

ABSTRAK

Kegiatan feasibility study pembangkit listrik tenaga mikro hidro kampung tombang mudik dilaksanakan untuk mendapatkan data yang meliputi peninjauan potensi desa seperti social ekonomi, ketersediaan SDM, ketersediaan material, desain teknis, perencanaan pembangunan, keberlanjutan dan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan PLTMH. Sehingga hasil survey sudah dapat menjadi indikator sebuah PLTMH layak dibangun. Laporan studi kelayakan pembangunan ini merupakan hasil kegiatan lapangan yang diselenggarakan oleh CV. Arsindah Konsultan. Laporan ini berkaitan dengan kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berskala mikro yang lebih dikenal dengan nama PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro). Pekerjaan Study Kelayakan pembangunan PLTMH di Kabupaten Pasaman Barat dari Dinas Pertambangan dan Energi. Pada studi ini telah dilakukan peninjauan daerah yang ada potensi air, khusus daerah tombang masyarakat lebih menyukai listrik PLTMH dari pada listrik PLN ini terbukti dilokasi tersebut ada jaringan tegangan rendah yang dapat langsung dihubungkan kepada masyarakat akan tetapi hanya sekitar lima rumah saja yang tersambung dengan PLN, penyebab lain PLN sering mati. FS ini dilakukan untuk meningkatkan pasokan listrik, pada lokasi FS ini pembebasan lahan dan penggalian saluran telah dibiayai oleh kas PLTMH. lokasi yang akan disurvei telah ditetapkan oleh pengurus PLTMH bersama masyarakat Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang kenagarian Sinuruik Kecamatan Talamau Kabupaten Pasaman Barat Propinsi Sumatera Barat. Kegiatan Survey meliputi persiapan sebelum kelokasi, survey kelokasi melakukan pengukuran pengamatan pengambilan data, analisa dan evaluasi data, disain teknis, perencanaan pembangunan, penyusunan rencana anggaran biaya, penyempurnaan Program dan Laporan. Dari Studi kelayakan ini, pada Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang didapatkan potensi air untuk pembangunan PLTMH dengan debit air 500 liter/detik. Potensi ini dimanfaatkan dari Sungai Batang Marindam yang dialirkan melalui saluran pembawa sepanjang 85 meter. Tinggi jatuh air mempunyai ketinggian (head) 3,5 meter. Panjang saluran buang 14 meter, sehingga membangkitkan kapasitas daya sebesar 12 kW.

INFORMASI UMUM

Lokasi Studi

- Provinsi : Sumatera Barat
- Kabupaten : Pasaman Barat
- Kecamatan : Talamau
- Nagari : Sinuruik
- Jorong / kampung : Tombang / Tombang mudik
- Nama Sungai : Batang Marindam

- Tinggi jatuh kotor : 4,5 meter
Tinggi Jatuh Bersih : 3,5 meter
Disain Debit Air : 500 liter / detik
Desain Out Put : 12 kW
Jumlah Sambungan Rumah : 75 rumah penduduk, 5 fasos dan fasum

- Jenis PLTMH : Run Of River
Jenis Turbin : Propeller
Spesifikasi Tenaga Listrik : 220 V / 50 Hz, sambungan untuk rumah

KATA PENGANTAR

Laporan ini merupakan hasil kegiatan studi perencanaan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Kabupaten Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat. Kajian ini dilakukan di Kecamatan Talamau, yang merupakan kecamatan yang belum sepenuhnya dimasuki jaringan distribusi PLN saat ini dan termasuk paling kecil ratio desa berlistriknya di Kabupaten Pasaman Barat. Namun, kecamatan ini memiliki sejumlah potensi PLTMH yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan ratio Desa berlistriknya.

Rangkaian kegiatan dimulai dengan menyiapkan data-data awal studi seperti ; peta lokasi, peta topografi, membuat perencanaan teknik pengumpulan data teknik maupun data sosio-ekonomi masyarakat di sekitar lokasi PLTMH. Kemudian, melakukan survey pengumpulan data, yaitu kunjungan langsung ke rencana lokasi pembangunan PLTMH. Selanjutnya, melakukan analisis data hasil survey untuk membuat rencana awal / lay out sistem PLTMH. Berikutnya melakukan penyusunan rencana detail teknis dan perencanaan biaya pembangunan PLTMH , dimana akan dilakukan desain bidang teknik sipil, mekanikal, dan elektrikal. Kemudian diakhiri dengan melakukan penyusunan rencana pengoperasian, pengelolaan dan pemanfaatan PLTMH serta penyusunan strategi operasi dalam mendukung keberlanjutan PLTMH

Akhirnya, kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang berperan dalam studi ini, baik selama survey pengambilan data, wawancara dan kuesioner, penyusunan laporan dan asistensi. Kami berharap agar hasil kegiatan studi perencanaan ini dapat bermamfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Padang, November 2009

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
Informasi Umum	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Bab 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1.1
1.2 Tujuan.....	1.4
1.3 Ruang lingkup studi	1.5
1.4 Lokasi.....	1.5
1.5 Metodologi	1.6
1.6 Sistematika Laporan.....	1.6
Bab 2 GAMBARAN UMUM PLTMH	
2.1 Pendahuluan.....	2.1
2.2 Gambaran Umum PLTMH.....	2.3
2.3 Sistim Koneksi dan Pengontrolan PLTMH	2.11
2.4 Hubungan Antara Daya, Ketinggian dan Debit Air	2.12
Bab 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH	
3.1 Umum.....	3.1
3.2 Lokasi dan Aksesibilitas.....	3.1
3.3 Kondisi Topografi dan Geologi.....	3.2
3.4 Kondisi Hidrologi	3.3
3.5 Penggunaan Tanah	3.3
3.6 Kondisi Sosio- Ekonomi	3.4
Bab 4 PERENCANAAN PLTMH TOMBANG	
4.1 Umum	4.1
4.2 Kebutuhan Energi Listrik	4.1
4.3 Proyeksi jumlah penduduk dan kebutuhan daya listrik.....	4.5
4.4 Potensi Sumber Daya Air.....	4.6
4.5 Fasilitas Bangunan Sipil.....	4.12
4.6 Perlengkapan Elektrikal – Mekanikal.....	4.15
4.7 Jaringan Distribusi	4.22
Bab 5 RENCANA ANGGARAN BIAYA	
5.1 Anggaran Biaya Pembangunan.....	5.1
5.2 Penggunaan Energi Untuk Kegiatan Pembangunan.....	5.2

Bab 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpula.....	6.1
6.2	Saran Pengembangan	6.1

LAMPIRAN

1. Pengelolaan PLTMH
2. Peta Lokasi Kegiatan
3. Perencanaan Teknis PLTMH Tombang
4. Rencana Anggaran Biaya
5. DED (Detail Engineering Design)
6. Contoh Produk Generator yang disarankan
7. Photo – Photo Kegiatan Dan Lokasi – Lokasi Perencanaan

BAB 1 PENDAHULUAN

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan bagi kehidupan manusia dewasa ini, karena telah menjadi energi instan siap pakai. Energi listrik dapat dibangkitkan oleh potensi air yang ada di daerah perbukitan, lokasi pedesaan yang selalu berada pada daerah-daerah bukit dan pegunungan yang dapat menjadi inspirasi untuk disain sebuah pembangkit listrik mikrohidro. Kebutuhan energi bagi masyarakat sudah merupakan kebutuhan primer, terlebih lagi kebutuhan pada energi listrik. Seiring dengan makin berkurangnya sumber energi fosil maka sumber energi baru terbarukan akan dilirik secara serius, terutama energi yang berasal dari energi gerak dan jatuh air. Penggunaan atau pemanfaatan energi air ini dapat membangkitkan energi listrik yang lebih dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ini pada awalnya merupakan bentuk pemanfaatan tenaga air dalam skala kecil saja, yang biasanya dibangun di daerah pedesaan yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN. PLTMH memasok kebutuhan untuk keperluan penerangan masyarakat pedesaan dan juga melayani kebutuhan industri kecil pedesaan dalam hal penyediaan energi listrik.

Pada saat ini, perkembangan PLTMH telah memasuki babak baru dengan telah dikeluarkannya Keputusan Menteri Energi Sumber Daya Mineral mengenai Pembangkit Listrik Skala Kecil (PLSK) tersebar. Kebijakan tersebut memungkinkan pembangunan PLTMH dan sumber energi baru terbarukan lainnya terintegrasi (interkoneksi) dengan jaringan listrik PLN dalam bentuk Usaha Penjualan Tenaga Listrik. Dengan demikian, PLTMH tidak hanya berada pada ruang lingkup pembangunan daerah terpencil, akan tetapi telah menjadi peluang investasi pada daerah infrastruktur sistem PLN.

Pengembangan sektor energi baru dan terbarukan di wilayah Kabupaten Pasaman Barat khususnya pada pemanfaatan energi air, telah mendapatkan dukungan kuat pemerintahan Kabupaten, hal ini terlihat telah dibangun beberapa PLTMH dengan dana APBN, APBD dan PNPM-MP. Lebih jauh lagi PNPM-LMP sudah memberikan lampu hijau bahwa Kabupaten Pasaman Barat merupakan salah satu pilot projeknya. Untuk kedepan agar pemanfaatan PLTMH dapat berkelanjutan diperlukan kajian sebuah PLTMH baik sebelum pembangunan maupun setelah pembangunan. Sebelum pembangunan PLTMH dilaksanakan, diperlukan kajian kelayakan potensial yang dapat membangkitkan kapasitas daya untuk memenuhi kebutuhan daerah. Jika kajian kelayakan sudah didapat maka perlu diperhatikan bagaimana pembangunan PLTMH dapat memenuhi standarisasi agar mampu beroperasi dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat pedesaan.

Dan yang lebih penting dari hasil pembangunan tersebut, bagaimana perubahan sosial-ekonomi masyarakat jadi produktif bukan hanya sebagai konsumtif, alih teknologi untuk masyarakat pedesaan dalam operasional, manajemen, pemanfaatan hasil pembangunan PLTMH sampai jangka panjang.

Kegiatan Studi kelayakan yang berupa Desain Teknis dan Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) diwilayah Kabupaten Pasaman Barat yang direncanakan ini merupakan langkah awal dalam menyediakan informasi akurat yang dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak. Hasil kegiatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran potensi dan pembangunan sebuah PLTMH serta menjadi dasar perencanaan dan penyusunan program bagi kebijakan ketenagalistrikan daerah-daerah di Kabupaten Pasaman Barat .

Pedoman pelaksanaan survey lapangan berdasarkan aspek-aspek yang perlu dikaji pada Studi kelayakan Pembangunan PLTMH meliputi: hidrologi, geologi, topografi, alternatif-alternatif layout sistem PLTMH, pembiayaan dan pengelolaan PLTMH berkelanjutan.

Pengukuran kondisi hidrologi untuk mendapatkan gambaran tentang potensi daya, kuantitas dan kualitas air. Penentuan kelayakan hidrologi diperoleh dengan melakukan kegiatan pengukuran tinggi jatuh air (beda tinggi atau head), pengukuran debit air dan fluktuasi aliran air sepanjang tahun atau disebut FDC (*Flow Duration Curva*) menggunakan metode pengukuran pelampung dan menggunakan *current meter elektromagnetik*. Pengukuran debit air dilakukan pada musim kemarau, untuk menjamin ketersediaan air sepanjang tahun. Perhitungan potensi daya suatu lokasi dilakukan pada 80% - 90% debit air terukur dan potensi daya suatu lokasi dapat dihitung secara sederhana dengan persamaan $P_g = 9,8 \cdot Q \cdot h_g$ (kW).

Pengukuran head dilakukan dengan menggunakan peta topografi, tetapi hasil yang diperoleh sangat kasar. Pengukuran head yang akurat dilakukan di lapangan dengan mengukur h_g (head kotor), maka dilakukan penentuan h_n (head bersih) yang berhubungan dengan perencanaan bangunan sipil, dimana h_n diukur dari perbedaan tinggi titik intake (saluran masuk air) dengan ujung *penstock* (pipa pesat). Pada survey studi kelayakan dan pembangunan PLTMH ini, pengukuran head dilakukan dengan menggunakan teodolit (T0), dan diulang kembali dengan menggunakan slang transparan, guna menentukan beda tinggi. Sedangkan untuk mengukur kecepatan air digunakan metoda penggunaan alat *current meter* yang bisa membaca secara langsung dan bisa juga digunakan bola pancing yang dijatuhkan kedalam aliran arus air dan menghitungnya dengan menggunakan stopwatch.

Studi geologi dalam pembangunan PLTMH akan memberikan informasi yang berharga untuk merencanakan pembangunan fasilitas sipil. Informasi mengenai kondisi alam, keadaan tanah dan batuan, serta pergerakan tanah akan membantu dalam menentukan lokasi terbaik bagi pembangunan fasilitas sipil. Disamping itu, informasi tersebut dapat membantu dalam merencanakan dan memprediksi biaya konstruksi beserta perawatannya.

Studi topografi akan membantu dalam menentukan lokasi terbaik dimana memungkinkan untuk mendapatkan tinggi jatuh air (head) yang layak. Keadaan

kontur tanah yang digambarkan oleh peta topografi sangat membantu dalam membuat layout dasar sistem PLTMH. Peta topografi terdiri dari petunjuk dasar skala peta dan garis kontur yang menghubungkan titik-titik yang memiliki ketinggian yang sama dalam membuat layout dasar Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

1.2. Tujuan

Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Kecamatan Talamau kenagarian Sinuruik dilakukan untuk mendapatkan potensi dan data yang dibutuhkan sebagai perencanaan pembangkit sebagai penyedia listrik pedesaan tersebut .

Mendapatkan data dan informasi yang dihimpun dari hasil survey lapangan tentang potensi alam mengenai energi baruterbarukan, khususnya pemanfaatan sumber daya air sebagai sumber energi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), sebagai bahan penyusunan studi kelayakaan perencanaan penyediaan listrik pedesaan dan pemanfaatan sumber energi terbarukan yang berbasis lokal secara optimal.

Melakukan kajian terhadap data dan informasi tersebut berkaitan dengan tingkat kelayakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Kabupaten Pasaman Barat.

Melakukan studi tentang perencanaan baik dari segi perencanaan teknis maupun kondisi ekonomis dan perencanaan pembangunan PLTMH di Kabupaten Pasaman Barat.

Basic- Lay out dan spesifikasi teknis dan lokasi yang layak dibangun, dapat dijadikan kerangka acuan bagi perencanaan pembangunan PLTMH selanjutnya.

Melakukan studi banding untuk mendapatkan gambaran terhadap pemanfaatan sumber energi air yang bersifat komersial dan berbasis pengembangan masyarakat.

1.3. Ruang Lingkup Studi

Ruang lingkup pekerjaan Studi Kelayakan Pembangunan PLTMH adalah Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang Kenagarian Sinuruik kecamatan Talamau Kabupaten Pasaman Barat sebagai berikut:

- Review data sekunder dan identifikasi lapangan.
- Pengukuran hidrologi dan Survey topologi untuk mendapatkan ukuran debit air , tinggi jatuhan air (head) dan basic- lay out system PLTMH
- Analisis kelayakan sistem Mikro Hidro.
- Kajian sosial, ekonomi pendukung.
- Kajian pembangunan PLTMH di lokasi yang direkomendasikan.
- Kajian sosial, ekonomi yang akan dijadikan acuan dalam menelaah kelayakan aspek sosial ekonomi.
- *Analisa Perencanaan Pembangunan PLTMH meliputi:*
 - Perencanaan Teknik (berkaitan dengan sumber daya alam, berdasarkan hasil data survey potensi dan perencanaan sistem PLTMH yang dapat diterapkan).
- Analisa Kajian Sosial-Ekonomis (berkaitan dengan besaran investasi).
Keberlanjutan Pembangunan PLTMH (dapat dimanfaatkan untuk jangka panjang) dengan ketinggian bak penenang dan *power house* ± 180 meter dan ketinggian pada bendungan ± 195 meter dari permukaan laut.

1.4. Lokasi

Lokasi kegiatan studi kelayakan pembangunan " PLTMH" di Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang Kenagarian Sinuruik, Kecamatan Talamau Kabupaten Pasaman Barat , Propinsi Sumatera Barat. Posisi terletak pada koordinat:

- Bendungan, 00⁰. 15'. 20,1" LS dan 099⁰.52'.43,3" BT
- Bak Penenang, 00⁰. 15'. 16,5" LS dan 099⁰.52'.41,3" BT
- Power House, 00⁰. 15'. 16,5" LS dan 099⁰.52'.41,3" BT

Lokasi ini memanfaatkan aliran Sungai Batang Marindam, volume air masuk ke kesaluran PLTMH yang direncanakan sebesar debit disain. Yang mana kebutuhan air untuk PLTMH sekitar 500 l/dtk agar tidak mengganggu kebutuhan air masyarakat.

1.5. Metodologi

Metodologi yang dilakukan dalam penyusunan studi kelayakan ini adalah metodologi pendekatan terhadap potensi alam yang tersedia sebagai berikut :

- Melakukan survey lapangan untuk memperoleh data hidrologi dan kondisi lapangan yang berkaitan dengan rencana pembangunan PLTMH.
- Melakukan pengamatan lapangan dan wawancara untuk memperoleh gambaran menyeluruh tentang kondisi fisik jorong / nagari. Observasi terutama ditekankan untuk memperoleh informasi mengenai potensi sumber daya alam yang ada dan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kelayakan dan keberhasilan pembangunan PLTMH.

Site investigation, berupa pengambilan data potensi sumber daya air, demografi dan kewilayahan, data sosial-ekonomi dan elektrifikasi dan pelaksanaan kegiatan *Participatory Rural Appraisal (PRA)*.

- Melakukan kajian data sekunder hasil survey dan identifikasi terhadap data dan informasi untuk mengetahui tingkat kelayakan lokasi studi bagi perencanaan pembangunan PLTMH.

1.6. Sistematika Laporan

Laporan akhir Studi kelayakan Pembangunan PLTMH Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang Nagari Sinuruik Kecamatan Talamau Kabupaten Pasaman Barat terdiri dari:

- **Bab 1. Pendahuluan**, yang berisikan latar belakang, tujuan, ruang lingkup studi, lokasi, metodologi dan sistematika laporan.
- **Bab 2. Gambaran Umum PLTMH**, menguraikan pendahuluan, gambaran umum PLTMH, sistem koneksi dan pengontrolan PLTMH dan hubungan antara daya, ketinggian dan debit air.
- **Bab 3. Gambaran Umum Wilayah**, yang membahas umum, lokasi dan aksesibilitas, kondisi topografi dan geologi, kondisi hidrologi, kondisi dan kebijakan penggunaan tanah / lahan dimana akan direncanakan pembangunan PLTMH dan menjelaskan tentang kondisi sosial-ekonomi, yang meliputi tentang kependudukan, mata pencarian, sarana sosial dan umum dan potensi sumber daya alam setempat.
- **Bab 4. Perencanaan PLTMH** berisikan tentang umum, kebutuhan energi listrik, proyeksi jumlah penduduk dan kebutuhan daya listrik, Potensi Sumber Daya Air, berisikan mengenai potensi daya listrik, ketersediaan air, disain head dan layout system PLTMH Tombang, fasilitas bangunan sipil, perlengkapan mekanikal-elektikal dan jaringan distribusi listrik.
- **Bab 5. Rencana Anggaran Biaya**, berisikan Rencana Anggaran Biaya Pembangunan PLTMH Tombang dan Penggunaan Energi untuk Kegiatan Pembangunan yang berisikan rencana penggunaan listrik (tambahan pendapatan) bagi masyarakat Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang Nagari Sinuruik.
- **Bab 6. Kesimpulan**, berisikan tentang kesimpulan dan saran dalam pembangunan PLTMH Kampung Tombang Mudik Mudik Jorong Tombang Nagari Sinuruik ini.

BAB 2
GAMBARAN UMUM
PLTMH

BAB 2 . GAMBARAN UMUM PLTMH

2.1 PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit yang memanfaatkan potensi air sebagai sumber energy yang dapat memutar generator untuk menghasilkan listrik. Berbagai syarat yang harus dipenuhi agar komponen berfungsi dengan baik untuk menghasilkan energy listrik yang kita inginkan. Mikrohidro adalah istilah yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga air skala kecil. yang menggunakan energi air dari saluran irigasi, sungai, atau air terjun yang pada intinya harus memiliki perbedaan tinggi muka air. Kondisi air yang dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik harus memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas aliran serta semakin tinggi ketinggiannya maka akan semakin besar pula energi yang bisa dibangkitkan.

Air yang mengalir dengan kapasitas dan ketinggian tertentu di salurkan menuju rumah pembangkit (rumah turbin). Di rumah turbin, instalasi air tersebut akan menumbuk turbin, dalam hal ini turbin dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan/dihubungkan ke generator dengan menggunakan pully dan sabuk yang menggunakan kopling sebagai pengaman poros. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan ke rumah-rumah atau keperluan lainnya (beban).

Sebuah skema hidro memerlukan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh air (biasa disebut 'Head') untuk menghasilkan tenaga yang bermanfaat. Ini merupakan sebuah system konversi energi, dimana menyerap tenaga dari posisi ketinggian dan besar/debit aliran yang akan menyalurkan tenaga tersebut dalam bentuk daya

mekanik. Tidak ada sistem konversi daya yang dapat mengirim sebanyak yang diserap, sebagian daya hilang oleh sistem itu sendiri dalam bentuk gesekan, panas, suara dan sebagainya.

Pada pengukuran debit air, sering dihadapkan dengan keterbatasan data dan waktu yang tersedia sehingga pengukuran air sepanjang tahun tidak memungkinkan. Sebagai jalan keluar, pengukuran debit dilakukan pada musim kemarau, dengan asumsi debit air yang terukur mendekati kondisi ketersediaan air minimum sepanjang tahun. Pada tahap perencanaan, perhitungan potensi daya suatu lokasi dilakukan pada 60%-80% debit air terukur, untuk menjamin ketersediaan air sepanjang tahun. Dengan demikian, konsep PLTMH dapat hidup sepanjang musim.

Untuk mengetahui potensi daya listrik pada suatu lokasi diperlukan data sebagai berikut :

- Debit minimum yang mengalir pada saluran air/ sungai
- Perencanaan debit yang dapat digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)
- Debit air pada saat banjir
- Tinggi terjun (beda tinggi/head) yang tersedia.

Potensi daya suatu lokasi dapat dihitung secara sederhana dengan persamaan:

$$\text{Potensi daya air,} \\ P_G = 9,8 \cdot Q \cdot H_g$$

$$\begin{aligned} P_G &= \text{Potensi daya (kW)} \\ Q &= \text{Debit aliran air (m}^3\text{/s)} \\ H_g &= \text{Head kotor (m)} \\ 9,8 &= \text{Konstanta gravitasi m/det}^2 \end{aligned}$$

Untuk keperluan praktis, estimasi kapasitas daya listrik terbangkit keluaran generator dapat didekati dengan formula berikut :

Kapasitas daya listrik terbangkit

$$P = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tm} \cdot 9,8 \cdot Q \cdot H_g \cdot \eta_{hloss}$$

$$P = 9,8 \cdot 0,5 \cdot Q \cdot H_g$$

- P = Daya listrik yang keluar dari generator (kW)
- Q = Debit aliran air (m³/s)
- η_t = Efisiensi turbin
- η_g = Efisiensi generator
- η_{tm} = Efisiensi transmisi mekanik
- η_{hloss} = Efisiensi head (faktor head losses)
- H_g = Head kotor (tinggi terjun) (m)
- 0.5 = Konstanta dengan memperhitungkan efisiensi total sistem 50%

2.2. GAMBARAN UMUM PLTMH

Situasi umum PLTMH yang biasa ditemui di Indonesia dapat di lihat dibawah ini
PLTMH mempunyai beberapa bagian penting yang mendukung kemampuan kerjanya. Peralatan penting yang ada antara lain:



Gambar 2.1 Bagan lay-out sebuah PLTMH

2.2.1. Bendungan (*Weir*) dan *Intake* (Bangunan penyadap)

Bendungan untuk instalasi PLTMH dapat berupa bendungan beton atau bendungan beronjong. Bendungan tersebut berfungsi untuk menampung aliran air sungai. Sebuah bendungan dilengkapi dengan pintu air untuk membuang kotoran / lumpur yang mengendap. Perlengkapan lainnya adalah : penjebak lumpur/ saringan sampah. PLTMH merupakan pembangkit type *run of river* sehingga bangunan *intake* dibangun berdekatan dengan bendungan dengan memilih dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir. Pada sisi samping bendungan diperlukan adanya penguatan sebagai tahanan yang disebut sayap kiri dan sayap kanan, sebagai penjebak lumpur dan pembuang lumpur diperlukan pitu air yang dapat diangkat dan diturunkan sesuai kebutuhan, karena tidak mungkin pada saat tertentu kita dapat melakukan pembersihan sedimen dengan cepat dan efisien tanpa pintu kuras. *Intake* sebagai pintu masuk air memerlukan perhitungan dimensi yang matang serta ketinggian dari dasar penguras agar ketersediaan air cukup dan tidak mudah tertutup oleh lumpur dan material lainnya.

2.2.2. Saluran Pembawa (*Head Race*)

Saluran pembawa berfungsi untuk mengalirkan air dari *intake* dengan menjaga ketinggian muka air. Ada berbagai macam saluran pembawa antara lain terowongan, saluran terbuka dan saluran tertutup. Konstruksi saluran pembawa dapat berupa pasangan batu kali atau hanya berupa tanah yang digali. Pada saluran pembawa yang panjang perlu dilengkapi dengan saluran pelimpah untuk setiap jarak tertentu. Jika terjadi banjir pada saluran tersebut, kelebihan air akan terbuang melalui saluran pelimpah. Dimensi penampang dan kemiringan saluran haruslah dapat menjamin ketersediaan air yang diperlukan sebagai suplay energi potensial memutar turbin.

