KAJIAN KELAYAKAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO GUNUNG SAWUR 1 DAN GUNUNG SAWUR 2 DI LUMAJANG

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

WILDA FARADINA

NIM. 0910633073 – 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

KAJIAN KELAYAKAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO GUNUNG SAWUR 1 DAN GUNUNG SAWUR 2 DI LUMAJANG

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

WILDA FARADINA

NIM. 0910633073 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D.	**Ir. Teguh Utomo, MT.**
NIP. 19730520 200801 1 013	**NIP. 19650913 199103 1 003**

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN KELAYAKAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO GUNUNG SAWUR 1 DAN GUNUNG SAWUR 2 DI LUMAJANG

SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:
WILDA FARADINA
NIM. 0910633073– 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

22 Januari 2015

Majelis Penguji:

Ir. Soeprapto,M.T
NIP. 19561020 198903 1 001

Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.
NIP. 19580609 198703 1 003

Ir. Wijono, M.T., Ph.D.
NIP. 19621111 198903 1 003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001

KATA PENGANTAR

Assalammualaikum Wr. Wb.

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya dengan berkat rahmat, barokah dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ”Kajian Kelayakan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 Di Lumajang”. Skripsi tersebut disusun dalam rangka untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik, di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam penyelesaian skripsi ini, seperti terkendalanya literatur mengenai permasalahan serta metode yang digunakan untuk menganalisis permasalahan. Namun, semua itu dapat diatasi berkat bantuan dari pihak-pihak yang telah meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut diantaranya :

1. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, ST., M.Sc selaku KKDK konsentrasi Teknik energi elektrik Teknik Elektro.
5. Bapak Ir. Teguh Utomo, M.T. dan Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran dan memberi pengarahan penulis dalam penelitian ini.
6. CV. Hydro Cipto Mandiri dan dusun Gunung Sawur yang menjadi lokasi penelitian, terutama Bapak Sucipto yang telah banyak membantu dan memberi ijin dalam pengambilan data dan survei lapangan di lokasi pembangkit.
7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2009, khususnya rekan-rekan mahasiswa konsentrasi (A) Teknik Energi Elektrik.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan penelitian ini. Oleh karena itusaran dan kritik mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan berguna.Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR LAMPIRAN viii
ABSTRAK ix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Sistematika Pembahasan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Sumber Energi 4
2.2 Konversi Energi 4
2.3 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Hidro 5
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) 5
2.5 Prinsip Kerja PLTMH 5
2.6 Komponen – Komponen pada PLTMH 6
2.7 Komponen Sipil PLTMH 7
2.7.1 Bendung dan Intake (*Deversion Weir*) 7
2.7.2 Bak Pengendap (Sand Trap) 8
2.7.3 Saluran Pembawa (Head Race Channel) 9
2.7.4 Bak Penenang (Forebay) 9
2.7.5 Saringan (*Trash Rack*) 10
2.7.6 Saluran Pelimpah (*Spillway*) 12
2.7.7 Pipa Pesat (Penstock) 12
2.7.8 Rumah Pembangkit (Power House) 13
2.8 Komponen Mekanikal – Elektrikal PLTMH 14
2.8.1 Turbin Air 15
2.8.2 Generator 18
2.8.3 Panel Listrik , Alat Kontrol dan *Ballast* 19

2.8.4 Jaringan Kabel Listrik 20
2.9 Daya PLTMH 21
2.10 Metode Pengukuran Debit Air 22
2.10.1 Metode Tampung 23
2.10.2 Metode Apugan 23
2.10.3 Metode Bendungan 25
2.10.4 Metode Kecepatan Area 26
2.11 Metode Menentukan Tinggi Jatuh Air 28
2.11.1 Metode Peta Topografi 29
2.11.2 Metode Sigi Fotografi 29
2.11.3 Metode Altimeter 29
2.11.4 Metode Peralatan Goedesi 30
2.11.5 Metode Water-Filled Tube 30
2.12 Produksi Energi per tahun 31
2.13 Rencana Anggaran Biaya (RAB) 32
2.14 Harga Jual Tenaga Listrik 34
2.15 Analisis Kelayakan Ekonomis PLTMH 34
2.15.1 Perkiraan biaya investasi / *Cost Flow* (CF) 35
2.15.2 *Cash In Flow* (CIF) /Proyeksi pendapatan 35
2.15.3 *Annual Cash In Flow* 36
2.15.4 Payback Periode (PP) 36
2.15.5 *Net Present Value* (NPV) 36
2.15.6 *Return Of Investment* (ROI) 37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 38
3.1 Studi Literatur 39
3.2 Survei Kondisi Sistem dan Pengambilan Data 39
3.3 Pengambilan Data 39
3.3 Analisis Data dan Pembahasan 41
3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran 42
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN HASIL 43
4.1 Profil Pembangit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Gunung Sawur. 43
4.2 Potensi Energi Aliran Air PLTMH Gunung Sawur 44
4.2.1 Luas Penampang Melintang Sungai (*A*) 44
4.2.2 Kecepatan Aliran Air (m/s) 45

4.2.3 Debit Air (Q) 47
4.2.4 Tinggi jatuh air (h) 47
4.3 Daya Keluaran Terbangkitkan (P_{out}) 48
4.4 Pengukuran PLTMH Gunung Sawur Dilapangan 50
4.5 Perbandingan Daya 57
4.5.1 Perbandingan Daya Terpakai Dengan Daya Terbangkitkan 57
4.5.2 Perbandingan Daya Terpakai Dengan Daya Terpasang Pada Generator 61
4.6 Pembahasan Analisis Daya PLTMH Gunung Sawur 64
4.7 Produksi Energi per tahun (kWh) 65
4.8 Analisis Ekonomi 66
4.8.1 Biaya investasi / Cost Flow (CF) 66
4.8.2 *Cash In Flow* (CIF) 67
4.8.3 Annual Cash In Flow 70
4.8.4 Payback Period (PP) 71
4.8.5 Net Present Value (NPV) 72
4.8.6 *Return Of Investment* (ROI) 73
4.9 Pembahasan Teknis dan Ekonomis 73
BAB V PENUTUP 75
5.1 Kesimpulan 75
5.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 78

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro 6
Gambar 2.2 (a).Elemen utama dari bendung dan *intake* (b). Sketsa 3 dimensi dari bendung dan *intake*..... 8
Gambar 2.3 Contoh dari saluran pembawa..... 9
Gambar 2.4 (a) Elemen utama dari *forebay.* (b) Elemen utama dari *forebay* 3D**Error! Bookmark no**
Gambar 2.5 Contoh desain saringan sampah (*Trash Rack)***Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2.6 *Spillway* 12
Gambar 2.7 *Penstock*..... 13
Gambar 2.8 *Power House* dan *Tailrace* 14
Gambar 2.9 Perangkat Elelkto Mekanik secara umum 15
Gambar 2.10 Turbin 16
Gambar 2.11 Generator 18
Gambar 2.12 (a) Panel, (b).ballast 20
Gambar 2.13 Kondisi *power house* yang Baik 20
Gambar 2.14 Pengukuran Luas Penampang Melintang Sungai 24
Gambar 2.15 Titik Pengukuran Kecepatan Air dengan Current Meter..... 28
Gambar 2.16 Metode Pengukuran Water-Filled Tube-1..... 30
Gambar 2.17 Metode Pengukuran Water-Filled Tube-2..... 31
Gambar 2.18 Metode Pengukuran Water-Filled Tube-3..... 31
Gambar 3.1 Diagram Alir Secara Keseluruhan 38
Gambar 4.1 Peta lokasi Kabupaten Lumajang..... 43
Gambar 4.2 Penampang Sungai 44

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Klasifikasi Turbin Berdasarkan Tinggi Tekan 17
Tabel 2.2 Perbandingan spesifikasi teknis dari turbin 17
Tabel 4.1 Hasil pengukuran kedalaman sungai 45
Tabel 4.2 Hasil pengukuran kecepatan aliran air 46
Tabel 4.3 Kecepatan aliran air pada setiap titik 47
Tabel 4.4 Hasil pengukuran generator pada hari pertama 50
Tabel 4.5 Hasil pengukuran generator pada hari kedua 51
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Daya 55
Tabel 4.7 Perbandingan daya terpakai dengan daya terbangkitkaan 59
Tabel 4.8 Perbandingan daya terpasang dengan daya terpakai 63
Tabel 4.9 Biaya Pemmbangunan PLTMH Gunung Sawur 67
Tabel 4.10 Alternatif Harga Pokok Penjualan 68
Tabel 4.11 *Cash In Flow* (CIF) 70
Tabel 4.12 *Annual Cash In Flow* 71
Tabel 4.13 *Net Present Value* (NPV) 73
Tabel 4.14 *Return Of Investment* (ROI) 73

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 lay out pltmh gunung sawur unit 1 79
Lampiran 2 lay out pltmh gunung sawur unit 2 80
Lampiran 3 data hidrologi (curah hujan) 2014 pada lokasi pltmh gunung sawur 81
Lampiran 4 foto-foto penelitian 93
Lampiran 5 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Unit 1 96
Lampiran 6 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Unit 2 97
Lampiran 7 Pengukuran Beban Puncak PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 98
Lampiran 8 Perhitungan Ekonomi Alternatif 1 99
Lampiran 9 Perhitungan Ekonomi Alternatif 2 100
Lampiran 10 Perhitungan Ekonomi Alternatif 3 101
Lampiran 11 Perhitungan Ekonomi Alternatif On Grid 102
Lampiran 12 Struktur Organisasi PLTMH Gunung Sawur 103

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Wilda Faradina (0910633073), Jurusan Teknik Elektro, Konsentrasi Teknik Energi Elektrik, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Januari 2015, *Kajian Kelayakan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 Dan Gunung Sawur 2 Di Lumajang*. Dosen Pembimbing: Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D dan Ir. Teguh Utomo, MT.

Wilayah Kabupaten Lumajang yang berada di Propinsi Jawat Timur memiliki banyak daerah aliran sungai (DAS) yang berpontensi untuk dimanfaatkan menjadi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro). Salah satunya adalah potensi sumber daya air di DAS Besuk Semut yang terletak ± 450 m diatas permukaan laut di daerah tangkapan air selatan Gunung Semeru telah dimanfaatkan PLTMH Gunung Sawur. Peneitian ini dibuat kajian kelayakan ekonomi energi PLTMH yang berlokasi di Dusun Gunung Sawur di lereng selatan Gunung Semeru Kecamatan Candipuro Kabupaten Lumajang. Parameter yang digunakan untuk analisis ekonomi energi adalah *Pay Back Period* (PBP). *Net Present Value* (NPV) dan *Return Of Investment* (ROI) dengan kondisi jika di kelola langsung oleh masyarakat atau dikelolah PT. PLN (Persero) (on grid). Hasil menunjukkan bahwa debit air sungai Besuk Semut mampu membangkitkan daya minimal sebesar 9,1408 kW Gunung Sawur 1 dan 3,2588 kW Gunung Sawur 2 . Energi istrik yang dapat dibangkitkan pertahun sebesar 101478,33 kWh. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh biaya investasi yang dibutuhkan untuk mrealisasikan PLTMH Gunung Sawur sebesar Rp563.843.121 , *Net Present Value* (NPV) jika di kelola PT. PLN (Persero) Rp 4.121.417.655 *Net Present Value* (NPV) jika di kelola masyarakat = sebesar Rp1.166.816.006 pada alternatif 1 , Rp1.599.480.788 pada alternatif 2, Rp2.464.810.352 pada Alternatif 3,*Pay Back Period* (PBP) jika di kelola PT. PLN (Persero) = 8,1 tahun, *Pay Back Period* (PBP) jika di kelola masyarakat = 22 tahun pada alternatif 1 , 17,6 tahun pada alternatif 2 dan 12,6 tahun pada alternatif 3. dan *Return Of Investment* (ROI) jika di kelolah PT. PLN (Persero) = 2,07% *Return Of Investment* (ROI) jika di kelolah masyarakat = 0,13% pada alternatif 1, 0,42 % pada alternatif 2 dan 0,98% pada alternatif 3 hal ini berarti PLTMH Gunung sawur layak untuk direlasasikan baik oleh PT. PLN (Persero) /on grid atau oleh masyarakat (Off Grid).

***Kata Kunci* — Analisis Ekonomi, Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Program Pengembangan Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH) merupakan salah satu prioritas pembangunan yang dilaksanakan pemerintah yang diarahkan kepada peningkatan kondisi ekonomi dan sosial masyarakat pedesaan. Pada kondisi demikian dapat diharapkan adanya peningkatan taraf hidup dan kesejahteraannya. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa sebagai negara agraris, maka peningkatan perekonomian daerah pedesaan tidak hanya sebagai salah satu wujud nyata pemerataan pembangunan, tetapi peningkatan perekonomian desa akan juga membantu ekonomi nasional secara keseluruhan. Dalam hal ini penyediaan tenaga listrik di pedesaan merupakan salah satu sarana yang akan mempercepat upaya peningkatan kesejahteraan bangsa secara keseluruhan. Oleh sebab itu perlu diupayakan pengembangan dan pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan (renewable energy) dengan tetap berpegang pada prinsip menguntungkan secara ekonomis, layak secara teknis, diterima secara sosial budaya dan tidak menyebabkan pengrusakan lingkungan.

Kabupaten Lumajang merupakan daerah perbukitan dengan topologi desa berdekatan dengan areal perhutani, diapit 2 (dua) gunung berapi, Gunung Semeru dan Gunung Lamongan yang dikelilingi hutan, sehingga banyak terdapat sumber air yang mengalir hampir sepanjang musim. Memanfaatkan aliran sungai Besuk Semut yang terletak ± 450 m diatas permukaan air laut di daerah tangkapan air selatan Gunung Semeru. Dibangun 2 Unit PLTMH dengan swadaya masyarakat menggunakan peralatan turbin hasil rekayasa bengkel setempat (CV. Hydro Cipta Mandiri). Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah salah satu upaya pemanfaatan sumber daya energi untuk memenuhi kebutuhan listrik para warga di sekitar pembangkit.

Berdasarkan survei di lapangan, PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 merupakan pembangkit listrik yang beroperasi sendiri (*stand alone*) atau off grid. Wilayah desa Sumber Wuluh sampai dengan saat ini memerlukan

tambahan pasokan listrik. Tambahan pasokan listrik tersebut akan sangat membantu untuk menunjang perekonomian daerah tersebut.

Dengan adanya sumber air yang cukup melimpah maka penulis ingin melakukan studi kelayakan ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 yang berada di desa Sumber Wuluh Kabupaten Lumajang Jawa Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah bagaimana kelayakan ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 Di Lumajang ditinjau dari aspek teknis dan ekonomis.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian ini lebih terfokus pada permasalahan intinya, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Pembahasan daya secara teoritis dan daya sebenarnya saat beban puncak pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 Lumajang.
2. Tidak membahas saluran distribusi, sisi beban dan ketidak seimbangan daya karena pembagian beban yang tidak merata.
3. Pembahasan kelayakan ditinjau dari sisi ekonomis pada PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2.
4. Tidak membahas masalah aspek sosial.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui potensi sumber daya air yang tersedia dan daya yang terbangkitkan secara teoritis dengan sesungguhnya yang terpakai pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 Lumajang. Serta mengetahui analisis kelayakan ekonomis

terhadap pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur Kabupaten Lumajang.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan penelitian ini disusun dengan urutan sebagai berikut:

BAB I :PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan,dan sistematika penulisan.

BAB II :TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka atau dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian yang dilakukan dan untuk mendukung dalam pemecahan masalah yang diungkapkan

BAB III :METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tahapan penyelesaian penelitian ini yang meliputi studi literaur, survey kondisi sistem dan penngambian data, perhitungan, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV :PEMBAHASAN

Berisi pembahasan dan analisis terhadap hasil dari apa yang telah dibahas pada bab sebelumnya mengenai Kajian kelayakan ekonomis PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 Lumajang .

BAB V :PENUTUP

Berisi kesimpulan dari penelitian yang akan dilaksanakan beserta saran dari penulis.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Energi

Dilihat dari sisi manusia yang terus berkembang dan bertambah banyak, maka kebutuhan energi juga akan meningkat dari waktu ke waktu. Manusia selalu berupaya mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk dapat memanfaatkan sumber daya energi secara optimal melalui proses konversi dari sumber daya energi primer menjadi energi sekunder. Masih banyak sumber-sumber energi yang belum termanfaatkan secara maksimum, terutama sumber energi alternatif yang terbarukan diantaranya air, sinar matahari dan angin.

Sumber energi primer pada dasarnnya semua berasal dari proses alamiah yang terjadi sebagai akibat dari pancaran radiasi energi dari matahari. Sumber daya energi primer dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) jenis energi, yaitu (Wibawa , U, 20001:11-13)

1. Energi Tak Terbarukan (*unrenewable energy*), yang dikenal pula dengan istilah energi fosil, adalah jenis sumber daya energi primer yang akan habis dipakai, dan tidak dapat diperbarui lagi, baik secara alamiah maupun degan bantuan tekologi. termasuk di sini antara lain : minyak bumi, batu bara, dan gas alam.
2. Energi Terbarukan (renewable energy), yang dikenal pula dengan istilah energy regeneratif, adalah jenis sumber daya energi primer yang tidak habis dipakai, dalam artian dapat diperbarui lagi, baik secara alamiah maupun dengan bantuan teknologi (regenerasi). Termasuk disini antara lain : matahari, air, angin, geothermal, biogas dan biomassa.

2.2 Konversi Energi

Konversi energi dipahami sebagai proses perubahan energi dari bentuk yang satu ke bentuk lainnya, misalnya dari energi primer berubah menjadi energi skunder. Bentuk energi primer seperti : kayu bakar, batu bara, minyak bumi, gas alam, matahari, angin, air, bio massa, sampai dengan biogas akan diubah menjadi

bentuk energi sekunder, agar lebih dapat dimanfaatkan atau lebih mudah diangkut/dibawa, misalnya : bensin dari minyak bumi, atau elektrik dari batu bara. Energi primer juga dapat langsung dimanfaatkan sebagai energi guna, untuk memenuhi kebutuhan manusia, misalnya energi gerak, energi panas dan energi cahaya (Wibawa, U, 2001:1-5).

Bentuk energi sekunder yang paing sering ditemui dan dimanfaatkan oleh manusia adalah : energi panas, energi mekanik dan energi elektrik.

2.3 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Hidro

Berdasarkan daya yang dihasilkan, Pembagkit listrik Tenaga Air dibedakan menjadi: (Patty 1995 : 34)

1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) : lebih dari 5 MW
2. Pembangkit Listrik Tenaga Air kecil : antara 2– 5 MW
3. Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro : antara 200 kW – 2 MW
4. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro : antara 2 kW – 200 kW
5. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohydro : dibawah 2 kW

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berukuran kecil yang memanfaatkan air sebagai penggerak turbin atau kincir air. Sumber tenaga berupa air dengan tinggi jatuh yang tidak terlalu tinggi. PLTMH merupakan bagian dari pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dimana energi air (potensial kinetik) sebagai sumber energi/ daya dengan kapasitas daya terbangkit sampai dengan 500 kW. Sedangkan untuk pembangkit listrik yang dapat menghasilkan energi listrik sampai sebesar 2 MW didefinisikan sebagai pembangkit listrik minihidro (Wibawa, U, 20001:11-13)

2.5 Prinsip Kerja PLTMH

PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah air yang jatuh (debit) per detik yang ada pada saluran air/air terjun. Energi ini selanjutnya menggerakkan turbin, kemudian turbin kita hubungkan dengan

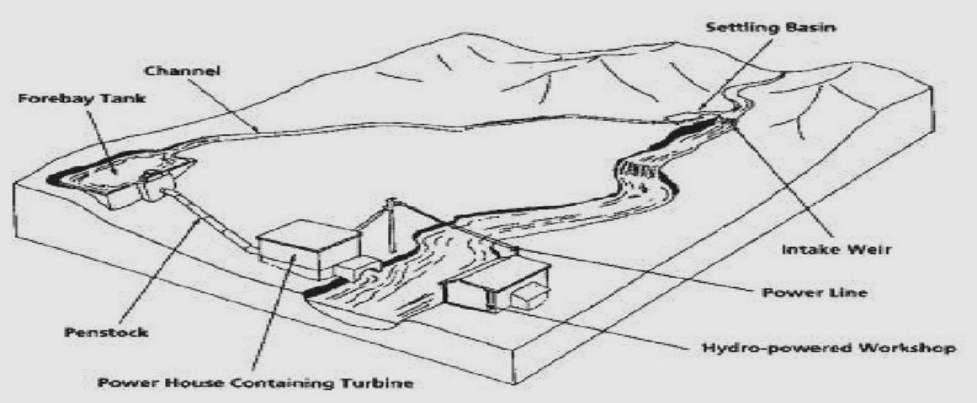
generator untuk menghasilkan listrik. Hubungan antara turbin dengan generator dapat menggunakan jenis sambungan sabuk (*belt*) ataupun sistem *gear box*. Jenis sabuk yang biasa digunakan untuk PLTMH skala besar adalah jenis *flat belt* sedangkan *V-belt* digunakan untuk skala di bawah 20 kW. Selanjutnya listrik yang dihasilkan oleh generator ini dialirkan ke rumah-rumah dengan memasang pengaman (sekring). Yang perlu diperhatikan dalam merancang sebuah PLTMH adalah menyesuaikan antara debit air yang tersedia dengan besarnya generator yang digunakan. Jangan sampai generator yang dipakai terlalu besar atau terlalu kecil dari debit air yang ada.

2.6 Komponen-Komponen pada Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro

Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator. Prinsip kerja PLTMH yang paling utama adalah memanfaatkan semaksimal mungkin energi air yang dapat ditangkap oleh peralatan utamanya yang disebut turbin/kincir air.

Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah instalasi air menumbuk turbin, energi air diterima oleh turbin dengan berputarnya poros turbin. Poros yang berputar ditransmisikan ke generator dengan mengunakan kopling. Dari generator dihasilkan energi listrik yang masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan ke beban.

Adapun komponen-komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Sumber: Clearing House Energi Terbarukan

Besarnya daya yang dihasilkan oleh PLTMH tergantung dari besarnya *head* dan debit air. Yang dimaksud dengan *head* adalah tinggi jatuh efektif sedangkan debit air adalah debit outflow pada intake.

Teknologi yang diterapkan cukup sederhana. Air dalam saluran irigasi (intake) ditampung dalam kolam penampung yang disebut forebay. Air tampungan selanjutnya dialirkan melalui pipa besar yang disebut penstock. Penstock ditempatkan dalam tanah menuju power house, tempat generator berada.

