tersebut dinyatakan dengan slip :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

$s = \text{slip}$

$n_r = \text{kecepatan putar rotor (rpm)}$

Dan daya maksimum yang di hasilkan dirumuskan:[10]

$$P = I_M \times V_M \dots\dots\dots (7)$$

Dan efisiensi dituliskan :

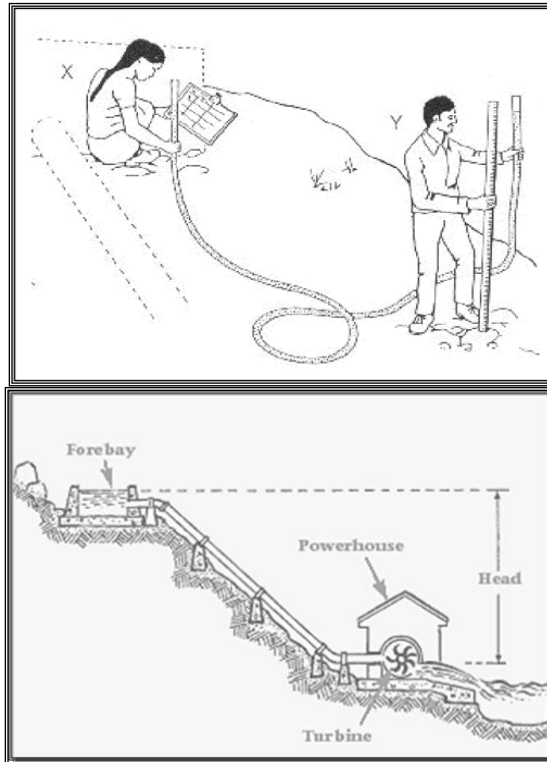
$$Eff = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

i. Beban Listrik

Ada tiga macam beban listrik, yaitu Resistansi (R), Induktansi (L) dan Kapasitansi (C). Hampir 85 % beban listrik yang ada di konsumen type Induktansi (L), seperti motor-motor listrik, kipas angin, pompa motor, ac dan lain-lain [9]

C. Metode Penelitian

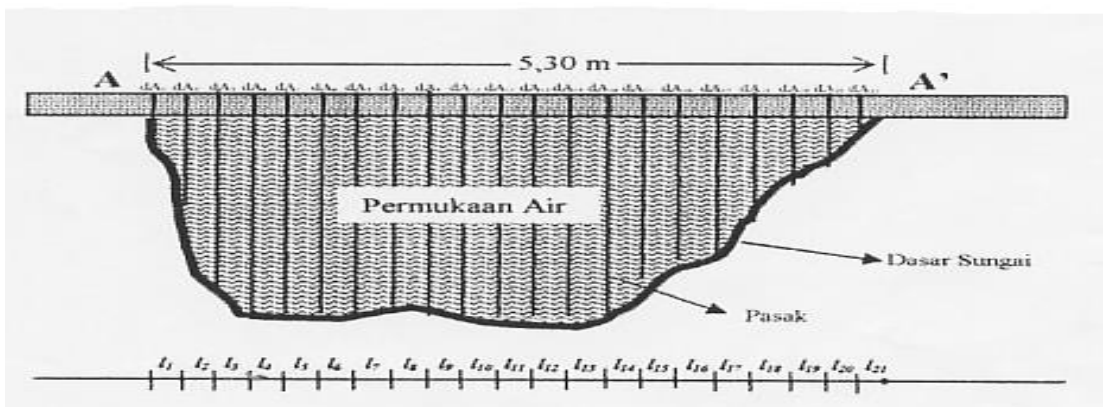
Tempat penelitian di Desa Api-Api, Kecamatan Waru Kabupaten Pasir Kalimantan Timur. Waktu penelitian dimulai bulan 18 Juli 2013 hingga 4 Agustus 2013. Alat-alat yang digunakan untuk pengukuran ketinggian terdiri dari dua unit tongkat ukur, selang air dari plastik transparan ¼”, meteran, palu, golok dan alat pendukung lainnya. Alat pengukur debit tali pastik, patok ukur, kotak gabus ukuran 10 x10 x 20 cm, stopwatch. Langkah awal melakukan survei tempat melalukan pengukuran debit air, menentukan lebar dan luas permukaan sungai, kemudian menentukan jalur untuk menentukan pipa pesat.Langkah selanjutnya menentukan jenis turbin dan generator serta kapasitasnya, hingga jalur tegangan rendah ke konsumen.



D. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Pengukuran Hulu Sungai

Langkah pengukuran kedalaman sungai seperti terlihat pada Gambar 3 dan hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Pengukuran kedalaman Sungai

Tabel 1. Pengukuran ke Dalam Pada Hulu Sungai

No	Keterangan	Lebar (l) (meter)	Kedalaman (dA), (meter)	No	Keterangan	Lebar (l) (meter)	Kedalaman (dA), (meter)
1	dA ₁	0,25	0	12	dA ₁₂	0,25	1,55
2	dA ₂	0,25	0,21	13	dA ₁₃	0,25	1,52
3	dA ₃	0,25	0,25	14	dA ₁₄	0,25	1,48
4	dA ₄	0,25	0,31	15	dA ₁₅	0,25	0,92
5	dA ₅	0,25	0,54	16	dA ₁₆	0,25	0,8
6	dA ₆	0,25	0,63	17	dA ₁₇	0,25	0,75
7	dA ₇	0,25	0,7	18	dA ₁₈	0,25	0,67
8	dA ₈	0,25	0,88	19	dA ₁₉	0,25	0,58
9	dA ₉	0,25	0,94	20	dA ₂₀	0,25	0,32
10	dA ₁₀	0,25	0,95	21	dA ₂₁	0,3	0
11	dA ₁₁	0,25	1,26		Total	5,3	15,26

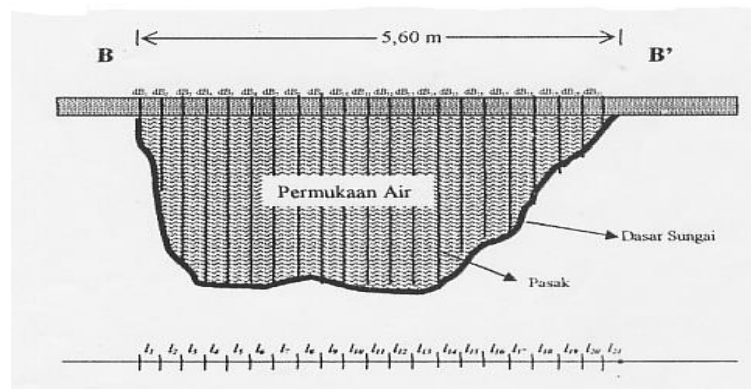
Kedalaman sungai rata-rata dibagian hulu :

$$dA = \Sigma (dA)/n$$

$$= 15,26/21$$

$$= 0,73 \text{ meter.}$$

Langkah pengukuran kedalaman sungai pada bagian seperti terlihat pada Gambar 4 dan hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 2.



Gambar 4. Pengukuran Pada Hilir Sungai

Luas masing –masing segi empat pada tiik B (bagian hilir dapat di lihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2
Pengukuran Dalam Pada Hilir Sungai

No	Keterangan	Lebar (l) (meter)	Kedalaman(dB) (meter)	No	Keterangan	Lebar (l) (meter)	Kedalaman(dB) (meter)
1	dB ₁	0,25	0	12	dB ₁₂	0,25	1,5
2	dB ₂	0,25	0,28	13	dB ₁₃	0,25	1,52
3	dB ₃	0,25	0,29	14	dB ₁₄	0,25	1,48
4	dB ₄	0,25	0,35	15	dB ₁₅	0,25	1,2
5	dB ₅	0,25	0,5	16	dB ₁₆	0,25	0,93
6	dB ₆	0,25	0,6	17	dB ₁₇	0,25	0,81
7	dB ₇	0,25	0,72	18	dB ₁₈	0,25	0,67
8	dB ₈	0,25	0,8	19	dB ₁₉	0,25	0,52
9	dB ₉	0,25	0,9	20	dB ₂₀	0,25	0,3
10	dB ₁₀	0,25	0,92	21	dB ₂₁	0,25	0,25
11	dB ₁₁	0,25	1,29	22	dB ₂₂	0,35	0
12	dB ₁₂	0,25	1,5		Total	5.6	15,83

Sumber. Olah data lapangan di Sungai Api-api (Kec. Waru Api-api)