H^* harus dihitung untuk setiap slope yang berbeda. Secara singkat, pada kasus potongan melintang trapesium, disain debit (Q)=0.5m³/det, lebar (B)=0.8m, kemiringan longitudinal (SLA,B,C,D)=1/100, 1/50, 1/100, 1/200 yang merupakan bagian paling halus dari saluran pembawa, koefisien kekasaran (n)=0.015. Kedalaman air (H^*) mendekati 0.3 m di Referensi 5-1 gambar-4. Oleh karena itu kedalaman air yang sebenarnya (H) adalah

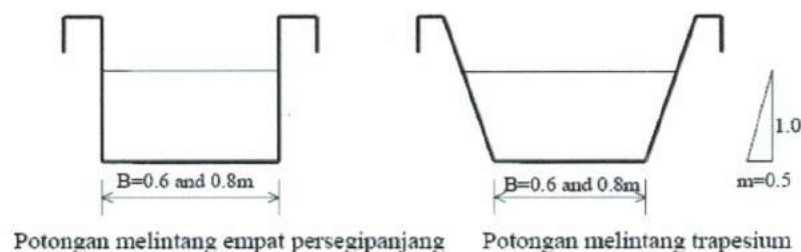
$$H = H^* \times 0.1 / (SL)^{0.5}$$

$$H_{A,C} = H^* \times 0.1 / (SL_{A,C})^{0.5} = 0.3 \times 0.1 / (0.01)^{0.5} = 0.3$$

$$H_B = H^* \times 0.1 / (SL_B)^{0.5} = 0.3 \times 0.1 / (0.02)^{0.5} = 0.21$$

$$H_D = H^* \times 0.1 / (SL_D)^{0.5} = 0.3 \times 0.1 / (0.005)^{0.5} = 0.42$$

Dan ketinggian dari bagian melintang dari Slope A,C adalah 0.60m(0.3+0.2~0.3),
Ketinggian bagian melintang dari Slope B adalah 0.55m(0.21+0.2~0.3),
Ketinggian dari bagian melintang dari Slope D adalah 0.75m(0.42+0.2~0.3).



Gambar 2.2 Potongan Saluran Pembawa

2.2.3. Kolam Pengendap

Kolam ini biasanya dibuat dengan memperdalam dan memperlebar sebagian saluran penghantar dan menambahnya dengan saluran penguras. Fungsinya untuk menangkap pasir dan material sejenis lumpur krekel agar tidak ikut terbawa kedalam bak penenang, sehingga air yang masuk ke turbin relatif bersih. Lokasi pengendap dapat berada didaerah saluran awal dan dapat juga dipangkal bak penenang tergantung situasi lapangan.

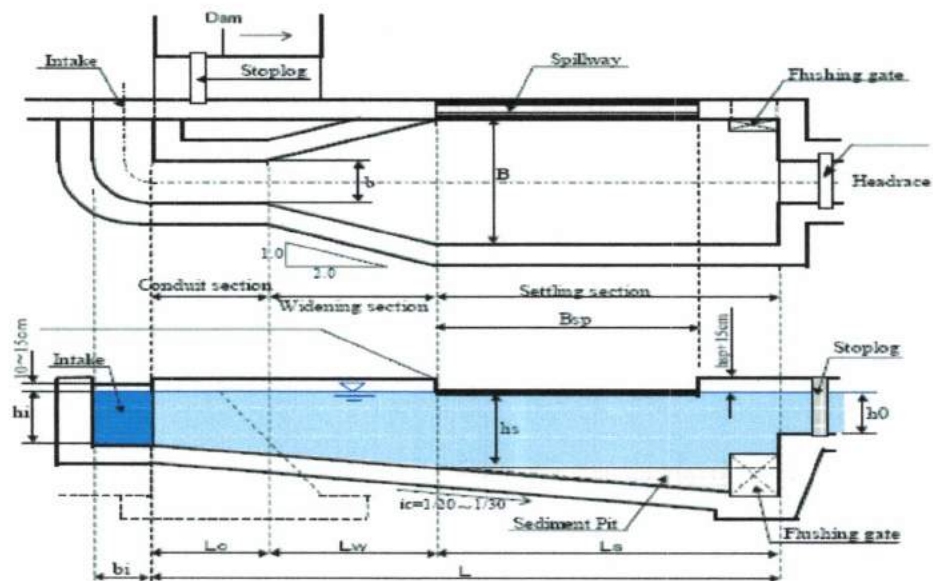
Panjang dari bak pengendap (L_s) biasanya ditentukan berdasarkan sebuah margin untuk menghitung dua kali panjang dengan menggunakan formulanya.

Dimana,

- l : Panjang minimum bak pengendap (m)
- h_s : Kedalam air bak pengendap (m)
- U : kecepatan marginal pengendapan untuk endapan yang akan diendapkan (m/s)
Umumnya sekitar 0.1 m/s untuk target ukuran butiran sekitar 0.5 – 1 mm.
- V : Rata – rata kecepatan aliran di bak pengendap (m/s)

Pada umumnya sekitar 0.3 m/s tetapi ditoleransi sampai 0.6 m/s pada kasus dimana lebar bak pengendap dibatasi.

- V : $Q_d / (B \times h_s)$
- Q_d : desain debit (m^3/s)
- B : lebar bak pengendap (m)

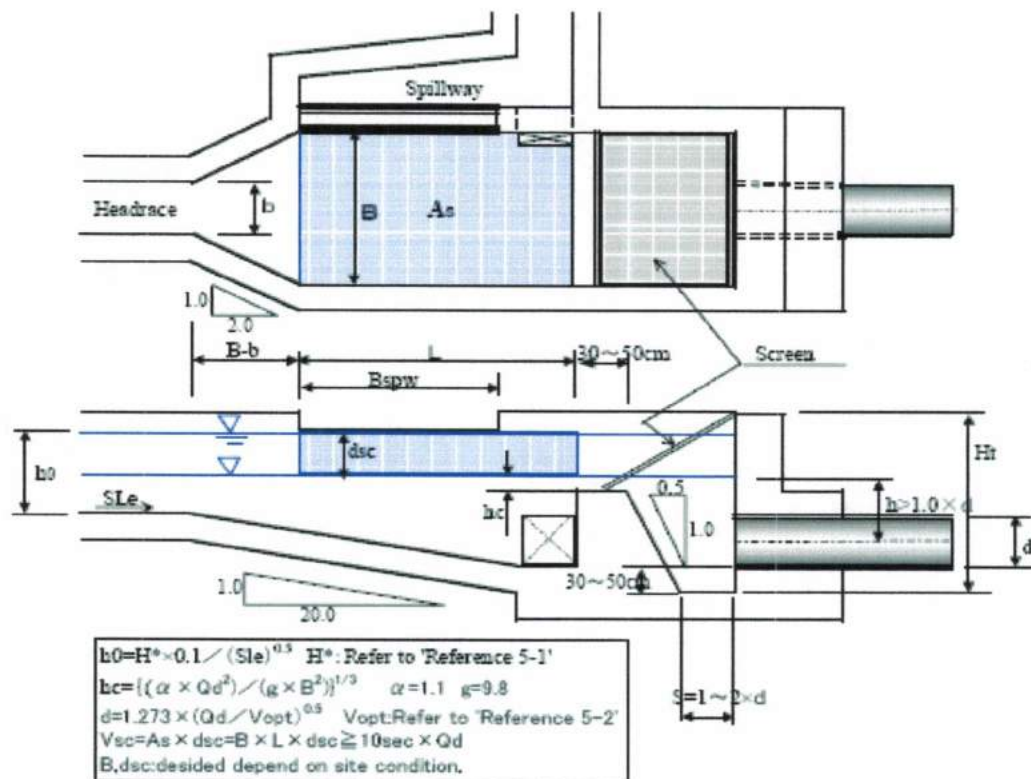


Gambar 2.3 Bak Pengendap

2.2.4. Bak Penenang

Dimensi bak penenang berkapasitas lebih kurang antara 30 – 60 debit disain memungkinkan untuk menjamin ketenangan air diujung pipa penstock. Bak penenang harus dapat berfungsi menenangkan air sehingga tidak ada gelembung udara yang masuk bersama air kedalam pipa pesat, bak penenang sebagai penampungan juga dapat menahan sampak berat dan sampah ringan agar tidak masuk kedalam pipa, kemudian mengarahkan air masuk ke pipa pesat (*penstock*) sesuai dengan debit yang diinginkan dan biasanya dibuat dengan konstruksi beton.

Untuk menghemat panjang pipa pesat, biasanya bak penenang ini diletakkan sedekat mungkin diatas *power house*. Bak penenang dilengkapi dengan saluran pelimpah, saringan dan pintu kuras agar sampah tidak masuk ke dalam pipa pesat. Kontruksi dibawah ini dapat membantu kita dalam disain bak penenang:



Gambar 2.4 Bak Penenang

Kedalaman air pada inlet penstock harus diatas nilai berikut untuk mencegah terjadinya aliran turbulen.

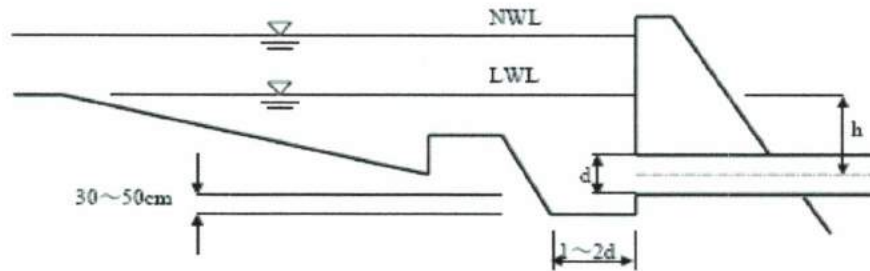
$$d \leq 1.0 \text{ m} \rightarrow h \geq 1.0 \text{ d}$$

$$d > 1.0 \text{ m} \rightarrow h \geq d^2$$

dimana :

h : kedalaman air dari pusat inlet ke level air terendah dari bak penenang = seluruh kedalaman air (m)

d : diameter dalam dari penstock (m)



Gambar 2.5 Tinggi permukaan air terhadap ujung pipa

2.2.5. Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat (*penstock*) berfungsi untuk mengubah energi potensial air pada kolam atas menjadi energi kinetik air didalam pipa pesat, kemudian mengarahkan energi kinetik tersebut untuk memutar roda gerak turbin air. Umumnya pipa pesat dibuat dari plat baja yang diroll dan kemudian di las. Pipa dilengkapi dengan *flens* baja guna menyambung antara pipa yang satu dengan yang lainnya. Bila perlu pipa pesat harus dilengkapi dengan *expansion joint*.

Ketebalan minimum dari pipa baja penstock ditentukan dengan rumus berikut.

$$t_0 = \frac{P \times d}{2 \times \theta_a \times \eta} + \delta t \text{ (cm)} \quad \text{dan } t_0 \geq 0.4 \text{ cm or } t_0 \geq (d+80) / 40 \text{ cm}$$

dimana,

t_0 : ketebalan minimum pipa

P : disain tekanan air yaitu tekanan hidrostatik + water hammer (kgf/cm²), dalam skema mikrohidro $P=1.1 \times$ tekanan hidrostatik.

Secara singkat, jika head (H_p , merfer ke gambar berikut) dimana dari bak penenang ke turbin adalah 25m, $P=2.5 \times 1.1=2.75 \text{ kgf/cm}^2$.

d : diameter dalam (cm)

θ_a : stress yang dapat diterima (kgf/cm²) SS400: 1300kgf/cm²

η : efsiensi pengelasan (0.85~0.9)

δt : margin (pada umumnya 0.15cm)

Untuk menghitung diameter pipa pesat dengan rumus sebagai berikut:

$$d = 1.273 \times (Qd/Vopt)^{0.5}$$

2.2.6. Pondasi dan Dudukan Pipa Pesat

Dudukan pipa pesat harus mampu menahan beban statis dan dinamis dari pipa pesat dan air yang mengalir di dalamnya. Untuk itu, harus dihindari belokan - belokan karena akan mengakibatkan gaya yang cukup besar.

Bila gaya ini tak dapat ditahan oleh tanah (misalnya karena luas penampang dudukan pipa pesat terlalu kecil), maka pipa pesat akan terdorong - bergeser dan rusak. Untuk itu, perencanaan dimensi dudukan pipa pesat ini harus dilakukan secara matang, tentu saja berdasarkan kondisi tanah yang ada pada lokasi mikrohidro.



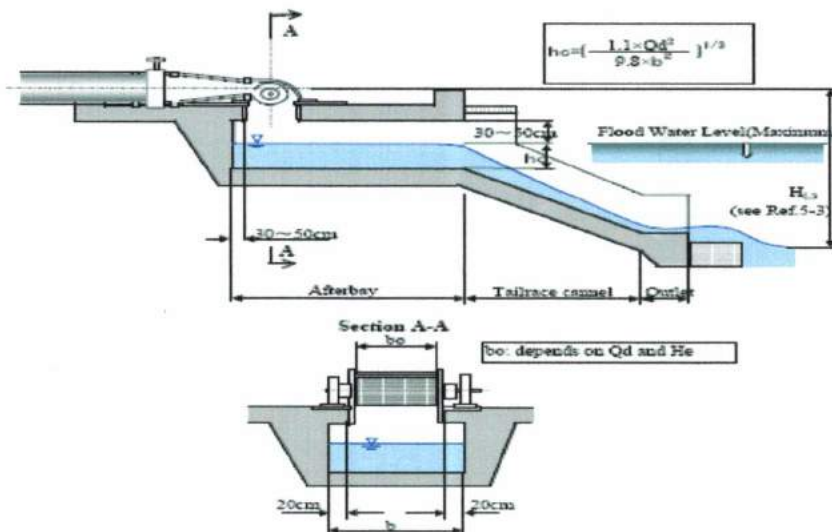
Gambar 2.6 Pondasi dudukan pipa pesat

2.2.7. Rumah Pembangkit (*Power House*)

Luas lantai rumah pembangkit (*power house*) harus dapat menjamin petugas dan peralatan dapat diakses, pemasangan turbin dan generator yang selalu mendapat beban dinamis dan bergetar. Dalam desain *power house*, pondasi turbin - generator harus dipisahkan dari pondasi bangunan *power house*. Di samping itu perlu dipikirkan keleluasaan bongkar pasang turbin dan generator. Persoalan ini masih ditambah lagi dengan perlunya saluran pembuang di dalam sampai keluar *power house*. *Power house* tidak boleh pengab artinya udara dan cahaya dapat masuk sebagai pendingin dan penyinar yang sekaligus diwarnai dengan cerah sehingga tidak ada kesan seram yang menakutkan.

Type rumah turbin mikrohidro kebanyakan dipakai tipe diatas tanah mengingat type ini dapat dilaksanakan dengan biaya rendah walaupun ada type bawah tanah, dengan ketinggian diatas permukaan banjir atau lebih kurang 30 S/D 50 cm diatas permukaan air atau diamankan dengan cara memposisikan rumah turbin pada lokasi area yang luas menghindari banjir mengenang.

Pondasi rumah turbin

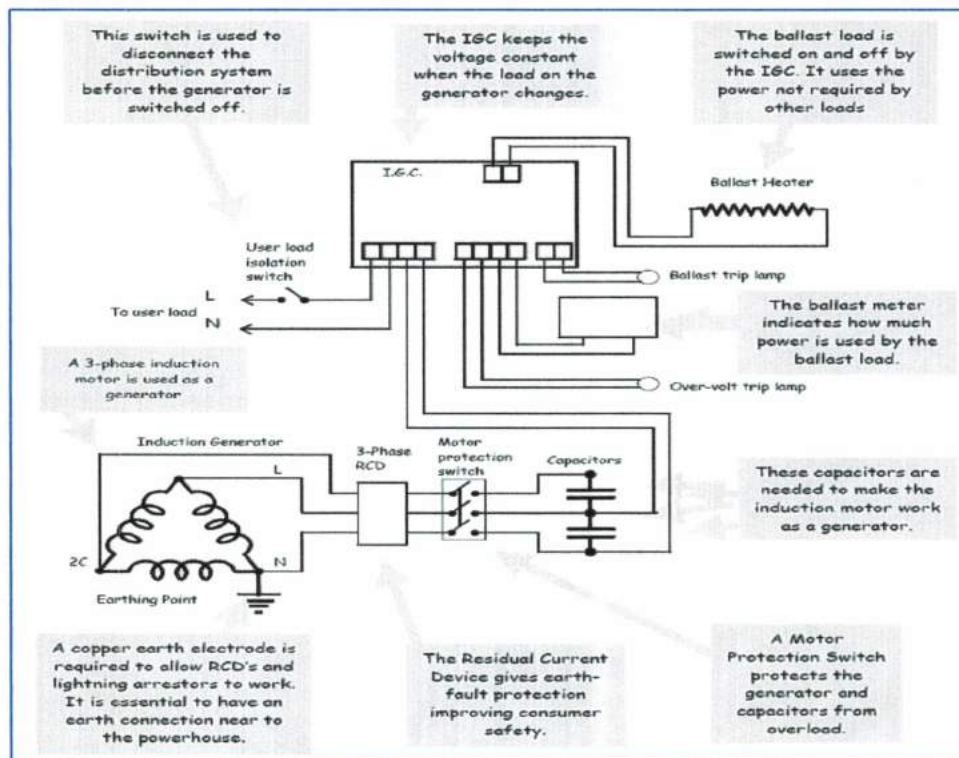


Gambar 2.7 Pondasi turbin

2.3. SISTIM KONEKSI DAN PENGONTROLAN PLTMH

Secara garis besar peralatan pembangkitan dapat dilihat pada gambar 2.2.

Turbin *Propeller* merupakan peralatan penggerak utama yang digerakan oleh aliran air. Turbin *Propeller* diletakan pada bearing yang terhubung secara mekanik dan satu poros dengan turbin pulley. Setiap kali turbin *Propeller* berputar maka turbin pulley akan ikut berputar dan meneruskan putarannya ke generator melalui generator pulley dan koping. Generator di pasang di atas *frame* atau kerangka untuk memposisikanya agar bisa berputar dengan stabil.

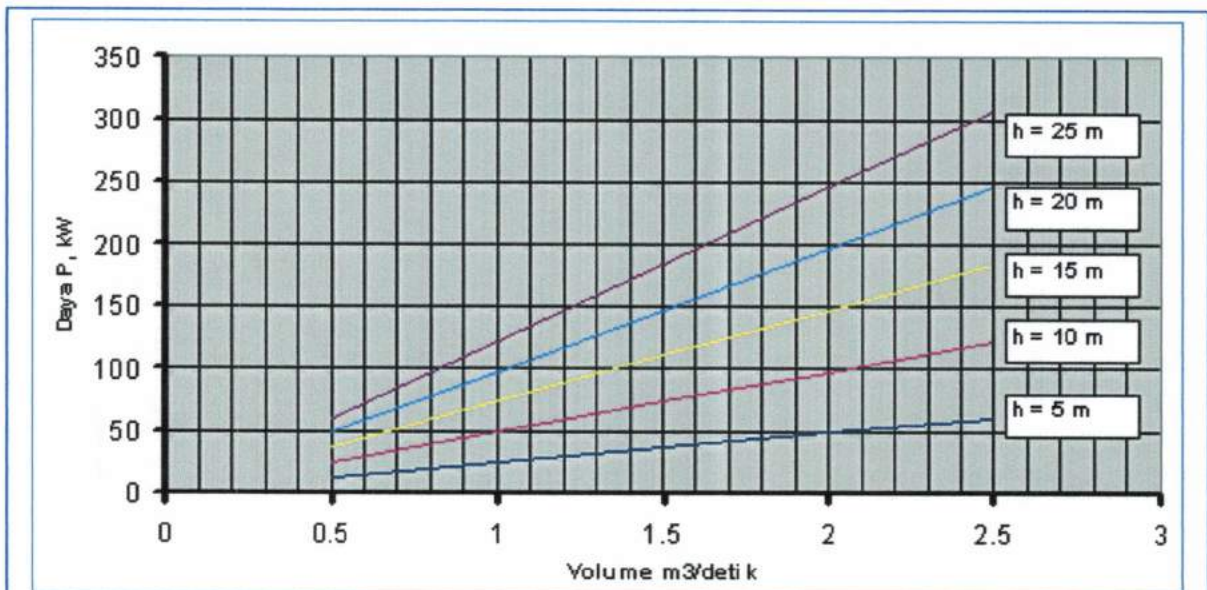


Gambar 2.8 Koneksi Generator dan *kontroler*

2.4. HUBUNGAN ANTARA DAYA, KETINGGIAN DAN DEBIT AIR

Hubungan antara daya listrik, debit air dan ketinggian jatuh air dari potensi lokasi yang direncanakan. Untuk memperlihatkan daya yang dapat dihasilkan dengan

debit air antara 0.5 sampai 2.5 m³/detik pada ketinggian yang berbeda. Besar daya yang dapat dihasilkan dengan debit air 2.5 m³/detik itu berbeda pada setiap ketinggian. Semakin tinggi titik jatuh air maka semakin tinggi pula besarnya daya yang akan diperoleh. Pada ketinggian 5 meter dapat dihasilkan daya sekitar 63 kW sedangkan pada ketinggian 25 meter dapat diperoleh daya sebesar 306 kW.



Gambar 2.9. Hubungan antara daya P, Debit air Q dan ketinggian jatuh air dengan efisiensi 50% dari potensi total yang tersedia.

BAB 3
GAMBARAN UMUM
WILAYAH

BAB 3 . GAMBARAN UMUM WILAYAH

3.1 UMUM

Kabupaten Pasaman Barat merupakan salah satu dari 19 kabupaten/kota yang ada di Propinsi Sumatra Barat. Kabupaten Pasaman Barat mempunyai wilayah 3887,77 Km², terdiri dari 11 kecamatan dan 19 Nagari. Kabupaten Pasaman Barat dilintasi daerah katulistiwa yaitu pada 0°03' Lintang Utara sampai dengan 0°11' Lintang Selatan dan 99°10' Bujur Timur sampai dengan 100°04' Bujur Timur. Ketinggian Kabupaten Pasaman Barat antara 0 meter sampai dengan 2912 meter di atas permukaan laut. Gunung tertinggi di Kabupaten Pasaman Barat yaitu Gunung Talamau dengan ketinggian 2913 meter di atas permukaan laut.

Wilayah Kabupaten Pasaman Barat merupakan Kabupaten paling Barat dari Propinsi Sumatra Barat dan berbatasan dengan yaitu:

- Bagian Utara : Kabupaten Mandailing Natal Propinsi Sumatr Utara
- Bagian Timur : Kabupaten Pasaman
- Bagian Selatan : Kabupaten Agam
- Bagian Barat : Samudera Indonesia

Kecamatan terluas di Kabupaten Pasaman Barat adalah Kecamatan Koto Balingka sebesar 486,51 Km² (12,51 %) dan Kecamatan Sasak Ranah Pasisie merupakan wilaya yang relative kecil yakni tercatat 123,31 Km² (3,17 %).

3.2 Lokasi dan Aksesibilitas

Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang berada pada wilayah kenagarian Sinuruik di kecamatan Talamau, berjarak lebih kurang 52.5 km dari pusat Pemerintah Kabupaten Pasaman Barat. Untuk mencapai Jorong ini dari Pusat Kabupaten dapat menggunakan kendaraan roda empat sampai batas semut 40.5 km

dan kendaraan roda dua dengan rute batas semut ke kampung Tombang Mudik Jorong Tombang berjarak 12 km. kondisi jalan beraspal 37.5 km, 1 km jalan beton, 1 km jalan tanah berbatu 12 km jalan tanah yang terjal. Jarak Lokasi PLTMH dari perkampungan penduduk sekitar 0,3 km, Tepatnya pada koordinat $00^{\circ} 15' 20,1''$ BT; $099^{\circ} 52' 43,3''$ LS pada ketinggian 195 meter.

3.3 Kondisi Topografi dan Geologi

Topografi Nagari Sinuruik jorong Tombang Kampung Tombang Mudik berbukit-bukit dengan bebatuan yang terjal dan berlembah-lembah. Pemukiman penduduk berada pada daerah yang agak datar yang dialiri oleh dua sungai yaitu sungai batang pasaman sebelah barat dan batang marindam sebelah timur. Kondisi hutan dihulu dan sekitar sungai batang marindam masih dipenuhi hutan dengan pepohonan yang masih memungkinkan penyediaan air yang cukup sepanjang tahun. Dataran dan perbukitan daerah catchment area sungai Batang Marindam sebagai aliran sungai yang akan dipakai sebagai pemasok air untuk pembangkit listrik mikrohidro dapat dimanfaatkan. Kondisi topografi di sebelah kiri dan kanan bantaran sungai merupakan kemiringan yang agak landai dan ada yang agak terjal.

Kondisi sungai Batang Marindam ke arah hulu menampakkan kontur yang cukup miring dan banyak bebatuan sebagai penahan erosi sepanjang sungai. Sepanjang aliran batang marindam ditumbuhi pohon pohon besar, Perbukitan yang bebatuan dan landai diselingi dengan kemiringan agak terjal di beberapa tempat sehingga kecepatan aliran air di sungai batang marindam relatif agak kencang berkisar 0.5 m s/d 1,2 m/dt.

Secara umum geologi di wilayah Sumatera Barat bagian utara banyak memiliki goa goa atau lobang disela batu yang banyak didatangi oleh burung walet, Apabila ditinjau secara geomorfologi wilayah Pasaman Barat terdiri antara lain : geomorfologi Pegunungan Tinggi seperti yang terdapat di daerah Bukit Barisan, geomorfologi Perbukitan bergelombang yang terdapat hampir seluruh luas wilayah

dan umumnya disusun oleh batuan sedimen, vulkanik dan batuan malihan, dan geomorfologi daerah perdataran yang disusun oleh batuan sedimendan endapan aluvial. Sebagian besar jenis tanah di kabupaten Pasaman Barat berjenis Podzolik Merah Kuning (PMK)

Nagari Sinuruik kecamatan Talamau kabupaten Pasaman Barat terletak pada daerah jajaran Gunung Talamau yang bebatuan tanah dan pasir yang sangat rawan terhadap longsor dan patahan bumi akibat pergeseran lempengan tanah. Dan apabila pembangunan PLTMH ini akan menggunakan pembuatan bendung maka perencanaan bendung harus memperhitungkan gaya akibat gempa. Percepatan gempa diasumsikan sangat besar yaitu sama besar dengan percepatan gravitasi bumi.

3.4 Kondisi Hidrologi

Secara umum kondisi hidrologi di lokasi studi khususnya di Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang Nagari Sinuruik Kecamatan Talamau cukup baik untuk menjamin ketersediaan sumber daya air sepanjang tahun. Aliran DAS Batang Marindam mempunyai " catchment area " yang masih luas. Suhu berkisar antara 20 °C – 30 °C dengan rata-rata hari hujan 14,35 hari per bulan dan rata-rata curah hujan 265,36 mm per bulan.

3.5 Penggunaan Tanah

Dari pola penggunaan lahan oleh masyarakat di kampung tombang mudik terdiri atas beberapa jenis penggunaan tanah yaitu, perkampungan, persawahan, kebun, ladang, hutan, dulang emas disungai dan peladangan nilam sedangkan goa goa yang ada disekitar bukit dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai peliharaan walet .