Dalam power house, air akan menggerakkan turbin yang dapat menggerakkan generator. Tenaga listrik yang dihasilkan dari generator dialirkan ke dalam ELC, yaitu: *Electric Load Control* untuk selanjutnya dapat dimanfaatkan langsung untuk mensuplai energi listrik di sekitar pembangkit. Sisa air penggerak turbin akan dialirkan kembali ke sungai. Jadi PLTMH ini hanya meminjam sementara aliran air, tanpa mengurangi sedikitpun.

2.7 Komponen Sipil PLTMH

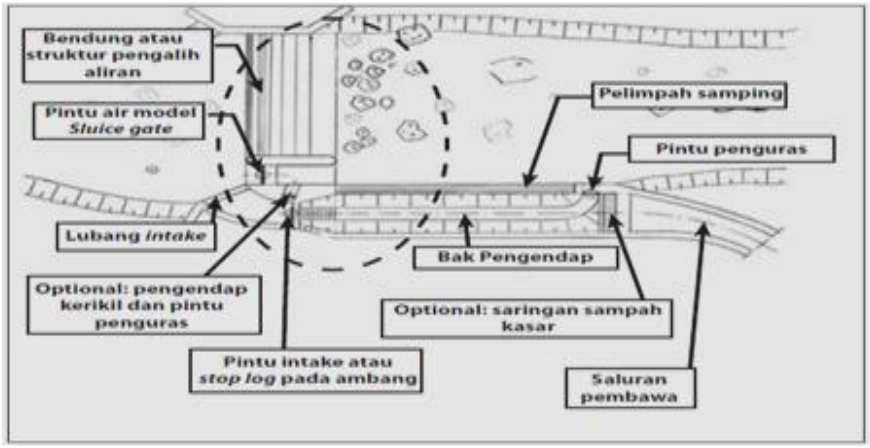
PLTMH mempunyai beberapa bagian penting yang mendukung kemampuan kerjanya. Peralatan penting yang ada antara lain :

2.7.1 Bendung dan *Intake* (Bangunan Penyadap)

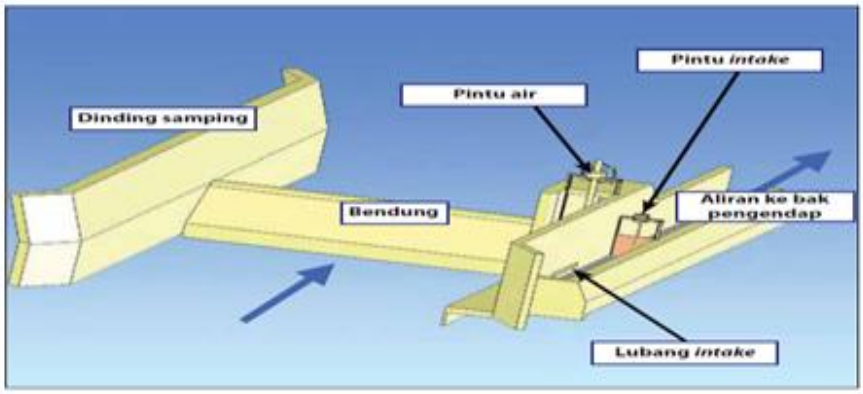
Bendung berfungsi untuk menaikkan/mengontrol tinggi air dalam sungai secara signifikan sehingga memiliki jumlah air yang cukup untuk dialihkan ke dalam intake pembangkit mikro hidro di bagian sisi sungai ke dalam sebuah bak pengendap (*Settling Basin*). Sebuah bendung dilengkapi dengan pintu air untuk membuang kotoran/lumpur yang mengendap. Perlengkapan lainnya adalah penjebak/saringan sampah. PLTMH umumnya merupakan pembangklit tipe *run off river* sehingga bangunan bendung dan intake dibangun berdekatan. Dengan pertimbangan dasar stabilitas sungai dan aman terhadap banjir, dapat dipilih lokasi untuk bendung (*Weir*) dan intake.

Tujuan dari intake adalah untuk memisahkan air dari sungai atau kolam untuk dialirkan ke dalam saluran, penstock atau bak penampungan. Tantangan utama dari bangunan intake adalah ketersediaan debit air yang penuh dari kondisi debit rendah sampai banjir. Juga sering kali adanya

lumpur, pasir dan kerikil atau puing-puing dedaunan pohon sekitar sungai yang terbawa aliran sungai.



(a)



(b)

Gambar 2.2 (a).Elemen utama dari bendung dan *intake* (b). Sketsa 3 dimensi dari bendung dan *intake*

Sumber : Unger,2010

2.7.2 *Sand Trap* (Bak Pengendap) - *Settling Basin*

Fungsi banguan ini adalah untuk :

a. Penyalur yang menghubungkan intake dengan bak pengendap sehingga panjangnya harus dibatasi.
b. Mengatur aliran air dari saluran penyalur sehingga harus mencegah terjadinya kolam pusaran dan aliran turbulen serta

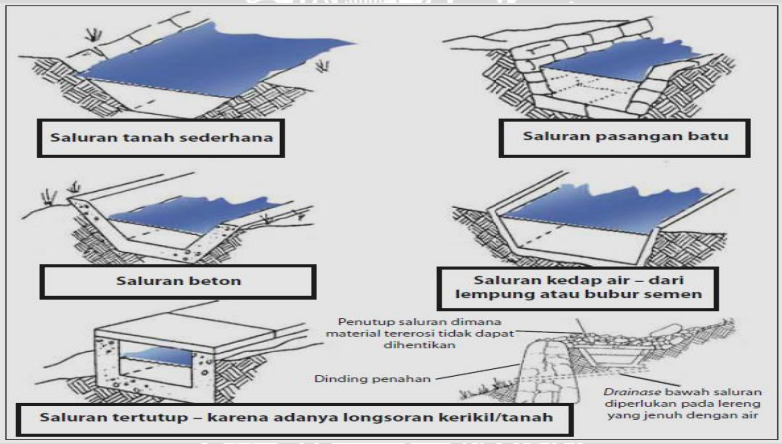
mengurangi kecepatan aliran masuk ke bak pengendap sehingga perlu bagian melebar.

c. Sebagai bak pengendap adalah untuk mengendapkan sedimen dimana untuk detil desainnya perlu dihitung dengan formulasi hubungan panjang bak, kedalaman bak, antara kecepatan pengendap, dan kecepatan aliran.

d. Sebagai penimbunan sedimen, sehingga harus didesain mudah dalam pembuangan sedimen.

2.7.3 Saluran *Headrace* (Saluran Pembawa)

Saluran pembawa mengikuti kontur permukaan bukit untuk menjaga energi dari aliran air yang disalurkan. Saluran ini yang akan membawa air dari intake yang akan masuk ke bak penampung *(forebay)*.



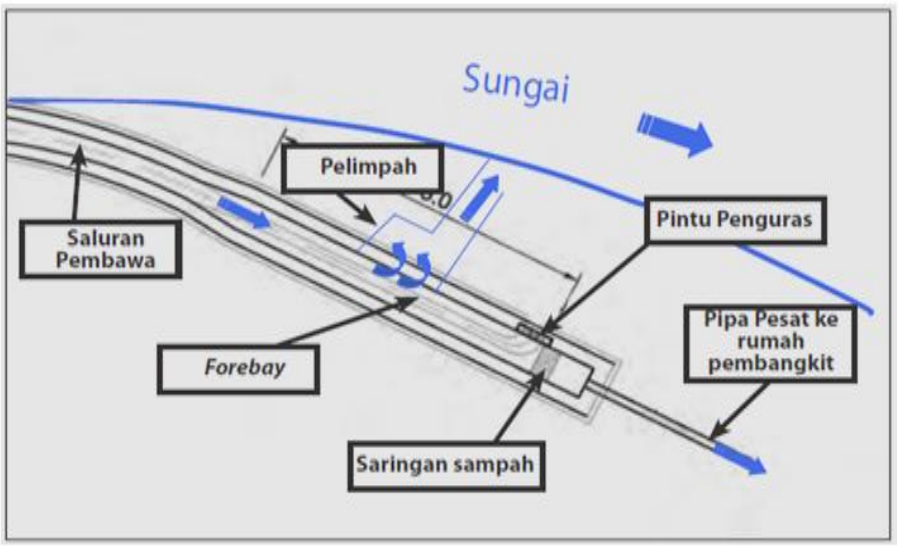
Gambar 2.3 Contoh dari saluran pembawa

Sumber : Unger,2010

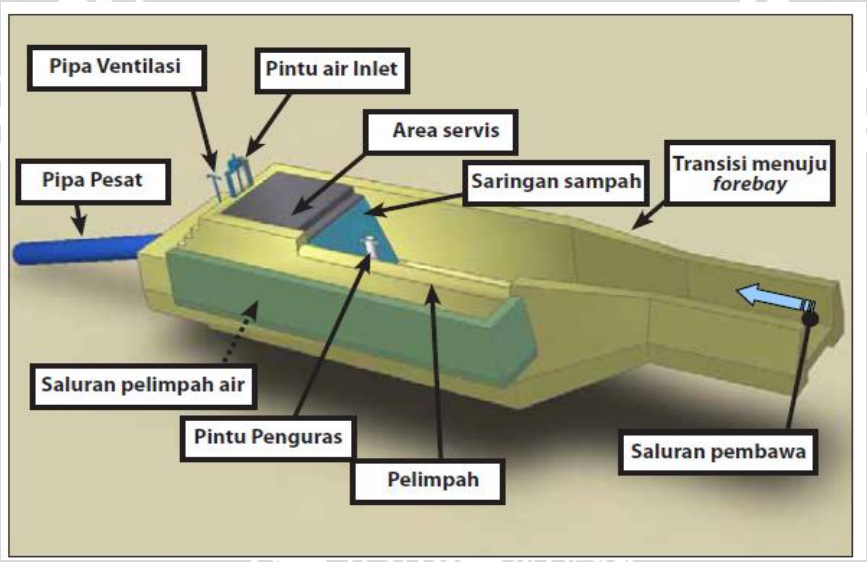
2.7.4 Bak Penenang (*Headtank/ Forebay*)

Fungsi dari bak penenang adalah sebagai penyaring terakhir seperti settling basin untuk menyaring benda-benda yang masih tersisa dalam aliran air, dan merupakan tempat permulaan pipa pesat (*penstock*) yang mengendalikan aliran menjadi minimum sebagai antisipasi aliran yang cepat pada turbin tanpa

menurunkan elevasi muka air yang berlebihan dan menyebabkan arus baik pada saluran Pipa pesat (*Penstock*).



(a)



(b)

Gambar 2.4 (a) Elemen utama dari *forebay*. (b) Elemen utama dari *forebay* 3D

Sumber : Unger,2010

2.7.5 *Trash Rack* (Saringan)

Prinsip utama dari desain saringan sampah:

a. Kemiringan saringan sampah adalah 60° - 80° terhadap datar.

b. Saringan sampah harus diikatkan pada dinding samping dan pada ambang tetapi tetap harus bisa diangkat untuk perbaikan.

c. Gunakan hanya batang besi vertikal, yang diperkuat besi horisontal di belakangnya sehingga mempermudah proses pembersihan nantinya.

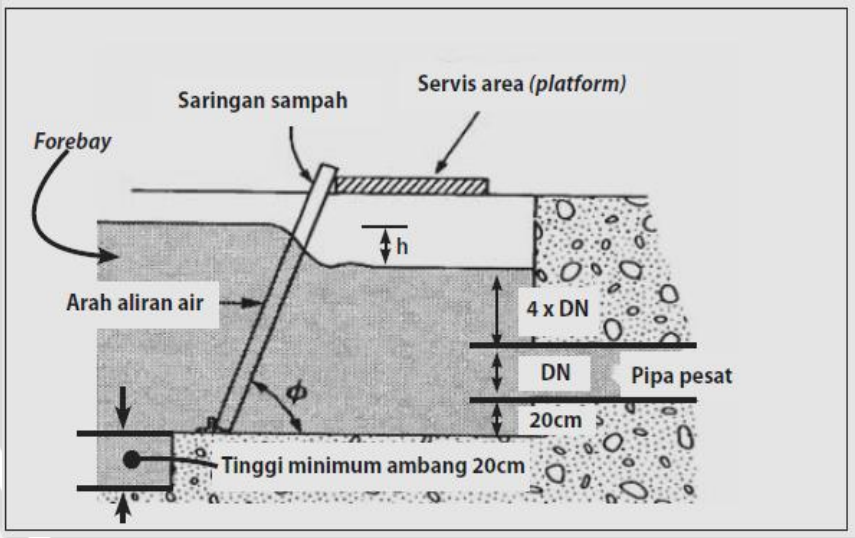
d. Saringan dirancang agar kuat menahan tekanan air pada saat saringan tersumbat 100% dan muka air maksimal di hulu serta tidak ada air di hilirnya.

e. Jarak antar batang besi minimal setengah dari jarak antar sudu-sudu *(runner blades)* atau *guide vane* turbin, dan sesuai dengan ketentuan pembuat turbin. Contoh:

- Turbin *Crossflow* (T 15) :12 mm
- Turbin *Pelton* : 0.5 kali diameter *nozzle*

f. Saringan sampah dibuat menjadi beberapa bagian sehingga mudah untuk diperbaiki dan mudah diangkut.

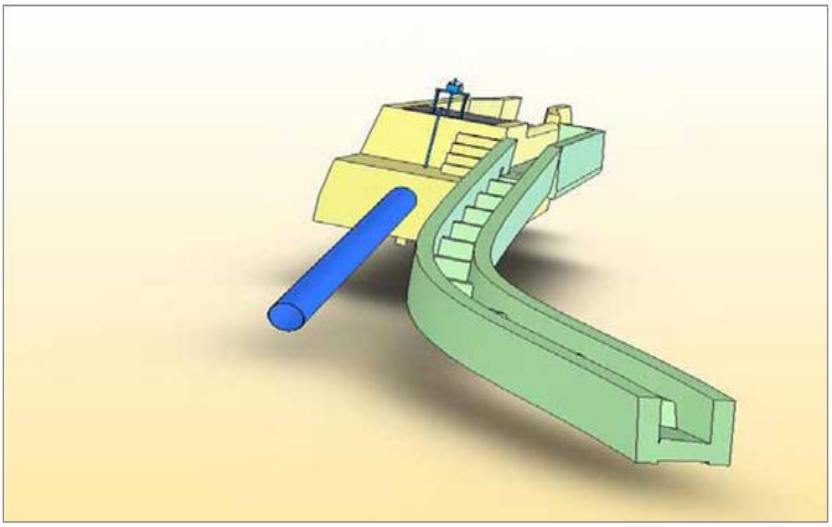
g. Sediakan area servis untuk memudahkan pembersihan saringan sampah termasuk platform untuk tempat berdiri.



Gambar 2.5 Contoh desain saringan sampah (*Trash Rack)*

Sumber : Unger,2010

2.7.6 *Spillway* (Saluran Pelimpah)



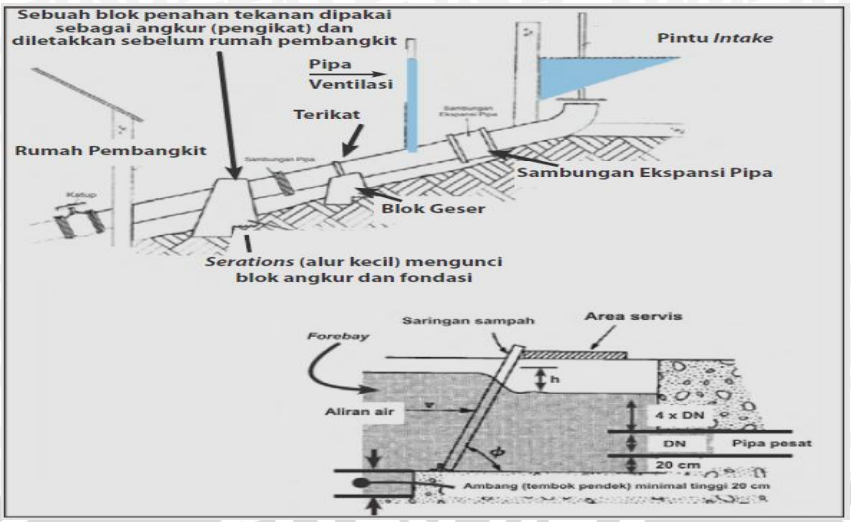
Gambar 2.6 *Spillway*

Sumber : Unger,2010

Gambar ini menunjukan contoh yang baik dari *forebay* dan pelimpah berundak untuk membuang kelebihan air yang dialirkan ke sungai sehingga tidak merusak pipa pesat dan bagian lainnya. Undakan pada pelimpah mengurangi kecepatan air dan mengurangi energi air yang jatuh. Hal tersebut penting untuk mencegah kerusakan pada rumah pembangkit dan bangunan lainnya akibat limpahan air.

2.7.7 *Penstock* (Pipa Pesat) dan Penyangganya

Adalah pipa yang membawa air jatuh kearah mesin Turbin. Di samping itu, pipa pesat juga mempertahankan tekanan air jatuh sehingga energi Di dalam gerakan air tidak terbuang.Air di dalam pipa pesat tidak boleh bocor karena mengakibatkan hilangnya tekanan air.



Gambar 2.7 *Penstock*

Sumber : Unger,2010

Berdasarkan kondisi topografi yang ada pada lokasi skema sistem PLTMH, beberapa pertimbangan pemilihan lokasi pipa pesat (*penstock*) antara lain adalah :

- Topografi yang dilewati memiliki tingkat kemiringan yang memenuhi persyaratan dimana rute pipa pesat harus berada di bawah minimum garis kemiringan hidraulik.
- Stabilitas tanah dari daerah yang dilewati
- Pemanfaatan jalan yang telah ada atau tersedia

2.7.8 Rumah Pembangkit/ *Power House* dan *Tailrace*

Adalah rumah tempat semua peralatan mekanik dan elektrik PLTMH. Peralatan Mekanik seperti Turbin dan Generator berada dalam Rumah Pembangkit, demikian pula peralatan elektrik seperti kontroler.

Gambar 2.8 *Power House* dan *Tailrace*

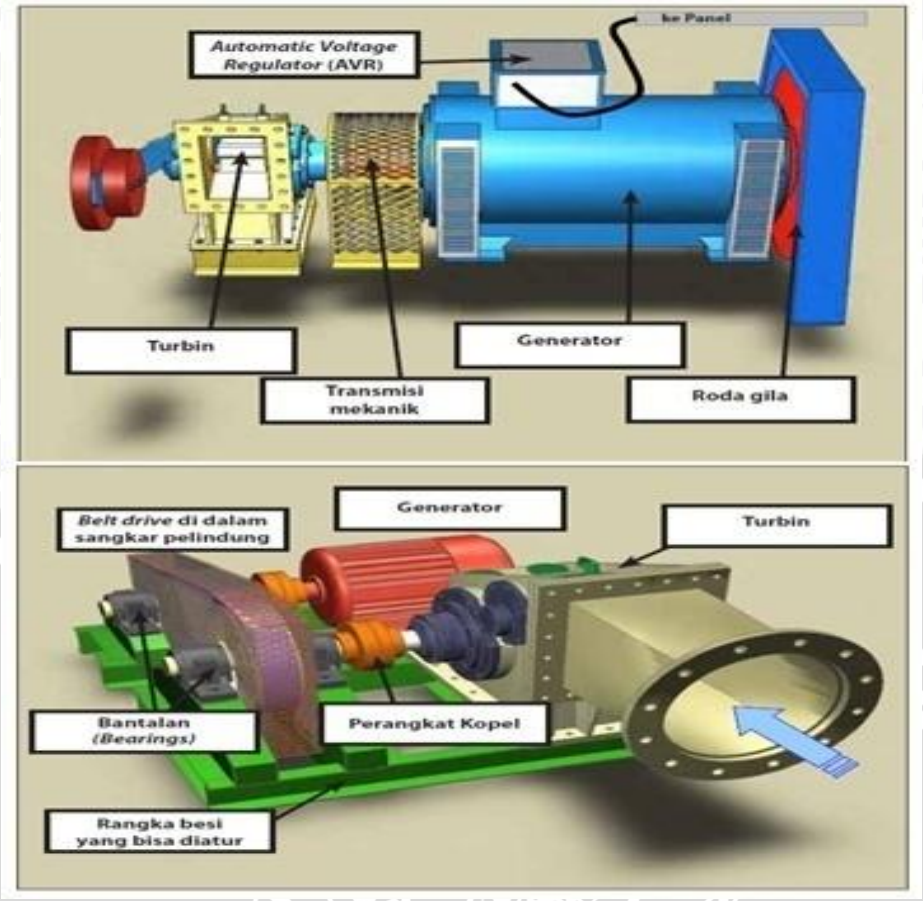
Sumber : Unger,2010

Gambar ini menunjukkan susunan umum sebuah rumah pembangkit yang kecil dengan *tailrace* yang pendek yang berfungsi mengalirkan air kembali ke sungai setelah melewati turbin. Rumah pembangkit harus terletak di atas batas muka air banjir untuk mencegah kerusakan. *Tailrace* adalah bagian dari sistem hidrolik PLTMH dan harus berfungsi sama baiknya seperti saluran pembawa. *Tailrace* tidak boleh mampat dan penuh dengan tumbuhan dan sampah. Biasanya *tailrace* dibuat pendek namun ada juga PLTMH dengan *tailrace* panjang sampai dengan ratusan meter bahkan kilometer. Semua tergantung dari situasi setempat dan topografi.

2.8 Komponen Mekanikal dan Elektrikal PLTMH

Peralatan elektro mekanik yang umum pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro,terdiri dari :

- Turbin air
- Generator
- Kontrol dan power cabinet (kotak panel)



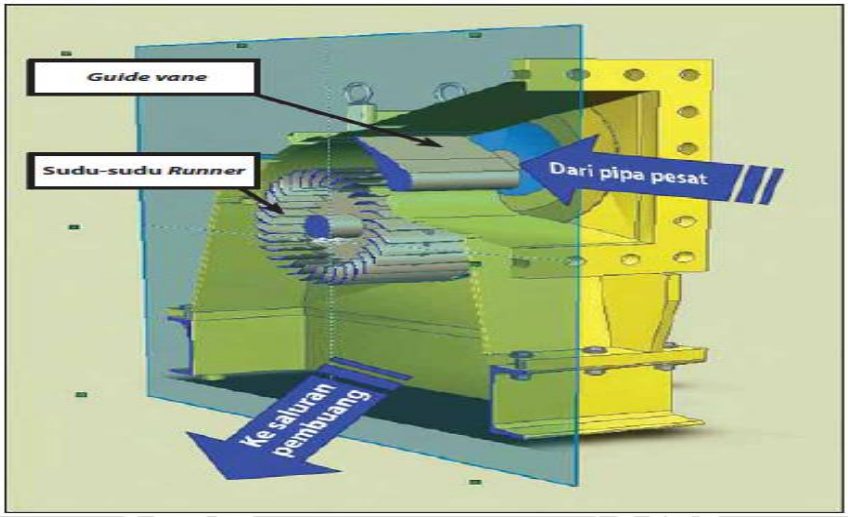
Gambar 2.9 Perangkat Elelkto Mekanik secara umum

Sumber : Unger,2010

2.8.1 Turbin Air

Turbin air adalah mesin konversi energi yang berfungsi untuk merubah atau mengkonversi energi potensial (*head*) yang dimiliki oleh air ke bentuk energi mekanik pada poros turbin. Sebelum diubah menjadi energi mekanik pada turbin, energi potensial yang dimiliki oleh air terlebih dahulu dikonversi menjadi energi kinetik. Turbin ini dapat dihubungkan langsung ke peralatan mekanik atau suatu generator untuk menghasilkan tenaga listrik.