Kedalaman sungai rata-rata dibagian hilir :

$$\begin{aligned}
 dB &= \Sigma (dB)/n \\
 &= 15,83/22 \\
 &= 0,72 \text{ meter.}
 \end{aligned}$$

Sehingga rata-rata kedalaman sungai:

Kedalaman (Hulu) AA' = 0,73 m

Kedalaman (Hilir) BB' = 0,72 m

$$a_{\text{rata rata}} = \frac{AA'' + BB''}{2}$$

$$a_{rata\ rata} = \frac{0,73 + 0,72}{2}$$

$$a_{rata\ rata} = 0,725\ m$$

Rata- rata lebar sungai

Lebar sungai bagian (Hulu) AA' = 5,4 m

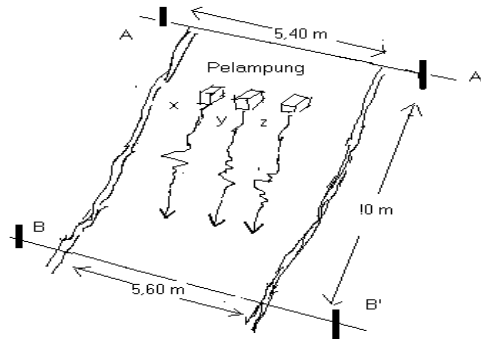
Lebar sungai bagian (Hilir) BB' = 5,6 m

Maka Lebar sungai rata-rata 5,5 m

Sehingga luas permukaan sungai = 5,5 x 0,725 = 3,99m²

2. Pengukuran Kecepatan aliran Air

Langkah selanjutnya mengukur kecepatan aliran air sungai. Caranya gabus dilepas dari bagian hulu, hingga gabus mencapai bagian hilir, kemudian dicatat waktu tempuh seperti terlihat pada digambar pada Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Langkah Pengukuran kecepatan aliran sungai

Pengukuran kecepatan aliran sungai dari (TAA' – BB') dilakukan menggunakan tiga unit gabus berukuran sama, dan diletakkan dimasing-masing lintasan yang telah dibatasi tali. (Tx,Ty,Tz), pengujian aliran dilakukan masing – masing 10 kali dengan panjang sungai 10 meter. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Pengukuran Kecepatan aliran sungai (Waktu Tempuh)

No	Waktu tempuh (Tx) (detik)	Waktu Tempuh (Ty) (detik)	Waktu Tempuh (Tz) (detik)
1	22.40	20.10	21.20
2	22.14	20.16	20.10
3	20.54	20.16	20.25
4	19.54	20.67	20.50
5	20.58	20.54	20.40
6	20.50	20.12	20.60
7	20.88	20.34	20.80
8	19.44	20.40	20.48
9	18.22	20.49	21.79
10	19.49	21.07	21.22
Rata-rata	21,73	18,36	20,74

Waktu tempuh rata–rata keseluruhan adalah

$$T_{rata-rata} = \sum T / n$$

$$= 20,344 \text{ detik}$$

Besarnya kecepatan aliran $S = 10$ meter; $T = 20,344$ detik

Jika :

$S =$ jarak yang di tempuh (m);,

$T =$ Waktu tempuh (det); dan

$V = \text{kecepatan rata - rata}$

Maka

$$V = S / T$$

$$V = 10 \text{ meter} / 20,344 \text{ det}$$

$$V = \mathbf{0,49 \text{ m / det}}$$

3. Debit air

Setelah diketahui besarnya kecepatan aliran dan luas penampang basah maka besarnya debit yang terkandung di dalam air dapat dihitung Maka besarnya debit air dapat dihitung

Dengan mengetahui $V = 0,49 \text{ m/det}$; $A = 3,99 \text{ m}^2$; $K =$ berdasarkan survai pada lokasi pengukuran kondisi dasar sungai berbatu, maka koefisien pengairan adalah 0,6 dengan menggunakan perhitungan diperoleh Q_s sebesar,

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,6 \times 0,49 \times 3,99 \text{ (m}^3\text{/det)} \\ &= 1,73 \text{ m}^3\text{/det} \end{aligned}$$

4. Pengukuran Ketinggian

Pengukuran data ketinggian menggunakan tongkat ukur dan selang pelastik yang digunakan sebagai water pass. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Beda Tinggi Terjun