Sebagian besar penggunaan lahan adalah sebagai penanaman padi, minyak nilam, sarang burung walet.

No	Jenis Penggunaan lahan	% tase luas lahan
1	Lahan Sawah	2
2	Pekarangan, bangunan dan halaman	1,5
3	Ladang nilam	10
4	Perkebunan	13,49
5	Kebun Campuran	0,32
6	Hutan Negara	37,31
7	Hutan rakyat	18,80
8	Belum digarap	18,00
9	Rawa, kolam	0,03
10	Lain-lain	4,20

*Sumber Solok Selatan dalam Angka tahun 2008

3.6 KONDISI SOSIO – EKONOMI

1. Kependudukan

Jumlah penduduk Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang Nagari Sinuruik adalah sebanyak \pm 650 jiwa, jumlah kepala keluarga 120 kk, Jumlah rumah sebanyak 75 buah persentase tingkat perekonomian masyarakat 40 % tergolong miskin, 35% tergolong sedang dan 25% tergolong baik masyarakat kampung telah banyak memiliki sepeda motor sebagai alat transportasi. Penduduk jorong Tombang merupakan masyarakat asli etnis Minang yang memeluk agama Islam. Tingkat pendidikan masyarakat pada umumnya tamatan SD dan baru beberapa tahun belakangan ini saja ada SMP satu atap. Hal ini merupakan data yang diperoleh dari Kepala Kampung Tombang Mudik (Bpk Akhiyar HP. 081267587482) Jorong Tombang Kenagarian Sinuruik.

2. Mata Pencarian

Secara umum mata pencarian penduduk Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang memiliki akitifitas sebagai pendulang emas pada aliran sungai batang pasaman, dibidang pertanian lebih banyak berkebun nilam, perkebunan karet dan coklat masih sedikit, untuk mensuplai makanan pokok seperti padi masyarakat mengusahakanya melalui padi ladang. Pengolahan lahan pada bukit bebatuan yang memiliki goa atau

lobang dimanfaatkan sebagai pemeliharaan burung walet usaha ini dilakukan berkelompok yang cukup jauh dari pemukiman penduduk. Tanaman yang sudah banyak ditanam masyarakat sebagai penunjang perekonomian, getah / karet (ada yang baru ditanam), kopi, kayu manis dan tanaman lain yang diusahakan. Hampir semua masyarakat di Jorong ini bekerja baik perempuan maupun laki-laki mulai dari remaja sampai orang dewasa, sehingga tingkat pengangguran relatif tidak ada. Yang perempuan ikut keladang dan mendulang emas sedangkan pria dewasa kebanyakan mendulang emas dan menjaga goa tempat burung walet bersarang. Yang lain pada umumnya mereka bekerja sebagai petani padi atau sebagai buruh dan tukang.

Penghasilan sebagai buruh Rp 50000,- tukang Rp 70000,- , kondisi diwaktu survey harga nilam berkisar Rp 300000,- per kg, emas satu buncis Rp 200000,-, harga sarang burung walet saat itu belum diketahui (penjualan langsung tdk banyak diketahui masyarakat).

Dengan tingkat pekerjaan yang relatif dapat memilih sehingga masyarakat jarang yang pergi keluar desa, penghasilan dari sektor lapangan pekerjaan yang ada dikampung tombang mudik ini berdampak kepada tingkat kesejahteraan penduduknya yang relatif baik. Dilokasi harga bahan pokok jauh lebih mahal yang disebabkan akses menuju kampung masih sulit dengan jalan tanah sepanjang lebih kurang 12 Km (musim hujan tidak dapat diakses).

Energi sebagai pendorong peningkatan taraf kehidupan masih diusahakan sendiri oleh masing-masing masyarakat, seperti mesin diesel kecil yang menghabiskan BBM \pm 5 liter setiap malam dan minyak tanah 0,5 liter setiap malam.

3. Sarana Sosial dan umum

Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang Nagari Sinuruik kecamatan Talamau kabupaten Pasaman Barat terdapat beberapa sarana sosial dan umum antara lain, Satu buah sekolah dasar, satu buah SMP, satu masjid, satu mushalla, satu kantor koperasi.

Sarana lainnya yang belum dapat menunjang perekonomian antara lain jembatan yang bersipat darurat dari kayu dan bahkan ada sebuah sungai yang belum ada jembatan bila hujan deras air besar masyarakat tidak dapat menyebarang (untuk melewatinya tunggu air surut) jalan jalan untuk menghubungkan kelompok rumah penduduk telah terbentuk ada yang masih tanah dan ada yang telah dibeton. Sebagai transportasi masyarakat mereka pada umumnya memiliki kendaraan roda dua.

4. Potensi Sumber daya alam

Potensi sumber daya alam yang ada dikampung tombang mudik anatara lain, emas, sarang burung walet, pohon nilam, karet dan padi . Kegiatan ekonomi lainnya selain dari sektor pertanian, di jorong Tombang ini dapat juga menghasilkan galian C yaitu sedikit pasir dan batu kali dari aliran batang marindam. Hal ini menjadi sangat penting dalam melaksanakan kegiatan pembangunan PLTMH untuk menekan biaya dan mempermudah penyediaan bahan – bahan material secara lokal.

Masyarakat sebagai potensi sumber daya manusia dapat membangkitkan potensi alam sesuai kebutuhan, yang dapat diketahui dari pengolahan pohon nilam menjadi minyak nilam dengan proses perebusan daun hingga mendapatkan minyak nilam. Potensi sumber emas yang diusahakan oleh masyarakat melalui pendulangan tradisional. Pengambilan sarang burung walet dari posisinya agar tidak terjadi kepunahan atau pindah kelokasi lain memerlukan pengetahuan yang cukup sehingga tidak semua warga dapat ikut memanen sarang burung walet.

BAB 4
PERENCANAAN PLTMH
TOMBANG

BAB 4 . PERENCANAAN PLTMH

4.1. Umum

Kampung Tombang Mudik Jorong Tombang yang terletak di Nagari Sinuruik Kecamatan Talamau, belum akan mendapatkan listrik PLN yang disebabkan oleh jarak kampong dengan tiang terakhir PLN berkisar 12 km. Sepanjang jarak tersebut belum ada perumahan masih berupa hutan, dengan kondisi jalan tanah apabila musim hujan sulit dilalui.

Untuk mengatasi kebutuhan listrik masyarakat telah mencoba membangun kincir listrik yang hanya bertahan beberapa tahun saja dan dilanda banjir, yang hingga saat ini masyarakat kembali gelap gulita.

Potensi air sebagai pembangkit listrik di kampung tombang mudik berlokasi dibatang marindam yang berjarak lebih kurang 200 meter dari pusat kampung.

4.2 Kebutuhan Energi Listrik

1. Kelompok konsumen tenaga listrik untuk kebutuhan rumah tangga

Adalah kelompok konsumen berupa perumahan, yang mana pada umumnya daya dan energi listrik digunakan untuk keperluan penerangan dan kebutuhan peralatan rumah tangga. Beban maksimum (waktu beban puncak) kelompok konsumen ini terjadi pada malam hari yaitu pada pukul 18.00 – 22.00. Berdasarkan hasil survei dan wawancara yang telah dilakukan, kelompok konsumen rumah tangga dapat digolongkan dalam dua kelas, yaitu ;

- a. Golongan konsumen I, yaitu konsumen dengan rencana konsumsi dan pemakaian daya yang diperkirakan dan dibatasi hingga 220 VA (1 Ampere, 220 Volt, 1 phasa) dan

- b. Golongan konsumen II, yaitu konsumen dengan rencana konsumsi dan pemakaian daya yang diperkirakan dan dibatasi hingga 450 VA (2 Ampere, 220 Volt, 1 phasa).
2. Kelompok konsumen tenaga listrik untuk kebutuhan sosial
- Adalah kelompok konsumen yang konsumsi energinya ditujukan untuk keperluan pelayanan sosial seperti ; untuk masjid/mushalla, sarana sekolah dan penerangan jalan umum. Waktu beban puncak untuk kategori konsumen ini bervariasi, untuk penerangan jalan beban puncak terjadi sepanjang malam (18.00 – 06.00), masjid diasumsikan terjadi pada pukul 18.00 – 22.00 dan 04.30 – 06.00.

Dari data survei yang telah dilakukan, untuk lokasi kampung Tombang Mudik Kenagarian Sinuruik, kondisi demografi tahun 2009 dapat diperlihatkan pada daftar berikut :

Jumlah penduduk	: ± 650 jiwa
Total kepala keluarga	: 120 kepala keluarga
Ukuran besar RT rata-rata	: 5 Jiwa/RT
Jumlah rumah yang akan dilistriki	: 75 Bangunan
Jumlah Rumah Ibadah :	
- Masjid	1 bh
- Mushalla	1 bh
Fasilitas umum lainnya:	
- Sekolah dasar	1 bh
- SMP	1 bh
- Kantor koperasi	1 bh

Untuk lokasi studi, ada beberapa skema dan asumsi yang digunakan antara lain sebagai berikut :

- 1) Jumlah bangunan yang akan dihubungkan ke jaringan listrik adalah 75 rumah, masing masing rumah rata berpenghuni 5 orang.

- 2) Konsumen rumah tangga di bagi atas (a) Golongan I : konsumen dengan kapasitas sambungan 110 VA dan (b) Golongan II : konsumen dengan kapasitas sambungan 220 VA
 - 3) Konsumen rumah tangga dengan Golongan I sejumlah 75 % dari total beban rumah tangga dan konsumen rumah tangga Golongan II sejumlah 25 % dari total beban
 - 4) Jenis beban yang mungkin digunakan oleh keseluruhan konsumen rumah tangga terdiri dari Beban penerangan tipe I (10 Watt), tipe II (20 watt) dan tipe III (40 Watt), beban radio sebesar 15 Watt, TV dan receiver (50 Watt), kulkas (75 Watt) .
 - 5) Waktu beban puncak terjadi pada pukul 18.00 – 20.00.
3. Kelompok pemakaian sendiri yaitu Beban pemakaian sendiri, merupakan beban yang digunakan untuk keperluan energi listrik di rumah pembangkit.

Berikut ini adalah simulasi untuk menentukan besarnya kebutuhan maksimum konsumen rumah tangga di lokasi studi.

- a. Rumah tangga golongan I, 110 VA , jumlah : 75 % dari total RT = 56 KK

Tabel 1. Simulasi Kebutuhan Untuk Masyarakat Kelas I

Tipe Beban	Daya setiap alat	Fp	P_{inst}	Of	P_{peak} =
Penerangan Tipe 1	10	2	20	90	18
penerangan tipe 2	20	1	20	90	18
Radio	15	1	15	60	9
TV	50	1	50	100	50
Cadangan	20	1	20	100	20
			P _{inst} =	125	P _{peak} 115

Catatan :

- F P = Faktor penetrasi ; jumlah per bangunan
 OF = Faktor operasi pada saat beban puncak (%)
 P Peak = P Ins x OF

Dari tabel tersebut, maka :

$$g_{\infty} = \frac{P_{peak}}{P_{inst}} = \frac{115}{125} = 0,92$$

$$g_n = g_{\infty} + \frac{1-g_{\infty}}{\sqrt{n}} = 0,92 + \frac{1-0,92}{\sqrt{56}} = 0,93$$

$$P_{load \max} = n \times g_n \times P_{inst}$$

$$= \frac{56 \times 0,93 \times 125}{1000}$$

$$= 6,5 \text{ kW}$$

Jumlah beban Maksimum beban RT Kelas I Pada saat beban puncak : 6,5 kW

b. Rumah tangga Kelas II, 220 VA, jumlah : 25 % dari total RT = 19 KK

Tabel 2. Simulasi Kebutuhan Untuk Masyarakat Kelas II

Type Beban	Daya setiap alat	F _p	P _{inst}	Of	P _{peak}
Penerangan Tipe 1	10	2	20	90	18
Penerangan Tipe 2	20	1	20	90	18
penerangan tipe 3	36	1	36	90	32,4
Radio	15	1	15	60	9
TV	50	1	50	100	50
Kulkas	75	1	75	100	75
Cadangan	15	1	15	100	15
		P _{inst} =	231	P _{peak}	217,4

Dari tabel tersebut, maka :

$$g_{\infty} = \frac{P_{peak}}{P_{inst}} = \frac{217,4}{231} = 0,94$$

$$g_n = g_{\infty} + \frac{1-g_{\infty}}{\sqrt{n}} = 0,94 + \frac{1-0,94}{\sqrt{19}} = 0,95$$

$$P_{load} \max = n \times g_n \times P_{inst}$$

$$= \frac{19 \times 0,95 \times 231}{1000}$$

$$= 4,1 \text{ kW}$$

Jumlah beban Maksimum beban RT Klass II Pada saat beban puncak : 4,1 kW

Tabel 3. Simulasi Kebutuhan Maksimum Untuk Penggunaan Sosial

Type Beban	Daya (Watt)	Fp	Pins (Watt)	OF (%)	Ppeak (Watt)
Masjid (1 buah)					
Lampu Tipe I	10	5	50	90	45
Lampu tipe II	20	6	120	90	108
Radio / Casette	30	1	30	50	15
Cadangan	40	1	40	100	40
Mushalla (1buah)					
Lampu Tipe I	10	3	30	90	27
Lampu tipe II	20	4	80	90	72
Radio / Casette	30	1	30	50	15
Cadangan	40	1	40	100	40
Kantor koperasi (1buah)					
Lampu tipe II	20	6	120	90	108
Radio / Casette	30	1	30	50	15
Kantor koperasi (1buah)					
Lampu Tipe I	10	2	20	90	18
Lampu tipe II	20	2	40	90	36
Radio / Casette	30	2	60	30	18
Sekolah SD (1 buah)					
Lampu Tipe I	10	2	20	90	18

Lampu tipe II	20	2	40	90	36
Radio / Casette	30	2	60	30	18
Penerangan Jalan					
Lampu Tipe II	20	4	80	100	80
		Jumlah	890	Jumlah	709

Dari tabel tersebut, maka :

Jumlah beban tersambung untuk penggunaan beban sosial : 890 W

Kebutuhan beban puncak : 709 W

Tabel 4. Simulasi Kebutuhan Maksimum Untuk Rumah Pembangkit

Type Beban	Daya (Watt)	Fp	P _{ins}	OF	P _{peak} (Watt)
Lampu Tipe II	20	2	40	100	40
		Jumlah	40	Jumlah	40

Dari tabel tersebut, maka :

Jumlah beban tersambung pemakaian sendiri : 40 Watt

Keb. pada saat beban puncak : 40 Watt

Tabel 5. Kebutuhan Energy listrik untuk kampung Tombang Mudik

No	Tipe beban	Jumlah	Kebutuhan maksimum (Watt)
A	Konsumsi Rumah Tangga		
	a. Kelas 110 Watt	56	6500
	b. Kelas 220 Watt	19	4100
	Jumlah		10600
B	Konsumsi Untuk Pelayanan sosial	6	709
C	Pemakaian Sendiri	1	40
	Jumlah		749
Jumlah Kebutuhan maksimum (A+B+C)			11349

Dengan penjelasan diatas maka didapat kebutuhan energy listrik maksimum untuk jorong Tombang adalah **11349** watt (11,349 kW).

4.3. Proyeksi jumlah penduduk dan kebutuhan daya listrik.

Perkembangan penduduk jorong Tombang diasumsikan bertambah 0,4% pertahun, hingga 15 tahun kedepan kebutuhan akan listrik akan menjadi 11349 watt.

Tabel 6. Proyeksi perkembangan penduduk dan kebutuhan listrik

No	Tahun	Kebutuhan Maksimum (watt)		Jumlah
		Rumah Tangga	Kebutuhan Sosial & pem. Sendiri	
1	2009	10600	749	11349
2	2010	11024	779	11803
3	2011	11465	810	12275
4	2012	11924	843	12766
5	2013	12401	876	13277
6	2014	12897	911	13808
7	2015	13412	948	14360
8	2016	13949	986	14935
9	2017	14507	1025	15532
10	2018	15087	1066	16153
11	2019	15691	1109	16799
12	2020	16318	1153	17471
13	2021	16971	1199	18170
14	2022	17650	1247	18897
15	2023	18356	1297	19653

4.4 POTENSI SUMBER DAYA AIR

1. Potensi daya Listrik

Sungai Batang Tombang berdasarkan survei dan pengukuran yang telah dilakukan diperoleh lebar basah rata-rata 8 m , kecepatan air rata-rata 0,75 meter/detik (pengukuran dengan pelampung 0.7476, 0.7495, 0.7498 dan 0.7497 meter/detik) dan tinggi basa rata-rata 0.6 m setelah dihitung didapat debit air Batang marindam Tombang mudik adalah 0,7 m³/detik dibulatkan kebawa 0,5 m³/detik. Rencana PLTMH Tombang mudik menggunakan bendungan (weir) sepanjang 16 meter dan mercu setinggi 1,5 meter, yang mengarahkan air melalui intake menuju saluran pembawa. Intake saluran ini terletak pada sisi kiri saluran pembawa. Daya listrik yang dapat dibangkitkan PLTMH Tombang mudik dengan debit 500 liter/detik dan tinggi jatuh air 3,5 meter didapat daya dibangkitkan besar 12 kW.

2. Ketersediaan Air

Ada dua cara yang umum digunakan untuk menentukan debit sungai. Cara pertama didasarkan pada data curah hujan dan daerah tangkapan hujan, dimana debit dihitung sebagai perkalian luas daerah tangkapan dengan curah hujan dan konstanta yang ditentukan oleh sifat resapan air pada daerah tersebut. Data curah hujan pada daerah tangkapan dapat di *interpolasi* dari data curah hujan daerah sekitar dengan menggunakan *interpolasi Sibson* atau *inverse distance*. Pada metoda kedua, debit aliran sungai di ukur langsung sepanjang tahun. Karena tidak tersedia nya data daerah tangkapan dan kurangnya data curah hujan lokasi studi untuk dapat menghasilkan hasil *interpolasi* yang akurat dalam penentuan curah hujan di lokasi studi yang dimaksud dalam kegiatan ini, pengukuran debit langsung digunakan dalam kegiatan ini.

Debit idealnya diukur selama selang waktu yang panjang minimal selama satu tahun, kemudian debit rancangan yang digunakan dalam perancangan sistem pembangkit ditentukan berdasarkan data ini. Data debit tersebut di plot dalam bentuk kurva FDC. Debit rancangan kemudian dipilih sebagai nilai median dari debit pada kurva FDC tersebut dengan syarat titik terendah debit tidak lebih rendah dari

nilai minimum debit yang dibolehkan untuk turbin yang digunakan. Debit minimum tersebut adalah debit yang mengakibatkan terjadi penurunan efisiensi secara tajam. Pemakaian debit median sebagai debit rancangan menyebabkan turbin beroperasi pada debit yang berubah ubah sepanjang tahun. Jika debit terendah yang tersedia sudah mencukupi untuk membangkitkan daya sesuai kebutuhan, debit tersebut sebaiknya digunakan sebagai debit rancangan. Dengan pemilihan ini produksi listrik tidak bergantung pada fluktuasi debit sungai. Debit tersebut didekati dengan $0.7 \times Q_{ker}$, dimana Q_{ker} adalah debit terukur selama musim kering.

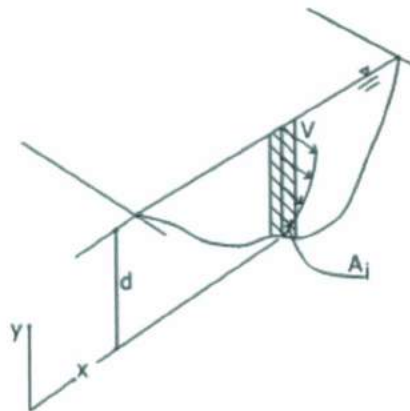
Q_{ker} kegiatan ini diukur ketika musim kering sekitar bulan September dan Oktober dengan menggunakan metoda kecepatan luas penampang (*velocity-area*). Debit air di sungai batang marindam $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit terendah adalah $0,7 \times 0,8$ yaitu sebesar $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$. Walau pun seluruh debit tersebut dapat digunakan untuk pembangkit karena tidak digunakan oleh penduduk untuk kepentingan lain, turbin yang dirancang tidak memanfaatkan seluruh debit yang tersedia untuk menjaga kondisi ekosistem antara *intake* dan *powerhouse*. Debit yang digunakan dalam rancangan ini adalah $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Debit aliran diukur dengan metoda kecepatan luas penampang (*velocity-area*). Dalam pengukuran ini penampang melintang sungai dibagi atas sejumlah, i , segmen dan distribusi kecepatan pada tiap segmen didapatkan dengan mengukur kecepatan pada sejumlah titik sepanjang sumbu segmen dengan menggunakan *current meter*. Kecepatan rata-rata pada penampang tiap segmen kemudian didekati dengan luas daerah dibawah kurva distribusi kecepatan dibagi dengan tinggi segmen d :

$$V_{avg} = \frac{1}{d} \int_d V \, dy$$

Debit total selanjutnya dihitung sebagai jumlah debit pada keseluruhan segmen:

$$Q = \sum_{i=1}^I (V_{avg})_i A_i$$



Gambar 4.1. Distribusi kecepatan air pada penampang sungai

Sumber air untuk PLTMH Tombang mudik dari Batang marindam merupakan aliran air yang mempunyai ketinggian yang cukup. Pengukuran debit air pada musim kemarau serta informasi masyarakat menunjukkan tersedianya sumber daya air yang relatif terjamin sepanjang tahun dalam jumlah yang memadai. Berdasarkan survei lapangan debit air Batang Tombang yang terukur pada musim kemarau $\pm 0.6 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan ini diprediksi bisa terpenuhi sepanjang tahun.

Banyaknya sejumlah sungai kecil yang bermuara ke Batang marindam, area tangkapan hujan yang berupa area perkebunan masyarakat sebagai konservasi air dan curah hujan yang relatif tinggi di wilayah jorong Tombang dan daerah sekitarnya juga merupakan faktor penting dalam menjamin ketersediaan air sepanjang tahun.

Berdasarkan analisa kebutuhan energi listrik untuk jorong Tombang, PLTMH Tombang mudik di disain untuk memanfaatkan debit air sebanyak 500 liter atau $0,5 \text{ m}^3/\text{detik}$. Potensi penggunaan air Tombang mudik ini sebelumnya sudah digunakan untuk listrik kncir.

3. Desain Head

Kondisi topografi di sebelah kiri dan kanan bantaran sungai merupakan kemiringan yang agak landai dan ada yang terjal. Kondisi batang marindam ke arah hulu yaitu Perbukitan landai dan diselingi dengan kemiringan agak terjal di beberapa tempat sehingga aliran sungai mempunyai ketinggian

Tinggi jatuh kotor air (*head gross*) diukur dari posisi rencana Bak Penenang sampai ke rencana lokasi *Power House* ujung pipa pesat di dapat beda tinggi 4 meter. Head tersebut diperoleh setelah membawa aliran air melalui saluran pembawa sepanjang 85 m.

4. Layout PLTMH Tombang Mudik

PLTMH Tombang merupakan pembangkit *Run Off River* yang memanfaatkan aliran Batang Tombang. Rencana PLTMH Tombang akan menggunakan saluran pembawa sepanjang lebih kurang 85 m , rencana lokasi bak penenang dan rumah pembangkit masing-masing pada koordinat sama karena jenis turbin yang dipakai adalah propeller N: 00⁰. 15'. 16,5" E: 099⁰ 52¹ 41,5", Sedangkan lokasi bending N: 00⁰ 15' 20,1"

Prakiraan kebutuhan energi listrik untuk Kampung Tombang mudik ditunjukkan pada tabel 6. Daya listrik yang dapat dibangkitkan dengan debit air 500 l/detik dan net head 3,5 m adalah sebesar 11,7 kw. PLTMH Tombang sangat dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat hingga 4 tahun kedepan dengan prediksi pertumbuhan penduduk 4 %.

Tabel 7. Prakiraan Kapasitas daya rencana PLTMH Tombang

No	Uraian	Simbol	Unit	Nilai
1	Prakiraan Tinggi Kotor	H g	m	4,5
2	Prakiraan Head Bersih	H n	m	3,5
3	Desain Debit	Q d	Ltr/s	500
4	Potensi Hidrolik	P w	kW	14,4
5	Prakiraan Efisiensi Turbin	Eff t		80 %
6	Prakiraan sistem tranmisi mekanik	Eff tm		97 %
7	Prakiraan Efisiensi Generator	Eff g		90 %
8	Prakiraan Kapasitas daya terbangkit	P el1	kW	12
9	Prakiraan kehilangan Daya di jaringan, 2%	P loss	kW	0,24
10	Prakiraan Daya listrik dipusat beban	P el	kW	11, 76
11	Prakiraan kebutuhan daya listrik di jorong	P d	kW	11,349

Adapun rumus yang mendasari perhitungan daya listrik diatas adalah

$$P_h = Q_d \times H_g \times G$$

Dimana:

P_h = Potensi daya hidrolik, kw

Q_d = Debit desain, m³/ detik

H_g = *Gross Head* , m

G = Konstanta gravitasi, 9,8 m / det²

Tinggi jatuh bersih (*net head*) ditentukan oleh rugi-rugi gesekan dan turbulansi dalam pipa pesat.

4.5 FASILITAS BANGUNAN SIPIL

Fasilitas utama bangunan sipil PLTMH adalah terdiri dari bendungan, bangunan penyadap air (*intake*), saluran pembawa (*head race*), bak penenang (*forebay*), pipa pesat (*penstock*), rumah pembangkit (*power house*), dan saluran pengeluaran / buang (*tail race*).

1. Bendungan

Pengambilan air sebesar 500 liter/dtk memerlukan bendungan (*weir*) yang berfungsi untuk menjamin dan mengontrol pasokan air yang direncanakan memasuki *intake*. Bendungan ini direncanakan panjang 16 m dengan ketinggian 1,5 m dari permukaan air normal. Bendung terbuat dari pasangan batu kali dengan tinggi 300 cm di atas dasar sungai. Dasar sungai digali sedalam 100 cm untuk menempatkan pondasi bendung rencana. Bendungan tersebut dilengkapi dengan sayap dibagian kiri dan kanan.