Suatu turbin dapat direncanakan dengan baik apabila diketahui tinggi energi. Tinggi energi yang dimaksud adalah tinggi muka air waduk, tampungan harian atau tinggi muka air tangki peredam dikurangi dengan kehilangan tinggi.



Gambar 2.10 Turbin Air

Sumber : Unger,2010

Berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya, turbin air dibedakan menjadi 2 macam yaitu: (Arismunandar dan Kuwahara 2004:53)

a. Turbin impuls

Turbin impuls bekerja dengan memanfaatkan kecepatan air untuk memutar rotor (*runner*) turbin. Turbin ini pada umumnya digunakan dengan tinggi jatuh yang besar. Jenis turbin impuls yaitu turbin Pelton.

b. Turbin reaksi.

Turbin reaksi umumnya dipilih untuk tinggi jatuh yang rendah sehingga memerlukan volume air yang besar untuk menggerakkannya. Turbin reaksi bekerja dengan mengandalkan tekanan air. Jenis turbin reaksi misalnya turbin Francis dan turbin Kaplan.

Tabel 2.1 Klasifikasi Turbin Berdasarkan Tinggi Tekan

Turbin Runner	**Head Pressure**		
	High	**Medium**	**Low**
Impulse	Pelton	*Crossflow* (Mitchell/Banki)	*Crossflow* (Mitchell/Banki)
	Turgo	Turgo	
	Multi-jet Pelton	Multi-jet Pelton	
Reaction		Francis	Propeller
		Pump-As-Turbin (PAT)	Kaplan

Sumber: Harvey,1993:153

Pada tabel 2.1 diatas menunjukkan bahwa turbin *crossflow*, turbin propeller dan turbin kaplan dalam katagori tinggi tekan yang rendah. Untuk turbin *crossflow*, turbin turgo, turbin multi-jet pelton, turbin francis dan turbin PAT termasuk dalam katagori tinggi tekan yang menengah sedangkan turbin pelton, turbin turgo dan turbin multi-jet pelton dalam katagori tinggi tekan yang tinggi. Turbin turgo dan turbin multi-jet pelton bisa digunakan pada tinggi tekan yang tinggi dan tinggi tekan menengah sedangkan turbin *crossflow* bisa digunakan untuk tinggi tekan menengah dan tinggi tekan yang rendah.

Tabel 2.2 Perbandingan spesifikasi teknis dari turbin

Spesifikasi	**Pelton**	**Francis**	**Kaplan**	***Crossflow***
Ketinggian jatuh air (m)	20 – 500	8 – 150	2 – 50	2 – 120
Debit air (m^3/s)	0.002 – 2	Maks. 10	Maks. 20	0.02 – 1
Kec. Putaran roda turbin (rpm)	12 – 30	80 – 400	340 – 1000	20 – 480
Daya pembangkitan (kW)	10 – 5000	± 3000	± 3000	5 – 200
Efisiensi maksimum (%)	90	90	90	60 – 80

Sumber : Wibawa, 2000:6-11

2.8.2 Generator

Secara umum ada dua jenis generator yang digunakan pada PLTMH, yaitu generator sinkron dan generator induksi.

Generator sinkron bekerja pada kecepatan yang berubah-ubah. Untuk dapat menjaga agar kecepatan generator tetap, digunakan speed governor elektronik. Generator jenis ini dapat digunakan secara langsung dan tidak membutuhkan jaringan listrik lain sebagai penggerak awal. Sangat cocok digunakan di desa terpencil dengan sistem isolasi (Modak, 2002).

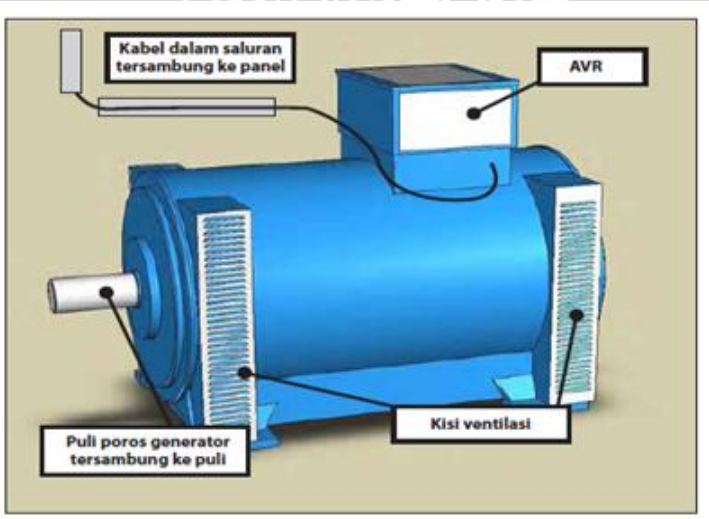
Pada generator jenis induksi tidak diperlukan sistem pengaturan tegangan dan kecepatan. Namun demikian, jenis generator ini tidak dapat bekerja sendiri karena memerlukan suatu sistem jaringan listrik sebagai penggerak awal (Modak, 2002). Generator jenis ini lebih cocok digunakan untuk daerah yang telah dilalui jaringan listrik (Grid System).

Batasan umum generator untuk mini-mikro hidro power (Modak, 2002) adalah:

Output = 50 kVA sampai dengan 6250 kVA

Voltage = 415, 3300, 6600, dan 11000 Volt

Speed = 375 – 750 RPM



Gambar 2.11 Generator

Sumber : Unger,2010

Gambar 2.11 di atas menunjukkan generator sinkron dengan AVR *(Automatic Voltage Regulator)*. Pada kondisi tidak terinterkoneksi, AVR mengkontrol voltase generator yang merupakan voltase sistem. Pada model terinterkoneksi, AVR tidak dapat mengatur voltase sistem tetapi dengan mengatur arus eksitasi AVR dapat menentukan karakter daya reaktif. Generator tipe asinkron tidak mempunyai AVR.

Kapasitas generator dinilai daam kilovoltampere (kVA) dan biasanya dalam kilowatt (kW) pada faktor daya tertentu. Data lain pada plat nama (*name plate*) generator termasuk nilai tegangan, arus, frekuensi, jumlah fasa, arus penguatan dan temperatur kerja. Pada sistem tiga fasa yang seimbang, besarnya daya listrik yang disalurkan dapat dihitung dengan persamaan

$$P = 3 \, . V_f \, . I_f \, . cos\varphi \qquad (2.1)$$

$$S = 3 \, . V_f \, . \, I_f \qquad (2.2)$$

dengan :

V_f = Tegangan fasa $(Volt)$

I_f = Arus fasa $(Ampere)$

P = Daya nyata $(Watt)$

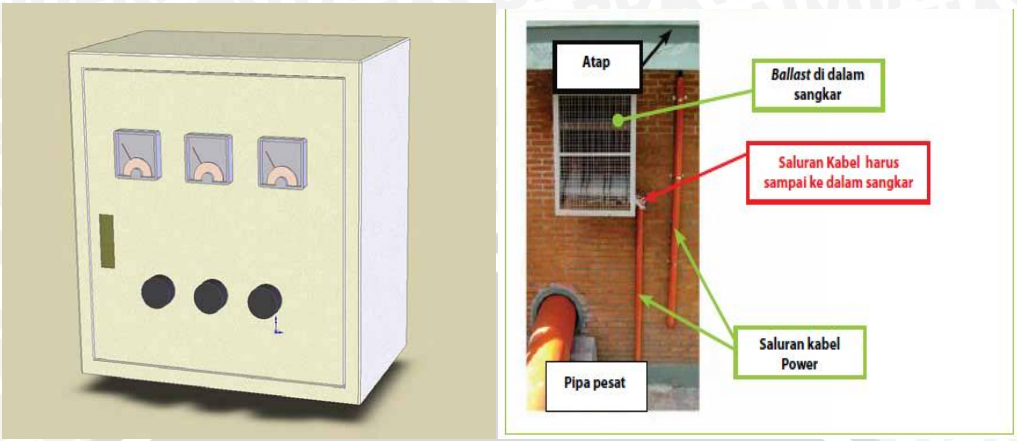
S = Daya semu (VA)

$Cos\ \varphi$ = Faktor daya

Efisiensi generator dapat ditentukan dengan pengukuran langsung memasukan dan keluaran dengan perhitungan setelah rugi-rugi ditentukan. Efisinsi generator umumnya bekisar 85% - 90% (Mismail,1991/1992 : 177)

2.8.3 Panel, Alat Kontrol dan *Ballast*

Biasanya berbentuk kotak yang ditempel di dinding. Berisi peralatan elektronik untuk mengatur listrik yang dihasilkan Generator. Panel termasuk alat elektrik.



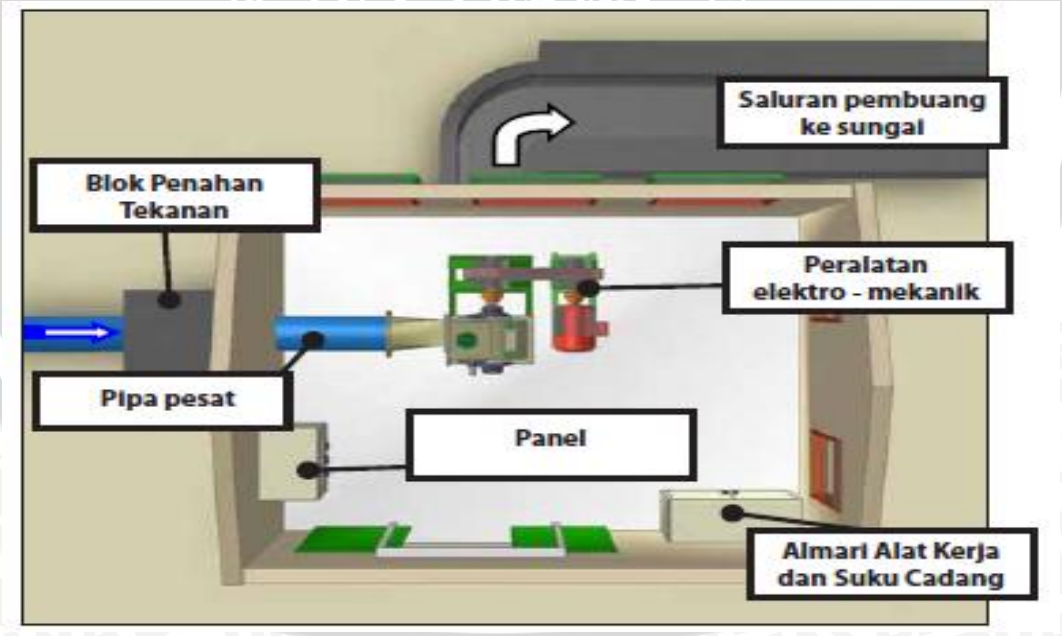
(a) **(b)**

Gambar 2.12 (a) Panel, (b).ballast

Sumber : Unger,2010

2.8.4 Jaringan Kabel Listrik

Biasanya kabel yang menyalurkan listrik dari rumah pembangkit ke pelanggan.



Gambar 2.13 Kondisi *power house* yang Baik

Sumber : Unger,2010

\

2.9 Daya PLTMH

Untuk mendapatkan daya hidrolik (P_h) yang merupakan potensi sumber daya energi air pada suatu wilayah, didapatkan dengan persamaan: (Patty 1995:14)

$$P_h = Q \,.\, \rho \,.\, g \,.\, h \quad (W) \tag{2.3}$$

dengan :

P_h = Daya hidrolik (W)
Q = Debit air (m^3/s)
ρ = Massa jenis air (= 1000 kg/m^3)
g = Gravitasi bumi (= 9.8 m/s^2)
h = Tinggi jatuh air (m)

Apabila nilai gravitasi bumi g dan massa jenis air ρ dimasukkan di persamaan (2.5), maka persamaannya menjadi

$$P_h = 9.8 \,.\, Q \,.\, h \quad (kW) \tag{2.4}$$

Jika efisiensi pipa pesat (η_{pp}) dan efisiensi turbin (η_{tb}) diketahui, maka besar daya mekanik turbin adalah

$$P_{mekanik} = \eta_{pp} \,.\, \eta_{tb} \,.\, P_h \quad (kW) \tag{2.5}$$

Apabila antara turbin dan generator ada perangkat sistem tranmisi mekanik (η_{tm}) dan efisiensi generator (η_g) diketahui, maka besar daya keluaran elektrik dari generator adalah

$$P_{elektrik} = \eta_{tm} \,.\, \eta_g \,.\, P_{tb} \quad (kW) \tag{2.6}$$

$$P_{elektrik} = \eta_{total} \,.\, P_h \quad (kW) \tag{2.7}$$

Dimana efisiensi total (η_{total}) adalah efisiensi total dari seluruh sistem dari efisiensi turbin sampai efisiensi generator ($\eta_{total} = \eta_{pp} . \eta_{tb} . \eta_{tm} . \eta_g$), sedangkan perkalian antara efisiensi pipa pesat (η_{pp}) dan efisiensi turbin (η_{tb}) dapat disebut juga sebagai efisiensi mekanik (η_{mek}).

2.10 Metode Pengukuran Debit Air

Debit air merupakan jumlah air yang mengalir melalui suatu penampang sungai tertentu per satuan waktu. Debit air dipengaruhi oleh luasan daerah aliran sungai(*catchment area*), curah hujan rata-rata (*average rainfall*) dan koefisien aliran sungai. Apabila curah hujan dan aliran sungai pada daerah tertentu sangat tinggi maka debit air pada daerah tersebut akan tinggi pula dan begitu juga apabila curah hujan dan aliran sungai rendah maka debit air akan menurun.

Untuk mengurangi potensi energi air yang terbuang percuma atau yang tidak termanfaatkan dan kekurangan debit air ketika musim kemarau maka harus menggunakan debit andalan dalam merencanakan. Debit andalan adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80 % (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah daripada debit andalan sungai 20 %) debit andalan ditentukan untuk periode tengah bulanan. Debit minimum sungai dianalisis atas dasar data debit harian sungai (Anonim/KP-01, 1986).

Prosedur perhitungan debit andalan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung total debit andalan dalam satu tahun untuk tiap tahun data yang diketahui.
2. Mengurutkan data mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil.
3. Menghitung probabilitas untuk masing-masing data dengan menggunakan persamaan weilbull.

$$P = \frac{m}{n+1}\ x\ 100\ \% \qquad (2.8)$$

dengan :

P = probabilitas (%)

m = nomor urut data debit

n = jumlah data debit

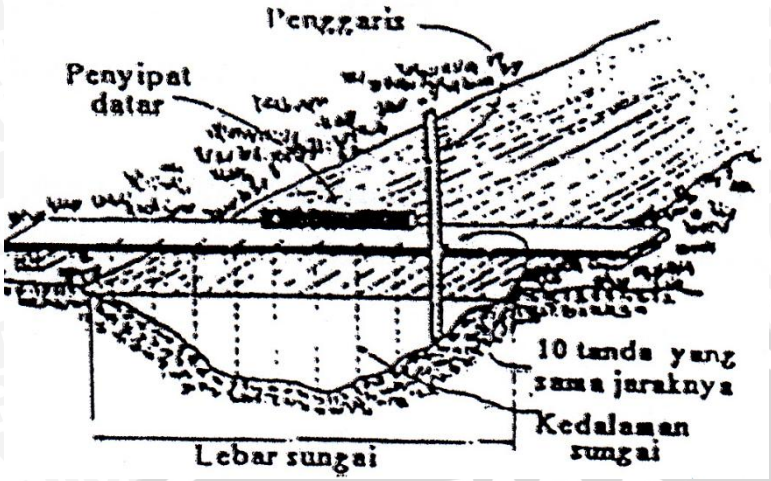
2.10.1 Metode Tampung

Untuk mengetahui debit air dari sungai atau saluran air yang kecil dapat menggunakan metode tampung yaitu dengan cara membendung sementara aliran air kemudian mengalirkan aliran air yang di bendung ke suatu wadah atau bak yang sudah diketahui volumenya. Kemudian hitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi penuh wadah tersebut. Apabila waktu yang dibutuhkan untuk mengisi penuh wadah adalah $t\ \ detik$ dengan volume wadah $V\ \ liter$ maka debitnya Q adalah $V/t\ (liter/detik)$.

2.10.2 Metode Apungan

Untuk saluran air atau sungai yang lebih besar dapat menggunakan metode apungan. Apabila melakukan pengukuran secara berulang-ulang dengan metode ini, maka hasilnya cukup akurat. Dengan menggunakan metode ini, luas penampang melintang sungai dan kecepatan aliran harus diketahui.

Luas penampang melintang sungai harus ditentukan pada suatu tempat yang mudah dan di tengah aliran sungai yang lurus untuk melakukan pengukuran. Untuk dapat menghitung luas penampang melintang sungai maka yang harus dilakukan pengukuran adalah menghitung lebar sungai dan kedalaman sungai tersebut, seperti ditunjukkan gambar 2.14.



Gambar 2.14 Pengukuran Luas Penampang Melintang Sungai

Sumber: Mismail, 1991/1992:109

Kedalaman sungai tersebut diambil rata-ratanya kemudian dikalikan dengan lebar sungai untuk mendapatkan luas penampang melintang sungai A dengan persamaan: (Mismail, 1991/1992:111)

$$A = w \,.\, d \tag{2.9}$$

dengan :

$A =$ Luas penampang melintang (m^2)

$w =$ Lebar sungai (m)

$d =$ Kedalaman rata − rata sungai (m)

Untuk menentukan kecepatan aliran sungai yaitu dengan cara memilih aliran sungai yang mendekati lurus dan memiliki luas penampang yang hampir sama untuk jarak yang cukup. Beri tanda pada titik awal dan titik akhir. Letakkan pelampung di titik awal, kemudian mencatat waktu yang diperlukan pelampung untuk menempuh lintasan untuk sampai di titik akhir. Sehingga kecepatan aliran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan: (Mismail, 1991/1992:112)

$$v = \frac{l}{t} \tag{2.10}$$

dengan :

$v =$ Kecepatan aliran air $(m/detik)$

$l =$ Jarak antara titik awal dengan titik akhir (m)

$t =$ Waktu tempuh $(detik)$

Sehingga debit air dapat diketahui dengan mengaliran kecepatan aliran air v dengan luas penampang melintang A sesuai dengan persamaan: (Mismail, 1991/1992:114)

$$Q = v \, . A \tag{2.11}$$

dengan :

$Q =$ Debit air $(m^3/detik)$

$v =$ Kecepatan aliran air $(m/detik)$

$A =$ Luas penampang melintang (m^2)

Tetapi kecepatan pelampung itu tidak mewakili kecepatan air di semua titik di sungai. Ditepian dan dasar sungai, air mengalir lebih lambat dibandingkan dengan aliran di tengah atau di dekat permukaan air karena gesekan dengan dasar dan tepian sungai. Oleh karena itu, perlu dikalikan dengan sebuah faktor koreksi (f_k) yang tergantung kepada kekasaran atau kehalusan dasar dan tepian sungai. Faktor koreksi tersebut berkisar antara 0.6 untuk sungai pegunungan yang berbatu-batu sampai 0.86 untuk sungai dengan tepian dan dasar yang licin (Mismail, 1991/1992:112).

2.10.3 Metode Bendung (W*eir*)

Apabila untuk menghitung debit air pada sungai yang dangkal dengan menggunakan metode pelampung terlalu sulit, dapat menerapkan dengan metode bendung. Metode ini sama akuratnya dengan metode apungan tetapi

cukup sulit untuk dilaksanakan. Awalnya dibuat bendung pengukur yang tegak lurus terhadap aliran sungai dengan bukaan pelimpah segi empat ditengah-tengahnya dan perlu memperkirakan besar debit air sebelum membangun bendung tersebut. Lebar bukaan (W) harus sekurang-kurangnya tiga kali tingginya dan tepi bawahnya harus benar-benar mendatar. Alas dan tepi samping bukaan harus dimiringkan dengan sudut kurang lebih 45 derajat dengan bagian yang tajam terletak di hulu. Bangunan bendung dapat dibuat dari kayu dengan semua tepi dan alasnya dilapisi dengan tanah liat dan karung pasir. Penduga kedalaman dapat dilakukan dengan memasang tongkat meteran di hulu yang tingginya kurang lebih dua meter dari bendung. Titik nol penduga dibuat sama dengan tinggi alas bukaan. Kedalaman air (d) dihitung dari alas bukaan bendung sampai dengan tinggi muka air. Sehingga debit air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan: (Mismail, 1991/1992:115)

$$Q = 0.544 \,.W\,.d\,\sqrt{2\,.g\,.d}(m^3/detik) \qquad (2.12)$$

dengan :

$w =$ Lebar sungai(m)

$d =$ Kedalaman rata $-$ rata sungai (m)

g = Gravitasi bumi $(= 9.8\, m/s^2)$

2.10.4 Metode Kecepatan Area

Metode kecepatan area adalah suatu cara yang digunakan untuk mengetahui debit aliran dengan mengukur luas penampang basah aliran dan kecepatan aliran. Luas penampang basah aliran didapatkan dengan cara mengukur lebar permukaan air dan kedalaman air. Kecepatan aliran air dapat diperoleh dengan cara menggunakan *current meter*. Berikut ini adalah beberapa metode untuk menghitung kecepatan aliran rata-rata (Subagyo, 2008:204):

a. Metode satu titik

   Metode ini digunakan untuk kedalaman aliran kurang dari 80 cm dan untuk pengukuran yang cepat.

$$v = v_{0,6} \quad (2.13)$$

dimana $v_{0,6}$ adalah kecepatan pada jarak 0,6 dari kedalaman air sungai. Selain itu juga bisa dipergunakan:

$$v = 0{,}96\, v_{0,5} \quad (2.14)$$

$$v = 0{,}88\, v_{0,2} \quad (2.15)$$

b. Metode dua titik

Metode ini memberikan hasil yang lebih baik daripada metode satu titik. Metode ini digunakan untuk kedalaman aliran lebih dari 60 cm.

$$v = {}^{1}/_{2}\left[v_{0,8} + v_{0,2}\right] \quad (2.16)$$

c. Metode tiga titik

Metode ini digunakan untuk kecepatan aliran yang berbuah-ubah dan tidak teratur

$$v = {}^{1}/_{4}\left[v_{0,2} + 2\, v_{0,6} + v_{0,8}\right] \quad (2.17)$$

d. Metode lima titik

Metode ini digunakan untuk kecepatan yang tidak normal dimana kecepatan aliran sangat tidak beraturan.