No	Letak Pasak	Tinggi	Panjang
	(Titik)	(meter)	(meter)
1	1-2	0,8	1,2
2	2-3	1,2	1,6
3	3-4	1,2	1,45
4	4-5	1,4	1,6
5	5-6	1,2	1,4
6	6-7	1,25	1,5
7	7-8	0,9	1,3
8	8-9	1	1,5
9	9-10	1,2	1,6
10	10-11	1,5	1,8
11	11-12	1,4	1,6
12	12-13	1,3	1,6
13	13-14	1,2	1,8
14	14-15	1,3	1,5
15	15-16	1,3	1,5
16	16-17	1	1,4
17	17-18	0,75	1,1
	Total	19,9	25,45

5. Menentukan Kapasitas Generator

Cara menentukan kapasitas generator adalah dengan menganalisis daya keluaran dari potensi (daya nyata), $P = g \times Qs \times h$ (kW), mengacu data tersebut diatas H = head (25,45 m), Q = debit air (1.73 m³/s)

maka :

$$\begin{aligned}
 P &= 9,8 \times 1,73 \times 25,45 \\
 &= 292,6 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Daya listrik keluaran dari potensi sungai dapat dihitung dengan.

$$P = 9,8 \times H \times Q \times \eta_t \times \eta_g$$

η_t = Efisiensi Turbin oven *flume* (0,85)

η_g = Efisiensi Generator (0,8)

Pada perencanaan suatu PLTMH bahwa daya output dengan mm menggunakan efisiensi pembangkitan yakni generator dan turbin adalah sbb :

$$P = 9,8 \times 25,45 \times 1,73 \times 0,8 \times 0,75$$

$$= 175 \text{ kW}$$

6. Data Beban

Berdasarkan hasil survei diperoleh data beban listrik diperlihatkan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Perkiraan beban terpasang

No	Uraian Beban	Jumlah Unit	Kapasitas (VA)	Total Daya (VA)
1	Rumah Permanen	45	900	40.500
2	Rumah semi permanen	72	450	32.400
3	Sekolah SD/Madrasah	3	900	2.700
4	Kantor Kelurahan	1	1.200	1.200
5	Masjid	2	900	1.800
				78.600

E. Kesimpulan

Mengacu hasil bahasan tersebut di atas dapat disimpulkan, sungai yang akan dibendung untuk PLTMH adalah sungai Lalang, lebar bendungan 5,5 meter, rata-rata kedalaman sungai 0,72 meter, debit air rata-rata 1,73 m³/dt, dan ketinggian jatuh air 25,45 meter, dapat menghasilkan daya secara teoritis 292,6 kW, atau 175 kW setelah melalui turbin dan generator serta faktor-faktor konstanta PLTMH. Jumlah daya yang terpasang sebesar 78,6 kVA. Sehingga hasil verifikasi PLTMH layak dibangun dilihat dari segi teknis.

F. Daftar Pustaka

- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi (DJLPE), *Laporan Tahunan*, Jakarta, 2008
- Lokakarya PLN Pembangkit dan Penyaluran Energi Listrik di Indonesia, *Panduan Perencanaan PLTMH*, Jakarta .2006.
- Ibnu,S. *Perencanaan PLTM di Indonesia*, BPPT. Jakarta. 2002
- PNPM (Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat) Mandiri, *Perencanaan Bangunan Sipil pada PLTMH Micro Hidro Power*. Unit Pendukung Teknik. Departement Dalam Negri. Jakarta. 2008
- P3TEK. *Pusat penelitian dan pengembangan energi dan ketenagalistrikan*. Jakarta, 2008.
- Notosudjono, D. *Studi Kelayakan PLTMH di Indonesia*.BPPT(*Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi*). Jakarta. 2008
- Jica (Japan International Cooperation Agency) & Ibeca (Institut Bisnis dan Ekonomi Kerakyatan). *Manual Pembangunan PLTMH*. Jakarta. 2008
- ZUHAL. *Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jembatan, Jakarta, 2001
- Heru, S. *Sistem Instalasi Litrik Tegangan Rendah*. APEI (*Asosiasi Profesional Elektrikal Indonesia*). Jakarta. 2008
- MASHUDI. *Pembangkit Energi Listrik*; Erlangga, Jakarta. 2005
- WIBAWA,U. *Sumber Daya Energi*. Universitas Brawijaya. Malang. 2006
- Mosonyi, E. *Water Power Development*. Volume One, Low-Head Power Plants, Akademiai Kiado, Budapest. 2006