2. Intake

Intake berfungsi sebagai jalan masuk air yang berasal dari sungai agar masuk kesaluran pembawa. Rencana bangunan penyadap air yaitu *intake* berada pada sisi kiri aliran sungai. *Type intake* adalah *side intake* (melintang arah aliran air) yang

dibuat dengan konstruksi berupa pasangan batu kali diplester. *Intake* dilengkapi dengan *trashrack* (saringan) untuk mencegah masuknya sampah, ranting besar atau benda-benda yang dapat mengganggu aliran air yang memasuki saluran pembawa, selain itu *intake* di lengkapi pula dengan *spillway* (pelimpah), pintu skat (*Stoplog*) untuk menutup aliran air.

3. Saluran Pembawa

Saluran pembawa (*head race*) berupa saluran pasangan batu kali (1:4) dan (1:3) dengan plesteran semen pada bagian yang tertentu yang kondisinya rawan longsor dan tidak didukung dinding tanah. Saluran pembawa untuk PLTMH Tombang sepanjang 85 m, dimensi saluran berukuran penampang dalam lebar 0,8 m dan penampang atas lebar 1,2 m dan tinggi 1,2 m, dengan ketebalan pasangan batu kali 30 cm. Ketinggian air yang mengalir pada kondisi normal adalah 0,9 m dari dasar saluran. *Slope* saluran pembawa sebesar 1/1000 dengan kecepatan aliran air rata-rata direncanakan 0,75 m/detik. Saluran pembawa berupa saluran terbuka (*open chanel*).

4. Bak Penenang

Bak penenang (*forebay*) terletak di ujung saluran pembawa. Struktur bak penenang berupa pasangan batu kali (1:2) terdiri dari bak pengendap (*settling basin*), saluran pelimpah (*spillway*), pipa penguras, *trashrak*, dan bak penenang sendiri. Bangunan ini sering kali dikenal dengan istilah *head tank*, sebagai *reservoir* air yang terletak pada sisi atas untuk dialirkan ke *penstock*. Beda tinggi jatuhnya air ini yang dikenal sebagai *head*.

Bak penenang berfungsi untuk meredam energi aliran dari saluran pembawa, menampung kemudian membuang kelebihan air dari saluran pembawa, pemasok air ke dalam pipa pesat dan meredam *water hammer*. Dalam perencanaan bak penenang terdiri dari 2 bagian yaitu :

- (1) Profil basah, bebas dari pengendapan.

Kapasitas bak penenang menggunakan rumus :

$$V_{sc} = A_s \times d_{sc} = B \times L \times d_{sc}$$

dimana, A= area bak penenang, B= Lebar bak penenang, L = luas bak penenang dan d_{sc} = kedalaman air menggunakan debit maksimum (h_0) menuju kedalaman kritis dari ujung tanggul untuk menjebak pasir dalam sebuah bak penenang (h_c).

(2) Kantong Pasir

Untuk perhitungan butiran pasir di ambil D_{50} dan perhitungan berdasarkan prinsip kecepatan jatuh endapan digunakan rumus sebagai berikut :

$$H = W \cdot t \text{ dan } L = V \cdot t, \text{ lebar dasar } B = Q / (H \cdot V)$$

Dimana: H = tinggi profil bebas endapan (m), L = panjang profil, W = kecepatan jatuh butiran, V = kecepatan rata-rata di bak, Q = debit rencana dan t = waktu tempuh.

Bak penenang sekurang-kurangnya dilengkapi dengan bagian-bagian konstruksi sebagai berikut: Bangunan pelimpah, pintu penguras, Lobang sadap untuk pipa pesat, pintu pengatur dan ruang saringan sesuai dengan jenis turbin. Diperlukan instalasi pipa lubang angin dan *Spillway* pada bak penenang.

Dimensi Bangunan bak penenang untuk PLTMH Tombang berukuran panjang 9 m x 3 m dengan bagian utamanya adalah bak pengendap dan dilengkapi dengan pintu penguras. Keberadaan posisi bak disesuaikan dengan kondisi lapangan.

Fasilitas saluran pelimpah pada bak penenang akan mengalirkan air ke sawah melalui saluran pembawa. Struktur saluran pelimpah berupa pasangan batu kali. Sebagai *finishing* adalah lapisan plester semen mencegah rembesan.

5. Pipa pesat (*penstock*)

Saat ini, bahan utama pipa pesat adalah pipa-pipa baja, pipa-pipa *ductile* dan pipa FRPM (*fibre reinforced plastic multi-unit*). Sedangkan pembangkit tenaga air skala kecil menggunakan pipa – pipa *hard vinyl chloride*, pipa-pipa *howell* atau pipa-pipa

spiral welded dapat dipertimbangkan karena diameternya kecil dan tekanan internalnya relatif rendah.

Penstock yang diperlukan pada perencanaan PLTMH Tombang menggunakan Plat baja di roll atau *Rolled welded steel* tebal 2,6 – 4,2 mm yang di-roll dan dilas di *workshop* dengan diameter pipa 0,57 m. *Druftube* sepanjang 4,5 m. Sebagai *finishing*, permukaan luar *druftube* dicat untuk melindungi terhadap karat.

6. Rumah Pembangkit dan Saluran buang

Power House atau rumah pembangkit berfungsi untuk menyediakan tempat bagi peralatan *elektrikal* dan *mekanikal* yang akan dipasang. Turbin beserta sistem transmisi mekanik, generator, panel kontrol dan *ballas load* terpasang di dalam bangunan ini. Rumah pembangkit direncanakan berupa bangunan permanen dengan ukuran 4 x 6 meter. Selain berfungsi sebagai tempat peralatan rumah ini dilengkapi dengan ruang jaga. Dinding rumah menggunakan pasangan batu bata merah atau *Hallow Brick* dengan plesteran semen. Bagian lantai rumah menggunakan struktur beton bertulang yang berfungsi untuk dudukan turbin.

Posisi rumah pembangkit berada pada ketinggian 0,5 meter dari muka aliran irigasi. Daerah sekitar rumah pembangkit relatif lapang dan bersih, sehingga tidak diperlukan tambahan akses jalan disana.

Air yang sudah digunakan turbin dialirkan ke saluran pembuang (*tail race*) yang menuju sungai. Panjang saluran pembuang ini sepanjang 14 meter. Saluran pembuang menggunakan saluran terbuka yang terbuat dari pasangan batu. Debit disain untuk saluran ini adalah sebesar 0,5 m³/dt, yang merupakan debit yang dibutuhkan turbin saat sekarang.

4.6 PERLENGKAPAN ELEKTRIKAL – MEKANIKAL

Perlengkapan *Elektrikal* – *mekanikal* sistem PLTMH merupakan produk rekayasa dalam negeri.

Komponen utama perlengkapan ini terdiri dari

- Unit Turbin
- Sistem Transmisi mekanik
- Generator *Synkron*
- Panel Kontrol beban ELC
- *Ballast Load* (*wáter heater* atau *air heater*)

1. Turbin

Ada banyak pilihan turbin yang mungkin digunakan untuk kondisi tertentu. Sehingga untuk mendapatkan pilihan yang tepat perlu ditetapkan kriteria pemilihan. Kriteria yang digunakan pada kegiatan ini adalah:

- *Head*, Debit, *fluktuasi* debit dan efisiensi
- Putaran turbin
- Kavitasi
- Biaya

Karena perbedaan dalam tujuan dan pertimbangan-pertimbangan dalam rancangan, efisiensi maksimum masing-masing turbin terjadi pada daerah putaran spesifik yang berbeda. Turbin *impuls* seperti *Pelton* dan *Banki* mempunyai efisiensi maksimum pada kecepatan spesifik yang relative rendah dibanding turbin *Francis* atau *Axial*. Pertimbangan efisiensi ini seringkali menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan turbin, karena menjaga turbin beroperasi pada efisiensi tinggi berarti menghemat jumlah rupiah yang besar selama operasinya.

Variable putaran spesifik dalam kriteria pemilihan turbin seringkali diganti dengan variable head dan debit dengan mensubstitusi variable putaran dalam persamaan putaran spesifik dengan persamaan untuk putaran optimum turbin, dihasilkan kurva jenis turbin pada berbagai *head* dan debit,

Dari data pengukuran diketahui debit aliran $0,5 \text{ m}^3$, *head* bersih adalah 4 m. Berdasarkan data tersebut ada tiga pilihan turbin *Pelton*, *Turgo* atau *Banki*. Turbin

banki mempunyai beberapa kekurangan di banding roda *Pelton* atau *Turgo* terutama menyangkut efisiensi yang relatif lebih rendah dan efisiensi tersebut sangat sensitif terhadap perubahan debit. Namun, turbin mempunyai harga lebih murah, mudah dalam perawatan, pengoperasian *banki* dan sudah diproduksi di dalam negeri.

Putaran adalah variabel lain yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan turbin. Putaran turbin harus disesuaikan dengan putaran generator. Jika turbin dikopel langsung dengan generator, putaran turbin harus dibuat sama dengan putaran generator, namun hal ini seringkali tidak dapat dilakukan karena memaksa turbin bekerja tidak pada putaran spesifik yang menghasilkan efisiensi maksimal. Sehingga perubah putaran seperti sabuk atau roda gigi diperlukan untuk menghasilkan putaran yang dibutuhkan generator. Turbin *banki* dalam hal ini lebih menguntungkan dibanding *Pelton* karena turbin tersebut beroperasi pada putaran yang relatif tinggi sehingga lebih dekat dengan putaran generator, dengan demikian rugi transmisi pada perubah putaran lebih rendah.

Pertimbangan efek kavitasi dalam rancangan berpengaruh pada pemilihan ketinggian turbin dari permukaan air pada kolam buangan, sudut serang sudu pada turbin reaksi dan bahan yang digunakan untuk membuat turbin.

Biaya adalah faktor lain yang harus dipertimbangkan selain aspek teknis. Turbin yang dibangun dimaksudkan untuk memberdayakan kehidupan dan kesejahteraan masyarakat, dan turbin juga di operasikan dan dirawat oleh masyarakat, agar hal ini dapat mencapai sasaran biaya tidak dapat dijadikan satu satunya dasar pengambilan keputusan. Perlu ada pertimbangan kemudahan pengoperasian dan perawatan, pertimbangan kemanfaatan turbin bagi masyarakat, dan usaha pemanfaatan sumber daya air yang ada semaksimal mungkin.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan diatas diusulkan untuk menggunakan turbin Propeller D 300 dengan 4-5 daun propeller. Berdasarkan informasi pabrik pembuatnya turbin tersebut dapat beroperasi dengan efisiensi 76% dan ukuran runner relatif sedang.

2. Sistem Transmisi Mekanik

Sistem transmisi mekanik berfungsi meneruskan energi mekanik putaran poros turbin ke generator sekaligus menaikkan putaran sesuai spesifikasi generator (1500 rpm). Ada dua jalan bagi kopling antara turbin dan generator. Pertama adalah kopling langsung dengan batang turbin dan batang generator. Yang lainnya adalah kopling tidak langsung dengan menggunakan fasilitas transmisi tenaga (*speed increaser*) antara batang turbin dan batang generator. Nilai kecepatan turbin adalah harus tetap dengan memilih jenis turbin dan kondisi disain asli dari head efektif dan debit air (keluaran air) dan tidak dapat diubah. Pada sisi lain, kecepatan generator harus dipilih dari frekuensi yang ditunjukkan tabel di bawah. Oleh sebab itu, jika kecepatan keduanya turbin dan generator sama, turbin dan generator dapat digandeng langsung. Bagaimanapun, seperti disain kopling langsung kadang-kadang tidak dapat digunakan karena berbiaya tinggi untuk turbin dan generator, terutama pada kasus pembangkit listrik mikro atau kecil.

Oleh karena itu, fasilitas transmisi tenaga (*speed increaser*) biasanya diadopsi untuk menyamakan kecepatan turbin dan generator dan menghemat biaya total.

1) Jenis *bearing*

Batang turbin dan batang generator disuport oleh bearing secara paralel dengan bearing anti gesekan mengacu pada kecepatan turbin dan generator untuk dapat meneruskan daya dan putaran. Dalam hal ini kita berpedoman kedalam tabel bearing yang ada dipasaran agar umur masa pakainya panjang dan penggantian untuk menanggulangi kerusakan dapat diatasi masyarakat lokal dengan biaya relatif rendah. (Efisiensi: 97-95% tergantung pada tipenya).

2) Jenis belt:

Beberapa komponen perubah kecepatan lain seperti, flat belt atau V belt dipertimbangkan untuk digunakan. Dimana batang turbin dan batang generator dihubungkan dengan pulley (roda putar) dan belt sesuai dengan perbandingan kecepatan antara turbin dan generator. Disain dan pemakain sabuk / belt sebaiknya

menggunakan komponen yang ada dijual pada kota terdekat dimana PLTMH berada agar biaya relative rendah dengan tetap mempertimbangkan efisiensi. (Efisiensi: 98-95% tergantung pada jenis belt).

Perubah kecepatan jenis belt dipilih dibanding roda gigi karena lebih murah dan mudah dalam hal perawatan. Flat belt dipilih dibanding V belt karena pada V belt perlu membatasi range putaran pada kisaran 1000 ft/min dan 5000 ft/min untuk mencegah getaran. Disamping itu V belt hanya dapat digunakan pada daerah jarak poros yang relatif lebih pendek.

Pemilihan bahan dan lebar belt didasarkan pada data sebagai berikut:

Daya yang ditransmisikan (H_{nom}): 11,7 kW

Putaran puli (n): 1500 rpm Diameter puli I (d) = 4 inch

Diameter puli II (D) = 12 inch

Jarak poros (C) = 65 cm

Desain transmisi mekanik PLTMH Tombang menggunakan Flat belt /V belt dari bahan Habasit, Belt akan menghubungkan Pulley pada ujung atas turbin dengan pulley kecil pada ujung bawah generator. Sistem transmisi pada kedua sisi (sisi turbin dan sisi generator) dilengkapi plummer block bearing untuk menumpu poros pulley.

3). Generator

Generator berfungsi mengkonversikan energi mekanik, yang ditransfer oleh turbin air melalui transmisi mekanik, menjadi energi energi listrik. Ada 2 jenis generator yang dapat digunakan untuk PLTMH, yaitu generator sinkron dan generator induksi. Generator sinkron penggunaannya sudah demikian luas pada PLTMH, sedangkan generator teknologinya masih baru berkembang sehingga belum begitu luas diketahui cara cara pengopersiannya oleh masyarakat. Selain itu, untuk mengoperasikan mesin induksi sebagai generator diperlukan kapasitor eksitasi, yang kapasitas sebanding dengan kapasitas terpasang generator. Untuk generator dengan kapasitas besar maka jumlah kapasitor eksitasi juga menjadi besar.

Didasarkan pertimbangan ini, maka dalam perencanaan ini digunakan generator sinkron. Hasil perhitungan daya output turbin 14,4 kW, maka besarnya daya output generator dapat diselesaikan sebagai berikut :

$$P_{out(generator)} = 14,4 \times \eta_{transmekanik} \times \eta_{generator}$$

Efisiensi transmisi mekanik dan generator masing-masing 97 % dan 90 %, sehingga besar daya (output) generator adalah :

$$P_m = 14,4 \times 0,97 \times 0,9 = 12,5 \text{ kw}$$

Asumsi faktor daya = 0,8 maka kVA generator dapat ditentukan sebagai berikut :

$$kVA(generator) = \frac{1,2 \times 12,5}{0,8} = 18,75 \text{ kVA}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas direkomendasikan generator sinkron dalam kapasitas yang mudah ditemukan dipasar, yaitu kapasitas 10 kW atau 20 kVA. Sistem tegangan generator yang tersedia 400/230 V sedikit lebih besar dari sistem tegangan distribusi 380/220 V. Hal ini akan dapat menguntungkan karena kelebihan tegangan bisa mengantisipasi sebagian drop tegangan pada saluran transmisi/distribusi. Generator yang direkomendasi sudah dilengkapi dengan AVR dan peralatan proteksinya seperti Emergency warning set, overload, overvoltage, dan lightning protection. Generator menggunakan hubungan Y dengan dengan netral ditanah.

Beberapa merk generator yang direkomendasikan dipakai yaitu STAMFORD, Mc Alte, Marely , Siemen dan matari yang biasanya mudah didapat.

4). Sistem Kontrol dan Proteksi

Untuk pengontrolan tegangan output generator menggunakan AVR, yang biasanya sudah sepaket dengan generator. Selain itu, pada paket generator yang juga dilengkapi dengan komponen proteksi standard untuk generator. Sistem kontrol bertugas mengatur kompensasi beban untuk menyeimbangkan beban dengan daya

out put generator. Sistem ini melindungi generator dan turbin dari run away speed (kecepatan liar) apabila terjadi beban putus atau drop.

Sedang pengontrolan perubahan frekuensi sebagai akibat perubahan beban atau fluktuasi debit, sistem kontrol yang digunakan adalah Elektronik Load Control (ELC). Sistem kontrol ELC berfungsi mengatur pembebanan kompensasi oleh *dummy load* sehingga pembebanan total yang dirasakan oleh generator tetap walaupun terjadi fluktuasi beban atau/dan debit air, dengan rating sesuai dengan out put ditambah *safety factor* 1,2. Sistem kontrol ini menyatu dengan panel kontrol listrik dan bekerja secara otomatis. Sebagai *dummy load* digunakan tipe pendingin udara. Kapasitas *dummy load* yang didesain 20 kW atau 20 hingga 40 % diatas kapasitas nominal generator. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari pemanasan lebih. Disamping itu, untuk mengefektif proses pendinginan *dummy load*, maka rumah pembangkit harus dilengkapi dengan *exhaust fan*. Hal ini mempengaruhi umur penggunaan *ballast load*.

Sebagai pelengkap, sistem ketenagalistrikan (electrical system) PLTMH diproteksi dengan penggunaan *Lightning Arrester* untuk keamanan dari petir dan sistem pentanahan.

Sistem elektrikal pembangkit juga dilengkapi dengan main panel hubung bagi, Panel hubung bagi tersebut merupakan kotak logam untuk meletakkan berbagai peralatan proteksi, pemutus, peralatan ukur dan peralatan indikator. Peralatan-peralatan tersebut didisain sesuai kebutuhan yang terdiri atas komponen-komponen:

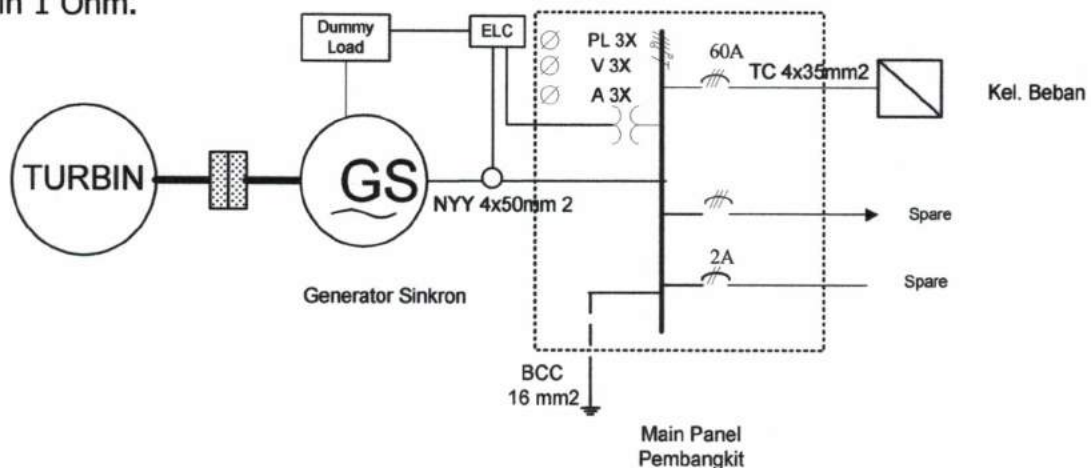
1. Saklar daya (saklar utama) jenis MCCB
2. NFB dan Fuse untuk masing-masing cabang distribusi masing-masing jalur distribusi
3. Bus bar, digunakan sebagai titik sambungan antara incoming daya dari generator melalui saklar utama dan outgoing saluran menuju masing-masing jalur distribusi. Bus bar juga digunakan sebagai titik sambungan bagi peralatan-peralatan ukur tegangan dan arus
4. Voltmeter yang dilengkapi dengan Selector switch.

5. Amperemeter dan CT untuk masing-masing fasa.
6. KWH meter 3 fasa.
7. Frekwensi meter.
8. Hour meter.
9. Lampu indicator
10. Sistem proteksi dan alarm

Untuk menjaga keamanan, panel hubung bagi ditanahkan menggunakan kabel BCC dengan kapasitas yang mencukupi. Panel hubung bagi dipasang pada dinding rumah pembangkit dengan diberi tiang penyangga yang kokoh.

5). Sistem Pentanahan

Pada rumah pembangkit terdapat 2 bentuk pentanahan, yaitu pentanahan sistem dan pentanahan penangkal petir. Tahanan pentanahan untuk sistem tidak boleh lebih dari 3 Ohm, sedangkan tahanan pentanahan untuk penangkal petir tidak boleh lebih 1 Ohm.



Gambar 4.2 Generator Sinkron dan Sistem Kontrolnya (ELC)

4.7 JARINGAN DISTRIBUSI

Rumah pembangkit (power house) dilokasi studi terletak jauh dari pemakai tenaga listrik. Listrik yang dihasilkan dari generator, disalurkan dari power house melalui

sistem distribusi hingga ke instalasi rumah. Sistem tersebut harus dirancang dengan optimal untuk mengurangi rugi-rugi daya (power losses) dan drop tegangan terutama bila jarak antara rumah pembangkit listrik ke tempat pemakai/konsumen relatif jauh. Selain itu sistem distribusi juga harus dapat memberikan kondisi perlindungan (proteksi) yang baik bagi sistem kelistrikan secara keseluruhan. Perencanaan sistem distribusi mengacu pada beberapa kriteria yaitu:

- Range dari variasi tegangan listrik yang tersedia
- Rugi-rugi daya maksimum agar PLTMH masih dalam batas ekonomis (menguntungkan)
- Pemilihan jenis kawat penghantar dan penampang kawat
- Perlindungan terhadap gangguan listrik dan non listrik
- Keamanan bagi masyarakat yang beraktivitas di sekitar jaringan.

Pemukiman penduduk di Jorong Tombang merupakan perumahan yang letaknya saling berpecah. Panjang jalur utama distribusi dari rumah pembangkit (*Power House*) ke tengah pemukiman adalah sekitar 250 m. Panjang jaringan distribusi pada pusat beban sekitar 500 m.

Sistem distribusi ini Jaringan Tegangan Rendah 220 V dan mengacu pada Standarisasi Kelistrikan Indonesia. Jaringan distribusi PLTMH Tombang melayani ± 75 konsumen, instalasi rumah (*house wiring*) di lakukan sesuai standard PLN baik dalam penggunaan material maupun dalam teknis.

Sistem penyaluran listriknya di lakukan dengan system paket sebagaimana banyak di lakukan pada pembangunan PLTMH yang lain. Setiap sambungan jaringan listrik daya maksimumnya di batasi sampai 110 dan 220 watt dengan menggunakan pembatas arus MCB 0,5 dan 1 Ampere.

Tegangan sistem distribusi untuk sistem PLTMH dilokasi studi merupakan tegangan rendah (380/220 V). Penggunaan sistem distribusi tegangan rendah ini lebih ekonomis meskipun terjadi drop tegangan yang relatif lebih besar. Suplai tenaga listrik dari power house (pusat listrik) menggunakan sistem tiga fasa dengan rangkaian 4 kawat (sambungan bintang, Y). Keuntungan penggunaan 4 kawat

dibanding 3 kawat adalah kapasitas mengalirkan daya lebih tinggi dan regulasi tegangan lebih baik. Dengan arus yang sama daya dari sistem 4 kawat adalah $\sqrt{3}$ kali lebih besar daripada menggunakan sistem delta 3 kawat.

Pada dasarnya bentuk-bentuk jaringan distribusi dapat digolongkan menjadi sistem radial dan sistem loop (tertutup). Pada sistem loop jalur distribusi membuat suatu rangkaian tertutup. Sistem ini cukup rumit dengan kebutuhan perlengkapan hubung-bagi (switch gear) dan pengaman. Walaupun demikian, sistem ini mempunyai keandalan yang sangat tinggi. Sistem radial terdiri dari satu atau lebih saluran pencatu yang menyebar ke titik-titik yang ditentukan. Bentuk ini merupakan sistem yang paling sederhana, mudah untuk dirancang, murah, dan sistem pengamanannya lebih sederhana, tetapi keandalannya rendah. Namun bila diberi pengaman dengan baik sistem ini akan memberikan pelayanan yang memuaskan, tetapi setiap gangguan rangkaian akan menyebabkan catu daya terputus. Untuk sistem distribusi PLTMH di rencanakan digunakan sistem radial -yang telah diberi pengaman dengan baik - untuk mengurangi biaya instalasi tanpa mengorbankan pelayanan.

1. Desain Teknis Fasilitas Distribusi

Untuk mengalirkan arus listrik dari generator ke pelanggan atau ke perumahan masyarakat diperlukan fasilitas distribusi. Fasilitas distribusi ini bagaikan pipa pada saluran air. Perbedaan tegangan akan menyebabkan mengalirnya arus listrik sedangkan pada air yang menentukan adalah perbedaan tekanan. Kalau secara alamiah perbedaan tekanan ini ditentukan oleh perbedaan ketinggian terhadap permukaan laut. Semakin besar penampang saluran semakin besar arus yang bisa dilewatkan namun di sisi lain semakin besar pula investasi yang diperlukan. Jadi untuk merancang fasilitas distribusi diperlukan pertimbangan seperti berikut:

- a. Kelayakan secara teknis peralatan
- b. Kelayakan secara teknis pemasangan
- c. Dan kelayakan secara ekonomis.