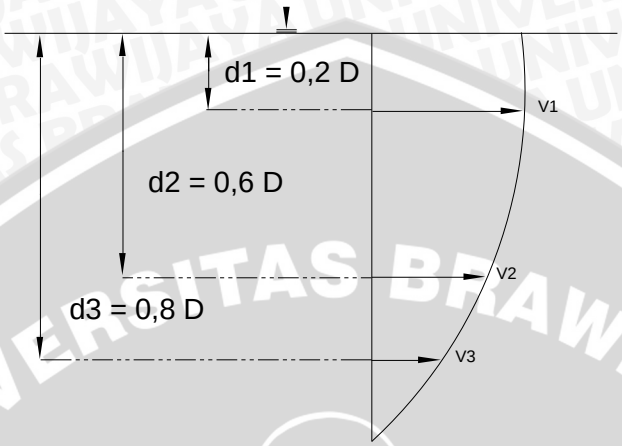
$$v = {}^{1}/_{10}\left[v_s + 3\, v_{0,2} + 2\, v_{0,6} + 3\, v_{0,8} + v_b\right] \quad (2.18)$$

Dengan V_s adalah kecepatan pada permukaan air dan V_b adalah kecepatan pada dasar air.

e. Metode semi-integrasi

Pengukuran dilakukan setiap 20 cm dari kedalaman air (D).

Gambar 2.15 di bawah menunjukkan letak dari *current meter* dimana titik pengukuran pada kedalaman sungai d_1, d_2, dan d_3 adalah 0,2 ; 0,6 dan 0,8 dari kedalaman air (D) dihitung dari permukaan air.



Gambar 2.15 Titik Pengukuran Kecepatan Air dengan Current Meter

Sumber: Kurniawan, 2009:26

Sehingga besar debit air adalah

$$Q = W_1 \,.\, h_1 \,.\, v_1 + W_2 \,.\, h_2 \,.\, v_2 + \cdots + W_n \,.\, h_n \,.\, v_n \qquad (2.19)$$

dengan :

$Q =$ Debit sungai$(m^3/detik)$

$W =$ Lebar Penampang $(meter)$

$v =$ Kecepatan rata − rata$(m/detik)$

$h =$ Tinggi aliran$(meter)$

$n =$ Banyaknya pengukuran arah horisontal

2.11 Metode Menentukan Tinggi Jatuh Air

Tinggi jatuh tergantung kepada geografi lokasi. Pada dasarnya pembangkit mikrohidro digolongkan dalam dua kategori yang menentukan jenis turbin yang akan dipakai yaitu tinggi jatuh rendah (sampai 20 meter) dan tinggi (lebih dari 20 meter).

Jika tinggi jatuh besar maka putaran turbin akan tinggi dan generator dapat dihubungkan turbin dan jika tinggi jatuh rendah generator dihubungkan melalui pemercepat yang dapat berupa susunan roda gigi atau susunan belr dan pulley (Mismail, 1991/1992).

Untuk memperoleh tinggi jatuh (*head*) efektif adalah dengan mengurangi tinggi jatuh total (dari permukaan air pada pengambilan sampai permukaan air saluran bawah) dengan kehilangan tinggi pada saluran air. Tinggi jatuh penuh (*full head*) adalah tinggi air yang bekerja efektif pada turbin yang sedang berjalan. Faktor yang mempengaruhi kehilangan tinggi pada saluran air adalah besar penampang saluran air, besar kemiringan saluran air dan besar luas penampang pipa pesat (Arismunandar, 2004:17).

2.11.1 Metode Menggunakan Peta Topografi

Peta topografi dapat digunakan apabila tinggi jatuh air yang besar, namun ketepatan dalam membaca peta sangat terbatas sehingga cara ini hanya dapat digunakan untuk perkiraan saja. Peta topografi dari tempat atau lokasi yang diselidiki dapat memberikan identifikasi besarnya selisih antara tinggi air masuk yang direncanakan dan tinggi air pada tempat pembuangan.

2.11.2 Metode Menggunakan Sigi Fotografi

Sigi fotografi merupakan cara yang dapat memberikan hasil yang cukup akurat. Dari gambar yang diambil pada lokasi dapat ditentukan tingginya sesuai dengan skalanya. Namun cara ini memerlukan keahlian dan pelatihan yang khusus dalam menggunakan sigi fotografi sehingga tidak dapat dipakai oleh semua orang.

2.11.3 Metode Menggunakan Altimeter

Altimeter adalah sebuah alat untuk mengukur ketinggian suatu titik dari permukaan laut. Biasanya alat ini digunakan untuk keperluan navigasi dalam penerbangan, pendakian, dan kegiatan yang berhubungan dengan ketinggian.Altimeter dapat memberikan perkiraan perbedaan tinggi antara tempat air masuk dan air yang keluar pada pembuangan. Namun alat ini kurang akurat untuk perhitungan teknik.

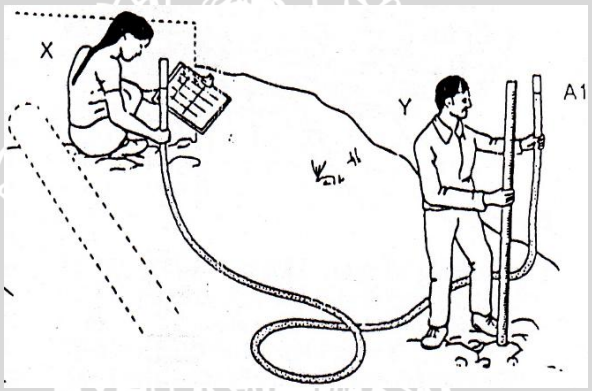
2.11.4 Metode Menggunakan Peralatan Geodesi

Peralatan ini sangat akurat apabila dipergunakan untuk menghitung suatu beda ketinggian suatu tempat. Peralatan ini biasa digunakan oleh para ahli geodesi namun peralatan ini susah didapatkan dan mahal karena alat ini hanya dimiliki oleh para ahli geodesi.

2.11.5 Metode Water-Filled Tube

Metode ini digunakan untuk tempat dengan ketinggian yang rendah. Peralatan yang dibutuhkan adalah selang, air, meteran, batang kayu sebagai penanda dan alat tulis. Cara melakukan pengukuran beda ketinggian dengan menggunakan metode ini adalah sebagai berikut:

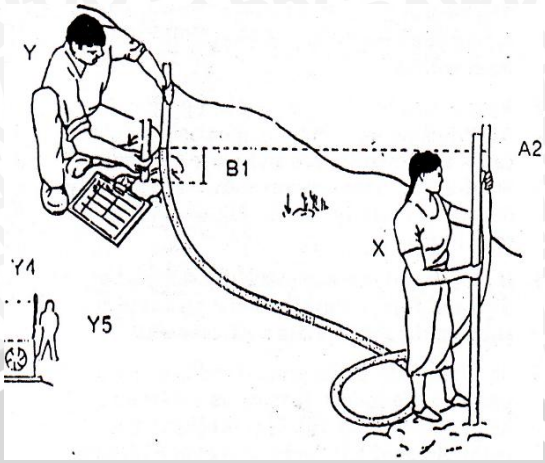
1. Pengamat Y, mengukur ketinggian A1 pada tempat yang sudah ditentukan yang ditunjukkan pada gambar 2.16 dibawah.



Gambar 2.16 Metode Pengukuran Water-Filled Tube-1

Sumber: Harvey,1993: 45

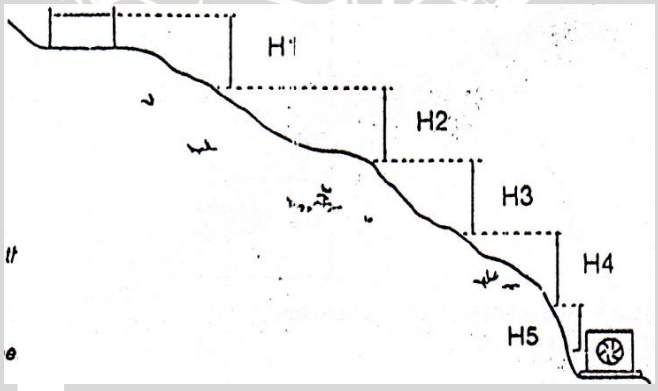
2. Pengamat Y tetap pada tempat yang sebelumnya dan mengukur ketinggian B1. Sedangkan pengamat X turun pada tempat yang sudah ditentukan kedua dan mengukur ketinggian A2, seperti yang terlihat pada gambar 2.17 dibawah.



Gambar 2.17 Metode Pengukuran Water-Filled Tube-2

Sumber: Harvey,1993: 45

3. Ulangi langkah-langkah diatas sampai menuju titik pembungan air.
4. Jumlahkan ketinggian yang sudah diukur mulai dari titik atas yang sudah ditentukan hingga titik bawah pembuangan air.
5. Head = H1 + H2 + H3 + H4 + H5, terlihat pada gambar 2.18 dibawah.



Gambar 2.18 Metode Pengukuran Water-Filled Tube-3

Sumber: Harvey,1993: 45

2.12 Produksi Energi per tahun

Produksi energi per tahun yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dapat dihitung dengan daya yang dibangkitkan (kW), dengan waktu

yang diperlukan (t) selama satu tahun (8760 jam) dengan factor kapasitas. Secara teori dapat dipergunakan persamaan 2.20 di bawah (*Adam Harvey, 2000*) :

$$Energi\ per\ tahun = P_{net} \times 8760 \times Faktor\ Kapasitas\ \ (kWh) \qquad (2.20)$$

Namun pada kenyataannya sebuah PLTMH tidak dapat beroperasi secara terus menerus, tetapi memerlukan waktu untuk kegiatan pemeliharaan dan perbaikan. Misalnya jumlah jam yang dibutuhkan untuk pemeliharaan dalam satu tahun adalah T, maka rumus produksi energi setahun dari PLTMH pada persaamaan sebelumnya harus dikoreksi menjadi

$$Energi\ per\ tahun = P_{net} \times (8760 - T) \text{ x faktor kapasitas (kWh)} \qquad (2.21)$$

dengan :

$P_{net} = daya\ terbangkitkan\ (kW)$

2.13 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan analisis harga satuan merupakan tahapan paling terdepan dari estimasi biaya pembangunan PLTMH. Parameter perhitungan dan analisis harga satuan pekerjaan pada perencanaan PLTMH di antaranya yaitu perhitungan lokasi sumber material pada jarak terdekat dengan lokasi pekerjaan konstruksi.

Secara umum komponen harga satuan yang diperhitungkan meliputi komponen tenaga, komponen bahan dan material yang akan digunakan mengacu pada analisis satuan pekerjaan yang berlaku, dan komponen peralatan sebagaimana yang berlaku secara umum dalam pekerjaan sipil. Komponen biaya pembangunan PLTMH yaitu :

a. Pekerjaan sipil

Pekerjaan sipil pada pembangunan PLTMH meliputi bangunan penyadap, saluran pembawa, bak pengendap, bak penenang, pipa pesat, bangunan pelimpas, rumah pembangkit, pondasi turbin (*under ground*), saluran pembuang dan biaya lain-lain yaitu sekitar 5%.

b. Enginering

Komponen *engineering* meliputi kegiatan detail desain, supervisi pembangunan dan penyiapan dokumen teknis akhir pembangunan PLTMH.

c. Peralatan mekanikal-elektrikal

Peralatan mekanikal-elektrikal meliputi pengadaan sarana dan peralatan seperti:

- Turbin dan perlengkapannya yang terdiri dari unit turbin, sistem transmisi mekanik, *base frame*, biaya instalasi dan *trial run*
- Generator dan *base frame*
- Panel kontrol (*switch gear*) dan kontrol beban/*ballast load*
- Instalasi peralatan elektrikal, sistem pengkabelan dan biaya lain-lain

d. Jaringan tegangan rendah dan instalasi rumah

Terdiri dari tiang listrik, pengadaan kabel, instalasi rumah dan biaya lain-lain yang juga sekitar 5%.

e. Komponen lain-lain (operasional dan pemeliharaan)

Meliputi alokasi untuk penggunaan alat bantu khusus apabila harus diperlukan seperti alat berat, alat angkut khusus, training operator dan pengelola.

f. Pajak

Komponen pajak dihitung terhadap total pekerjaan meliputi pekerjaan-pekerjaan seperti yang diuraikan di atas.

2.14 Harga Jual Tenaga Listrik

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia Nomer 04 Tahun 2012 tentang harga pembelian tenaga listrik oleh PT. PLN (Persero) dari pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi terbarukan skala kecil dan menengah atau kelebihan tenaga listrik. Ada beberapa ketentuan harga penjualan listrik dari energi terbarukan skala kecil dan menengah atau kelebihan tenaga listrik. Beriktu harga pembelian listrik oleh PT. PLN (Persero).

a. Harga pembelian tenaga listrik, ditetapkan Rp 656 / kWh x F, jika terinterkoneksi pada Tegangan Menengah dan Rp 1.004 / kWh x F, jika terinterkoneksi pada Tegangan Rendah.

b. F merupakan faktor insentif sesuai dengan lokasi pembelian tenaga listrik oleh PT. PLN (Persero) dengan besaran yaitu Wilayah Jawa dan Bali , F = 1, Wilayah Sumatera dan Sulawesi , F = 1,2, Wilayah Kalimantan, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur, F = 1,3, Wilayah Maluku dan Papua, F = 1,5

2.15 Analisis Kelayakan Ekonomis

Pada pembangunan PLTMH dilakukan perhitungan kelayakan secara ekonomis. Aspek penilaian kelayakan dilakukan dengan kriteria :

1. Perkiraan biaya investasi / *Cost Flow* (CF)
2. Proyeksi pendapatan (I)
3. Aliran kas bersih (A)
4. Periode pengembalian (n)
5. Benefit Cost Ratio (BCR)
6. Net Preset Value (NPV)
7. Internal Rate of Return (IRR)

2.15.1 Perkiraan biaya investasi / *Cost Flow* (CF)

Dalam pembangunan sebuah PLTMH ada 4 (empat) pekerjan utama yang harus dilakukan yaitu (a) pekerjaan sipil, (b) pekerjaan mekanik, (c) pekerjaan elektrik dan (d) pekerjaan jaringan untuk akses interkoneksi. Keempat pekerjaan tersebut menentukan besarnya biaya investasi atau *Cost Flow* (CF) yang terdiri dari 4 (empat) komponen biaya yaitu :

(a) Biaya pengadaan barang (B1)
(b) Biaya bangunan sipil (B2)
(c) Biaya operasional (B3)
(d) Biaya transportasi (B4)

Secara matemtis perkiraan *Cost Flow* (CF) dapat dinyatakan sebagai,

$$\boldsymbol{CF_0} = \text{B1+B2+B3+B4} \tag{2.22}$$

$$\text{CF} = \boldsymbol{CF_0} + \text{PPn } 10\% \tag{2.23}$$

dengan :

$\boldsymbol{CF_0}$ = Cost Flow sebelum pajak

2.15.2 *Cash In Flow* (CIF) / proyeksi pendapatan

CIF merupakan hasil penjualan energi listrik selama PLTMH beroperasi berdasarkan debit andalan.

Apabila dalam satu tahun (8760 jam) PLTMH beroperasi terus menerus, maka pendapatan dari hasil penjualan energi (I) yang di produksi selama satu tahun yaitu :

$$\text{CIF} = \text{Energi per tahun} \times \text{Harga jual per kWh} \tag{2.24}$$

2.15.3 Aliran Kas Bersih / *Annual Cash In Flow*

Aliran kas bersih merupakan selisih antara pendapatan dan pengeluaran. Pengeluaran terdiri dari biaya tetap (biaya operasional, biaya pemeliharaan, gaji pegawai dan lain-lain). Untuk pendekatan penenuan aliran kass bersih (A), pengeluaran diasumsikan sebesar 5 % sampai deengan 15 % dari total pendapatan setahun.

Annual CIF = CIF – (i% x CIF) (Rp) (2.25)

dengan :

CIF = Cash In Flow

i = asumsi persentase pengeluaran

2.15.4 Payback Period (PP)

Payback Period adalah lama waktu yang diperlukan untuk mengemballikan dana investasi. Dirumuskan dalam persamaan :

$$PP = \frac{Investment\ \ Cost}{Annual\ \ CIF} \quad (2.26)$$

dengan :

$\boldsymbol{Investment\ Cost}$ = biaya investasi / Cost Flow

$\boldsymbol{Annual\ CIF}$ = pemasukan per tahun

Investasi yang ideal adalah investasi dengan payback periode terpendek.

2.15.5 *Net Present Value* (NPV)

Semua aliran kas masuk dan aliran kas keluar di diskontro selama umur proyek ke nilai sekarang, kemudian menghitung angka netto atau selisihnya dengan dasar yang sama yaitu pada harga pasar yang sama saat ini.

Kriteria kelayakan adalah apabila nilai NPV > 0. NPV dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^{n} \frac{\boldsymbol{CIF_t}}{(1+K)^t} - \boldsymbol{Investment\ Cost} \qquad (2.27)$$

dengan :

k = Discount rate yang digunakan

$\boldsymbol{Investment\ Cost}$ = biaya investas

$\boldsymbol{CIF_t}$ = *Cash in flow* pada periode t

$\boldsymbol{n}$ = peroide terakhir Chass flow diharapkan

2.15.6 *Return Of Investment* (ROI)

ROI adalah laba atas investasi. ROI adalah rasio uang yang diperoleh atau hilang pada suatu investasi, relatif terhadap jumlah uang yang diinvestasikan. ROI dapat dirumuskan dengan persaman :

$$\textbf{ROI} = \frac{\sum_t^n \boldsymbol{Benefit_t} - \boldsymbol{Investment\ Cost}}{\boldsymbol{Investment\ Cost}} \qquad (2.28)$$

$$\textbf{Benefit}_t = \boldsymbol{CIF_t - COF_t} \qquad (2.29)$$

dengan :

$\sum_t^n \boldsymbol{Benefit_t}$ = jumlah keuntungan sampai tahun ke-t

$\boldsymbol{Investment\ Cost}$ = biaya investasi

$\boldsymbol{CIF_t}$ = pemasukan tahun ke-t

$\boldsymbol{COF_t}$ = pengeluaran tahun ke-t

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian memberikan gambaran urutan langkah-langkah yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan penyusunan penelitian. Langkah-langkah pengerjaan metode penelitian pada skripsi ini digambarkan sesuai sengan diagram alir seperti pada Gambar 3.1.

Gambar 3.1 Diagram Alir Secara Keseluruhan

Adapun urutan langkah-langkah penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan melalui buku-buku dan literatur yang menunjang dalam penyusunan penelitian ini:

a. Mempelajari daya terbangkitkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).
b. Mempelajari konversi energi pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).
c. Mempelajari dasar perhitungan finansial.

3.2 Survei Lapangan

Kegiatan survei lapangan ini yaitu terjun langsung untuk mengamati dan mengetahui kondisi riil lapangan serta untuk mendapatkan informasi-informasi penting lain yang terkait guna melengkapi data-data. Kegiatan yang dilakukan pada saat survey lapangan antara lain :

1. Melakukan Pengukuran terhadap kedalaman sungai dan kecepatan aliran sungai pada PLTMH Gunung Sawur.
2. Melakukan pengukuran terhadap tegangan dan arus yang keluar langsung dari generator pada waktu tertentu yang telah ditetapkan.
3. Mengumpulkan data biaya pembangunan dan data biaya pemeliharaan PLTMH Gunung Sawur.

3.3 Pengambilan Data

Data-data yang digunakan dalam evaluasi ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

   Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran, perhitungan, dan pengamatan langsung di lapangan. Adapun data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

   a. Debit air

      Dalam melakukan pengukuran debit air kali ini menggunakan metode kecepatan area Untuk mengukur kecepatan aliran air menggunakan *current meter* sehingga debit air dapat diketahui dengan mengalikan kecepatan aliran air dengan luas penampang pada saluran.

   b. Ketinggian jatuh air (*head*)

      Dalam menentukan ketinggian jatuh air menggunakan metode *water-filled tube* dimana pertama kali yang diukur adalah kedalaman dari bak penenang yang merupakan tinggi dari air permukaan atas. Kemudian mengukur ketinggian tempat yang sudah ditentukan dengan menggunakan selang yang sudah diisi air yang diletakkan pada dinding dasar bak penenang dan tempat yang sudah ditentukan. Pengukuran dilakukan sampai pada titik air permukaan bawah dan kemudian data ketinggian hasil pengukuran dijumlahkan untuk menentukan ketinggian jatuh air (*head*).

   c. Tegangan dan Arus Generator Sinkron

      Dalam pengukuran tegangan dan arus generator sinkron PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 dilakukan saat beban puncak dengan menggunakan clamp meter digital dan $\cos\varphi$ meter diperkirakan beban puncak yaitu pukul 16.00 sampai pukul 22.00.

2. Data Sekunder

   Data sekunder adalah data yang diperoleh dari berbagai sumber yang sudah ada seperti dari buku referensi, jurnal, skripsi atau data yang

bersumber dari perusahaan-perusahaan. Adapun data sekunder yang digunakan dalam skripsi ini adalah data finansial pembangunan PTLMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2.

3.4 Analisis Data dan Pembahasan

Sebagai tindak lanjut dari pengambilan data yang sudah terkumpul, dilakukan analisis secara teknis, finansial dan analisis keelayakan.

Adapun proses analisis data berdasarkan dasar-dasar yang telah diperoleh pada saat studi literatur adalah sebagai berikut :

a. Analisis Teknis

   Analisis teknis dimulai dengan melakukan perhitungan terhadap data-data yang telah didapatkan untuk mengetahui potensi daya keseluruhan dan potensi daya yang di hasilkan pada PLTMH Gunung Sawur

b. Analisis Finansial

   Analisis finansial disini akan membahas masalah keuangan yang berhubungan langsung dengan pembangunan PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2. Pada awalnya, dari data-data yang telah ada dan analisis teknis yang telah dilaakukan akan diperkirakan besarnya biaya investasi awal dalam pembangunannya. Kemudian akan dilanjutkan dengan menghitung besarnya proyeksi pendapatan. Setelah itu analisis periode pengembalian darii proyek pembngunan PLTMH Gunung Sawur.

c. Analisis Kelayakan

   Analisis kelayakan disini hanya ditinjau dari analisis teknis dan finansial saja tanpa memperhitungkan aspek-aspek yang lain seperti dampak-dampak pembangunan. Setelah analisis secara teknis dan finansial selesai maka analisis kelayakan dapat dilakukan. Analisis kelayakan merupakan gabungan dari analisis

teknis dan finansial. Ada beberapa kemungkinan yang terjadi dari analisis kelayakan disini. Mungkin secara teknis layak tetapi secara finansial tidak layak, secara tekknis tidak layak tetapi secara finansial layak, secara teknis dan finansial layak atau bahkan baik secara teknis dan finansial tidak layak sama sekali. Diharapkan disini baik analisis teknis dan finansial dikategoorikan layak agar proyek pembangunan PLTMH Gunung Sawur ini dapat di laksanakan. Layak merupakan kepantasan dari sesuatu untuk dilakukan penindak lanjutan.

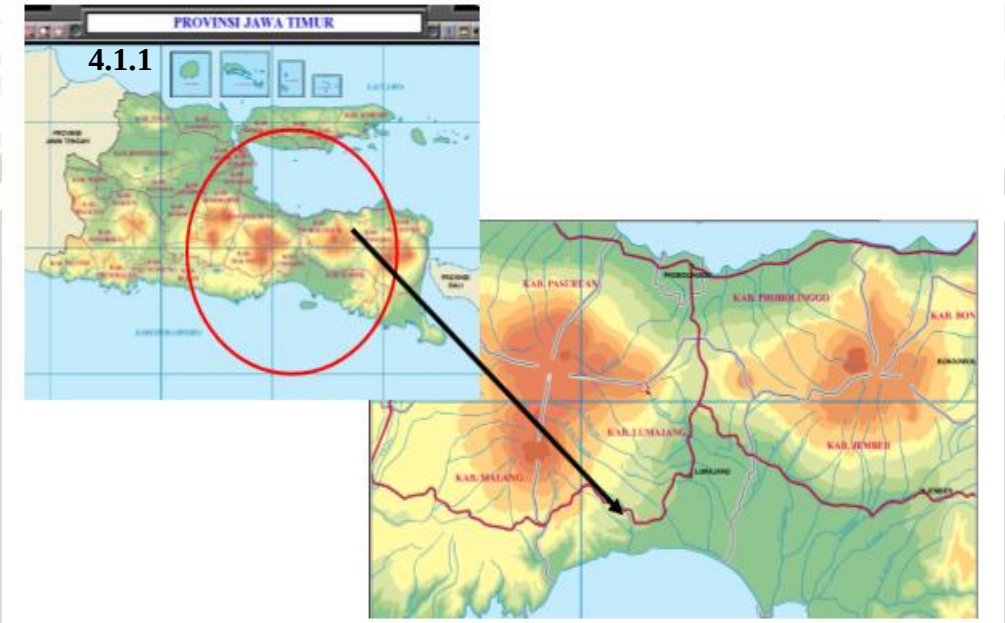
3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Sebagai akhir dari kegiatan penyusunan skripsi ini disusunlah suatu kesimpulan dari semua prses analisis yang telah dilakukan, apakah secara teknis maupun ekonomis PLTMH Gunung Sawur ini layak untuk di bangun atau tidak, serta penyusunan saran yang didalamnya termasuk rekomendasi kepada pihak-pihak terkaait yang dalam hal ini adalah pemerintah Kabupaten Lumajang dan pihak swastayang mungin ingin mengembangkan proyek ini lebih lanjut

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil Pembangit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Gunung Sawur

4.1.1



Gambar 4.1 Peta lokasi Kabupaten Lumajang

PLTMH Gunung Sawur terletak di Desa Sumberwuluh Kecamatan Candipuro Kabupaten Lumajang. Merupakan daerah perbukitan denngan topologi desa yang berdekatan dengan areal perhutani.

PLTMH Gunung Sawur memanfaatkan daerah aliran sungai Besuk Semut yang terletak ± 450 m diatas permukaan laut di daerah tangkapan air selatan Gunung Semeru. Dibangun dengan swadaya masyarakat, menggunakan peralatan turbin hasil rekayasa bengkel setempat.

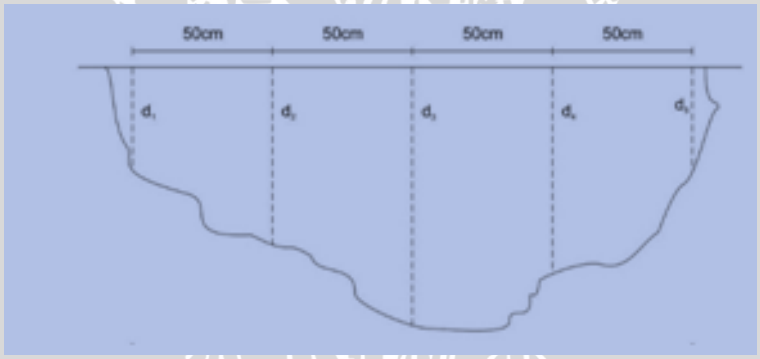
4.2 Potensi Energi Aliran Air Sungai Besuk Semut

Dalam menghitung potensi energi aliran air pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 ini perlu dilakukan perhitungan terhadap beberapa parameter.

Untuk pengukuran debit air (Q) dilakukan pada aliran sungai yang dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2. Pengukuran pada tanggal 7 januari 2015 sampai dengan tanggal 8 januari 2015 dilakukan dikarenakan ingin mengetahui potensi yang dibangkitkan dari aliran sungai. Metode yang digunakan untuk mengukur debit air adalah metode apungan. Dengan menggunakan metode apungan harus diketahui luas penampang melintang sungai dan kecepatan aliran sungai.

4.2.1 Luas Penampang Melintang Sungai (*A*)

Untuk Pengukuran luas penampang pada sungai dilakukan dengan membagi lebar saluran menjadi 4 *segment* dengan lebar sungai 2 meter maka setiap *segment* adalah 50 cm yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Penampang Sungai

Kedalaman air sungai berbeda-beda pada setiap 5 titik yang membagi setiap *segment* sehingga akan dicari kedalaman rata-rata dari kedalaman sungai pada kelima titik yang telah diukur.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran kedalaman sungai

Titik pengukuran	Kedalaman sungai (m)	
	Sawur 1	Sawur 2
1	0,18	0,14
2	0,18	0,20
3	0,20	0,32
4	0,21	0,28
5	0,20	0,20

Dari hasil pengukuran diatas maka kedalaman rata-rata sungai didapatkan 0,194 meter Unit 1 dan 0,228 meter Unit 2 meter. Berdasarkan persamaan 2.9 didapatkan luas penampang melintang sungai yaitu :

Pada Gunung Sawur 1

$$A = w \,.\, d$$

$$A = 2 \,.\, 0{,}194$$

$$A = 0{,}388\ m^2$$

Pada Gunung Sawur 2

$$A = w \,.\, d$$

$$A = 2 \,.\, 0{,}228$$

$$A = 0{,}456\ m^2$$

4.2.2 Kecepatan Aliran Air (m/s)

Untuk menentukan kecepatan aliran sungai yaitu memilih sungai yang lurus dan mengukur panjang lintasan apungan yang akan diukur waktunya. Jarak panjang lintasan apungan yaitu 5 meter dan luas penampang sungai sudah diketahui diatas. Tabel 4.2 menunjukan hasil pengukuran waktu metode apungan. Tetapi kecepatan pelampung tidak mewakili kecepatan air di semua titik pada sungai. Di dasar dan di tepian sungai, air mengalir lebih lambat dibandingkan dengan ditengah sungai. Itu disebabkan oleh gesekan dengan dasar dan tepian sungai. Oleh karena itu, perlu dikalikan factor koreksi (f_k) 0,86 untuk sungai dengan tepian dan dasar yang licin.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran kecepatan aliran air

Titik Pengukuran	Jarak lintasan (m)	Waktu tempuh (detik)	
		Sawur 1	Sawur 2
1	5	4,75	5,52
2	5	4,53	5,51
3	5	4,81	5,67
4	5	4,39	5,47
5	5	4,10	5.86

Dari hasil pengukuran diatas maka berdasarkan persamaan 2.10 kecepatan aliran air dapat dihitung yaitu :

Pada Gunung Sawur 1

$$v_1 = \frac{l_1}{t_1} . f_k$$

$$v_1 = \frac{5}{4,75} . 0.86$$

$$v_1 = 0,9053 \ ^m/_s$$

Pada Gunung Sawur 2

$$v_1 = \frac{l_1}{t_1} . f_k$$

$$v_1 = \frac{5}{5,52} . 0.86$$

$$v_1 = 0,7789 \ ^m/_s$$

Dengan cara yang sama, diperoleh besarnya kecepatan aliran air setiap titik seperti tersusun dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kecepatan aliran air pada setiap titik

Titik Pengukuran	Kecepatan aliran air (m/s)	
	Sawur 1	Sawur 2
1	0,9053	0.7789
2	0,9492	0.7803
3	0,8939	0.7583
4	0,9795	0.7861
5	1,0489	0.7337

Dari hasil perhitungan diatas maka kecepatan rata-rata aliran sungai didapatkan 0,9554 m/s Gunung Sawur 1 dan 0,7675 m/s Gunung Sawur 2 .

4.2.3 Debit Air (Q)

Untuk mengetahui besar debit air bisa didapatkan dari persamaan 2.11 dengan mengalikan kecepatan aliran sungai (v) dengan luas penampang melintang sungai (A). Didapatkan hasil debit air yaitu :

$$Q = v \,.\, A$$

Pada Gunung Sawur 1

$$Q = 0{,}9554 \,.\, 0{,}388$$

$$Q = 0{,}37069 \, {}^{m^3}/_{s}$$

Pada Gunung Sawur 2

$$Q = 0{,}7675 \,.\, 0{,}456$$

$$Q = 0{,}34998 \, {}^{m^3}/_{s}$$

4.2.4 Tinggi jatuh air (h)

Untuk mendapatkan tinggi jatuh air (h) dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode *water-filled tube* dimana diukur dari permukaan air atas pada kolam penenang hingga dimana tempat turbin dipasang. Sehingga tinggi jatuh air pada pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 didapatkan sebesar 8,6 meter dan Gunung Sawur 2 didapatkan sebesar 4,5 meter. Sedangkan pada desain

perencanaan PLTMH Gunung Sawur 1 tinggi jatuh air direncanakan 10 meter dan 6 meter Gunung Sawur 2.

4.3 Daya Keluaran Terbangkitkan (P_{out})

Berdasarkan parameter-parameter yang sudah didapatkan, maka besarnya daya hidrolik (P_h) yang merupakan potensi sumber daya air pada sungai yang akan dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 dapat ditentukan melalui persamaan 2.4.

$$P_h = 9{,}8 \,.\, Q \,.\, h \quad (W)$$

Pada Gunung Sawur 1

$$P_h = 9{,}8 \;.\; 0{,}37069 \,.\, 8{,}6$$

$$P_h = 31{,}2417 \quad kW$$

Pada Gunung Sawur 2

$$P_h = 9{,}8 \;.\; 0{,}34998 \;.\; 4{,}5$$

$$P_h = 15.4341 \quad kW$$

Dalam pembangunan PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 direncanakan akan menggunakan turbin jenis *crossflow*. Pada umumnya efisiensi turbin *crossflow* 60 % sampai 80 % (Mismail, 1991/1992:160). Namun pada perhitungan dan perancangan, efisiensi turbin yang dipakai adalah 65 %. Sedangkan efisiensi dari pipa pesat pada umumnya berkisar 95 % (Linsley, 1995). Jika efisiensi pipa pesat (η_{pp}) dan efisiensi turbin (η_{tb}) diketahui, maka besarnya daya mekanik turbin dapat ditentukan dari persamaan 2.5.

$$P_{mekanik} = \eta_{pp} \;.\; \eta_{tb} \;.\; P_h$$

Pada Gunung Sawur 1

$$P_{mekanik} = 0{,}95 \ . \ 0{,}65 \ . \ 31{,}2417$$
$$P_{mekanik} = 19{,}29175 \quad kW$$

Pada Gunung Sawur 2

$$P_{mekanik} = 0{,}95 \ . \ 0{,}65 \ . \ 15.4341$$
$$P_{mekanik} = 9{,}53056 \quad kW$$

Antara turbin dan generator terdapat perangkat sistem transmisi mekanik. Pada PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 ini direncanakan akan menggunakan system transmisi *pulley*. Pada umumnya efisiensi sistem transmisi mekanik dengan menggunakan *pulley* berkisar 85 % (Neimann, 1992). Sedangkan efisiensi generator umumnya berkisar 85 % sampai 90 % (Mismail, 1991/1992:177). Generator yang akan dipakai merupakan generator swadaya oleh karena itu efisiensi generator yang dipakai adalah 85 % karena generator memiliki kapasitas 20 kW dan efisiensi sistem transmisi mekanik yang dipakai adalah 85 % karena sistem transmisi mekanik langsung menggunakan *pulley* yang langsung dikopel dengan generator. Jika efisiensi sistem transmisi mekanik (η_{tm}) dan efisiensi generator (η_g) diketahui, maka besarnya daya keluaran elektrik dari generator dapat ditentukan dengan persamaan 2.6.

$$P_{elektrik} = \eta_{tm} \ . \eta_g \ . P_{mekanik}$$

Pada Gunung Sawur 1

$$P_{elektrik} = 0{,}85 \ . \ 0{,}85 \ . \ 19{,}29175$$
$$P_{elektrik} = 13{,}93828 \ \ kW$$

Pada Gunung Sawur 2

$$P_{elektrik} = 0{,}85 \ . \ 0{,}85 \ . \ 9{,}53056$$
$$P_{elektrik} = 6{,}88583 \quad kW$$

4.4 Pengukuran PLTMH Gunung Sawur Dilapangan

Pengukuran Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 dalam keadaan berbeban yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas daya yang mampu dibangkitkan oleh generator dengan potensi air yang ada pada sungai.

Beban yang digunakan dalam pengukuran Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ini adalah beban pada konsumen langsung yang akan diukur dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 ialah tegangan dan arus pada fasa R, S, dan T. Selain itu pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 juga akan diukur frekuensi dan putaran generator. Pengukuran dilakukan saat beban puncak yaitu dari pukul 16.00 WIB sampai pukul 22.00 WIB. Hasil pengukuran diperlihatkan pada tabel 4.4 dan tabel 4.5:

Pengukuran Hari Pertama, 7 Januari 2015

Tabel 4.4 Hasil pengukuran generator pada hari pertama

Waktu Pengukuran		16.00		18.00		20.00		22.00	
		Sawur 1	Sawur 2	Sawur 1	Sawur 2	Sawur 1	Sawur 2	Sawur 1	Sawur 2
Tegangan (volt)	Fasa R	222,3	239,6	231,1	240,1	243,3	240,7	219,6	239,6
	Fasa S	221,3	235,1	232,9	237,7	242,2	238,5	220,9	239,4
	Fasa T	221,7	240,2	232,1	242,7	243,1	244,5	221,1	244,5
Arus (Ampere)	Fasa R	15,3	5,2	18,2	6,8	17,9	7,3	14,6	6,7
	Fasa S	14,5	5,5	18	7,2	17,3	6,1	14,1	5,7
	Fasa T	12,8	3,6	17,4	3,8	16,1	3,9	13,3	4,5
cos φ	Fasa R	0,94	1	0,95	0,91	0,9	0,91	0,47	0,83
	Fasa S	0,88	0,85	0,77	0,65	0,88	0,74	0,69	0,48
	Fasa T	0,86	0,91	0,88	0,89	0,91	0,91	0,85	0,83
Frekuensi (Hz)		50	50,1	50,2	50,2	50,1	50,2	50,3	50,5
Putaran (rpm)		1455	1460	1463	1430	1442	1445	1461	1465

Pengukuran Hari Kedua, 8 Januari 2015

Tabel 4.5 Hasil pengukuran generator pada hari kedua

Waktu Pengukuran		16.00		18.00		20.00		22.00	
		Sawur 1	Sawur 2	Sawur 1	Sawur 2	Sawur 1	Sawur 2	Sawur 1	Sawur 2
Tegangan (volt)	Fasa R	220,9	239,6	233,3	239,3	230,8	239,8	223,6	240,3
	Fasa S	220,2	238,4	232,1	237,3	230,3	237,8	220	239,4
	Fasa T	220,4	241,2	232,6	244,2	231,9	242,7	220,9	244,8
Arus (Ampere)	Fasa R	15,1	5,4	18	7,2	18,3	7,1	14,5	6,8
	Fasa S	14,6	6,5	17,8	6	17,1	5,9	14,3	5,7
	Fasa T	13,1	4,2	17,4	4,3	16.7	4,4	13,3	3,8
$\cos\varphi$	Fasa R	0,87	0,94	0,91	0,85	0,91	0,91	0,61	0,91
	Fasa S	0,81	0,72	0,85	0,68	0,84	0,69	0,73	0,55
	Fasa T	0,79	0,89	0,83	0,89	0,88	0,84	0,77	0,83
Frekuensi (Hz)		50,2	50,4	50,1	50,2	50	50,2	50,1	50,1
Putaran (rpm)		1448	1450	1442	1445	1440	1445	1444	1430

Berdasarkan data pengukuran pada tabel 4.4 dan 4.5 di atas maka besarnya daya nyata dan daya semu yang dihasilkan generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 dan persamaan 2.2, yaitu :

$$P = 3 \,.\, V_f \,.\, I_f \,.\, cos\varphi$$

$$P = [(V_R \,.\, I_R \,.\, \cos\varphi_R) + (V_S \,.\, I_S \,.\, \cos\varphi_S) + (V_T \,.\, I_T \,.\, \cos\varphi_T)]$$

$$S = 3 \,.\, V_f \,.\, I_f$$

$$S = [(V_R \,.\, I_R) + (V_S \,.\, I_S) + (V_T \,.\, I_T)]$$

Perhitungan secara rinci dari daya yang di ukur pada table di atas akan diperlihatkan seperti pada bagian di bawah ini.

Pengukuran Hari Pertama, 7 Januari 2015

Pada PLTMH Gunung Sawur 1

Pada pukul 16.00

Data-data yang diketahui

Tegangan pada setiap fasa : $V_R = 222{,}3\ V$, $V_S = 221{,}3V$, $V_T = 221{,}7\ V$

Arus pada setiap fasa : $I_R = 15{,}3\ A$, $I_S = 14{,}5\ A$, $I_T = 12{,}8\ A$

$cos\ \varphi$ pada setiap fasa : $\cos\varphi_R = 0{,}94$; $\cos\varphi_S = 0{,}88$; $\cos\varphi_T = 0{,}86$

Sehingga daya pada generator :

$$P = [(V_R\ .I_R\ .\cos\varphi_R) + (V_S\ .I_S\ .\cos\varphi_S) + (V_T\ .I_T\ .\cos\varphi_T)]$$

$$P = [(222{,}3\ .15{,}3\ .\ 0{,}94\ ) + (221{,}3.\ 14{,}5\ .\ 0{,}88\ ) + (221{,}7.\ 12{,}8\ .\ 0{,}86\ )]$$

$$P = 8{,}4614\ kW$$

$$S = [(V_R\ .I_R) + (V_S\ .I_S) + (V_T\ .I_T)]$$

$$S = [(222{,}3\ .15{,}3\ ) + (221{,}3.\ 14{,}5\ ) + (221{,}7.\ 12{,}8\ )]$$

$$S = 9{,}4478\ kVA$$

Pada pukul 18.00

Data-data yang diketahui

Tegangan pada setiap fasa : $V_R = 231{,}1V$, $V_S = 232{,}9V$, $V_T = 232{,}1\ V$

Arus pada setiap fasa : $I_R = 18{,}2A$, $I_S = 18\ A$, $I_T = 17{,}4\ A$

$cos\ \varphi$ pada setiap fasa : $\cos\varphi_R = 0{,}95$; $\cos\varphi_S = 0{,}77$; $\cos\varphi_T = 0{,}88$

Sehingga daya pada generator :

$$P = [(V_R\ .I_R\ .\cos\varphi_R) + (V_S\ .I_S\ .\cos\varphi_S) + (V_T\ .I_T\ .\cos\varphi_T)]$$

$$P = [(231{,}1\ .\ 18{,}2\ .\ 0{,}95\ ) + (232{,}9\ .\ 18\ .\ 0{,}77\ ) + (\ 232{,}1\ .\ 17{,}4\ .\ 0{,}88)]$$

$$P = 10{,}7776\ kW$$

$$S = [(V_R\ .I_R) + (V_S\ .I_S) + (V_T\ .I_T)]$$

$$S = [(231{,}1\ .\ 18{,}2) + (232{,}9\ .\ 18) + (\ 232{,}1\ .\ 17{,}4\ )]$$

$$S = 12{,}4368\ kVA$$

Pada pukul 20.00

Data-data yang diketahui

Tegangan pada setiap fasa : $V_R = 243{,}3V$, $V_S = 242{,}2V$, $V_T = 243{,}1\ V$

Arus pada setiap fasa : $I_R = 17{,}9\ A$, $I_S = 17{,}3\ A$, $I_T = 16{,}1\ A$

$cos\ \varphi$ pada setiap fasa : $\cos\varphi_R = 0{,}9$; $\cos\varphi_S = 0{,}88$; $\cos\varphi_T = 0{,}91$

Sehingga daya pada generator :

$$P = [(V_R \,.\, I_R \,.\, \cos\varphi_R) + (V_S \,.\, I_S \,.\, \cos\varphi_S) + (V_T \,.\, I_T \,.\, \cos\varphi_T)]$$

$P = [(243{,}3 \,.\, 17{,}9 \,.\, 0{,}9) + (242{,}2 \,.\, 17{,}3 \,.\, 0{,}88) + (243{,}1 \,.\, 16{,}1 \,.\, 0{,}91)]$

$P = 11{,}1685\ kW$

$S = [(V_R \,.\, I_R) + (V_S \,.\, I_S) + (V_T \,.\, I_T)]$

$S = [(243{,}3 \,.\, 17{,}9) + (242{,}2 \,.\, 17{,}3) + (243{,}1 \,.\, 16{,}1)]$

$S = 12{,}459\ kVA$

Pada pukul 22.00

Data-data yang diketahui

Tegangan pada setiap fasa : $V_R = 219{,}6V$, $V_S = 220{,}9\,V$, $V_T = 221{,}1\,V$