2. Jalur Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi dimulai dari peralatan hubung bagi pada rumah pembangkit hingga mencapai sambungan luar konsumen. Secara sederhana komponen jaringan distribusi di bagi atas : Panel hubung bagi, saluran distribusi dan tiang-tiang

Secara umum, jalur distribusi dibangun di sepanjang jalan pemukiman pemakai listrik suatu PLTMH. Hal ini menjadi pilihan karena adanya kemudahan dan pembangunan sehingga mengurangi biaya pengerjaan. Untuk pemilihan posisi dan lokasi struktur pendukung harus dipilih pada tempat-tempat dimana faktor-faktor berikut menjadi acuannya:

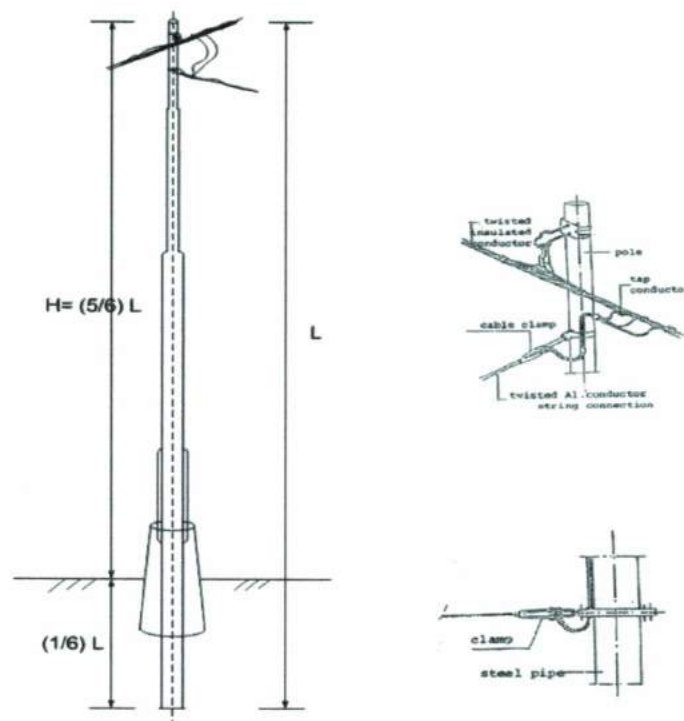
- (a) Mudah untuk akses dan perawatan
- (b) Kondisi tanah kuat dan stabil
- (c) Diharapkan tidak ada masalah dalam pengalihan/penggunaan lahan
- (d) Tidak ada masalah pada jarak dengan rumah dan pohon, dsb
- (e) Jalur distribusi harus paling pendek

Jika tiang dipasang disekitar slope curam atau pada dasar jurang, maka harus dipertimbangkan hal tersebut. Hindarkan memasang tiang yang ada gundukan tanah yang cukup tinggi, karena akan memperpendek jarak antara titik terendah andongan saluran dengan tanah sehingga akan menjadi rawan terhadap gangguan. Jarak antara titik terendah andongan dengan permukaan tanah tertinggi minimal 4 meter untuk tegangan 220 volt.

Material konduktor yang sering dipilih adalah antara alumunium atau tembaga (copper). Penghantar yang digunakan dapat berupa penghantar telanjang atau penghantar berisolasi (kabel). Untuk kabel distribusi utama dalam perencanaan ini digunakan penghantar kabel twisted aluminum berpenampang $4 \times 25 \text{ mm}^2$ Untuk kabel sambungan konsumen atau sambungan rumah digunakan ukuran $2 \times 10 \text{ mm}^2$. Saluran distribusi ini digantungkan pada tiang-tiang distribusi, dimana sambungan ke konsumen melalui kabel SR dilakukan.

3. Tiang dan Perlengkapannya

Tiang listrik untuk jaringan tegangan rendah terdiri dari tiang tunggal. Tiang- tiang listrik dapat dibuat baja, beton bertulang atau kayu. Untuk lokasi studi akan digunakan tiang besi dengan panjang 9 meter yang dicat hitam putih diatas dasar cat meni. Dasar tiang diperkuat dengan coran beton sebagai pondasinya. Jarak antar tiang sejauh 50 meter, didirikan sepanjang tepi jalan. Tinggi minimum saluran terhadap tanah diantara dua tiang adalah 4 meter.



Gambar 4.3 Tiang dan koneksinya

4. Instalasi Rumah Pemakai Listrik (Konsumen)

Untuk instalasi di dalam rumah/gedung sering digunakan isolator rol untuk menunjang kabel rumah (NYA), misalnya di atas langit-langit. Pemasangan isolator ini sedemikian sehingga jarak bebas antara penghantar yang berlainan fasa atau berlainan polaritas, tidak kurang dari 3 cm. Untuk kabel NYA atau NGA ukuran 1,5 mm² dan 2,5 mm², jarak antara titik-titik tumpunya tidak boleh melebihi satu meter dan jarak terdekat antara kabel dengan dinding 1 cm. Pemasangan kabel tersebut

tidak boleh dibelitkan pada isolator (dapat menggunakan bantuan kawat pengikat), kecuali pada ujung tarikan atau pada pencabangan dan belokan serta pemasangannya harus tegang. Selain isolator rol dapat juga digunakan isolator jepit.

a. Pipa instalasi

Untuk instalasi di dalam gedung/rumah sering digunakan kabel rumah yang dipasang dalam pipa instalasi. Pipa instalasi yang umumnya Instalasi konsumen (*Consument Instalation*) dimulai dari kabel distribusi dari tiang terdekat ke instalasi rumah hingga titik keluaran. Peralatan yang digunakan dalam instalasi listrik banyak sekali ragamnya. Elemen utama yang digunakan pada instalasi ke konsumen diantaranya adalah:

- Kabel sambungan rumah
- Kabel instalasi
- Pembatas Daya (MCB)
- Sekering
- Titik Keluaran (Output).

b. Kabel Sambungan Rumah Konsumen (Kabel SR)

Sistem distribusi ke konsumen pada instalasi PLTMH menggunakan sistem satu fasa. Kabel untuk menyalurkan listrik dari jaringan distribusi ke konsumen yang digunakan adalah jenis kabel *Twisted Alumunium* $2 \times 10 \text{ mm}^2$. Hubungan ke saluran distribusi dilakukan melalui konektor pada posisi tiang distribusi.

c. Kabel Instalasi Rumah

Kabel yang digunakan pada instalasi rumah adalah jenis NYA. Kabel NYA merupakan jenis standar yang terdiri dari penghantar tembaga polos dengan isolasi PVC. Sampai dengan luas penampang 10 mm^2 , penghantarnya terdiri dari kawat tunggal. Untuk instalasi dengan menggunakan kotak-kontak dinding dalam rangkaian akhir, sekurang-kurangnya digunakan NYA $1,5 \text{ mm}^2$ yang dapat menerima beban

maksimum 16 A. Kabel NYA 1,5 mm² juga digunakan untuk hantaran antara lampu dan sakelarnya.

Selain menggunakan kabel NYA, juga dapat digunakan kabel instalasi berselubung. Dibandingkan dengan instalasi dalam pipa, kabel instalasi berselubung lebih mudah dibengkokkan. Kabel standar instalasi berselubung yang banyak dipakai adalah kabel NYM yang memiliki penghantar tembaga polos berisolasi PVC dengan selubung PVC berwarna putih. Penghantar NYM terdiri dari kawat tunggal untuk penampang 1,5 - 10 mm² dan umumnya untuk instalasi rumah digunakan kabel NYM 2 x 1,5 mm². Pada suhu sekeliling 30° C kabel ini dapat digunakan sampai suhu penghantar maksimum 70° C.

Kabel NYM dapat dipasang langsung menempel pada plesteran atau kayu, atau ditanam langsung dalam plesteran. NYM dapat dipasang pada ruang lembab, basah, di tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran. NYM tidak boleh dipasang di dalam tanah.

d. Kabel Lampu

Kabel lampu digunakan untuk instalasi dalam lampu dan armatur penerangan dalam keadaan terlindung dan bebas dari pengaruh tekukan atau puntiran. Beberapa jenis kabel lampu berisolasi PVC (NYFA, NYFAF, NYFAZ, dan NYFAD) dengan luas penampang 0,5 dan 0,75 mm² dapat digunakan. Keempat jenis kabel lampu tersebut dapat digunakan hingga suhu penghantar maksimum 70 ° C.

e. Isolator

Isolator yang digunakan adalah Pipa baja dicat dengan meni, Pipa PVC, pipa sintetik dan pipa fleksible.

f. Pembatas Daya (Mini Circuit Breaker/MCB)

Pembatas daya (MCB) digunakan untuk membatasi agar daya yang digunakan konsumen tidak melebihi daya yang dipesan. MCB adalah suatu pengaman pemutus rangkaian yang dilengkapi dengan pengaman termal (bimetal) untuk beban lebih

dan juga dilengkapi pengaman relai untuk arus lebih atau arus hubung singkat. MCB digunakan untuk tegangan rendah. Pada lokasi studi akan digunakan dua jenis MCB dengan kapasitas yang berbeda, yaitu untuk konsumen kelas I dengan kapasitas 0,5 Ampere dan untuk kelas II dengan kapasitas 1 Ampere.

g. Sekering

Sekring berfungsi sebagai pengaman dalam jaringan instalasi agar bila terjadi hubungan singkat tidak menyebar ke tempat lain. Selain itu sekering juga berfungsi untuk mengamankan hantaran, motor listrik dan instalasi keseluruhan dari beban berlebihan. Secara umum terdapat 2 tipe sekering:

- Sekering otomatis, di mana bila terjadi hubungan singkat dapat segera difungsikan kembali dengan menekan tombol otomatis. Pengaman ini memutuskan secara otomatis jika arusnya melebihi suatu nilai tertentu.
- Sekering biasa, di mana bila terjadi hubungan singkat akan diamankan dengan putusnya kawat penghubung (kawat isyarat) yang terdapat pada badan sekering.

Titik Keluaran Pada umumnya kabel yang digunakan untuk instalasi dalam rumah adalah kabel NYM 2 x 1,5 mm² atau NYA 2,5 mm². Kabel ini untuk mendistribusikan listrik hingga ke titik keluaran yang memi Tombang 2 macam jenis.

- Titik keluaran Sakelar ON/OFF, adalah titik keluaran untuk mengatur hidup matinya lampu dalam instalasi didalam rumah. Titik keluaran kontak-tusuk (stacker arus) untuk menyalurkan arus listrik ke alat elektronik yang dimi Tombang oleh rumah tangga.
- Kontak tusuk harus dibuat dari bahan yang tidak dapat terbakar, tahan lembab dan harus cukup kuat. Oleh karena itu kontak tusuk biasanya dibuat dari bahan plastik ataupun kayu keras (untuk kapasitas arus kurang dari 16 A).

h. Kotak Sambungan

Penyambungan kabel dan pembuatan cabang pada instalasi pipa hanya boleh dilakukan di dalam kotak cabang/kotak sambung. Kotak sambungan berfungsi sebagai alat bantu pembungkus rangkaian pipa instalasi.

BAB 5
RENCANA ANGGARAN
BIAYA

BAB 5. RENCANA ANGGARAN BIAYA

5.1 Anggaran Biaya Pembangunan

Penyediaan material lokal seperti batu, pasir dan tenaga kerja diasumsikan dari harga material dan upah setempat. Penyusunan unit biaya dibuat berdasarkan standar pekerjaan umum. (Taksiran rencana anggaran biaya terlampir) dan rekapitulasi biaya sebagai berikut :

- Sipil 70%
- Mekanikal dan Elektrikal 21,9%
- Distribusi dan Jaringan 8,1%

Komponen terbesar dalam rencana pembangunan PLTMH Tombang adalah pekerjaan Sipil disusul pekerjaan Trasnmi & Distribusi (T & D)

Secara spesifik biaya pembangunan PLTMH Tombang dengan kapasitas daya terbangkit 12 Kw adalah sebesar Rp. 928.532.000.- Biaya pembangunan yang relative besar tersebut memerlukan skema pembiayaan yang melibatkan banyak pihak yang terdiri dari masyarakat, pemerintah daerah, badan swasta dan bila mungkin dari LSM.

Skema perbangkan untuk mendanai investasi PLTMH Tombang sangat berat mengingat faktor-faktor sebagai berikut:

- Tingkat suku bunga komersial perbankan yang cukup tinggi diatas 12%/tahun, memberikan beban pengembalian bunga uang yang tinggi
- Jangka waktu pengembalian pinjaman yang pendek, kurang dari 5 tahun akan membebani operasi PLTMH

- Pemanfaatan PLTMH yang belum optimal pada tahun-tahun awal operasi mempengaruhi tingkat pendapatan PLTMH. Hal ini disebabkan karena pemanfaatannya hanya pada malam hari, sedangkan pada siang hari belum optimal.

5.2. Penggunaan Energi Untuk Kegiatan Pembangunan

Rencana pemanfaatan energi listrik yang di hasilkan PLTMH Tombang dapat menentukan seberapa besar nilai strategis pembangunan ini. Secara umum penggunaan listrik PLTMH untuk penerangan lebih banyak di gunakan sore sampai malam hari selama 14 jam (jam 16.30–06.30) sedangkan pada hari minggu dan libur dapat beroperasi sampai 24 jam.

Kondisi tersebut memungkinkan penggunaan listrik PLTMH pada siang hari untuk kegiatan ekonomi produktif (end-use productive). Kegiatan ini di samping memberikan nilai tambah kegiatan masyarakat juga sebagai sumber pendapatan tambahan bagi pengelolaan PLTMH. Pendapatan rutin PLTMH yang utama adalah dari iuran konsumen setiap bulan yang besarnya di tentukan bersama.

Hal utama yang perlu di pahami oleh pihak pengelola dan masyarakat adalah perlunya ketersediaan dana yang memadai untuk mengoperasikan PLTMH. Pengelolaan sebuah PLTMH memerlukan biaya operasi (Operational Cost) yang meliputi :

1. Honor operator dan over head pengelolaan
2. Biaya perawatan rutin seperti untuk pengadaan spare part yang aus, pembelian grease, perbaikan perbaikan bangunan sipil dll.

3. Penyisihan dana untuk perbaikan besar atau Over Houl pada peralatan Elektro-Mekanik maupun bangunan sipil
4. Bila perlu dapat menyisihkan dana untuk pengembangn kegiatan atau peningkatan kapasitas

Pengelolaan dana dan perencanaan kegiatan masyarakat dengan mengoptimalkan keberadaan PLTMH memerlukan pendampingan dalam kerangka :

“ Community and Bussines Development Service ”

keberadaan Lembaga Swadaya Masyarakat, pemerintah, perangkat adat dan masyarakat merupakan potensi besar dalam mengenalkan kegiatan yang berbasis pengembangan masyarakat. Potensi sumber daya ekonomi yang akan di kembangkan memerlukan studi lebih dalam. Sebagai contoh kegiatan end-use yang sangat layak di kembangkan adalah kegiatan berbasis **Agro Prosesing dan Home Indutry**.

BAB 6
KESIMPULAN DAN
SARAN

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari studi yang dilakukan pada aliran Batang Tombang yang berlokasi di jorong Tombang Kenagarian Talu, Kecamatan Talamau Kabupaten Pasaman Barat Propinsi Sumatera Barat, maka didapatkan kemampuan daya yang dibangkitkan dengan Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro sebesar ± 12 KW, dimana debit disainnya sebesar $0,5 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan tinggi terjun $3,5$ meter.

Analisis finansial menunjukkan investasi untuk merealisasikan PLTMH ini diperkirakan sebesar Rp 928.532.000.-

Harga ini sudah termasuk biaya instalasi konsumen dimasukkan sebagai komponen investasi, yang biasanya dibebankan ke konsumen sebagai biaya penyambungan.

6.2 Saran Pengembangan

Daya output total generator dari PLTMH ini mencapai ± 12 kW, sedangkan kebutuhan maksimum saat ini sekitar $11,349$ kW sehingga tidak terdapat kelebihan daya yang signifikan. Disamping itu, kebutuhan daya pada siang hari relatif sangat kecil. Oleh karena itu energi ini dapat juga dimanfaatkan untuk kegiatan yang sifatnya produktif.

Dalam perencanaan ini Head didesain $3,5$ m tapi untuk pengembangan kedepan head masih bisa ditambah sehingga kapasitas dapat ditingkatkan dari yang direncanakan saat ini.

Sebelum dilakukan pembangunan fisik dari PLTMH yang direncanakan, harus ada komitmen tertulis untuk pembebasan lahan yang berstatus kepemilikan untuk lahan yang terkena lokasi-lokasi fasilitas sipil PLTMH. Namun pada tahap studi kelayakan ini, telah dilakukan pendekatan untuk pembebasan lahan ini, secara lisan masyarakat sudah menyetujui melakukan pembebasan lahan pada lokasi-lokasi bangunan sipil PLTMH yang direncanakan.

LAMPIRAN

1. PERENCANAAN TEKNIS PLTMH TOMBANG

**2. RENCANA ANGGARAN BIAYA
PLTMH TOMBANG**

REKAPITULASI HARGA

KEGIATAN : FEASIBILITY STUDY
PEKERJAAN : PERENCANAAN PEMBANGUNAN PLTMH
LOKASI : JORONG TOMBANG NAGARI SINURUIK
KECAMATAN TAMALAU PASAMAN BARAT SUMATERA BARAT
TAHUN ANGGARAN : 2009

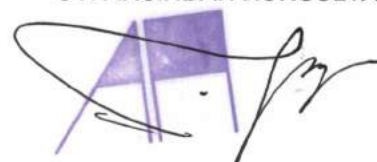
NO.	URAIAN PEKERJAAN	TOTAL HARGA
I	PEKERJAAN SIPIL	590,849,978.68
II	PEKERJAAN ELECTRICAL & MECHANICAL	185,250,000.00
III	PEKERJAAN JARINGAN DISTRIBUSI DAN INSTALASI RUMAH	68,020,380.00

JUMLAH FISIK	844,120,358.68
PPN 10 %	84,412,035.87
JUMLAH	928,532,394.55
DIBULATKAN	928,532,000.00

Terbilang :

" Satu miliar seratus dua puluh satu juta delapan puluh delapan ribu rupiah,- "

Padang, Desember 2009
CV. ARSINDAH KONSULTAN



Ir. H. Zulfan Zairin
Direktur

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

KEGIATAN : FEASIBILITY STUDY
 PEKERJAAN : PERENCANAAN PEMBANGUNAN PLTMH
 LOKASI : JORONG TOMBANG NAGARI SINURUIK KECAMATAN TALAMAU KABUPATEN PASAMAN BARAT
 TAHUN ANGGARAN : 2009

No	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
RUMAH PEMBANGKIT						
I PEKERJAAN PENDAHULUAN						
1	Pembersihan Lapangan	M ²	24.00	7,500.00	180,000.00	
2	Pek. Papan Bowplank & Pengukuran	M ¹	20.00	34,500.00	690,000.00	
JUMLAH						870,000.00
II PEKERJAAN PONDASI						
1	Galian Tanah Pondasi	M ³	6.00	20,400.00	122,400.00	
2	Urugan Pasir Lantai Kerja	M ³	0.60	134,100.00	80,460.00	
3	Aanstampang Batu kali	M ³	2.40	352,000.00	844,800.00	
4	Pas. Pondasi Batu Kali 1 : 4	M ³	5.00	768,000.00	3,840,000.00	
5	Pek. Timbunan Tanah Kembali	M ³	1.50	9,700.00	14,550.00	
JUMLAH						4,902,210.00
III PEKERJAAN BETON DAN DINDING						
1	Pek. Cor Sloof 20/25	M ³	1.00	4,188,600.00	4,188,600.00	
2	Pek. Kolom 13/13	M ³	0.24	5,023,800.00	1,222,591.97	
3	Pek. Reng Balok 20/25	M ³	0.80	3,722,800.00	2,978,240.00	
4	Pek. Pas. Dinding Batu Bata 1:2	M ³	0.32	1,267,200.00	410,572.80	
5	Pek. Pas. Dinding Batu Bata 1:4	M ³	4.83	1,119,400.00	5,401,664.70	
6	Pek. Pas. Kozen Pintu dan Jendela	M ³	0.11	3,924,000.00	418,141.44	
7	Pek. Memeni Kozen	M ²	5.33	10,000.00	53,280.00	
JUMLAH						14,673,090.91
IV PEKERJAAN ATAP						
1	Pek. Pas. Kuda - kuda	M ³	0.20	2,561,000.00	501,546.24	
2	Pek. Pas Gording	M ³	0.52	27,400.00	14,248.00	
3	Pek. Atap Seng BJLS 20 k	M ²	43.20	56,900.00	2,458,080.00	
4	Pek. Pas. Lisplank Papan	M ²	7.92	119,600.00	947,232.00	
5	Pek. Residu	M ¹	40.99	12,200.00	500,102.40	
6	Pek. Pas. Perabung	M ¹	6.00	11,100.00	66,600.00	
7	Pek. Baut Kuda - kuda	Bh	12.00	8,000.00	96,000.00	
8	Pek. Pasangan Besi Angker kuda - kuda	Bh	6.00	5,000.00	30,000.00	
JUMLAH						4,613,808.64
V PEKERJAAN LANTAI						
1	Pek. Pasir Urug Bawah Lantai	M ³	2.48	134,100.00	332,568.00	
2	Pek. Cor Lantai Beton 1:3:5	M ³	4.96	663,300.00	3,289,968.00	
JUMLAH						3,622,536.00
VI PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA						
1	Pek. Pas. Pintu Panel & Jendela	M ³	0.01	733,200.00	4,692.48	
2	Pek. Jendela Kaca	M ²	0.80	255,400.00	204,320.00	
3	Pek. Ventilasi Jalusi	M ²	3.60	219,500.00	790,200.00	
6	Pek. Pas. Engsel Pintu	Bh	6.00	9,000.00	54,000.00	
7	Pek. Pas. Grendel Pintu	Bh	2.00	5,000.00	10,000.00	
8	Pek. Pas. Kunci tanam 2 Slaag	Bh	1.00	150,000.00	150,000.00	
9	Pek. Pas. Engsel Jendela	Bh	2.00	6,000.00	12,000.00	
10	Pek. Pas. Kait Angin	Bh	2.00	7,000.00	14,000.00	
11	Pek. Pas Grendel Jendela	Bh	2.00	8,000.00	16,000.00	
12	Pek. Hand Vantten	Bh	2.00	8,000.00	16,000.00	
JUMLAH						1,271,212.48

No	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOLUME	Harga Satuan (Rp)	JUMLAH SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
	KEDUDUKAN MESIN & SALURAN BUANG					
	PEKERJAAN PONDASI					
1	Galian Tanah Pondasi	M ³	26.00	20,400.00	530,400.00	
2	Urugan Pasir Lantai Kerja	M ³	2.60	134,100.00	348,660.00	
3	Aanstampang Batu kali	M ³	10.40	352,000.00	3,660,800.00	
4	Pas. Pondasi Batu Kali 1 : 2	M ³	35.20	908,400.00	31,975,680.00	
5	Pek. Timbunan Tanah Kembali	M ³	6.50	9,700.00	63,050.00	
	JUMLAH					36,578,590.00
	PEKERJAAN BETON & DINDING					
1	Pek. Plesteran Dinding 1:2	M ²	1.86	49,500.00	92,070.00	
2	Pek. Balok 25/30	M ³	1.50	3,821,500.00	5,732,250.00	
	JUMLAH					5,824,320.00
	PEKERJAAN LANTAI					
1	Pek. Pasir Urug Bawah Lantai	M ³	4.00	134,100.00	536,400.00	
2	Pek. Cor Lantai Beton 1:2:3	M ³	2.00	668,500.00	1,337,000.00	
	JUMLAH					1,873,400.00
	INTEK					
1	Galian Tanah Pondasi		4.05	20,400.00	82,620.00	
2	Urugan Pasir Lantai Kerja		0.81	134,100.00	108,621.00	
3	Aanstampang Batu kali		1.96	352,000.00	689,920.00	
4	Pas. Pondasi Batu Kali 1 : 2		14.30	908,400.00	12,991,028.40	
5	Pek. Timbunan Tanah Kembali		1.13	9,700.00	10,961.00	
6	Coran Lantai		2.00	663,300.00	1,326,600.00	
7	Urugan Tanah		-	9,700.00	-	
8	Plesteran		1.86	49,500.00	92,070.00	
	JUMLAH					15,301,820.40
	SALURAN PEMBAWA					
1	Galian Tanah Pondasi		367.20	20,400.00	7,490,880.00	
2	Urugan Pasir Lantai Kerja		0.12	134,100.00	16,092.00	
3	Aanstampang Batu kali		408.00	352,000.00	143,616,000.00	
4	Pas. Pondasi Batu Kali 1 : 2		204.00	9,700.00	1,978,800.00	
5	Pek. Timbunan Tanah Kembali		85.00	663,300.00	56,380,500.00	
6	Coran Lantai		85.00	663,300.00	56,380,500.00	
7	Urugan Tanah		85.00	9,700.00	824,500.00	
8	Plesteran		130.90	49,500.00	6,479,550.00	
	JUMLAH					273,166,822.00
	PIPA PESAT					
1	Pek. Pas. Acor Block	Ls	3.00	645,000.00	1,935,000.00	
2	Pek. Pas. Sliding Block	Ls	6.00	534,700.00	3,208,200.00	
3	Pek. Pas. Pipa Pesat	M ¹	2.00	1,160,000.00	2,320,000.00	
4	Pek. Pas. Perlengkapan Pipa	Ls	10.00	34,800.00	348,000.00	
	JUMLAH					7,811,200.00

No	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOLUME	Harga Satuan (Rp)	JUMLAH SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
	BAK PENENANG					
	PEKERJAAN PONDASI					
1	Galian Tanah Pondasi	M ³	-	20,400.00	-	
2	Urugan Pasir Lantai Kerja	M ³	28.80	134,100.00	3,862,080.00	
3	Aanstampang Batu kali	M ³	18.56	352,000.00	6,533,120.00	
4	Pas. Pondasi Batu Kali 1 : 2	M ³	43.12	908,400.00	39,170,208.00	
5	Pek. Timbunan Tanah Kembali	M ³	-	9,700.00	-	
	JUMLAH					49,565,408.00
	PEKERJAAN BETON & DINDING					
1	Pek. Plesteran Dinding 1:2	M ²	372.57	49,500.00	18,442,116.00	
2	Pek. Balok 25/30	M ³	6.98	3,722,800.00	25,966,530.00	
3	Pek. Plat	M ³	0.88	4,300,700.00	3,763,112.50	
4	Pek. Pas. Saringan	Ls	1.00	2,470,000.00	2,470,000.00	
5	Pintu Air	Ls	1.00	1,500,000.00	1,500,000.00	
	JUMLAH					52,141,758.50
	PEKERJAAN LANTAI					
1	Pek. Pasir Urug Bawah Lantai	M ³	14.40	134,100.00	1,931,040.00	
2	Pek. Cor Lantai Beton 1:2:3	M ³	6.00	668,500.00	4,011,000.00	
	JUMLAH					5,942,040.00
	PEKERJAAN PELIMPAH					
1	Pek. Urugan Tanah Bawah Lantai	M ³	0.69	84,700.00	58,104.20	
2	Pek. Pasir Urug Bawah Lantai	M ³	0.34	134,100.00	45,996.30	
3	Pas. Pondasi Batu Kali 1 : 4	M ³	9.39	768,000.00	7,210,291.20	
4	Pek. Cor Lantai Beton 1:2:3	M ³	0.31	668,500.00	206,365.95	
	JUMLAH					7,520,757.65