Arus pada setiap fasa : $I_R = 14{,}6\,A$, $I_S = 14{,}1\,A$, $I_T = 13{,}3\,A$

$cos\ \varphi$ pada setiap fasa : $\cos\varphi_R = 0{,}47$; $\cos\varphi_S = 0{,}69$; $\cos\varphi_T = 0{,}85$

Sehingga daya pada generator :

$$P = [(V_R \,.\, I_R \,.\, \cos\varphi_R) + (V_S \,.\, I_S \,.\, \cos\varphi_S) + (V_T \,.\, I_T \,.\, \cos\varphi_T)]$$

$P = [(219{,}6 \,.\, 14{,}6 \,.\, 0{,}47) + (220{,}9 \,.\, 14{,}1 \,.\, 0{,}69;) + (221{,}1 \,.\, 13{,}3 \,.\, 0{,}85)]$

$P = 6{,}1556\ kW$

$S = [(V_R \,.\, I_R) + (V_S \,.\, I_S) + (V_T \,.\, I_T)]$

$S = [(219{,}6 \,.\, 14{,}6) + (220{,}9 \,.\, 14{,}1) + (221{,}1 \,.\, 13{,}3)]$

$S = 9{,}2615\ kVA$

Pengukuran Hari Pertama, 7 Januari 2015

Pada PLTMH Gunung Sawur 2

Tegangan pada setiap fasa : $V_R = 239{,}6\,V$, $V_S = 235{,}1\,V$, $V_T = 240{,}2\,V$

Arus pada setiap fasa : $I_R = 5{,}2\,A$, $I_S = 5{,}5\,A$, $I_T = 3{,}6\,A$

$cos\ \varphi$ pada setiap fasa : $\cos\varphi_R = 1$; $\cos\varphi_S = 0{,}85$; $\cos\varphi_T = 0{,}91$

Sehingga daya pada generator :

$$P = [(V_R \,.\, I_R \,.\, \cos\varphi_R) + (V_S \,.\, I_S \,.\, \cos\varphi_S) + (V_T \,.\, I_T \,.\, \cos\varphi_T)]$$

$P = [(293{,}6 \,.\, 5{,}2 \,.\, 1) + (235{,}1 \,.\, 5{,}5 \,.\, 0{,}85) + (240{,}2 \,.\, 3{,}6 \,.\, 0{,}91)]$

$P = 3{,}1319 kW$

$S = [(V_R \,.\, I_R) + (V_S \,.\, I_S) + (V_T \,.\, I_T)]$

$S = [(293{,}6 \,.\, 5{,}2\,.) + (235{,}1 \,.\, 5{,}5\,.) + (240{,}2 \,.\, 3{,}6\,.\,)]$

$S = 3{,}4036\ kVA$

Pada pukul 18.00

Data-data yang diketahui

Tegangan pada setiap fasa : $V_R = 240{,}1\ V$, $V_S = 237{,}7\ V$, $V_T = 242{,}7\ V$

Arus pada setiap fasa : $I_R = 6{,}8\ A$, $I_S = 7{,}2\ A$, $I_T = 3{,}8\ A$

$cos\ \varphi$ pada setiap fasa : $\cos\varphi_R = 0{,}91$; $\cos\varphi_S = 0{,}65$; $\cos\varphi_T = 0{,}89$

Sehingga daya pada generator :

$P = [(V_R \,.\, I_R \,.\, \cos\varphi_R) + (V_S \,.\, I_S \,.\, \cos\varphi_S) + (V_T \,.\, I_T \,.\, \cos\varphi_T)]$

$P = [(240{,}1 \,.\, 6{,}8\,.\ 0{,}91\,) + (237{,}7 \,.\, 7{,}2\,.\, 0{,}65\,) + (\,242{,}7 \,.\, 3{,}8\,.\ 0{,}89\,)]$

$P = 3{,}4189\ kW$

$S = [(V_R \,.\, I_R) + (V_S \,.\, I_S) + (V_T \,.\, I_T)]$

$S = [(240{,}1 \,.\, 6{,}8) + (237{,}7 \,.\, 7{,}2) + (\,242{,}7 \,.\, 3{,}8\,)]$

$S = 4{,}2664\ kVA$

Pada pukul 20.00

Data-data yang diketahui

Tegangan pada setiap fasa : $V_R = 240{,}7\ V$, $V_S = 238{,}5\ V$, $V_T = 244{,}5\ V$

Arus pada setiap fasa : $I_R = 7{,}3\ A$, $I_S = 6{,}1\ A$, $I_T = 3{,}9\ A$

$cos\ \varphi$ pada setiap fasa : $\cos\varphi_R = 0{,}91$; $\cos\varphi_S = 0{,}74$; $\cos\varphi_T = 0{,}91$

Sehingga daya pada generator :

$P = [(V_R \,.\, I_R \,.\, \cos\varphi_R) + (V_S \,.\, I_S \,.\, \cos\varphi_S) + (V_T \,.\, I_T \,.\, \cos\varphi_T)]$

$P = [(240{,}7 \,.\, 7{,}3\,.\ 0{,}91\,) + (238{,}5 \,.\, 6{,}1\,.\, 0{,}74\,) + (\,244{,}5 \,.\, 3{,}9\,.\ 0{,}91\,)]$

$P = 3{,}5432\ kW$

$S = [(V_R \,.\, I_R) + (V_S \,.\, I_S) + (V_T \,.\, I_T)]$

$S = [(240{,}7 \,.\, 7{,}3) + (238{,}5 \,.\, 6{,}1) + (\,244{,}5 \,.\, 3{,}9\,)]$

$S = 4{,}1655\ kVA$

Pada pukul 22.00

Data-data yang diketahui

Tegangan pada setiap fasa : $V_R = 239{,}6\ V$, $V_S = 239{,}4\ V$, $V_T = 244{,}5\ V$

Arus pada setiap fasa : $I_R = 6{,}7\ A$, $I_S = 5{,}7\ A$, $I_T = 4{,}5\ A$

$cos\ \varphi$ pada setiap fasa : $\cos\varphi_R = 0{,}83$; $\cos\varphi_S = 0{,}48$; $\cos\varphi_T = 0{,}83$

Sehingga daya pada generator :

$$P = [(V_R\ .\ I_R\ .\ \cos\varphi_R) + (V_S\ .\ I_S\ .\ \cos\varphi_S) + (V_T\ .\ I_T\ .\ \cos\varphi_T)]$$

$$P = [(239{,}6\ .\ 6{,}7\ .\ 0{,}83) + (239{,}4\ .\ 5{,}7\ .\ 0{,}48) + (244{,}5\ .\ 4{,}5\ .\ 0{,}83)]$$

$$P = 2{,}9006\ kW$$

$$S = [(V_R\ .\ I_R) + (V_S\ .\ I_S) + (V_T\ .\ I_T)]$$

$$S = [(239{,}6\ .\ 6{,}7) + (239{,}4\ .\ 5{,}7) + (244{,}5\ .\ 4{,}5)]$$

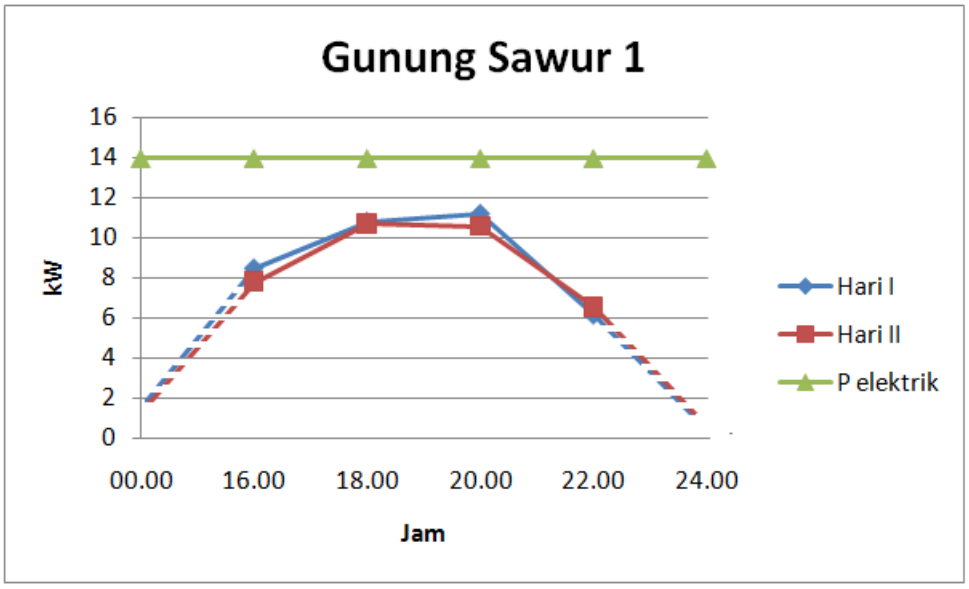
$$S = 4{,}0701\ kVA$$

Hasil perhitungan yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.6:

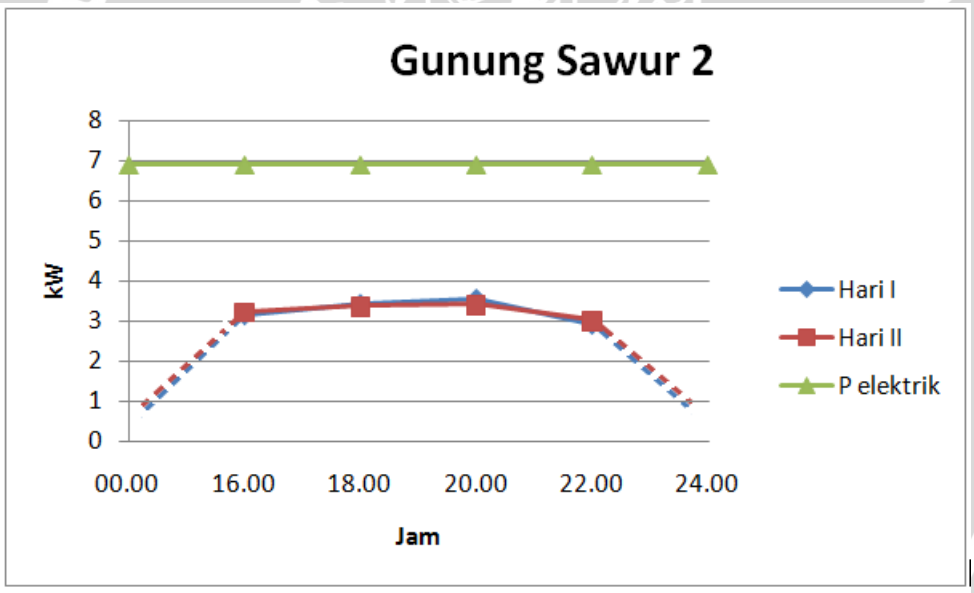
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Daya

Waktu uji		**16.00**		**18.00**		**20.00**		**22.00**	
		Sawur 1	**Sawur 2**	**Sawur 1**	**Sawur 2**	**Sawur 1**	**Sawur 2**	**Sawur 1**	**Sawur 2**
Hari I	**Daya (kW)**	8,4614	3,1319	10,7776	3,4189	11,1685	3,5432	6,1556	2,9006
	Daya (kVA)	9,4478	3,4036	12,4368	4,2664	12,459	4,1655	9,2615	4,0701
Hari II	**Daya (kW)**	7,787	3,2335	10,6923	3,3777	10,5595	3,4144	6,5366	3,0095
	Daya (kVA)	9,4378	3,8564	12,378	4,1968	12,0345	4,1734	9,3262	3,9288

Dari masing-masing waktu pengukuran daya terukur saat beban puncak adalah sebesar 11,1685 pada Gunung Sawur 1 dan 3,5432 kW pada Gunung Sawur 2.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Perhitungan Daya PLTMH Gunung Sawur 1



Gambar 4.4 Grafik Hasil Perhitungan Daya PLTMH Gunung Sawur 2

4.5 Perbandingan Daya PLTMH Gunung Sawur

4.5.1 Perbandingan Daya Terpakai Dengan Daya Terbangkitkan

Perbandingan daya yang dibangkitkan generator saat beban puncak dengan daya yang dapat dibangkitkan secara teoritis diperlihatkan pada perhitungan dalam persen di bawah ini.

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{daya\ terpakai}{daya\ terbangkitkan} \times 100\%$$

PLTMH Gunung Sawur 1

Hari Pertama 7 Januari 2015

Pukul 16.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{8{,}4614}{13{,}93828} . 100\% = 60{,}7061\%$$

Pukul 18.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{10{,}7776}{13{,}93828} . 100\% = 77{,}3239\%$$

Pukul 20.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{11{,}1685}{13{,}93828} . 100\% = 80{,}1281\%$$

Pukul 22.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{6{,}1556}{13{,}93828} . 100\% = 44{,}1630\%$$

Hari Kedua 8 Janiuari 2015

Pukul 16.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{7{,}787}{13{,}93828} . 100\% = 55{,}8675\%$$

Pukul 18.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{10{,}6923}{13{,}93828}\ .100\% = 76{,}7120\%$$

Pukul 20.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{10{,}5595}{13{,}93828}\ .100\% = 75{,}7593\%$$

Pukul 22.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{6{,}5366}{13{,}93828}\ .100\% = 46{,}8965\%$$

PLTMH Gunung Sawur 2

Hari Pertama 7 Januari 2015

Pukul 16.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}1319}{6{,}8858}\ .100\% = 45{,}4835\ \%$$

Pukul 18.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}4189}{6{,}8858}\ .100\% = 49{,}6527\ \%$$

Pukul 20.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}5432}{6{,}8858}\ .100\% = 51{,}4579\ \%$$

Pukul 22.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{2{,}9006}{6{,}8858}\ .100\% = 42{,}1246\ \%$$

Hari Kedua 8 Januari 2015

Pukul 16.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}2335}{6{,}8858} . 100\% = 46{,}9593\ \%$$

Pukul 18.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}3777}{6{,}8858} .100\% = 49{,}0539\ \%$$

Pukul 20.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}4144}{6{,}8858} . 100\% = 49{,}5868\ \%$$

Pukul 22.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}0095}{6{,}8858} . 100\% = 43{,}7072\ \%$$

Tabel 4.7 Perbandingan daya terpakai dengan daya terbangkitkaan

Waktu Pengukuran	**Nilai Perbandingan Daya terpasang dan daya terpakai**			
	Hari Pertama		**Hari Pertama**	
	Sawur 1	**Sawur 2**	**Sawur 1**	**Sawur 2**
16.00	60,7061%	45,4835 %	55,8675%	46,9593 %
18.00	77,3239%	49,6527 %	76,7120%	49,0539 %
20.00	80,1281%	51,4579 %	75,7593%	49,5868 %
22.00	44,1630%	42,1246 %	46,8965%	43,7072 %

Nilai rata-rata perbandingan daya

Hari pertama 7 Januari 2015

PLTMH Gunung Sawur 1

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \frac{60{,}7061\,\% + 77{,}3239\,\% + 80{,}1281\,\% + 44{,}1630\,\%}{4}$$

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = 65{,}5803\,\%$$

PLTMH Gunung Sawur 2

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \frac{45{,}4835\,\% + 49{,}6527\,\% + 51{,}4579\,\% + 42{,}1246\,\%}{4}$$

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = 41{,}1797\,\%$$

Hari kedua 8 Januari 2015

PLTMH Gunung Sawur 1

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \frac{55{,}8675\,\% + 76{,}7120\,\% + 75{,}7593\,\% + 46{,}8965\,\%}{4}$$

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = 63{,}8088\,\%$$

PLTMH Gunung Sawur 2

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \frac{46{,}9593\,\% + 49{,}0539\,\% + 49{,}5868\,\% + 43{,}7072\,\%}{4}$$

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = 47{,}3268\,\%$$

4.5.2 Perbandingan Daya Terpakai Dengan Daya Terpasang Pada Generator

Perbandingan daya terpakai pada generator saat beban puncak dengan daya yang terpasang pada generator diperlihatkan pada perhitungan dalam persen di bawah ini.

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{daya\ terpakai}{daya\ terpasang} \times 100\%$$

PLTMH Gunung Sawur 1

Hari Pertama 7 Januari 2015

Pukul 16.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{8{,}4614}{20} . 100\% = 42{,}3070\%$$

Pukul 18.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{10{,}7776}{20} . 100\% = 53{,}8880\%$$

Pukul 20.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{11{,}1685}{20} . 100\% = 55{,}8425\%$$

Pukul 22.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{6{,}1556}{20} . 100\% = 30{,}7780\%$$

Hari Kedua 8 Janiuari 2015

Pukul 16.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{7{,}787}{20} . 100\% = 38{,}9350\%$$

Pukul 18.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{10{,}6923}{20}\ .100\% = 53{,}4615\%$$

Pukul 20.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{10{,}5595}{20}\ .100\% = 52{,}7975\%$$

Pukul 22.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{6{,}5366}{20}\ .100\% = 32{,}683\%$$

PLTMH Gunung Sawur 2

Hari Pertama , 7 Januari 2015

Pukul 16.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}1319}{20}\ .100\% = 15{,}6595\ \%$$

Pukul 18.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}4189}{20}\ .100\% = 17{,}0945\ \%$$

Pukul 20.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}5432}{20}\ .100\% = 17{,}7160\ \%$$

Pukul 22.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{2{,}9006}{20}\ .100\% = 14{,}503\ \%$$

Hari Kedua, 8 Jnauari 2015

Pukul 16.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}2335}{20} . 100\% = 16{,}1675\ \%$$

Pukul 18.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}3777}{20} . 100\% = 16{,}8885\ \%$$

Pukul 20.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}4144}{20} . 100\% = 17{,}0720\ \%$$

Pukul 22.00

$$\%\ (\text{perbandingan daya}) = \frac{3{,}0095}{20} . 100\% = 15{,}0475\ \%$$

Tabel 4.8 Perbandingan daya terpasang dengan daya terpakai

Waktu Pengukuran	**Nilai Perbandingan Daya terpasang dan daya terpakai**			
	Hari Pertama		**Hari Pertama**	
	Sawur 1	**Sawur 2**	**Sawur 1**	**Sawur 2**
16.00	42,3070%	15,6595 %	38,9350%	16,1675 %
18.00	53,8880%	17,0945 %	53,4615%	16,8885 %
20.00	55,8425%	17,7160 %	52,7975%	17,0720 %
22.00	30,7780%	14,5030 %	32,6830%	15,0475 %

Nilai rata-rata perbandingan daya pada hari pertama

PLTMH Gunung Sawur 1

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \frac{42{,}3070\ \% + 53{,}8880\ \% + 55{,}8425\ \% + 30{,}7780\ \%}{4}$$

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = 45{,}7039\ \%$$

PLTMH Gunung Sawur 2

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \frac{15{,}6595\ \% + 17{,}0945\ \% + 17{,}7160\ \% + 14{,}5030\ \%}{4}$$

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \ 16{,}24325\ \%$$

Nilai rata-rata perbandingan daya pada hari kedua

PLTMH Gunung Sawur 1

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \frac{38{,}9350\% + 53{,}4615\% + 52{,}7975\% + 32{,}6830\%}{4}$$

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = 44{,}4692\ \%$$

PLTMH Gunung Sawur 2

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \frac{16{,}1675\ \% + 16{,}8885\ \% + 17{,}0720\ \% + 15{,}0475\ \%}{4}$$

$$\text{Nilai rata} - \text{rata} = \ 16{,}293875\ \%$$

4.6 Pembahasan Analisis Daya PLTMH Gunung Sawur

Ketinggian jatuh air yang dimiliki pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah 8,6 meter pada Gunung Sawur 1 dan 4,5 meter pada Gunung Sawur 2. Hal ini tidak sesuai dengan perencanaan awal PLTMH Gunung Sawur yang telah dipilih tinggi jatuh air sebesar 10 meter Gunung Sawur 1 dan 6 meter Gunung Sawur 2.

Daya yang tersedia pada PLTMH Gunung Sawur sesuai perhitungan didapatkan 13,93828 kW pada Gunung Sawur 1 dan 6,88583 kW pada Gunung Sawur 2 sedangkan berdasarkan data pengukuran generator saat beban puncak didapatkan daya yang dihasilkan oleh generator jauh di bawah daya terpasang yang merupakan daya nominal pada masing-masing generator sebesar 20 kW. Dari masing-masing waktu pengukuran daya terukur saat beban puncak adalah sebesar 11,1685 pada Gunung Sawur 1 dan 3,5432 kW pada Gunung Sawur 2.

Dari perbandingan yang telah dilakukan sebelumnya dapat dikutahui bahwa nilai rata-rata perbandingan daya yang dapat dibankitkan secara teoritis dan daya yang terukur saat beban puncak sebesar 65,5803% Gunung Sawur 1 dan 41,1797 % Gunung Sawur 2 pada hari pertama dan sebesar 63,8088% Gunung Sawur 1 dan 47,3268 % Gunung Sawur 2 pada hari kedua. Dan perbandingan daya terpasang dengan daya yang terukur saat beban puncak adalah sebesar 45,7039% Gunung Sawur 1 dan 16,24325 % Gunung Sawur 2 pada hari pertama dan sebesar 44,4692% Gunung Sawur 1 dan 16,293875 % Gunung Sawur 2 pada hari kedua.

4.7 Produksi Energi per tahun (kWh)

Sesuai perhitungan sebelumnya maka daya terbangkitkan yang digunakan untuk menghitung energi terbangkitkan selama satu tahun yaitu daya yang terbangkitkan di lapangan yaitu daya yang terbesar sebesar 65,5803 % untuk Gunung Sawur 1 dan 47,3268 % untuk Gunung Sawur 2 dari daya terbangkitkan secara teori.

PLTMH Gunung Sawur 1

$$P_{net} = 65{,}5803\,\% \times 13{,}93828$$
$$P_{net} = 9{,}1408\ kW$$

PLTMH Gunung Sawur 2

$$P_{net} = 47{,}3268\,\% \times 6{,}88583$$
$$P_{net} = 3{,}2588\ kW$$

Total energi yang dibangkitkan selama operasi satu tahun PLTMH Gunung Sawur sesuai dengan keadaan keadaan di lapangan dapat dihitung dengan persamaan 2.20 dengan memisalkan faktor kaasitas sebesar 70% dari daya yang terbangkitkan di lapangan.

$$Energi\ per\ tahun = P_{net} \times 8760 \times faktor\ kapasitas$$

PLTMH Unit 1

$$Energi\ per\ tahun = 9{,}1408\ \times 8760 \times 70\%$$

$$Energi\ per\ tahun = 56051{,}3856\ kWh$$

PLTMH Unit 2

$$Energi\ per\ tahun = 3{,}2588 \times 8760 \times 70\%$$

$$Energi\ per\ tahun = 19983{,}2252\ kWh$$

4.8 Analisis Ekonomi

Analisis Ekonomi dilakukan dengan maksud untuk mengevaluasi kelayakan pembangunan PLTMH Gunung Sawur dan untuk mengetahui besarnya keuntungan secara finansial yang diberikan.

4.8.1 Biaya Investasi / *Cost Flow* (CF)

Pada pembangunan PLTMH Gunung Sawur biaya perkiraan dapat dilihat pada rincian sebagai berikut :

a. Biaya langsung untuk pekerjaan sipil PLTMH Gunung Sawur Unit 1 sebesar Rp 40.101.900 sedangkan untuk PLTMH Gunung Sawur Unit 2 sebesar Rp 71.401.255 dari data tersebut diperoleh tota biaya keseluruhan pekerjaan sipil PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 sebesar Rp 111.503.155

b. Biaya langsung untuk peralatan mekanikal dan elektrikan meliputi pekerjaan mekanikal dan elektrikanl, biaya pengadaan peralatan dan bahan mekanikal dan elektrikal serta biaya penunjang. Jadi total keseluruhan untuk pekerjaan mekanikal dan elektrikal pada PLTMH Gunung Sawur Unit 1 sebesar Rp 298.831.000 sedangkan untuk PLTMH Gunung Sawur Unit 2 sebesar Rp 98.650.500 dari biaya pekerjaan mekanikal dan elektrikal untuk PLTMH Gunung Sawur Unit 1 dan Unit 2 nilai biaya keseluruhannya adalah Rp 397.481.500

c. Biaya lain-lain yangg meliputi biaya transport dan pekerjaan menunjang sebesar Rp 3.600.000

Jadi biaya awal total pembangunan PLTMH Gunung Sawur sebelum kena pajak ($\boldsymbol{CF_0}$) dengan menggunakan persamaan 2.22 :

$\boldsymbol{CF_0}$= Total biaya pekerjaan sipil + Total biaya pekerjaan mekanikal dan elektrikal + biaya lain-lain.

$\boldsymbol{CF_0}$ = Rp 111.503.155+ Rp 397.481.500+ RP 3.600.000

$\boldsymbol{CF_0}$= Rp 512.584.655

Jadi biaya awal yang diperlukan untuk membangun PLTMH Gunung Sawur ini sebelum kena pajak ($\boldsymbol{CF_0}$) adalah Rp 512.584.655 ditambah dengan PPN sebesar 10% maka diperlukan biaya awal CF dengan menggunakan persamaan 2.23 ysng merupakan biaya investasi keseluruhan sebesar :

CF = $\boldsymbol{CF_0}$ + PPN 10 %

= Rp 512.584.655 + Rp Rp 51.258.466

= Rp 563.843.121

Tabel 4.9 Biaya Pemmbangunan PLTMH Gunung Sawur

URAIAN	UNIT 1	UNIT 2	TOTAL
Pekerjaan Sipil	Rp40.101.900	Rp71.401.255	Rp111.503.155
Pekerjaan Mekanik	Rp298.831.000	Rp98.650.500	Rp397.481.500
Lain-Lain (O&M)			Rp3.600.000
CFo			Rp512.584.655
PPN 10%			Rp51.258.466
CF			Rp563.843.121

4.8.2 Cash In Flow (CIF) / Proyeksi pendapatan

Apabila dalam satu tahun (8760 jam) PLTMH Gunung sawur 1 dan Gunung sawur 2 beroperasi terus menerus, maka jumlah energi terbangkit yang dapat dijual dalam satu tahun menggunakan persamaan 2.20 adalah sebagai berikut :

E = 8760 x (P_{out} Gunung sawur 1 + P_{out} Gunung sawur 2) x 70%

E = 8760 x (13,93828 + 6,88583) x 70%

E = 127693,4425 kWh

Namun pada kondisi di lapangan sebuah PLTMH tidak dapat beroperasi secara terus menerus, tetapi memerlukan waktu untuk kegiatan pemeliharaan dan perbaikan. Direncanakan PLTMH akan diistirahatkan selama dua hari dala satu bulan untuk pemeliharaan sehingga dalam satu tahun diperlukan waktu pemeliharaan sebanyak 576 jam, sehingga dieroleh besarnya energi terpakai selama satu tahun sesuai dengan keadaan di lapangan dengan menggunakan persamaan 2.21 adalah sebagai berikut :

E = (8760 - T) x (P_{net} Gunung sawur 1 + P_{net} Gunung sawur 2) x 70%

E = (8760 – 576) x (9,1408 + 3,2588) x 70%

E = 71034,83 kWh.

Harga pokok penjualan Pembangkit listrik tenaga mikrihidro Gunung Sawur 1 dan Gunung sawur 2 ditentukan melalui musyawarah dan persetujuan masyarakat setempat. Dengan demikian didapat harga per kWh sebagai berikut :

Tabel 4.10 Alternatif Harga Pokok Penjualan

Alternatif	HPP (Rp)
1	400,00
2	500,00
3	700,00

Maka pendapatan dari hasil penjualan energi yang diproduksi selama satu tahun dapat dihitung menggunakan persamaan 2.24:

a. Proyeksi Cash In Flow pada alternatif 1

Proyeksi pendapatan pada alternatif 1 dengan harga jual Rp 400,00 per kWh adalah :

CIF = HPP x E (kWh)

CIF = Rp 400,00 x 71034,83 /kWh

CIF = Rp 28.413.931

b. Proyeksi Cash In Flow pada alternatif 2

Proyeksi pendapatan pada alternatif 2 dengan harga jual Rp 500,00 per kWh adalah :

CIF = HPP x E (kWh)

CIF = Rp 500,00 x 71034,83 /kWh

CIF = Rp 35.517.414

c. Proyeksi Cash In Flow pada alternatif 3

Proyeksi pendapatan pada alternatif 3 dengan harga jual Rp 700,00 per kWh adalah :

CIF = HPP x E (kWh)

CIF = Rp700,00 x 71034,83 /kWh

CIF = Rp 49.724.380

d. Proyeksi Cash In Flow pada alternatif ON Grid :

Jika Seluruh energi dalam satu tahun tersebut akan di On Grid-kan ke jaringan listrik PLN tegangan rendah sesuai dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia Nomer 1122K/30/MEM/2002 dengan HPP yaitu Rp 1004,- / kWh dapat dihitung menggunakan persamaan 2.24 :

CIF = (HPP) x E (kWh)

CIF = Rp 1004 x 127693,4425 /kWh

CIF = Rp 76.922.530

Tabel 4.11 Proyeksi Pendapatan

Alternatif	HPP	CIF
1	Rp400	Rp 28.413.931
2	Rp500	Rp 35.517.414
3	Rp700	Rp 49.724.380
On Grid	Rp1004	Rp 76.922.530

4.8.3 Annual Cash In Flow / Aliran Kas bersih

Untuk pendekatan penentuan Annual Cash In Flow pengeluaran yang terdiri dari biaya operasional, pemeliharaan dan pajak diasumsikan sebesar 10 % dari total pendapatan setahun. Aliran kas bersih tahunan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.25

a. Annual CIF pada alternatif 1

Aliran kas bersih pada alternatif 1 dengan proyeksi pendapatan Rp 28.413.931

Annual CIF = Rp 28.413.931- (10 % x Rp 28.413.931)

Annual CIF = Rp 28.413.931– Rp2.841.393

Annual CIF = Rp2.841.393

b. Annual CIF pada alternatif 2

Aliran kas bersih pada alternatif 2 dengan proyeksi pendapata Rp 35.517.414

Annual CIF = Rp 35.517.414- (10 % x Rp 35.517.414)

Annual CIF = Rp 35.517.414– Rp3.551.741

Annual CIF = Rp3.551.741

c. Annual CIF pada alternatif 3

Aliran kas bersih pada alternatif 3 dengan proyeksi pendapatan Rp 49.724.380

Annual CIF = Rp 49.724.380- (10 % x Rp 49.724.380)

Annual CIF = Rp 49.724.380– Rp4.972.438

Annual CIF = Rp4.972.438

d. Annual CIF pada alternatif On Grid

Aliran kas bersih pada alternatif On Grid dengan proyeksi pendapatan Rp 76.922.530

Annual CIF = Rp 76.922.530- (10% x Rp 76.922.530)

Annual CIF = Rp 76.922.530– Rp7.692.253

Annual CIF = Rp7.692.253

Tabel 4.12 Aliran kas bersih

Alternatif	Pendapatan	Aliran kas bersih
1	Rp 28.413.931	Rp2.841.393
2	Rp 35.517.414	Rp3.551.741
3	Rp 49.724.380	Rp4.972.438
On Grid	Rp 76.922.530	Rp7.692.253

4.8.4 Payback Period (PP)

Dari hasil perhitungan *Payback Period* akan diketahui lama waktu yang dierlukan untuk mengembalikan dana investasi. *Payback Period* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.26 sebagai berikut :

$$PP = \frac{Investment\ \ Cost}{Annual\ \ CIF}$$

a. Payback Period (PP) pada Alternatif 1

$$PP = \frac{\text{Rp } 563.843.121}{\text{Rp}2.841.393}$$
$$= 22\ tahun$$

b. Payback Period (PP) pada Alternatif 2

$$PP = \frac{\text{Rp } 563.843.121}{\text{Rp}3.551.741}$$
$$= 17{,}6\ tahun$$

c. Payback Period (PP) pada Alternatif 3

$$PP = \frac{\text{Rp } 563.843.121}{\text{Rp}4.972.438}$$
$$= 12{,}6 tahun$$

d. Payback Period (PP) pada Alternatif On Grid

$$PP = \frac{\text{Rp } 563.843.121}{\text{Rp}7.692.253}$$
$$= 8{,}1\ tahun$$

4.8.5 *Net Present Value* (NPV)

Dari hasil perhitungan *Net Present Value* , jika NPV bernilai positif, maka investasi pada proyek tersebut layak diilaksanakan dan jika nilai NPV bernilai negatif, investasitidak layak dilaksanakan. NPV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.27 sebagai berikut :

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^{n} \frac{\boldsymbol{CIF_t}}{(1+K)^t} - COF$$

Tabel 4.13 *Net Present Value* (NPV)

ALTERNATIF	COF	CIF_t	NPV
1	Rp 563.843.121	Rp2.841.393	Rp1.166.816.006
2		Rp3.551.741	Rp1.599.480.788
3		Rp4.972.438	Rp2.464.810.352
On Grid		Rp7.692.253	Rp4.121.417.655

4.8.6 Return Of Investment (ROI)

Dari hasil perhitungan ROI dapat diketahui kelayakan ekonomi teknik suatu invesstasi proyek (semakin besar presentase ROI, semakin baik nilai kelayakan proyek tersebut). ROI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.28 sebagai berikut :

$$\text{ROI} = \frac{\sum_{t\ be\ nnefit}^{n} - investmet}{investment\quad cost}$$

Tabel 4.14 Return Of Investment (ROI)

ALTERNATIF	INVESTASI	Aliran kas bersih	ROI (%)
1	Rp 563.843.121	Rp2.841.393	0,13
2		Rp3.551.741	0,42
3		Rp4.972.438	0,98
On Grid		Rp7.692.253	2,07

4.9 Pembahasan Teknis dan Ekonomis

Dari hasil perhitungan dan analisis dapat diketahui bahwa secara teknis maupun ekonomis proyek PLTMH Gunung Sawur sebagai berikut :

1. Lamanya waktu pengembalian jika dikelola masyarakat yaitu 22 tahun pada alternatif 1, 17,6 tahun pada alternatif 2 dan 12,6 tahun pada alternatif 3 sedangkan jika di on grid (dijual ke PLN) yaitu 8,1 tahun, hal ini menunjukan bahwa setelah waktu periode pengembalian itu terlampaui, merupakan keuntungan bersih dari pembangunan

PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 sehingga dapat meningkatkan ekonomi penduduk sekitar PLTMH Gunung Sawur.

2. Perbandinngan *Return Of Investment* (ROI) yang lebih besar dari 0, hal ini jelas menunjukan bahwa pembanggunan PLTMh Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 ini akan menguntungkan secara ekonomis finansial.
3. *Net Present Value* (NPV) yang menunjukan nilai positif atau lebih besar dari nol, menunjukkan bahwa pembangunan PLTMH Gunung Sawur menguntungkan secara ekonomis finansial.

Berdasarkan uraian tentang kelayakan diatas jelas bahwa proyek pembangunan PLTMH Gunung Sawurt 1 dan Gunung Sawurt 2 jika dikelola masyarakat maupun di On Grid (di jual ke PLN dengan kondisi seluruh beban di operasikan oleh PLN) dari segi ketersediaan energi maupun ekonomis layak untuk dilaksanakan. Namun secara teknis untuk memenuhi persyaratan On Grid., masih perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut terkait dengan kondisi yang ada di lapangan dimana pada panel kontrol DLC, tegangan dan frekuensi dari kedua PLTMH tersebut masih belum stabil. Selanjutnya hasil dari studi kelayakan ini dapat digunakan sebagai rekomendasi pada pihak-pihak yang ingin melaksanakan lebih lanjut proyek ini.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil Analisis yang tealah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut :

1. Secara teknis pembangunan kedua PLTMH Gunung Sawur tersebut dapat dibangkitkan daya sebesar 13,9382 kW pada Gunung Sawurt 1 dan 6,88583 kW pada Gunung Sawurt 2 dengan pemilihan jenis dan dimensi turbin dan generator yang sesuai maka PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawurt 2 layak untuk dikembangkan untuk skema On Grid.
2. Secara ekonomis, terdapat 4 alternatif nilai jual energi listrik yang dihasilkan, pada alternatif 1 HPP yaitu Rp 400 dengan waktu pengembalian modal awal selama 22 tahun diperoeh *Return Of Investment* (ROI) 0,13% dan Nilai *Net Present Value* (NPV) Rp1.166.816.006. Pada alternatif 2 HPP yaitu Rp 500 dengan waktu pengembalian modal awal selama 17,6 tahun diperoeh *Return Of Investment* (ROI) 0,42 % dan Nilai *Net Present Value* (NPV) Rp1.599.480.788. Pada alternatif 3 HPP yaitu Rp 700 dengan waktu pengembalian modal awal selama 12,6 tahun diperoeh *Return Of Investment* (ROI) 0,98% dan Nilai *Net Present Value* (NPV) Rp2.464.810.352. Dan pada alternatif On Grid HPP yaitu Rp 1004 dengan waktu pengembalian modal awal selama 8,1 tahun tahun diperoeh *Return Of Investment* (ROI) 2,07% dan Nilai *Net Present Value* (NPV) Rp4.121.417.655. Setelah waktu pengembalian terlampaui, pendapatan yang diperoleh merupakan keuntunga bersih dari proyek PLTMH Gunung Sawur.
3. Secara keseluruhan dari analisis ekonomis maupun ketersediaan energi proyek PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2 secara Off Grid maupun jika di kelolah oleh PT. PLN (Persero) layak untuk dilaksanakan. Namun kedua PLTMH tersebut tidak layak jika di On Grid karena kondisi yang tidak memenuhi persyaratan secara teknis.

5.2 Saran

1. Perlu adanya keeriusan dari pihak pemerintah baik pemerintah daerah mauppun pusat untuk mendukung dan mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan guna mewujudkan Desa Mandiri Energi.
2. Pemeliharaan dan perawatan PLTMH harus dilakukan secara berkala dan berkesinambungan agar memperpanjang usia pembangkitan dan mempertahankan efisisensinya.
3. Perlu adanya kajian terhadap stabiltas tegangan dan frekuensi terkait persyaratan On Grid ke jaringan Litrik PT. PLN (Persero).

DAFTAR PUSTAKA

Klaus, Jorde. dkk. (2001). BAIK & BURUK dari *Mini/Mikro Hidro* Vol.1 IMIDAP: Jakarta.

IMIDAP. 2010 Mikro dan Mini Hidro Harmoni Alam Peluang Bisnis . Jakarta.

IMIDAP. 2009. Pedoman Studi Kelayakan Ekonomis / Finansial. Jakarta.

PERMEN ENERGI dan SUMBER DAYA MINERAL. 2006. Pengusaha Pembangkit Listrik Tenaga Energi Terbarukan Skala Menengah. Jakarta.

Prabantoro,Gatot. 2002 . mengukur Kelayakan Ekonomis Proyek Sistem Informasi Manajemen Metode 'Cost & Benefit Analysis' Dan Aplikasinya Dengan MS EXCEL 2000, STIE. Indonesia.

Wibawa, Unggul. 2001. *Sumber Daya Energi Alternatif. Maalang :* Universitas Brawijaya.

Arismunandar, A. dan Susumu Kuwahara. 2004. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik I.* Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Dandekar, M.M dan K.N Sharma. 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Hakim, Muhammad Fahmi. 2008. *Evaluasi Pendahuluan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Panggung Rejo Kabupaten Malang*. Malang: Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Linsley, Ray.K. 1991. *Teknik Sumber Daya air*. Jakarta: Erlangg.

Mismail Budiono. 1991/1992. *Pelistrikan Desa di Indonesia*. Depok: Kampus Baru UI.

Patty, O. 1995. *Tenaga Air*. Jakarta: Erlangga.

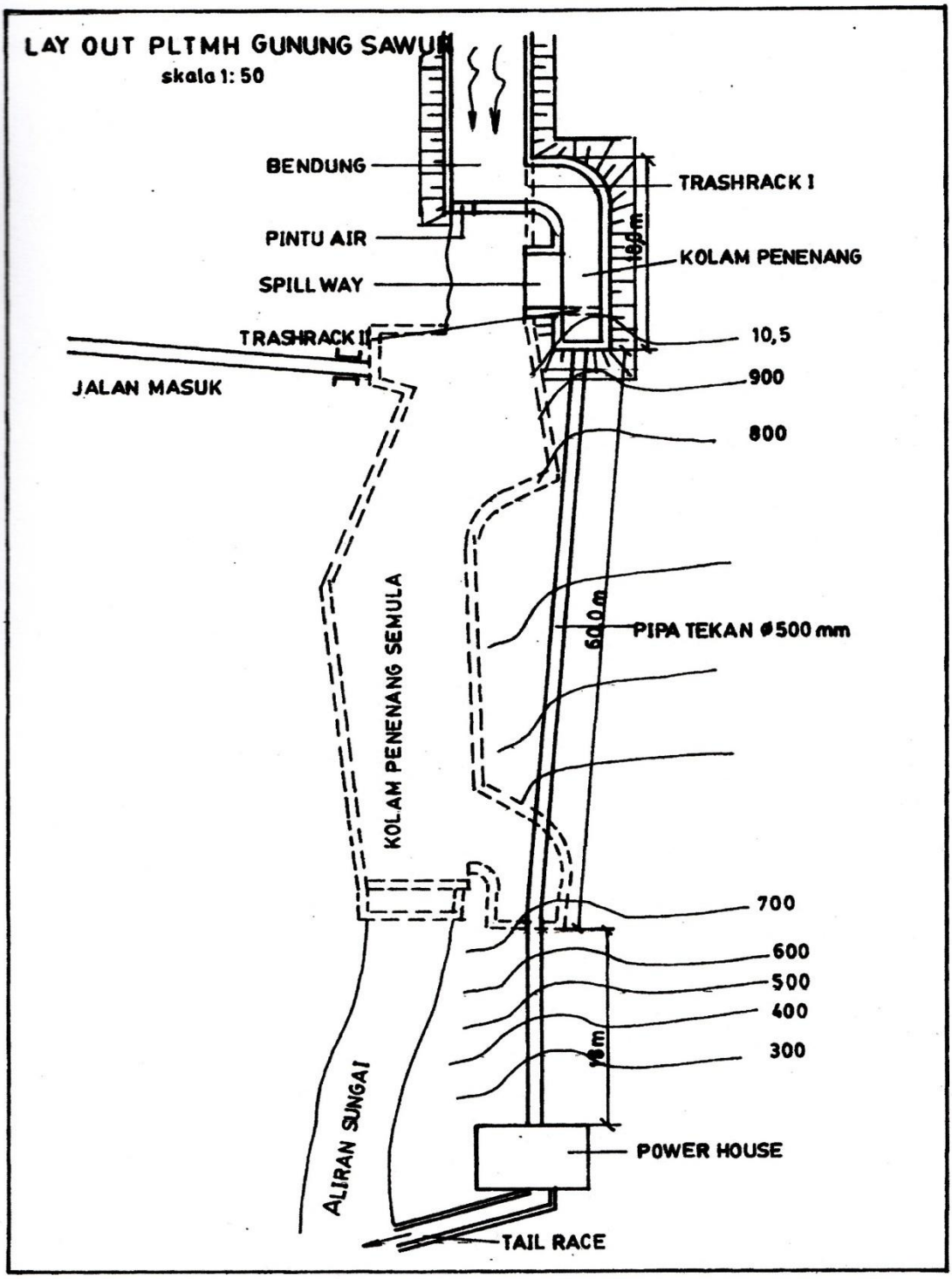
Subagyo, Sentot. 1995. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Sularso. 1983. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Thomas, H. 2005. *Evaluasi Konversi Energi pada PLTM Check Dam V Kali Jari Kabupaten Blitar*. Malang: Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