No	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOLUME	Harga Satuan (Rp)	JUMLAH SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
	BENDUNGAN, SIKOCI DAN SAYAP					
	PEKERJAAN PONDASI					
1	Galian Tanah Pondasi	M ³	14.99	20,400.00	305,877.60	
2	Urugan Pasir Lantai Kerja	M ³	1.50	134,100.00	201,753.45	
3	Aanstampang Batu kali	M ³	12.04	352,000.00	4,236,672.00	
4	Pas. Pondasi Batu Kali 1 : 2	M ³	102.05	908,400.00	92,703,582.60	
5	Pek. Timbunan Tanah Kembali	M ³	3.75	9,700.00	36,360.45	
	JUMLAH					97,484,246.10
	PEKERJAAN BETON & DINDING					
1	Pek. Plesteran Dinding 1:2	M ²	14.33	49,500.00	709,533.00	
2	Pek. Balok 20/25	M ³	0.50	3,722,800.00	1,861,400.00	
	JUMLAH					2,570,933.00
	PEKERJAAN LANTAI					
1	Pek. Pasir Urug Bawah Lantai	M ³	4.50	134,100.00	603,450.00	
2	Pek. Cor Lantai Beton 1:2:3	M ³	6.75	668,500.00	4,512,375.00	
	JUMLAH					5,115,825.00
	JUMLAH					590,849,978.68

Rincian Biaya E&M, Transmisi-Distribusi, Instalasi Rumah PLTMH Tombang

	Item	satuan	Quantity	Harga Satuan	Jumlah	Keterangan
A	Peralatan Elektrikal - Mekanik					
1	Turbine	unit	1	Rp 110,000,000	Rp 110,000,000	
2	Generator	kVA	15	Rp 1,200,000	Rp 18,000,000	
3	Switchgear / Panel Kontrol ELC	unit	1	Rp 55,000,000	Rp 55,000,000	
4	Ballast Load: air heater	kVA	15	Rp 150,000	Rp 2,250,000	
				Total	Rp 185,250,000	
B	Jaringan Distribusi dan Instalasi Rumah					
	Jaringan Distribusi					
1	Tiang beton 7m (lokal)	unit	11	Rp 1,500,000	Rp 16,500,000	
2	Kabel Twisted 4x 25 mm ²	m	550	Rp 20,000	Rp 11,000,000	
3	Aksesoris	set	11	Rp 100,000	Rp 1,100,000	
4	Instalasi tiang dan kabel	set	11	Rp 100,000	Rp 1,100,000	
	Instalasi Rumah					
5	Jumlah Sambungan	Rumah	80			3 titik lampu per rumah
6	Kabel NYM 2 * 1.5 mm ²	m	2400	Rp 2,580	Rp 6,192,000	30 m per rumah
7	Kabel NYM 3 * 1.5 mm ²	m	1600	Rp 3,400	Rp 5,440,000	20 m per rumah
8	Kontak Tusuk	unit	80	Rp 5,500	Rp 440,000	
9	Switch : double	unit	80	Rp 6,000	Rp 480,000	
10	Switch : single	unit	80	Rp 5,000	Rp 400,000	
11	Konektor	unit	80	Rp 5,000	Rp 400,000	
12	"Service Wedge Clamp"	pcs	160	Rp 5,000	Rp 800,000	
13	Klem Kabel	pack	40	Rp 2,000	Rp 80,000	
14	Fitting Plafond	pcs	80	Rp 4,850	Rp 388,000	
15	Fitting : overhang	pcs	160	Rp 4,750	Rp 760,000	
16	Rosset wood	pcs	480	Rp 400	Rp 192,000	
17	Insulation	set	80	Rp 2,100	Rp 168,000	
18	Screw	pack	13	Rp 5,260	Rp 68,380	
19	T - dus	pcs	160	Rp 4,000	Rp 640,000	
20	MCB + box	unit	80	Rp 20,200	Rp 1,616,000	0,5 A/220 V per rumah
21	Kabel Twisted 2 * 10 mm ²	m	2400	Rp 2,740	Rp 6,576,000	30 m per rumah
22	Earthing	unit	80	Rp 76,000	Rp 6,080,000	
23	Instalasi	unit	80	Rp 95,000	Rp 7,600,000	
				Total	Rp 68,020,380	

**3. FOTO – FOTO KEGIATAN DAN
LOKASI – LOKASI PERENCANAAN**

PHOTO –PHOTO KEGIATAN



Gambar 1. Potensi Sungai Batang Marindam Jorong Tombang



Gambar 2. Akses Jalan ke Kampung Tombang Mudik



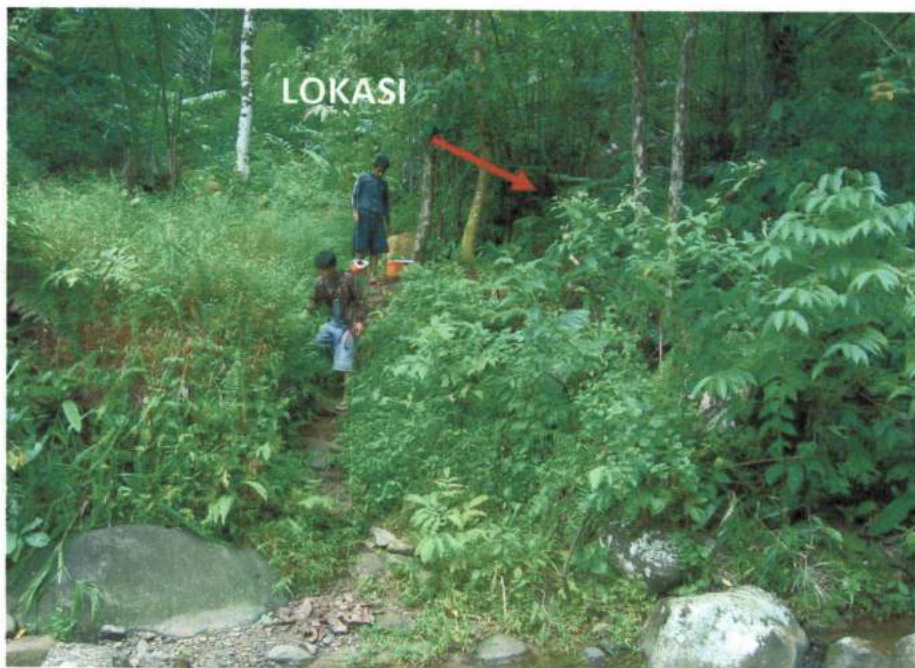
Gambar 3. Rumah Penduduk yang akan dialiri listrik PLTMH Tombang



Gambar 4. Mesjid yang akan dialiri listrik PLTMH Tombang



Gambar 5. Akses Jalan Ke Lokasi PLTMH Tombang



Gambar 6. Lokasi Rencana PLTMH Tombang



Gambar 7. Pengukuran Aliran Air Sungai Batang Marigi

**4. CONTOH PRODUK GENERATOR
YANG DISARANKAN**

5. PENGELOLAAN PLTMH

PENGELOLAAN PLTMH

Untuk tujuan pengoperasian, pemeliharaan dan perbaikan PLTMH serta keberlanjutannya diperlukan pengelolaan yang terencana, terorganisir dan didukung oleh sumber-daya manusia yang tepat. Untuk itu aspek pengelolaan atau manajemen sangat dibutuhkan dan harus dipersiapkan dari tahap perencanaan pembangunan PLTMH sampai beberapa waktu setelah PLTMH itu beroperasi dengan baik. Pengelolaan PLTMH sebaiknya berbentuk badan hukum seperti koperasi ataupun berbentuk badan usaha lainnya. Pengelolaan harus transparan dan mengundang partisipasi aktif masyarakat sehingga segala kesulitan dalam pengelolaan dapat diselesaikan dengan baik dan tidak menimbulkan masalah baru. Beberapa kasus kegagalan PLTMH adalah tidak siapnya pengurus PLTMH dengan segala resiko dan kesulitan yang mengelola PLTMH. Berikut ini salah contoh model pengelolaan PTMH. Untuk menyiapkan tenaga-tenaga ini diperlukan pembekalan yang terkait dengan aspek pengelolaan PLTMH. Disamping itu, masyarakat juga perlu diberi penyuluhan langsung sehingga keberadaan PLTMH memberi manfaat yang luas bagi mereka.

1. ADMINISTRASI KESEKRETARIATAN

Pencatatan Aktivitas

Pencatatan Aktivitas penting dilakukan khususnya untuk mencatat:

1. Aktivitas operasional umum
2. Keluhan dan rekomendasi dari pelanggan
3. Kejadian lain seperti kunjungan, pertemuan, tamu dll.

Di bawah ini adalah contoh untuk pengisian formulir catatan aktivitas:

- A. Jika terjadi kerusakan pada turbin maka operator harus melaporkannya kepada ketua dan mencatat kejadian tersebut dalam buku catatan aktivitas sedetil mungkin. Contoh:

-
- a. **Tanggal** dari kejadian saat operator menemukan masalah
 - b. **Waktu** saat operator menemukan masalah
 - c. **Nama Aktivitas** harus diisikan dalam kolom nama kejadian contoh "Generator Terbakar"
 - d. **Nama Penanggungjawab** diisikan dalam kolom yang sesuai
 - e. Detil kejadian diisikan dalam kolom **Catatan**
- B. Contoh lain adalah adanya kunjungan dari pejabat pemerintah maka sekretaris harus memasukkan kejadian tersebut dalam buku catatan aktivitas sebagai berikut:
- a. **Nama** aktivitas bisa disebutkan "Kunjungan Pejabat Daerah"
 - b. **Tanggal dan Waktu** kunjungan
 - c. **Lokasi** yang dikunjungi seperti misalnya intake, saluran, power house dll
 - d. **Penanggungjawab** adalah ketua PLTMH khususnya untuk memberi keterangan kepada pejabat
 - e. Dalam kolom **Catatan** sekretaris harus mengisikan detil kegiatan atau agenda kegiatan

Catatan Surat Masuk

Buku catatan surat masuk adalah untuk mendaftarkan semua surat yang diterima pengelola PLTMH.

1. Berikan nomer urut sesuai dengan urutan kedatangan surat dalam kolom **Nomer**
2. Tuliskan nomer surat (jika yang dikirim surat resmi) dalam kolom **Nomer Surat**
3. Catat tanggal pengiriman dalam kolom **Tanggal Pengiriman**
4. Catat tanggal penerimaan dalam kolom **Tanggal Penerimaan**

-
5. Catat nama dan alamat pengirim dalam kolom **Pengirim**
 6. Catat perihal surat dalam kolom **Perihal**
 7. Catat nama dan jumlah lampiran, jika ada, dalam kolom **Lampiran**
 8. Catat apa saja yang penting dari surat tersebut dalam kolom **Catatan**

Jika surat bukan surat resmi maka data yang paling tidak tercatat antara lain adalah nomer dan tanggal pengiriman.

Catatan Surat Keluar

Buku ini untuk mencatat semua surat keluar yang dikirim ke pengelola PLTMH

1. Isi nomer secara urut sesuai urutan pengiriman surat
2. Catat nomer surat sesuai dengan kode yang telah ditentukan pengelola
3. Catat tanggal surat tersebut dibuat
4. Catat penerima surat
5. Catat perihal surat (harus sesuai dengan kode yang diberikan)
6. Jika ada lampiran catat nama dan jumlahnya
7. Juga catat semua hal yang perlu dicatat dalam kolom catatan.

Surat keluar harus dibuat salinannya. Salinan akan menjadi arsip pengelola

Data Pelanggan

Buku catatan data pelanggan berisi data detil mengenai pelanggan. Pencatatan dapat menggunakan urutan sebagai berikut:

1. Beri nomer urut sesuai dengan urutan pelanggan menandatangani surat kontrak dalam kolom **Nomer**
2. Catat nama lengkap pelanggan dalam kolom **Nama**
3. Tulis nomer kontrak dari pelanggan dalam kolom **Nomer Kontrak**
4. Catat alamat lengkap pelanggan dalam kolom **Alamat**

-
5. Catat kategori/kelompok pelanggan apakah rumah tangga, social, komersil atau industri dalam kolom **Kategori**
 6. Catat tanggal instalasi dalam kolom **Tanggal**
 7. Catat pada fase apa koneksi dilakukan (R, S atau T) dalam kolom **Fasa**. Jika sambungan merupakan koneksi 3 fasa maka catat dalam kolom **catatan**
 8. Catat kapasitas sambungan dalam satuan Volt Ampere (VA) dalam kolom **kapasitas daya**
 9. Catat kemungkinan waktu penggunaan dalam kolom **waktu penggunaan**
 10. Catat kepemilikan alat listrik dalam kolom **Alat Listrik yang Dimiliki**
 11. Jika ada hal-hal yang perlu dicatat maka catat dalam kolom **Catatan**

Catatan Rapat

Catatan rapat atau bisa disebut berita acara berfungsi untuk mencatat semua proses dan hasil setiap pertemuan yang diselenggarakan. Tulis topic rapat dengan jelas setelah menulis tanggal, jam, waktu dan nama pemimpin rapat. Juga catat proses rapat serta hasilnya dan jika ada kesimpulan atau kesepakatan yang diambil. Nama-nama yang menghadiri rapat harus ditulis dalam daftar absensi. Setiap orang yang hadir harus menandatangani daftar absensi. Sebelum rapat ditutup bacakan kembali hasil-hasil rapat. Pastikan semua yang hadir mengetahuinya.

Perencanaan Kegiatan

Rencana kegiatan harus menjadi catatan khusus. Catatan tersebut akan dipakai untuk mengukur kemajuan dan jika perlu merubah rencana kerja supaya tujuan tercapai. Rencana kegiatan bisa dibuat tiap bulan dan tahunan. Ada empat kolom utama yaitu kolom aktivitas, waktu, penanggungjawab dan catatan.

1. Masukkan nama kegiatan dalam kolom aktivitas

- Masukkan nama kegiatan utama dahulu baru kemudian nama kegiatan lanjutan di bawahnya

Contoh:

Kegiatan utama bernama **"Perbaikan Intake"**. Kegiatan detil di bawahnya adalah: mengalihkan aliran air, membeli semen dan bahan lainnya, kerjabakti pembersihan intake, dan perbaikan intake. Nama "Perbaikan Intake" ditulis pertama sebelum nama kegiatan lanjutan lain

- Detil aktivitas harus ditulis secara urut contoh: setelah membelokkan aliran maka pengelola harus membeli semen dan peralatan konstruksi dan setelah itu harus ada kerjabakti untuk membersihkan intake dst.
- Jadwal harus diatur sesuai kegiatan masyarakat
- Kegiatan utama harus mencakup semua aktivitas detil
- Aktivitas detil harus memiliki jadwal yang berurutan pula
- Catat nama penanggungjawab di kolom terakhir.

No	Aktifitas	Bulan 1				Bulan 2		Bulan #	Minggu52	Penanggungjawab	Catatan
		Minggu1	Minggu2	Minggu3	Minggu4	Minggu5	Minggu#				
1	Perbaikan Intake									Ketua	
2	Pengaliran Aliran									Operator	
3	Pembelian Bahan									Operator	
4	Pembersihan Intake									Operator	
5	Perbaikan Intake									Operator	

2. CONTOH ANGGARAN DASAR

Bab 1. DEFINISI DASAR

1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik yang bekerja dengan menggunakan air dan terdiri dari komponen berikut ini: intake, saluran pembawa, bak pengendap, bak penenang, pipa penstock, rumah pembangkit, turbin, generator, control dan transmisi/distribusi (trafo, tiang, MCB atau KWH meter)
2. PLTMH dibangun dengan bantuan dari...../PLTMH dibangun dengan dana sendiri oleh warga desa(desa, kecamatan, kabupaten, provinsi, negara)
3. Pengelola PLTMH adalah sebuah organisasi yang mengoperasikan PLTMH, memelihara, melakukan pengelolaan administrative, dan melaksanakan kegiatan lain yang berhubungan dengan operasi PLTMH
4. Pengelola PLTMH dipilih oleh pelanggan PLTMH
5. Pelanggan diwakili oleh badan perwakilan
6. Anggota Pengelola PLTMH adalah ketua, sekretaris, bendahara dan operator
7. Pemimpin formal desa duduk di badan penasehat

Bab 2. NAMA DAN SIFAT

1. Masyarakat pemakai dan pengelola PLTMH berhimpun dalam wadah perkumpulan yang diberi nama(nama pengelola)
2. Pengelolaan(nama pengelola)dilakukan secara gotong royong dan berkelanjutan

Bab 3. TEMPAT KEDUDUKAN

1. Pengelola(nama pengelola) Bertempat dan berkedudukan di Desa(nama desa, kecamatan, dan kabupaten serta provinsi)

Bab 4. WAKTU DAN LAMANYA BERDIRI

1. Pengelola(nama pengelola) ini dimulai sejak tanggaldan didirikan untuk waktu yang tidak terbatas

Bab 5. ASAS DAN TUJUAN

1. Pengelola(nama pengelola) ini berasaskan gotong royong, musyawarah dan mufakat berdasarkan Pancasila dan UUD 1945
2. Pengelola.....(nama pengelola) ini bertujuan untuk mensukseskan penyelenggaraan pengelolaan PLTMH dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan membangun kesadaran masyarakat terhadap

masalah lingkungan

Bab 6. KEKAYAAN DAN SUMBER DANA

1. PLTMH yang kurang lebih bernilai.....(jumlah uang)
2. Bangunan yang beralamat di(alamat) yang kurang lebih bernilai(jumlah uang)
3. Aset lain?
4. Sumber dana diperoleh dari:
 1. Iuran dari pelanggan
 2. Dana gotong royong
 3. Hasil usaha lain yang dilakukan pengurus PLTMH
 4. Sumbangan yang tidak mengikat dan halal

Bab 7. USAHA-USAHA

1. Pelayanan listrik kepada seluruh pelanggan rumah tangga secara professional
2. Pelayanan listrik kepada seluruh pelanggan industri/bisnis secara professional
3. Pelayanan listrik kepada seluruh pelanggan social secara professional
4. Melakukan usaha-usaha lain yang berhubungan dengan listrik kepada pelanggan
5. Melakukan usaha lain yang berkaitan erat dengan listrik

Bab 8. ANGGOTA

1. Anggota adalah setiap pelanggan baik individu maupun kelompok masyarakat yang menggunakan listrik PLTMH dan terdaftar sebagai anggota
2. Untuk menjadi anggota maka calon anggota harus menyetujui AD/ART
3. Anggota akan mempunyai kontrak dengan Pengelola PLTMH

Bab 9. HAK DAN KEWAJIBAN ANGGOTA

1. Berhak memperoleh jasa layanan listrik dengan baik
2. Berhak mengikuti rapat anggota dengan aktif
3. Berhak menjalankan usaha produktif yang berbasis listrik
4. Wajib mengikuti peraturan Pengelola PLTMH
5. Wajib membayar iuran dengan jumlah yang cukup dan tepat waktu
6. Wajib mengingatkan Pengelola PLTMH jika terjadi sesuatu yang tidak beres

Bab 10. BADAN PERWAKILAN

1. Badan perwakilan mewakili anggota (pelanggan PLTMH)
2. Badan perwakilan dipilih melalui rapat anggota (pelanggan PLTMH)
3. Anggota Badan perwakilan maksimal(jumlah) orang
4. Badan perwakilan bekerja secara sukarela
5. Badan perwakilan memberikan pelayanan selamatahun dan dapat dipilih kembali

Bab 11. HAK DAN KEWENANGAN BADAN PERWAKILAN

1. Berhak untuk mengingatkan pengurus PLTMH jika terjadi sesuatu yang tidak beres
2. Berhak untuk mewakili suara anggota
3. Berhak untuk menerima laporan rutin dari pengurus PLTMH
4. Wajib menyelesaikan perselisihan antara pengurus PLTMH dan anggota, dan antar anggota
5. Wajib mengembangkan peraturan bersama pengurus PLTMH
6. Wajib meresmikan pengurus PLTMH
7. Wajib memberikan nasehat kepada pengurus PLTMH

Bab 12. PENGURUS PLTMH

1. Pengurus PLTMH terdiri dari ketua, sekretaris, bendahara dan operator
2. Pengurus PLTMH dipilih oleh anggota dan diangkat oleh Badan Pengawas
3. Tugas pengurus PLTMH dijelaskan dalam Anggaran Dasar
4. Masa bakti pengurus PLTMH adalahtahun dan dapat dipilih kembali khususnya operator

Bab 13. HAK DAN KEWAJIBAN PENGURUS PLTMH

1. Pengurus berhak menerima honorarium untuk kerja mereka dengan syarat berikut ini:
 - a. Honorarium untuk ketua, sekretaris, dan bendahara ditentukan oleh anggota dalam rapat anggota dan harus diterima baik oleh ketua, sekretaris, dan bendahara
 - b. Honorarium untuk operator ditentukan oleh anggota dalam rapat anggota. Jumlah honorarium harus mempertimbangkan tugas-tugas operator

2. Pengurus berhak melakukan kerjasama dengan organisasi lain
3. Pengurus berhak mengusulkan tariff baru kepada badan perwakilan untuk didiskusikan dalam rapat anggota
4. Pengurus wajib menarik iuran secara teratur kepada para anggota
5. Pengurus wajib untuk menyimpan dana untuk keadaan darurat dan perbaikan
6. Pengurus wajib mengelola PLTMH secara professional untuk mencapai tujuan
7. Pengurus wajib memberikan pelayanan listrik kepada anggota secara adil
8. Pengurus wajib melakukan koordinasi dengan Badan Perwakilan dalam membuat keputusan penting berkaitan dengan PLTMH
9. Pengurus wajib melaksanakan seluruh tugasnya dengan baik
10. Mengelola kekayaan secara bertanggung jawab
11. Membuat dan menyampaikan laporan pertanggungjawaban kepada anggota

Bab 14. BADAN PENASEHAT

1. Badan penasehat terdiri dari pemimpin formal desa seperti kepala desa atau ketua perwakilan masyarakat desa
2. Badan penasehat tidak dipilih oleh anggota. Kepala desa dan kepala perwakilan masyarakat desa secara otomatis merupakan anggota dari badan penasehat
3. Badan penasehat akan memberikan nasehat mengenai pengoperasian PLTMH jika diminta oleh badan perwakilan dan pengurus PLTMH

Bab 16. RAPAT ANGGOTA

1. Rapat anggota adalah sama dengan rapat pelanggan
2. Rapat anggota minimal dilakukan satu tahun sekali
3. Keputusan tertinggi terdapat pada rapat anggota/pelanggan
4. Rapat anggota biasa adalah membahas masalah rutin PLTMH, kemajuan, masalah dan kebijakan atau peraturan baru
5. Rapat anggota luar biasa adalah membahas masalah darurat seperti pengunduran diri pengelola atau kejadian penting lain
6. Rapat tahunan adalah rapat untuk membahas kinerja pengurus PLTMH
7. Setiap rapat harus ditulis berita acaranya yang akan menjadi bagian dari laporan pengurus PLTMH
8. Keputusan yang diambil dalam rapat anggota berlaku hanya bila setengah dari anggota ditambah satu orang anggota hadir
9. Rapat anggota tahunan harus dilaksanakan pada bulan Desember

Bab 17. RAPAT BADAN PENGURUS

1. Rapat badan perwakilan terdiri dari rapat biasa dan rapat tahunan
2. Rapat biasa adalah rapat koordinasi dan membahas permasalahan PLTMH dan kebijakan yang perlu dibentuk
3. Rapat tahunan adalah rapat yang membahas kinerja pengurus PLTMH
4. Badan pengurus berhak untuk mengundang badan penasehat dan pengelola PLTMH dalam pertemuan
5. Jika lebih dari setengah anggota badan perwakilan tidak bisa hadir maka pertemuan harus dibatalkan

Bab 18. RAPAT PENGURUS PLTMH

1. Rapat pengurus PLTMH minimal dilakukan sebulan sekali
2. Rapat pengurus PLTMH dilakukan untuk mengkoordinasikan kegiatan dan juga memantapkan rencana kegiatan serta rencana keuangan kepengurusan PLTMH
3. Pengurus PLTMH diperbolehkan untuk mengundang anggota badan perwakilan dan badan penasehat

Bab 19. RAPAT BADAN PENASEHAT

1. Rapat harus paling tidak dilaksanakan sekali dalam setahun untuk mengevaluasi kinerja pengurus PLTMH

Bab 20. TAHUN BUKU

1. Tahun buku berjalan dari satu Januari hingga tigapuluh satu desember pada tahun yang sama

Bab 21. PEMBUBARAN

1. Pembubaran hanya dapat dilakukan melalui mekanisme rapat anggota yang dilaksanakan khusus untuk tujuan pembubaran dan hanya berlaku jika 2/3 dari total jumlah anggota/pelanggan menyetujuinya
2. Jika terjadi pembubaran dan tidak terdapat pengurus PLTMH baru selama lebih dari 6 bulan maka seluruh asset dan kekayaan diserahkan kepada pemerintah daerah

Bab 22. ANGGARAN RUMAH TANGGA

1. Anggaran Rumah Tangga adalah penjabaran dari Anggaran Dasar dan tidak boleh bertolak belakang dengan isi Anggaran Rumah Tangga
2. Badan perwakilan diwajibkan menyusun Anggaran Rumah Tangga dengan persetujuan anggota
3. Anggaran Rumah Tangga merupakan bagian tak terpisahkan dari Anggaran

Rumah Tangga

Bab 23. KETENTUAN LAIN

1. Anggaran Dasar ini berlaku jika disepakati oleh anggota dalam rapat anggota
2. Isi dari Anggaran Dasar bisa dirubah dengan persetujuan dari anggota dalam rapat anggota
3. Anggaran Dasar ini berlaku sejak ditetapkan

Desa, tanggal

Badan Perwakilan	Tanda Tangan		Pengelola	Tanda Tangan

3. CONTOH ANGGARAN RUMAH TANGGA

Bab 1. ORGANISASI PENGELOLA PLTMH

Badan Perwakilan

Wakil 1:

Wakil 2:

Wakil #:

Badan Penasehat

Kepala Desa:

Ketua Wakil Warga Desa:

Pengelola PLTMH

Ketua:

Sekretaris:

Bendahara:

Kewajiban Pengurus Harian

Tugas Ketua Pengurus PLTMH

- Memberikan penerangan masalah PLTMH kepada pelanggan baik mengenai teknis maupun non-teknis
- Membina hubungan baik dengan pelanggan
- Membina hubungan baik dengan pengurus desa dan aparat departemen terkait dan badan pendukung lain (Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM), pabrik turbin, penjual perangkat pendukung dll)
- Merencanakan garis besar kegiatan kepengurusan PLTMH seperti rapat rutin, rapat tahunan, pelaporan dan lain-lain
- Merencanakan pengeluaran dan penerimaan PLTMH
- Merencanakan pengembangan usaha PLTMH
- Memberikan keterangan rencana pengeluaran dan rencana penerimaan pengurus PLTMH kepada masyarakat
- Memberikan persetujuan setiap rencana pengeluaran keuangan bagi kepentingan PLTMH
- Memberikan persetujuan kepada laporan pengeluaran PLTMH

-
- Melakukan perencanaan pengembangan pelayanan listrik PLTMH bersama masyarakat pelanggan
 - Memimpin penyelesaian masalah teknis besar dalam keadaan darurat
 - Memimpin rapat pengurus, rapat umum dengan pelanggan dan rapat darurat lain dalam masalah yang berhubungan dengan PLTMH
 - Menjadi penengah bersama Badan Pengawas, jika terjadi kesalahpahaman antar pelanggan mengenai listrik PLTMH
 - Mempertanggungjawabkan hasil kerja pengurus di depan masyarakat pelanggan PLTMH

Tugas Sekretaris

- Merencanakan acara rapat bersama kepala PLTMH dan pihak lain
- Mencatat semua bahan pembicaraan dalam rapat
- Melaporkan hasil keputusan rapat kepada kepala PLTMH
- Menyimpan semua hasil tertulis dari setiap rapat
- Mencatat dan menyimpan semua surat masuk
- Mencatat semua surat keluar dan menyimpan salinannya
- Menyimpan bahan dokumentasi yang ada seperti foto, brosur, surat-surat dan lain lain
- Menulis surat
- Membuat proposal budget untuk bagian kesekretariatan

Tugas Bendahara

- Menulis semua bahan perencanaan PLTMH (pengeluaran dan pemasukan uang) dalam bentuk yang mudah dimengerti baik bulanan maupun tahunan
- Mengeluarkan uang dengan persetujuan kepala PLTMH dari bank
- Menyimpan uang dengan persetujuan kepala PLTMH ke bank
- Mengeluarkan uang untuk kepentingan operasional dengan persetujuan kepala PLTMH
- Meminta bahan perencanaan keuangan dari tiap bagian PLTMH, misalnya dari pengurus teknis/operator dan sekretaris
- Menyusun perencanaan pengeluaran untuk bagian administrasi keuangan
- Menyimpan bukti pembayaran atau pengeluaran sebagai bahan laporan
- Membuat laporan keuangan
- Menerima dan menyimpan pemasukan uang iuran pelanggan
- Dan melakukan tugas-tugas yang diperintahkan oleh ketua PLTMH, sesuai dengan lingkup administrasi
- Menarik Iuran (bisa menjadi tugas staf lain)

Tugas Operator

- Menangani masalah keselamatan kelistrikan (elektrikal, mekanikal dan sipil)
- Melakukan pemeriksaan bangunan sipil PLTMH secara rutin

**7. DED (DETAIL ENGINEERING DISAIN)
PLTMH TOMBANG**

-
- Mengoperasikan PLTMH yaitu menghidupkan dan mematikan turbin
 - Melakukan perawatan rutin terhadap mesin pembangkit/turbin seperti menambahkan pelumas, mencat turbin, membersihkan turbin dan lain-lain yang dianggap perlu
 - Melakukan pengecekan terhadap jaringan listrik hingga ke rumah pelanggan
 - Melakukan pemasangan jaringan baru atau instalasi baru di rumah-rumah
 - Melakukan instalasi penambahan daya baik tetap maupun sementara (pada acara-acara khusus)
 - Memberikan penerangan teknis mengenai keterbatasan PLTMH khususnya pada saat musim kemarau
 - Melakukan pengecekan rutin terhadap instalasi rumah pelanggan
 - Melakukan perbaikan kecil yang bisa ditangani terhadap bangunan dan peralatan PLTMH
 - Menghubungi penyalur peralatan pendukung dan membina hubungan baik dengan mereka (seperti toko kabel, komponen listrik dan lain-lain)
 - Membina hubungan baik dengan pabrik turbin
 - Merencanakan pemeliharaan besar turbin dan perlengkapannya
 - Merencanakan pengeluaran untuk bagian teknis
 - Memelihara dan menjaga alat bantu kerja dan mencatat jumlah dan keadaannya (alat Bantu seperti kunci pas dan lain-lain)
 - Mencatat semua kejadian yang ada berkaitan dengan PLTMH dalam buku catatan harian / log book
 - Melakukan penagihan iuran bulanan kepada pelanggan
 - Memberikan pelayanan tambahan jika diperlukan seperti penyewaan listrik pada acara besar, pengisian baterai aki dan lain-lain

Hak Pengurus Harian

- Ketua Pengurus berhak mendapat honor bulanan sebesar Rp.
- Sekretaris dan Bendahara berhak mendapatkan honor bulanan sebesar Rp.....
- Operator berhak mendapat gaji bulanan sebesar Rp.... Per orang
- Honor dan gaji dapat disesuaikan jumlahnya jika disetujui oleh pelanggan melalui rapat tahunan
- Honor diberikan setiap akhir bulan

Pengangkatan Pengurus Baru

Pemilihan Pengurus Baru

- Pengurus baru dapat dipilih jika pengurus yang berjalan sudah melakukan kali berturut-turut periode kepengurusan
- Pengurus baru dapat dipilih jika pengurus yang berjalan mengundurkan diri atau tidak mampu lagi melakukan tugasnya

-
- Pengurus baru dapat dipilih jika pengurus yang berjalan telah melakukan penyelewengan tanggung jawab
 - Badan Pengawas dapat mengajukan usul pemilihan pengurus baru jika terdapat pengurus yang menyelewengkan tanggung jawab
 - Pemilihan pengurus baru dilakukan dengan mekanisme pemilihan yang terbuka pada rapat anggota bersama seluruh pelanggan
 - Pemilihan pengurus baru bisa dilakukan jika 2/3 jumlah pelanggan hadir dalam rapat anggota

Syarat Pengurus Baru

- Beragama
- Lebih banyak bekerja daripada bicara
- Dikenal oleh masyarakat dalam hal yang baik dan benar
- Memiliki kepribadian yang dipercaya oleh masyarakat
- Mempunyai pendidikan yang cukup, minimal lulus Sekolah Menengah Pertama (SMP) atau sederajat dan mau belajar
- Khusus bagi operator, paling tidak mengenal permesinan dan kelistrikan atau memiliki pendidikan sekolah teknik menengah (STM) listrik atau mesin
- Mampu mengajak masyarakat untuk bergotong royong
- Mau berjanji untuk menjalankan tugas dengan baik dan benar
- Sesuai dengan tugasnya, memiliki kemampuan dasar tata buku, surat menyurat, dan teknis (mengetahui mesin)

Bab 2. OPERASI PLTMH

Waktu Operasi

PLTMH dioperasikan dari jamhingga jam.....

Bab 3. SAMBUNGAN LISTRIK

Penyambungan Baru

Penyambungan Baru

- Penyambungan baru adalah pemasangan jaringan listrik di dalam rumah pelanggan, industri atau fasilitas sosial yang sebelumnya belum menjadi pelanggan PLTMH
- Sambungan baru yang diberikan dikategorikan
 - 220 VA dengan(angka) buah titik lampu lengkap bersama tempat lampu (fitting) dan(angka) buah stop kontak (colokan listrik)
 - 110 VA dengan(angka) buah titik lampu lengkap bersama tempat lampu (fitting) dan(angka) buah stop kontak (colokan listrik)

- 1000 VA 3 fasa atau lebih besar untuk kegiatan produktif tanpa kabel dan perlengkapan lain
- 1000 VA 3 fasa atau lebih untuk pemakaian komersil tanpa kabel dan perlengkapan lain
- Lampu disediakan oleh pengurus PLTMH berupa lampu hemat energi

Iuran awal

- Setiap penyambungan baru untuk rumah tangga dikenakan iuran awal sebesar(jumlah uang). Iuran awal ini akan menutup biaya-biaya antara lain
 - Fitting Lampu
 - Stop Kontak
 - Kabel
 - Lampu
 - Tabungan awal untuk keadaan darurat dan sebagai modal awal pengelola PLTMH
- Sambungan untuk kegiatan produktif dan kegiatan komersil akan dikenakan iuran awal sebesar(jumlah uang) untuk setiap 1000 VA. Iuran awal ini akan menutup biaya-biaya antara lain:
 - Instalasi
 - Alat keamanan (MCB dll.)
 - Tabungan awal untuk keadaan darurat dan sebagai modal awal pengelola PLTMH

Kelebihan iuran akan disimpan di dalam rekening bank dan merupakan modal awal pengelola PLTMH. Dana tersebut akan meningkat jumlahnya dengan tambahan pendapatan dari iuran bulanan hanya boleh digunakan untuk perbaikan dan perawatan.

Syarat teknis

- Penyambungan baru boleh dilakukan jika daya tersambung yang ada belum mencapai 9/10 kapasitas pembangkitan nominal PLTMH
- Jarak penyambungan baru dari tiang terdekat tidak lebih dari(maksimum 25 meter) meter

Siapa yang melakukan penyambungan

- Yang berhak melakukan penyambungan adalah pengurus PLTMH dalam hal ini operator (untuk sambungan rumah, industri, komersil maupun social)

Penambahan Daya

Penambahan Daya

- Penambahan daya adalah meningkatkan besar sambungan ke rumah dari watt kecil ke watt yang lebih besar misalnya dari 110 VA menjadi 220 VA
- Penambahan daya boleh dilakukan jika kapasitas daya tersambung ke PLTMH tidak lebih dari 9/10 kapasitas pembangkitan nominal PLTMH
- Tarif harus diatur kembali jika melakukan penambahan daya

Siapa yang melakukan instalasi

- Yang berhak melakukan instalasi penambahan daya adalah pengurus PLTMH dalam hal ini adalah operator

Penggunaan Listrik Pada Acara-Acara Khusus

Biaya Penambahan Daya Pada Acara Khusus

- Dalam kesempatan-kesempatan tertentu seperti hajatan dimungkinkan untuk menambah daya secara temporer
- Penambahan daya temporer diperbolehkan maksimalVA
- Biaya penambahan daya adalah(jumlah uang)

Siapa yang melakukan instalasi

- Yang berhak melakukan instalasi penambahan daya sementara adalah pengurus PLTMH dalam hal ini adalah operator

Syarat teknis

- Penambahan daya boleh dilakukan jika kapasitas daya tersambung ke PLTMH tidak lebih dari 9/10 kapasitas pembangkitan nominal PLTMH

Bab 4. INSTALASI RUMAH DAN PENCURIAN LISTRIK

Instalasi Jaringan Rumah

Siapa yang berhak pasang

- Instalasi jaringan baru di dalam rumah harus dilakukan oleh operator
- Setiap pelanggan berhak memasang sendiri jaringan di dalam rumah dengan pengawasan dari pengurus PLTMH dalam hal ini operator

-
- Pengawasan operator penting untuk menjaga aspek keamanan instalasi dalam rumah
 - Setiap pelanggan yang ingin memasang jaringan tambahan di dalam rumah harus melaporkan kepada pengurus PLTMH
 - Operator berhak mengecek instalasi jaringan dalam rumah

Pencurian Listrik

Definisi Pencurian Listrik

- Mengambil sambungan listrik dari rumah tetangga
- Meningkatkan daya dengan tidak melapor secara resmi
- Mendapatkan aliran listrik tanpa mendaftar kepada pengurus PLTMH
- Definisi dapat dikembangkan untuk dapat mencakup cara pencurian listrik baru

Sanksi Pelanggaran

- Sambungan akan diputus oleh pengurus PLTMH dengan disaksikan oleh perwakilan anggota
- Bagi yang mencuri hanya akan diperkenankan menyambung kembali setelahbulan sejak diputuskan, dan harus membayar biaya sambungan baru sebesarkali biaya sambungan normal

Bab 5. TARIF LISTRIK

Tarif Listrik PLTMH

Dasar perhitungan

Dasar perhitungan tariff adalah bahwa tariff harus mampu menutup semua biaya-biaya. Biaya tergantung kepada kondisi spesifik lokasi dan skema pendanaan PLTMH (apakah dari pemerintah atau komersil).

Tarif pada saat ini

Perubahan Tarif

Penarikan Iuran Listrik

Kapan

- Penarikan iuran listrik dilakukan setiap bulan

-
- Penarikan dilakukan pada awal bulan berikutnya contoh:
 - Pemakaian bulan Januari ditagihkan pada awal bulan Februari
 - Pemakaian bulan Juni ditagihkan pada awal bulan Juli
 - Penarikan dilakukan oleh(siapa) hingga(tanggal) bulan berjalan
 - Pelanggan diminta untuk membayar ke lokasi tertentu kecuali jika ada aturan lain

Tunggakan dan Sanksi

- Jika pelanggan telat membayar maka denda pembayaran adalah(jumlah uang).
- Jika pelanggan tidak membayar tagihan untukbulan sambungan akan diputus sementara. Jika tagihan dan denda sudah dibayar maka sambungan akan dikembalikan lagi
- Jika pelanggan tidak membayar tagihan berturut-turut selamabulan maka sambungan diputus sama sekali dan untuk menyambung kembali calon pelanggan akan dianggap sebagai pelanggan baru

PENGELOLAAN PLTMH

Pengelolaan Dana PLTMH

Penyimpanan Dana

- Dana hasil iuran awal maupun iuran bulanan maupun dari pendapatan lain harus disimpan di bank
- Rekening bank harus di atasnamakan lembaga pengelola dan bukan perseorangan
- Rekening bank harus ditandatangani oleh 2 orang yaitu Ketua Pengurus PLTMH dan Bendahara PLTMH
- Jika ketua PLTMH telah diganti maka pengurus baru harus mengurus penggantian tanda tangan ke bank bersangkutan

Penggunaan Dana

- Penggunaan dana PLTMH harus berdasarkan perencanaan pengeluaran yang disusun oleh tiap bagian kepengurusan PLTMH
- Sekretaris harus menyusun rencana pengeluaran bulanan dan tahunan untuk bidang kesekretariatan seperti:

-
- Bendaharan harus menyusun rencana pengeluaran dan pendapatan total kepengurusan PLTMH baik secara tahunan maupun bulanan dan memberikan persetujuan
 - Operator harus menyusun rencana pengeluaran bulanan dan tahunan untuk bidang teknis seperti:
 - Rencana penggunaan dana harus disetujui oleh ketua pengurus PLTMH dan Bendahara
 - Rencana pengeluaran bulan yang akan datang harus diserahkan kepada bendaharaminggu sebelum tanggal 1 bulan baru

PERTANGGUNGJAWABAN

Pertanggungjawaban Pengurus Harian

Pertanggungjawaban rutin

- Pengurus wajib memberikan laporan pertanggungjawaban rutin kepada pelanggan minimal satu kali dalam sebulan
- Pertanggungjawaban rutin bisa diberikan secara lisan di depan pelanggan
- Pertanggungjawaban tertulis diberikan khususnya untuk pertanggungjawaban keuangan bulanan melalui media papan pengumuman terbuka yang bisa dilihat pelanggan dengan leluasa

Laporan keuangan

- Laporan keuangan dibagi menjadi laporan tahunan dan laporan bulanan
- Laporan tahunan dibuat pada akhir tahun yaitu pada bulan desember
- Laporan bulanan dibuat setiap akhir bulan
- Laporan keuangan baik tahunan maupun bulanan harus dilaporkan kepada pelanggan
- Laporan bulanan melaporkan mengenai pendapatan dan pengeluaran bulan berjalan dan jumlah tunggakan jika ada
- Laporan bulanan juga diletakkan di lokasi yang mudah dijangkau sebagian besar pelanggan seperti di papan pengumuman di kantor kepala desa atau di masjid
- Laporan tahunan melaporkan pendapatan dan pengeluaran tahun berjalan dan jumlah tunggakan jika ada
- Laporan tahunan dijabarkan dalam rapat tahunan yang dilaksanakan paling tidak 1 tahun sekali pada akhir tahun

Pelaporan Rutin

- Laporan rutin terdiri dari laporan rutin bulanan dan laporan rutin tahunan
- Laporan rutin melaporkan mengenai hal-hal berikut ini:
 - Jumlah pelanggan
 - Keadaan fisik PLTMH
 - Jumlah pelanggan yang menunggak
 - Aktivitas pengurus PLTMH yang lain
 - Aktivitas pemeliharaan dan perbaikan yang telah dilakukan
 - Kejadian-kejadian yang patut dicatat berkaitan dengan PLTMH
- Laporan rutin diberikan oleh pengurus kepada pelanggan paling tidak secara lisan dalam acara-acara formal maupun informal di desa setiap bulan sekali
- Laporan rutin tahunan diberikan secara tertulis setahun sekali oleh pengurus kepada pelanggan dalam rapat tahunan bersama-sama laporan keuangan tahunan
- Laporan rutin tahunan berisi antara lain
 - Perkembangan jumlah pelanggan
 - Besar daya yang telah tersambung
 - Keadaan peralatan PLTMH dan sarana pendukung lainnya
 - Perkembangan aktivitas pengurus PLTMH
 - Aktivitas pemeliharaan dan perbaikan yang telah dilakukan dalam satu tahun
 - Kejadian penting yang patut dicatat berkaitan dengan PLTMH lengkap dengan waktu dan tanggal
 - Berita acara setiap rapat yang dilakukan oleh pengurus PLTMH
 - Keputusan-keputusan yang telah ditetapkan oleh pengurus PLTMH.

Nama Desa, Tanggal.....

Badan Perwakilan

Nama 1.....tanda tangan

Nama 2.....tanda tangan

Nama #.....tanda tangan

Badan Penasehat

Kepala Desa.....tanda tangan

Kepala Perwakilan Desa.....tanda tangan

Pengelola

Ketua.....tanda tangan

Sekretaristanda tangan

Bendaharatanda tangan

Operator.....tanda tangan

4. CONTOH PERHITUNGAN TARIF

Prinsip perhitungan tariff

Perhitungan tariff pada dasarnya adalah sederhana. Hal pertama yang perlu diketahui adalah apa saja biaya yang rutin dikeluarkan. Biaya rutin atau bisa disebut pengeluaran operasional adalah semua pengeluaran untuk operasi PLTMH. Yang termasuk dalam jenis pengeluaran ini adalah:

1. Gaji
2. Biaya perawatan rutin
3. Transport
4. Administrasi.

Jenis pengeluaran lain adalah cicilan hutang. Jika memiliki hutang maka pengelola PLTMH perlu membayarnya. Cicilan dianggap sebagai biaya.

Jenis pengeluaran ketiga adalah pengeluaran wajib. Yang termasuk dalam jenis pengeluaran ini adalah:

1. Pajak pendapatan
2. Sumbangan ke desa atau ke masyarakat.

Setelah mengetahui semua pengeluaran yang mungkin dan jumlah tiap pengeluaran itu langkah selanjutnya adalah mengetahui jumlah uang yang harus masuk ke tabungan.

Aturan utama adalah biaya operasional akan ditutupi sebesar 60% dari pendapatan rutin karena 40% dari pendapatan rutin harus dimasukkan ke bank.

Untuk mendapatkan jumlah pendapatan rutin yang harus diperoleh maka rumus berikut ini bisa dipergunakan:

$$\text{Kebutuhan Pendapatan} = \frac{\text{Pengeluaran Operasional} \times 100}{60}$$

Dengan rumus di atas akan diketahui jumlah pendapatan yang diperlukan.

Selanjutnya diperlukan informasi mengenai jumlah pelanggan atau potensi jumlah pelanggan. Dengan mengetahui jumlah pelanggan maka tariff tetap diketahui yaitu dengan membagi nilai **Kebutuhan Pendapatan** dengan **Jumlah Pelanggan**.

Informasi apa yang perlu didapatkan?

Jenis informasi yang diperlukan tergantung kepada implementasi tariff. Jika tariff berdasarkan penggunaan energi (kWh) maka informasi yang dibutuhkan lebih banyak. Informasi yang diperlukan antara lain:

Biaya-Biaya

1. Berapa banyak pengeluaran gaji
2. Berapa banyak pengeluaran administrasi
3. Berapa banyak pengeluaran perawatan
4. Berapa banyak pengeluaran hutang
5. Berapa banyak pengeluaran wajib
6. Berapa banyak pengeluaran lainnya.

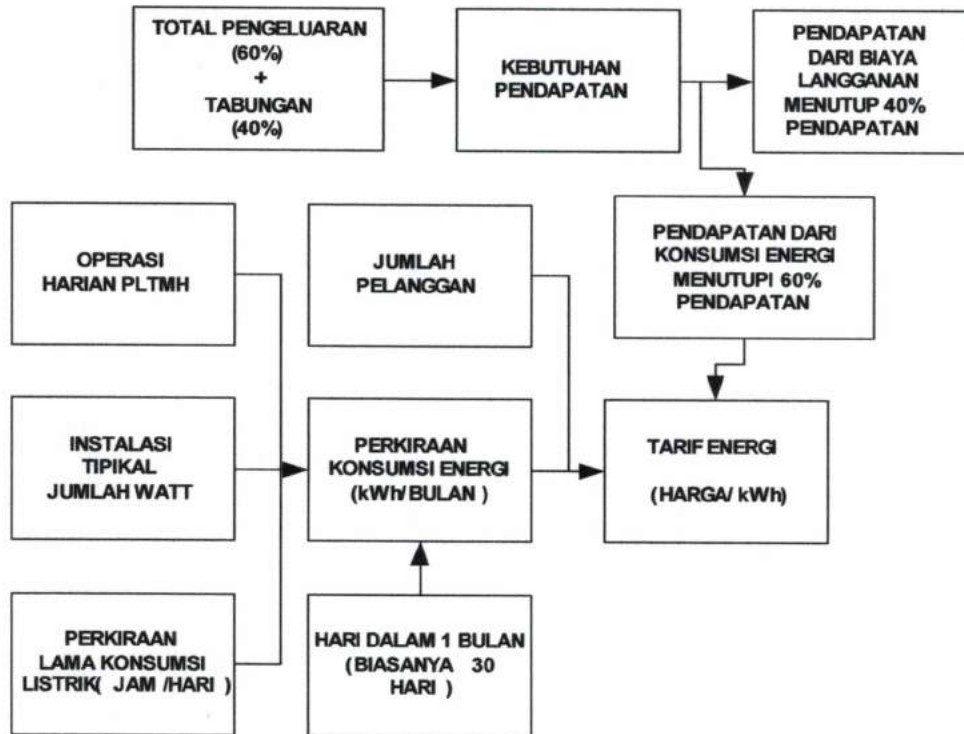
Pelanggan

1. Berapa banyak jumlah pelanggan
2. Berapa banyak pelanggan untuk tiap jenis sambungan (rumah tangga, komersil, industri)
3. Apa saja standar instalasi untuk tiap jenis pelanggan (jumlah lampu, watt dll.)
4. **Kemampuan membayar pelanggan**

Operasi PLTMH (berkaitan erat dengan skema tariff berdasar penggunaan energi)

1. Berapa lama dalam sehari PLTMH akan beroperasi
2. Berapa lama dalam sehari pelanggan PLTMH akan menggunakan listriknya.

Penjelasan perhitungan tariff berdasarkan penggunaan energi



Dalam perhitungan tariff berdasar penggunaan energi terdapat 2 komponen utama yaitu:

1. **Tariff dasar atau Iuran Langganan.** Adalah seperti tariff tetap bulanan. Semakin besar kelas sambungan maka besar tariff dasar juga meningkat. Contoh 450 VA membayar Rp.10.000 per bulan dan 900 VA membayar Rp.20.000 per bulan untuk tariff dasar. Tarif dasar harus mampu menutup 40% dari pendapatan rutin khususnya untuk simpanan untuk keadaan mendesak
2. **Tariff energi atau tariff konsumsi listrik.** Tarif ini merupakan pendapatan yang berubah-ubah tergantung kepada konsumsi listrik pelanggan. Diharapkan 60% dari pendapatan rutin diperoleh dari tariff energi ini. Dalam menghitung tariff energi menggunakan nilai perkiraan konsumsi listrik yang paling aman.

Contoh:

- PLTMH beroperasi selama 12 jam
- Instalasi tipikal mempunyai 50 watt untuk lampu
- Perkiraan waktu pemakaian adalah 6 jam. Angka 6 jam dianggap aman karena tidak selamanya (12 jam) pelanggan akan menggunakan listrik
- Ada 30 hari dalam satu bulan
- Ada 150 orang pelanggan

Menggunakan angka-angka di atas maka perkiraan konsumsi energi adalah 1.350.000 watt jam atau 1.350 kWh. **Mengetahui nilai perkiraan pendapatan dari penggunaan energi maka tariff per kWh bisa ditentukan yaitu dengan membagi nilai perkiraan pendapatan dengan nilai perkiraan konsumsi energi per bulan.**

Pengelola PLTMH harus menghitung dengan scenario lain untuk memperhitungkan jenis sambungan yang lain.

Penjelasan perhitungan tariff tetap

Perhitungan untuk tariff jenis ini lebih mudah karena informasi yang dibutuhkan lebih sedikit:

1. Jumlah pelanggan
2. Kebutuhan pendapatan.

Setelah memiliki informasi tariff dapat dihitung dengan membagi kebutuhan pendapatan (lihat rumus di atas) dengan jumlah pelanggan. Jika terdapat kelas sambungan yang berbeda misalnya 110 VA, 220 VA, 450 VA dan seterusnya, maka prosedur di bawah ini bisa dipergunakan:

1. Kumpulkan data jumlah pelanggan setiap kelas sambungan
2. Pakai kelas sambungan paling kecil (misal 110 VA seperti contoh di atas) sebagai dasar perhitungan

Prinsipnya adalah tariff untuk kelas sambungan yang lebih tinggi harus lebih mahal daripada tariff kelas sambungan yang lebih rendah. Contoh: tariff 110 VA adalah Rp.10.000 maka tariff untuk 220 VA adalah Rp.20.000

3. Jadikan jumlah pelanggan kelas sambungan tinggi menjadi setara untuk kelas sambungan paling rendah
4. Bagi besar kebutuhan pendapatan dengan jumlah total pelanggan (jumlah pelanggan perhitungan bukan jumlah pelanggan yang asli).

Contoh:

1. Ada dua macam kelas sambungan yaitu 110 VA dan 220 VA. Jumlah pelanggan 110 VA adalah 100 orang, 220 VA adalah 75 orang. Pergunakan 110 VA sebagai dasar hitungan
2. Karena tariff 220 VA harus dua kali lebih besar daripada tariff 110 VA maka satu pelanggan kelas 220 VA setara dengan dua pelanggan kelas 110 VA
3. Konversi jumlah pelanggan untuk kelas 220 VA menjadi 75 pelanggan setara dengan 150 pelanggan 110 VA sehingga jumlah pelanggan total adalah 250 pelanggan (100+150 → terhitung dan bukan yang asli)
4. Kebutuhan pendapatan adalah Rp.7.500.000 per bulan sehingga tariff untuk kelas 110 VA adalah Rp.7.500.000 dibagi 250 sama dengan Rp.30.000 per bulan
5. Tarif akhirnya menjadi Rp.30.000 per bulan untuk kelas 110 VA dan Rp.60.000 per bulan untuk kelas 220 VA (2 kali Rp.30.000).

Perubahan Tarif

Tarif harus dirubah sesuai dengan perubahan biaya-biaya seperti contohnya perubahan harga suku cadang. Perubahan pada umumnya adalah berarti peningkatan besar tariff. Perubahan tariff harus sesuai dengan sinyal harga yang ada. Sinyal harga bisa menggunakan berbagai macam harga seperti: harga beras, harga minyak tanah, harga transportasi dll. Sinyal harga harus dipilih yang tidak terlalu sering berubah-ubah (misalnya harga minyak tanah) dan tidak ada

kemungkinan untuk turun. Umumnya dipergunakan sinyal harga berupa harga minyak tanah.

Perubahan tariff harus mempertimbangkan kemampuan membayar dari pelanggan.

5. PENGOPERASIAN DAN PEMELIHARAAN PLTMH

A. PETUNJUK PENGOPERASIAN

A.1. Pengontrolan Berkala Harian

- ☐ Kontrol tingkat pemanasan (temperatur) bearing (bantalan poros).
- ☐ Kontrol Turbin (frame) dan katup jika terjadi kebocoran.
- ☐ Kontrol tegangan (voltage) generator, arus beban, tegangan ballast dan frekuensi (terutama pada sore hari pada saat beban puncak) untuk over load, hubungan pendek (short circuit) dan kelainan yang ada.

A.2. Pengontrolan Berkala Mingguan

- ☐ Perhatikan panjang saluran pembawa dan kontrol apakah terdapat kelainan-kelainan seperti kebocoran, hambatan, dan kemungkinan longsor.
- ☐ Kontrol bak penenang dan bak pengendap, perhatikan apakah terdapat kebocoran, kerusakan, hambatan atau erosi tanah.

A.3. Pengontrolan Berkala Bulanan

- ☐ Perhatikan sepanjang pipa pesat (penstock) dan periksa apakah terdapat kebocoran pada flange, tempat pengelasan serta erosi tanah pada pasangan dudukan penstock.
- ☐ Sentuh dan rasakan kabel pada generator, NFB, ELC dan Ballast, apakah terjadi pemanasan yang berlebihan dan periksa sambungan-sambungan kabel apakah terjadi perubahan warna (pernah mengalami panas yang berlebihan).

A.4. Proses Menyalakan dan Mematikan

📁 Menyalakan

- Ubah posisi NFB menjadi OFF
- Buka penutup pintu air (*gate valve*) pada bak penenang
- Buka katup Turbin (*guide vane*) secara 'perlahan-lahan'. Tekan tombol START pada Overvoltage trip pada waktu yang bersamaan. Pada saat tegangan generator menunjukkan angka 150 volt akan terdengar bunyi 'klik' yang menandakan bahwa relay eksitasi telah berfungsi.
- Lepaskan tombol START dan secara 'perlahan-lahan' buka katup Turbin. Ballast Voltmeter akan mulai bekerja, sementara tegangan dan kecepatan generator tetap. Keadaan ini harus berlangsung selama 10 detik atau lebih untuk kemudian membuka katup Turbin sepenuhnya.
- Sambungan beban utama dengan merubah posisi NFB menjadi ON.
- Jika tegangan Ballast menurun menjadi '0' volt, maka terdapat cukup daya yang dibangkitkan atau terlalu banyak beban pada sistem. Load kontrol tidak dapat menahan generator agar berkecepatan konstan.
- Kontrol tekanan air (*head pressure*) pada pressure gauge 30 menit kemudian untuk memastikan apakah tidak terjadi penurunan muka air di bak. Jika terjadi penurunan dibawah tekanan statik (*static pressure*) maka katup Turbin telah dibuka terlalu besar atau tidak terdapat cukup air yang masuk ke dalam bak penenang (periksa dan pastikan). Bila hal ini terjadi maka tutup katup Turbin secara 'perlahan-lahan' sampai tekanan air menjadi normal kembali.
- Sepanjang siang hari penggunaan beban biasanya lebih rendah dibanding sore dan malam hari (disebut 'beban puncak'). Oleh sebab itu bukaan katup Turbin dapat diperkecil. Sebelum terjadi kenaikan beban pada beban puncak, bukaan katup Turbin harus diperbesar.

Mematikan

- Tutup katup Turbin secara 'perlahan-lahan' (tidak lebih cepat dari 5 detik).
- Tutup katup bak penenang (pintu air).
- Ubah posisi NFB menjadi OFF.

A.5. Optimasi Daya Keluaran (Debit Rendah pada Musim Kemarau)

Sepanjang musim kemarau perhatian khusus harus diberikan untuk menjamin bahwa seluruh air yang dibutuhkan dapat masuk pada saluran intake dan tidak terdapat kebocoran. Jika terjadi penurunan debit dari yang direncanakan maka akan terjadi penurunan keluaran daya pada saat normal. Untuk memelihara keluaran daya maksimum yang memungkinkan, sangat penting untuk membuka katup Turbin pada posisi yang tepat. Kalau bukaan kecil maka keluaran daya akan rendah meskipun terdapat air yang cukup di bak penenang. Kalau bukaan terlalu besar, tekanan air (*head pressure*) akan menurun dan udara akan masuk sehingga daya keluaran akan menurun secara tajam.

A.6. Pembacaan Meteran (untuk Beban ke Konsumen dan Daya Keluaran)

Meteran (alat ukur) di rumah pembangkit dapat dipergunakan untuk menghitung secara kasar beban ke konsumen dan total daya keluaran dari fasilitas pembangkit.

❖ **Untuk beban ke konsumen**

Baca tegangan generator serta beban arus R, Y, B yang tercantum pada masing-masing meter.

Sebagai contoh :

Tegangan generator= 226 Volt

Arus R = 63 Ampere

$$\text{Arus Y} = 71 \text{ Ampere}$$

$$\text{Arus B} = 55 \text{ Ampere}$$

Maka beban ke konsumen dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = [(V_g \times A_1) + (V_g \times A_2) + (V_g \times A_3)]$$

$$= [(226 \times 63) + (226 \times 71) + (226 \times 55)]$$

$$= [14.238 + 16.046 + 12.430]$$

$$= \mathbf{42.714 \text{ Watt}} \quad \Leftrightarrow \quad \mathbf{42.7 \text{ kW}}$$

❖ Daya keluaran

Jika switch utama pada posisi OFF, baca tegangan ballast R, Y, B sebagai contoh :

$$\text{Tegangan ballast R (A1)} = 183 \text{ Volt}$$

$$\text{Tegangan ballast Y (A2)} = 176 \text{ Volt}$$

$$\text{Tegangan ballast B (A3)} = 183 \text{ Volt}$$

Tegangan statis ballast (V_b) adalah 240 Volt

Setiap fasa ballast load total 15 kW

Maka daya yang dibangkitkan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P &= \left[\left(\frac{A_1}{V_b} \right)^2 + \left(\frac{A_2}{V_b} \right)^2 + \left(\frac{A_3}{V_b} \right)^2 \right] \times 15 \text{ kW} \\ &= \left[\left(\frac{183}{240} \right)^2 + \left(\frac{178}{240} \right)^2 + \left(\frac{183}{240} \right)^2 \right] \times 15 \text{ kW} \\ &= [0.581 + 0.550 + 0.653] \times 15 \text{ kW} \\ &= [1.694] \times 15 \text{ kW} \\ &= \mathbf{25.4 \text{ kW}} \end{aligned}$$

A.7. Putaran Turbin Terhambat

Jika benda yang cukup besar masuk ke dalam *penstock*, benda tersebut dapat menghambat Turbin. Benda ini dapat menghalangi semburan air, sehingga daya keluaran menjadi turun. Hambatan Turbin dapat dideteksi dengan putaran yang tidak beraturan dan suara normal putaran Turbin yang mengalami perubahan.

Untuk menghilangkan hambatan ini, penstock harus dikosongkan dengan menutup pintu air pada bak penenang. Jika tidak terdapat, pintu air dapat disumbat. Setelah itu, penutup bagian atas (*top cover*) Turbin dapat diangkat dan runner dapat dibersihkan dari segala macam kotoran.

B. PETUNJUK PERAWATAN

B.1. Bendung

Deskripsi

Bendung (*weir*) diletakkan/dibuat melintang arah aliran air untuk mendapatkan jumlah air yang dibutuhkan oleh turbin. Pada bendung biasanya terdapat pintu air untuk membersihkan sedimen-sedimen kasar yang terbawa oleh air.

Pekerjaan perawatan

Setelah setiap musim hujan berlalu, bendung (*weir*) harus diperhatikan secara seksama, bendung yang menggunakan bronjong seringkali harus mengalami perbaikan-perbaikan. Sepanjang musim kemarau kontrol, apakah terdapat kebocoran-kebocoran pada bendung. Jika terjadi banyak kebocoran '**harus**' segera diperbaiki. Biasanya bendung bronjong dapat tahan selama 5 tahun sebelum harus diperbaiki kembali, sedangkan untuk bendung tetap biasanya dapat tahan untuk jangka waktu 20 tahun.

B.2. Intake

Deskripsi

Intake adalah bangunan untuk menyadap air yang akan dialirkan ke Turbin. Pada intake biasanya terdapat saringan untuk menahan kotoran.

Pekerjaan perawatan

Periksa apakah pada bangunan intake terdapat kebocoran. Bersihkan kotoran-kotoran yang menyangkut pada saringan yang menghalangi air untuk masuk.

B.3. Bak Penutup

Deskripsi

Pada bak pengendap, air akan mengalami perlambatan sehingga partikel yang kecil (diatas 0,3 mm) dapat mengendap di dasar kolam. Partikel ini harus dihilangkan dari air yang akan memasuki turbin karena dapat menyebabkan runner turbin mengalami pengerusan (terganggu). Bak pengendap ini kadang-kadang juga berfungsi sebagai bak penenang. Pintu air yang terdapat pada bak ini dimaksudkan untuk menguras endapan-endapan yang terjadi. Pengurasan harus dilakukan setiap 2 atau 3 hari sekali.

Pekerjaan perawatan

Pengontrolan secara berkala untuk melakukan pengurasan.

B.4. Saluran Pembawa (Bila ada pada sistem PLTMH)

Deskripsi

Saluran pembawa adalah saluran yang membawa air dari intake ke bak pengendap atau bak penenang sehingga mengurangi daya infiltrasi.

Pekerjaan perawatan

Saluran pembawa biasanya berlokasi pada daerah yang cukup terjal dan mempunyai kecenderungan untuk longsor. Oleh sebab itu pengontrolan secara berkala harus dilakukan untuk mencegah kebocoran atau kelemahan kelemahan lainnya.

B.5. Pipa Pesa (Penstock)

Deskripsi

Penstock berfungsi untuk menghantarkan air dari bak penenang ke turbin tanpa kehilangan massa maupun tekanan. Diameter penstock tergantung dari debit maksimum yang dibutuhkan. Setiap segmen penstock dihubungkan dengan flange dan disambungkan dengan mur dan baut. Karet packing dipasang diantara flange. Pada kondisi tertentu dimana pemuaian dan pengerutan penstock sangat besar sehingga tidak dapat terakomodir oleh penstock sehingga penstock tidak dapat tersangga dengan baik pada tempatnya. Maka dari itu dibutuhkan penyangga penstock yang memiliki spesifikasi tertentu yang dapat menjaga penstock agar tetap tersangga dengan baik dan dapat berfungsi dengan baik pula.

Pekerjaan perawatan

Kontrol penstock setiap minggu, apakah terdapat kebocoran atau keretakan. Jika keluar melalui flange, kencangkan baut dan mur. Jika kebocoran masih terjadi atau terdapat keretakan pipa hubungi perusahaan yang terkait. Kontrol setiap 1 tahun sekali dan pastikan bahwa tidak ada air yang mengalir melalui bagian bawah dudukan penstock. Secara berkala potonglah rumput/tumbuhan lainnya yang tumbuh disekitar pipa. Pastikan pula tidak ada tanah atau gundukan tanah yang menempel pada pipa

PENSTOCK BARU SANGAT MAHAL

PENGECATAN JAUH LEBIH MURAH !!!

karena ini akan mempermudah proses karat (korosi). Lakukanlah pengecatan paling lambat 2 tahun sekali, hal ini untuk memperlambat proses karat.

B.6. Turbin

Deskripsi

Di dalam turbin terjadi konversi energi air menjadi energi mekanik yang akan menggerakkan generator. Air bertekanan memasuki turbin melalui adapter (nozzle). Pada nozzle dipasang alat untuk mengukur besarnya tekanan air.

Pekerjaan perawatan

Bearing turbin (2 buah) harus dikontrol setiap hari untuk mengetahui adanya pemanasan yang melebihi kewajaran atau adanya kebisingan/keretakan. Tambahkan pelumas sesuai dengan yang dibutuhkan. Seminggu sekali lumasi bearing. Setelah 5 tahun sebaiknya bearing tersebut diganti meskipun bearing yang ada masih dapat digunakan. Jangan biarkan turbin bekerja dengan bearing yang usang, hal tersebut akan merusak turbin bahkan generatornya. Hal ini perlu dihindarkan sebab kedua barang tersebut harganya sangat mahal. Dudukan turbin (*housing*) harus dikontrol setiap minggu untuk mencegah hal hal yang mengganggu lancarnya pengoperasian turbin. Jika terdapat kelainan perbaiki sesuai dengan kadar rusaknya.

B.7. Generator

Deskripsi

Generator mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Generator ini digerakan secara langsung melalui perantara belt. Untuk menghasilkan listrik, generator menghubungkan magnet permanen yang ada.

Pekerjaan perawatan

Kontrol generator setiap hari untuk tingkat pemanasan yang melebihi kewajaran. Badan generator boleh menjadi hangat, tetapi seandainya telapak tangan sudah tidak dapat diletakkan di badan generator secara wajar maka hal ini sudah diluar kebiasaan. Kontrol saluran saluran ventilasi, apakah terhalangi atau tidak. Buka jendela rumah turbin jika diperlukan. Bersihkan badan generator, jika hal ini masih belum dapat menolong, segera hubungi perusahaan terkait. Setiap setahun sekali buka tutup ventilasi generator dan bersihkan dari debu debu yang menempel, sarang laba laba dan kotoran lainnya agar dapat memungkinkan udara pendingin mengalir dengan baik. Bearing generator tidak memerlukan pelumasan karena telah dibuat sedemikian rupa dan dilindungi dari pabrik pembuanya. Setelah bekerja selama 5 tahun terus menerus, maka bearing perlu untuk diganti. Kontrol setiap hari adanya kemungkinan kebisingan atau getaran yang berlebihan, jika hal ini terjadi kencangkanlah baut dan mur serta kopling yang longgar. Kontrol kelurusan tata letak dngan memutar poros dengan tangan, poros harus dapat berbutar dengan mudah tanpa dipaksa. Jika terdapat getaran yang mencurigakan, hal ini harus dilakukan oleh orang yang telah berpengalaman.

B.8. Switch dan Kabel Penghantar Daya

Deskripsi

Kabel penyalur daya adalah kabel yang menghubungkan generator ke panel kontrol. Switch NFB dipergunakan untuk mengalirkan listrik ke pusat beban (desa/konsumen) dan juga berfungsi untuk melindungi panel kontrol dan generator jika terjadi hubungan pendek di jaringan distribusi.

Pekerjaan perawatan

Kontrol setiap minggu seluruh kabel penghantar daya dengan cara menyentuh dan menggenggamnya. Kabel ini harus cukup dingin dan agak hangat. Jika hangat kencangkan semua sambungan, jika sepatu kabel menjadi hitam atau berubah warna, buanglah sepatu kabel tersebut dan ganti dengan yang baru. Jaga kebersihan NFB dengan lap setiap saat yang diperlukan.

B.9. Automatic Voltage Regulator (AVR)

Deskripsi

AVR berfungsi untuk mengatur tegangan agar tetap konstan pada besaran yang diinginkan dan tidak tergantung pada kecepatan generator.

Pekerjaan perawatan

Perawatan yang diperlukan oleh alat ini hanya melakukan pembersihan kotak dari luar. Jika terjadi kelainan jangan melakukan pembongkaran kotak sendiri, hubungi perusahaan yang terkait.

B.10. Overvoltage Trip

Deskripsi

Alat ini mencegah konsumen dan generator dari kejadian adanya tegangan yang berlebihan (*over voltage*). Kejadian ini hanya mungkin terjadi kalau AVR gagal/tidak berfungsi dengan baik. Alat ini terdapat dalam kotak AVR.

Pekerjaan perawatan

Untuk alat ini tidak diperlukan perawatan yang kontinu.

B.11. Panel Kontrol dan Tangki Ballast

Deskripsi

Alat ini menjaga turbin dan generator dengan cara menyesuaikan daya yang terbangkit di turbin dengan beban yang diterima oleh generator. Ketika katup dibuka perlahan lahan, maka daya yang dibangkitkan oleh generator semakin lama semakin membesar. Seluruh daya yang dibangkitkan ini disalurkan oleh panel kontrol melalui ballast load. Pada saat beban desa dihubungkan, maka panel kontrol mengatur hanya beban yang tidak termanfaatkan untuk disalurkan ke ballast load. Dengan cara ini, kecepatan dan frekuensi generator akan menjadi konstan. Jika tegangan di ballast load tinggi, maka jumlah daya yang dialirkan ke pemanas besar. Jika tegangan ballast load mendekati nol, maka tidak terdapat lagi daya yang disalurkan ke konsumen. Seandainya beban pada konsumen ditambah, maka hal ini menyebabkan kecepatan generator dan tegangan akan menurun.

Pekerjaan perawatan

Kontrol setiap hari jumlah air yang mengalir melalui pipa/selang dari Nozzle yang mengalirkan ke tangki ballast dan perhatikan apakah terjadi kebocoran atau tidak. Kontrol pula tangki ballastnya. Pastikan pemanas pada ballast load selalu terendam oleh air, jika tidak maka pemanas tersebut akan terbakar

karena panas yang berlebih. Kontrol bagian luar panel kontrol dengan cara membersihkan kotoran-kotoran yang ada, terutama pada lubang-lubang ventilasi, agar udara dapat bebas keluar masuk ke dalam panel. Bersihkan bagian dalam (matikan terlebih dahulu semua fasilitas pembangkit) dengan cara di lap. Kontrol pula tangki ballast load, apakah terdapat kotoran atau tidak, bersihkan dengan menghilangkan sedimen yang ada.

B.12. Pentanahan (Grounding/Earting)

Deskripsi

Alat ini berfungsi untuk mencegah terjadinya kejutan fisik (electric shock) pada manusia jika terjadi kegagalan fungsi alat. Alat ini terdiri dari satu pipa yang ditanam didalam tanah yang dihubungkan dengan kabel netral dan penangkal petir.

Pekerjaan Perawatan

Kontrol setiap tahun kabel tanah di sekitar rumah pembangkit dan sambungan-sambungannya dengan seluruh kotak metal, swith, badan generator, badan turbin dan tangki ballast load. Periksa sambungan dan kencangkan bila longgar.

B.13. Jaringan Distribusi

Deskripsi

Jaringan distribusi adalah jaringan kabel yang berfungsi untuk mengalirkan/ menghantarkan listrik dari rumah pembangkit ke pusat beban (konsumen) dengan drop maksimum sebesar 20 Volt. Kabel yang digunakan untuk tegangan rendah adalah kabel alumunium yang berisolasi, sedangkan untuk tegangan tinggi menggunakan kabel tanpa isolasi dengan diameter yang lebih besar. Rumah konsumen dihubungkan

dengan kabel jaringan ini dan diperhitungkan dengan cermat agar dapat diterima oleh ketiga fasa yang ada dengan seimbang.

Pekerjaan Perawatan

Kontrol setahun sekali tiang jaringan terhadap gangguan-gangguan yang diakibatkan oleh adanya tumbuhan. Pada saat yang bersamaan, kontrol pula kerusakan yang terjadi pada tiang, tiang yang rusak/bengkok harus diganti sebelum terjadi keretakan/patah.

B.14. Switch Pembatas Daya

Deskripsi

Kabel jaringan dihubungkan ke rumah konsumendengan melalui kotak swith pembatas daya (MCB) yang berfungsi untuk membatasi penggunaan listrik di rumah konsumen sesuai dengan daya yang diinginkan oleh konsumen dan disepakati oleh pengelola rumah pembangkit. Jika penggunaan listrik dirumah melebihi batas kemampuan MCB, naka MCB tersebut secara otomatis akan memutuskan aliran di rumah tersebut.

Pekerjaan Perawatan

Kontrol setiap bulan, apakah sambungan kabel listrik di rumah konsumen dari jaringan distribusi melalui kotak MCB atau tidak. Untuk menghindari pencurian daya, kontrol MCB dengan memberi beban di rumah tersebut 20% lebih besar dari kemampuan MCB. Bila MCB tidak mati, ganti MCB tersebut dengan MCB baru yang sesuai dengan batasan dayanya.

C. JADWAL PERAWATAN BERKALA TAHUNAN

C.1. Pekerjaan sebelum musim hujan

Pada saat awal musim hujan, buka pintu penguras pada intake untuk membersihkan sedimen-sedimen yang ada.

C.2. Pekerjaan selama musim hujan

Kontrol saluran pembawa dan intake sampai ke bak penenang, bersihkan dari kotoran dan sampah yang masuk. Kontrol setiap endapan pada intake, buka pintu penguras agar endapan dapat dihilangkan. Lakukan pemeriksaan yang lebih teliti pada kerusakan permukaan tanah atau erosi yang terdapat di sekitar intake, saluran pembawa, saluran pengendap, bak penenang dan pipa pesat (penstock). Buka saluran pembuang pada bak penenang untuk menghilangkan sisa endapan yang ada.

C.3. Pekerjaan setelah musim hujan

Kontrol semua bangunan PLTMH untuk melihat adanya kemungkinan terjadi kerusakan akibat banjir. Bersihkan endapan pada semua saluran air. Bersihkan kotoran yang menyangkut di bendung. Kontrol secara keseluruhan saluran pembawa terutama yang rawan longsor, juga pada kedudukan pipa pesat dan dudukan lainnya yang dapat tergerus oleh air hujan.

C.4. pekerjaan selama musim kemarau

Kontrol apakah terjadi kebocoran pada intake. Perhatikan apakah terjadi keretakan pada bak. Perhatikan apakah terdapat tanah yang basah akibat kebocoran pada saluran pembawa. Lakukanlah perubahan pada katup turbin untuk menyesuaikan dengan jumlah air yang ada di bak.

C.5. Perawatan tahunan

Bersihkan dan periksa saringan halus. Apakah saringan halus perlu diganti atau tidak, jika diperlukan bersihkan bak. Dua kali setahun bantalan poros turbin harus dibersihkan dengan minyak tanah dan dilumasi kembali dengan stempet. Buka tutup generator, bersihkan kotoran kotorannya dan bagian dalam bersihkan dengan lap kering. Bersihkan dan lap bagian dalam dan luar dari kotak panel kontrol AVR/Overvoltage Trip dan kotak penunjuk AVR

dari debu dan kotoran lainnya. Keluarkan dan bersihkan endapan dari bak ballast. Kontrol kabel pentanahan dan sambungan sambungan yang ada. Kontrol tiang jaringan, isolasi pada kabel jaringan dan potonglah dahan pohon yang menyentuh serta menghalangi kabel. Perhatikan juga kondisi tiang, mungkin ada yang perlu diganti. Kontrol kabel dan kotak MCB pada semua rumah konsumen.

C.6. Pekerjaan tahunan

Bersihkan tanah diatas timbunan kabel pentanahan setiap 2 tahun sekali untu mengontrol korosi (karat), setelah dilakukan pengecekan dan perbaikan, timbun kembali dengan tanah. Setiap 2 tahun sekali periksa turbin dan pipa pesat (*penstock*). Disarankan untuk melakukan pengecatan pada pipa pesat untuk mengurangi proses korosi serta mengganti runner turbin jika diperlukan. Periksa juga bangunan intake dan disarankan untuk melakukan perbaikan/penggantian jika diperlukan. Kontrol dudukan generator dan sambungan sambungan, lakukan perbaikan dan jika perlu lakukan penggantian. Periksa dan ganti jika diperlukan, saringan box ballast setiap 3 tahun. Lakukan pengecatan pipa pesat setiap 2 tahun sekali. Rencanakan untuk mengganti runner turbin, bantalan poros turbin dan generator, kopleng (*coupling dan plummer block*), belt serta bearing setiap 5 tahun sekali. Rencanakan untuk mengganti seluruh tiang jaringan setiap 5 atau 10 tahun sekali. Rencanakan untuk mengganti/memperbaiki rumah turbin dan pipa pesat setiap 10 tahun sekali.

D. DAFTAR PERALATAN

Peralatan yang berkualitas baik, penting dan dibutuhkan untuk perawatan yang baik. Peralatan yang murah cenderung berkualitas kurang baik, mudah patah serta memungkinkan kerusakan pada peralatan. Penggantian peralatan yang rusak harus dilakukan secepatnya. Peralatan untuk pemeliharaan disimpan di dalam lemari rumah pembangkit, manajer bertanggung jawab dan harus tetap mengontrol.

D.1. Peralatan mekanikal

- ❖ Ring Spanners
- ❖ Open Spanners
- ❖ Kunci inggris
- ❖ Obeng besar, sedang, kecil
- ❖ Tang
- ❖ Palu
- ❖ Gergaji besi

D.2. Peralatan elektrik

- ❖ Testpen
- ❖ Multimeter
- ❖ Solder
- ❖ Tes kit berlampu untuk ECC
- ❖ Gunting (kecil)
- ❖ Tang (kecil)

6. PETA LOKASI KEGIATAN