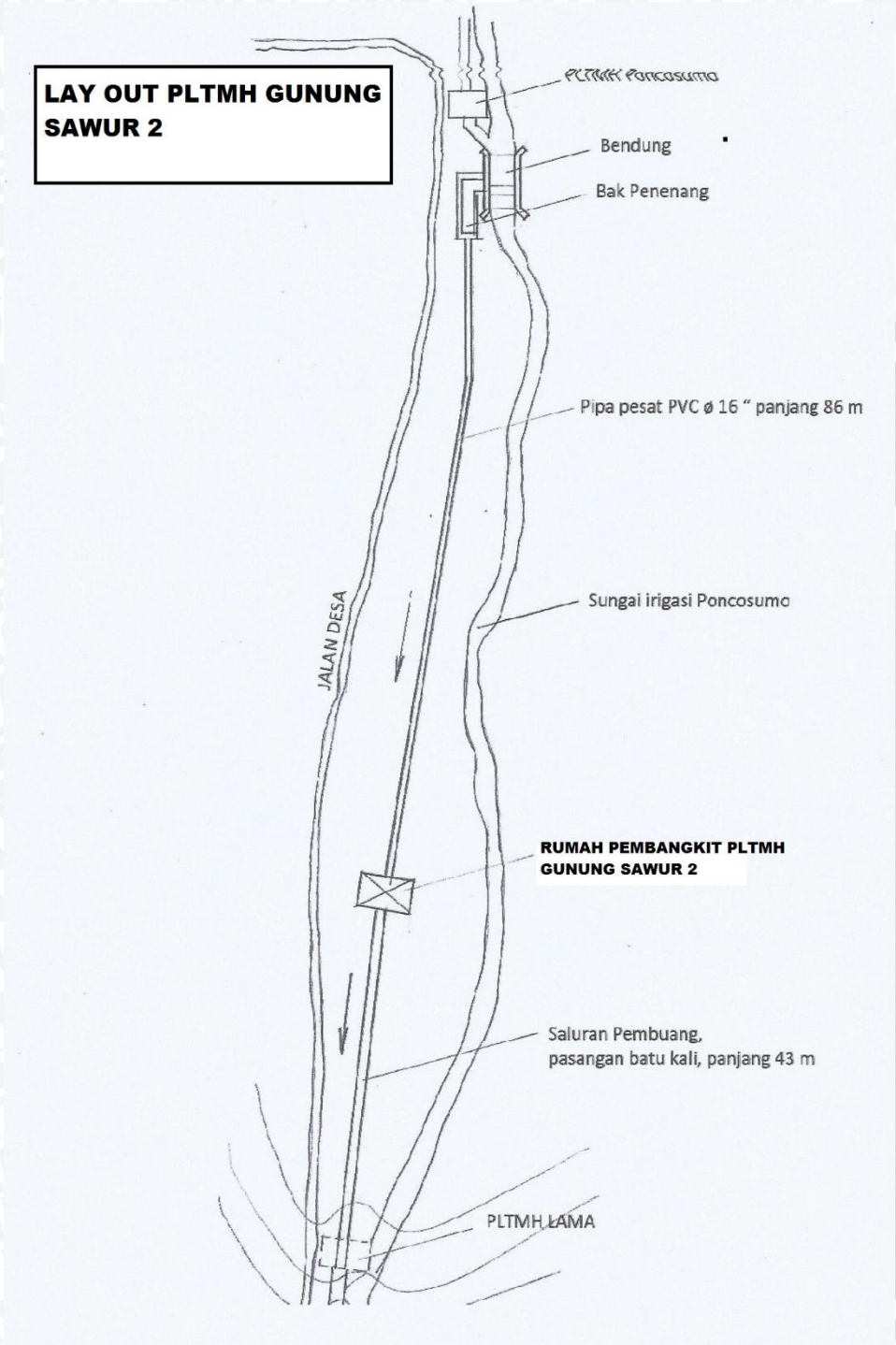
LAMPIRAN

lampiran 1 : lay out pltmh gunung sawur 1



Sumber : CV. Cipta Hydro Mandir

Lampiran 2 : lay out pltmh gunung sawur 2



Sumber : CV. Cipta Hydro Mandiri

Lampiran 3 :DATA HIDROLOGI (CURAH HUJAN) 2014 PADA LOKASI PLTMH GUNUNG SAWUR

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : JANUARI TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	31	13	26	39	56	71	10	a. Nomor Stasiun Hujan
2	2	9	-	3	4	15	60	
3	-	5	-	1	-	4	-	
4	-	6	-	0	0	41	-	b. Nama Stasiun Hujan
5	18	37	22	23	51	-	12	
6	8	29	50	30	39	79	66	
7	-	20	-	0	-	-	62	c. SHVP
8	53	42	-	28	69	24	-	
9	1	5	5	2	28	-	27	
10	-	-	15	-	-	-	-	
11	-	6	50	14	0	40	-	
12	38	10	37	13	30	28	50	
13	1	-	-	5	16	48	20	
14	2	15	-	3	9	3	-	
15	2	0	-	2	2	7	-	
16	-	11	-	2	-	2	10	
17	-	-	-	0	-	3	-	
18	21	14	-	3	19	14	20	
19	12	-	16	27	12	-	-	
20	14	6	-	4	1	4	15	
21	11	-	0	4	3	3	-	
22	-	-	7	2	8	11	-	
23	13	33	22	32	24	20	10	
24	11	29	12	10	39	-	40	
25	7	62	32	40	91	54	50	
26	31	40	-	19	35	24	-	
27	2	-	-	8	0	2	-	
28	-	-	-	2	0	-	-	
29	27	20	-	0	17	22	-	
30	2	29	-	4	21	4	-	
31	-	-	-	-	-	2	-	
Jml Hujan	307	441	294	320	574	525	452	
Hujan Max	53	62	50	40	91	79	66	
Hari Hujan	21 X	22 X	13 X	29 X	25 X	24 X	14 X	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN JANUARI 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : FEBRUARI TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 679 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	-	-	0	12	-	-	a. Nomor
2	-	18	-	0	-	2	-	Stasiun
3	7	17	3	3	4	22	20	Hujan
4	30	0	-	15	22	10	-	b. Nama
5	-	-	-	1	0	3	25	Stasiun
6	-	3	-	1	0	55	40	Hujan
7	15	27	72	59	54	24	62	c. SHVP
8	14	28	-	16	8	15	72	
9	16	5	7	13	19	-	70	
10	8	29	-	3	5	4	30	
11	-	-	-	-	-	9	12	
12	1	-	-	3	-	-	-	
13	-	2	-	-	-	-	10	
14	-	0	-	-	-	-	-	
15	-	5	-	0	-	-	-	
16	8	3	-	0	2	3	-	
17	2	34	-	15	39	0	-	
18	1	-	-	1	0	17	-	
19	-	-	-	5	0	-	-	
20	1	-	20	8	1	8	-	
21	-	-	-	0	-	21	-	
22	48	26	-	13	35	3	33	
23	9	-	70	10	58	63	32	
24	30	27	15	74	26	18	20	
25	-	20	-	30	-	47	15	
26	-	-	-	31	-	9	40	
27	-	29	2	15	12	-	25	
28	12	9	4	0	3	-	20	
29	X	X	X	X	X	X	X	
30	X	X	X	X	X	X	X	
31	X	X	X	X	X	X	X	
Jml Hujan	204	282	193	316	305	333	526	
Hujan Max	48	34	72	74	58	63	72	
Hari Hujan	14 X	18 X	8 X	25 X	19 X	19 X	16 X	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN FEBRUARI 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : MARET TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	0	-	-	3	-	-	a. Nomor Stasiun Hujan b. Nama Stasiun Hujan c. SHVP
2	-	-	-	-	9	-	-	
3	-	2	-	-	-	18	-	
4	-	-	-	3	-	2	22	
5	-	-	-	0	-	-	-	
6	25	1	-	-	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	0	-	-	-	-	60	
10	-	0	-	35	1	75	-	
11	-	21	-	6	16	3	-	
12	-	48	-	0	-	32	-	
13	98	-	25	27	40	21	25	
14	-	-	-	4	1	22	15	
15	6	-	-	5	2	2	-	
16	-	3	-	-	2	-	-	
17	4	-	56	6	0	18	-	
18	6	16	-	5	25	-	50	
19	1	-	16	-	5	-	-	
20	13	12	-	8	6	8	20	
21	1	-	-	2	0	4	10	
22	-	-	-	-	0	3	20	
23	-	-	-	26	-	20	30	
24	9	-	-	-	24	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	
26	-	-	-	-	-	-	-	
27	-	-	-	-	-	2	-	
28	-	-	-	-	-	8	-	
29	-	0	-	0	-	-	-	
30	-	-	-	-	-	-	-	
31	-	0	-	27	-	7	-	
Jml Hujan	163	103	97	154	134	245	252	
Hujan Max	98	48	56	35	40	75	60	
Hari Hujan	9 X	12 X	3 X	14 X	15 X	16 X	9 X	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN MARET 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : APRIL TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	-	-	-	a. Nomor Stasiun Hujan
2	-	-	-	2	8	-	-	
3	14	-	-	0	5	3	-	
4	2	-	-	12	0	-	10	b. Nama Stasiun Hujan
5	12	-	-	1	1	-	-	
6	-	2	-	-	-	-	-	
7	-	0	-	-	-	-	-	c. SHVP
8	-	20	-	-	-	25	24	
9	1	1	-	35	-	-	7	
10	-	24	-	10	0	-	-	
11	1	-	-	6	7	62	48	
12	8	18	-	40	5	23	15	
13	18	29	-	78	27	10	60	
14	-	-	-	5	-	17	20	
15	-	-	24	17	-	-	-	
16	1	-	-	-	0	-	-	
17	-	-	-	-	-	-	-	
18	-	5	12	0	-	-	-	
19	5	-	-	-	37	-	7	
20	20	45	-	19	35	25	-	
21	6	-	25	3	31	30	15	
22	3	-	-	6	0	36	-	
23	4	-	-	3	2	41	-	
24	-	-	-	6	-	16	10	
25	-	7	-	1	-	-	20	
26	15	-	-	-	5	31	-	
27	-	-	4	1	0	-	-	
28	3	4	-	-	12	-	-	
29	-	-	-	-	-	-	-	
30	-	-	-	-	-	-	-	
31	X	X	X	X	X	X	X	
Jml Hujan	**113**	**155**	**65**	**245**	**175**	**319**	**236**	
Hujan Max	**20**	**45**	**25**	**78**	**37**	**62**	**60**	
Hari Hujan	**15 X**	**11 X**	**4 X**	**18 X**	**17 X**	**12 X**	**11 X**	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN APRIL 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN :MEI TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	0	-	-	a. Nomor Stasiun Hujan
2	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	0	-	-	
4	-	-	-	-	-	8	-	b. Nama Stasiun Hujan
5	-	-	-	10	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	20	10	
7	-	-	-	23	-	13	-	c. SHVP
8	-	23	-	10	1	16	17	
9	24	48	3	61	30	-	14	
10	-	-		-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	
12	6	-	-	11	17	7	-	
13	22	-	-	-	16	-	4	
14	18	48	-	62	10	93	78	
15	17	-	16	42	11	-	9	
16	0	-	-	-	-	20	-	
17	0	-	-	-	-	-	-	
18	0	-	-	-	-	-	-	
19	0	6	-	-	0	-	-	
20	0	9	2	-	5	-	26	
21	3	-	-	4	4	1	-	
22	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	-	-	-	-	-	
24	4	21	-	-	15	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	
26	-	-	-	-	2	-	-	
27	-	-	-	-	-	-	-	
28	-	-	-	-	-	17	-	
29	-	-	-	22	-	5	20	
30	-	-	-	2	-	-	15	
31	-	-	-	-	-	-	-	
Jml Hujan	94	155	21	247	111	200	193	
Hujan Max	24	48	16	62	30	93	78	
Hari Hujan	12 X	6 X	3 X	10 X	13 X	10 X	9 X	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN MEI 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : JUNI TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	-	-	-	a. Nomor Stasiun Hujan b. Nama Stasiun Hujan c. SHVP
2	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	0	-	-	-	
4	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	0	-	-	-	
6	-	-	-	0	-	5	9	
7	-	-	-	1	-	-	4	
8	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	
13	-	-	-	-	-	-	-	
14	-	-	-	-	0	5	15	
15	-	-	-	0	-	-	-	
16	-	0	-	0	0	-	-	
17	-	0	-	5	-	-	-	
18	-	-	-	2	-	56	25	
19	-	0	-	1	1	40	-	
20	-	0	-	4	1	4	-	
21	-	-	-	-	-	-	-	
22	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	-	-	-	-	-	
24	-	-	-	-	-	-	-	
25	0	0	-	15	2	28	20	
26	-	10	-	3	2	18	25	
27	-	-	-	6	-	7	50	
28	-	0	-	1	-	1	-	
29	-	2	-	38	-	14	-	
30	-	0	-	2	-	-	-	
31	X	X	X	X	X	X	X	
Jml Hujan	**0**	**12**	**-**	**78**	**6**	**178**	**148**	
Hujan Max	**0**	**10**	**-**	**38**	**2**	**56**	**50**	
Hari Hujan	**1 X**	**9 X**	**-**	**16 X**	**6 X**	**10 X**	**7 X**	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN JUNI 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

repository.ub.ac.id

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : JULI TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Semeru c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	0	-	0	0	3	-	a. Nomor Stasiun Hujan
2	-	0	-	51	0	88	40	
3	5	20	-	48	5	95	50	
4	-	15	-	50	-	53	70	b. Nama Stasiun Hujan
5	-	0	-	6	0	12	20	
6	-	-	-	7	0	38	40	
7	-	-	-	2	-	-	-	c. SHVP
8	-	0	-	10	1	17	30	
9	20	0	-	21	3	62	70	
10	-	0	-	4	4	16	40	
11	-	-	0	-	-	0	-	
12	-	10	-	-	-	0	-	
13	33	70	16	62	36	49	-	
14	37	50	37	125	90	95	120	
15	9	30	12	38	18	47	50	
16	3	5	-	3	9	4	20	
17	-	-	-	-	-	-	-	
18	-	-	-	-	-	-	-	
19	7	-	-	-	3	-	-	
20	0	-	-	40	-	-	-	
21	-	-	-	4	-	39	-	
22	-	2	-	1	-	-	25	
23	1	20	-	66	5	30	-	
24	-	3	-	0	-	2	70	
25	-	0	-	4	-	42	10	
26	-	10	-	1	-	2	20	
27	-	5	-	4	0	7	15	
28	23	20	-	5	17	34	25	
29	-	15	29	30	0	9	-	
30	29	10	-	4	9	-	-	
31	4	15	-	0	15	-	-	
Jml Hujan	171	300	94	586	215	744	715	
Hujan Max	37	70	37	125	90	95	120	
Hari Hujan	12 X	23 X	5 X	26 X	19 X	23 X	17 X	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN JULI 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : AGUSTUS TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	-	3	4	5	6	7	8	9
1	-	2	-	50	9	54	50	a. Nomor Stasiun Hujan
2	0	30	-	31	1	63	70	
3	-	3	-	0	-	3	10	
4	4	0	-	29	-	-	-	b. Nama Stasiun Hujan
5	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	0	-	2	-	-	10	c. SHVP
8	-	0	-	1	0	1	15	
9	-	-	-	-	1	17	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	0	-	19	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	
13	-	-	-	-	-	-	-	
14	-	-	-	1	-	-	-	
15	-	-	-	0	-	4	-	
16	-	-	-	-	-	17	20	
17	-	2	-	0	0	-	15	
18	-	-	-	0	3	-	-	
19	-	3	-	-	-	-	-	
20	-	-	-	-	0	-	-	
21	-	-	-	1	-	-	-	
22	-	-	-	-	-	-	-	
23	0	2	-	5	-	5	-	
24	-	1	-	4	-	4	-	
25	-	-	-	1	-	-	-	
26	-	-	-	2	-	1	-	
27	-	-	-	-	-	5	-	
28	-	0	-	1	-	-	-	
29	-	-	-	-	0	-	-	
30	-	-	-	-	-	-	-	
31	-	-	-	-	-	-	-	
Jml Hujan	4	43	-	128	14	193	190	
Hujan Max	4	30	-	50	9	63	70	
Hari Hujan	3 X	11 X	-	17 X	8 X	12 X	7 X	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN AGUSTUS 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : SEPTEMBER TAHUN 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	-	-	-	a. Nomor Stasiun Hujan b. Nama Stasiun Hujan c. SHVP
2	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	3	-	-	
4	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	0	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	0	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	
13	-	-	-	-	3	-	-	
14	-	-	-	-	-	-	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	
16	-	-	-	-	-	-	-	
17	-	-	-	-	2	-	-	
18	-	-	-	-	-	-	-	
19	-	-	-	-	-	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	
21	-	-	-	0	-	-	-	
22	-	-	-	0	-	-	-	
23	-	-	-	0	-	-	-	
24	-	-	-	1	-	-	-	
25	-	-	-	0	-	-	-	
26	-	-	-	0	-	-	-	
27	-	-	-	0	-	-	-	
28	-	-	-	0	0	-	-	
29	-	-	-	0	-	-	-	
30	-	-	-	0	-	-	-	
31	X	X	X	X	X	X	X	
Jml Hujan	-	-	-	1	8	-	-	
Hujan Max	-	-	-	1	3	-	-	
Hari Hujan	-	-	-	10 X	6 X	-	-	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN SEPTEMBER 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : OKTOBER TH. 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	-	-	-	a. Nomor Stasiun Hujan
2	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	1	1	-	-	
4	-	-	-	1	-	-	4	b. Nama Stasiun Hujan
5	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	0	-	1	-	-	-	c. SHVP
8	-	-	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	-	-	-	
13	-	-	-	-	-	-	-	
14	-	-	-	-	-	-	-	
15	-	0	-	-	0	-	-	
16	-	-	-	-	-	-	-	
17	-	-	-	-	-	-	-	
18	-	-	-	-	0	4	1	
19	0	-	-	-	5	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	
21	-	-	-	3	-	-	-	
22	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	-	-	-	-	-	
24	-	-	-	-	0	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	
26	-	-	-	-	-	-	-	
27	-	-	-	-	-	-	-	
28	-	-	-	-	-	-	-	
29	-	-	-	-	-	-	-	
30	-	-	-	-	-	-	-	
31	-	-	-	-	-	-	-	
Jml Hujan	0	0	0	6	6	4	5	
Hujan Max	0	0	0	3	5	4	4	
Hari Hujan	1X	2X	-	4X	5X	1X	2X	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN OKTOBER 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : NOVEMBER TH. 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	-	-	-	-	-	a. Nomor Stasiun Hujan b. Nama Stasiun Hujan c. SHVP
2	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	-	-	
4	-	-	-	-	-	4	20	
5	-	0	-	3	0	-	-	
6	-	-	-	0	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	0	-	2	4	
9	0	-	-	-	0	-	-	
10	-	-	-	0	-	-	-	
11	11	20	9	72	17	52	-	
12	0	0	12	3	10	1	-	
13	16	2	74	15	61	12	-	
14	0	-	16	0	3	1	30	
15	-	3	-	0	-	12	-	
16	-	-	-	3	-	32	-	
17	8	2	0	2	3	11	-	
18	20	0	9	12	1	9	15	
19	11	2	4	3	5	-	30	
20	18	30	2	49	3	37	25	
21	29	25	-	0	3	-	-	
22	0	3	4	0	0	-	20	
23	22	0	-	12	27	-	-	
24	13	2	10	10	32	22	10	
25	0	10	2	1	1	-	30	
26	12	-	12	4	5	1	-	
27	7	12	12	3	15	-	-	
28	0	0	-	4	0	3	-	
29	21	5	21	19	19	4	20	
30	17	3	13	11	29	2	15	
31	X	X	X	X	X	X	X	
Jml Hujan	205	138	200	226	234	205	219	
Hujan Max	29	30	74	72	61	52	30	
Hari Hujan	19X	18X	15X	24X	20X	16X	11X	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN NOVEMBER 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

LAPORAN HUJAN BULANAN DALAM LINGKUNGAN
UPT. DINAS PEKERJAAN UMUM
WILAYAH KECAMATAN PASIRIAN DAN CANDIPURO
BAGIAN BULAN : DESEMBER TH. 2014

Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pancing c.. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7	5	10	1	7	-	-	a. Nomor
2	23	20	16	10	31	0	-	Stasiun
3	8	2	10	12	30	40	35	Hujan
4	0	2	-	6	-	6	10	b. Nama
5	24	30	23	44	33	15	10	Stasiun
6	21	3	12	10	9	3	7	Hujan
7	3	5	8	8	7	5	4	c. SHVP
8	0	0	-	15	0	34	36	
9	-	-	-	3	-	-	-	
10	-	-	-	0	-	-	-	
11	6	3	10	1	10	-	-	
12	0	0	-	3	7	-	-	
13	2	0	-	0	3	2	-	
14	1	-	-	0	0	-	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	
16	12	2	16	12	11	11	15	
17	24	4	0	13	5	29	30	
18	1	2	21	7	23	7	4	
19	10	4	7	22	13	76	60	
20	0	0	-	5	-	36	42	
21	25	3	27	28	33	74	20	
22	1	30	0	3	2	2	70	
23	-	2	-	3	0	1	15	
24	21	0	22	9	20	8	10	
25	12	3	27	0	45	-	-	
26	0	-	-	1	-	14	-	
27	-	-	-	10	-	-	-	
28	2	5	-	2	0	20	20	
29	61	65	52	36	47	31	-	
30	-	-	-	-	-	-	40	
31	-	2	-	0	-	-	50	
Jml Hujan	**264**	**192**	**261**	**263**	**336**	**414**	**478**	
Hujan Max	**61**	**65**	**52**	**44**	**47**	**76**	**70**	
Hari Hujan	**24X**	**24X**	**16X**	**29X**	**22X**	**21X**	**18X**	

Mengetahui
Kepala UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SUMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

Di data oleh
Staf UPT. Dinas Pekerjaan Umum
Wilayah Kecamatan Pasirian dan Candipuro

SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

DATA CURAH HUJAN BULAN DESEMBER 2014

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Lumajang

Lampiran 4 : foto-foto penelitian

Aliran Sungai Besuk Semut, penggerak PLTMH Gunung Sawur

Intake Bak penenang PLTMH Gunung Sawur 1

Intake Bak penenang PLTMH Gunung Sawur 2

Rumah Pembangkit PLTMH Gunung Sawur 1

Rumah Pembangkit PLTMH Gunung Sawur 2

Turbin dan Generator PLTMH Gunung Sawur 1

Turbin dan Generator PLTMH Gunung Sawur 2

Lampiran 5 : Rencana Anggaran Biaya (RAB) Gunung Sawur 1

PEMBANGUNAN PLTMH DI DUSUN GUNUNGSAWUR DESA SUMBERWULUH
KECAMATAN CANDIPURO KABUPATEN LUMAJANG
RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Kabupaten : Lumajang
Kecamatan : Candipuro
Desa : Sumberwuluh
Dusun : Gunungsawur

Nama : Peningkatan Kapasitas PLTMH
Lokasi : Gunungsawur Desa Sumberwuluh
Volum : 1 Paket

PEKERJAAN MEKANIKAL, ELEKTRIKAL DAN JARINGAN

No	Uraian	Vol	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Harga (Rp.)
1	Generator, kapasitas 32 Kva, brushless, 3 Ph, 50 Hz, 1500 Rpm, 240/400 V, Automatic Voltage Regulator (AVR)	set	1	42,785,000	42,785,000
2	Base Frame generator	set	1	2,800,000	2,800,000
3	Roda Pulley Generator	set	1	450,000	450,000
4	Sangkar pengaman transmisi mekanik	set	1	2,800,000	2,800,000
5	Blunded cable (3 x 70 + 50) mm²	m	1400	60,800	85,120,000
6	Blunded cable (3 x 35 + 25) mm²	m	600	28,500	17,100,000
7	Tiang listrik dari pipa baja disambung las dan di cat buatan bengkel lokal (sambungan 5"= 4 m, 4" = 1,5 m, 3" = 1,5 m)	unit	38	2,150,000	81,700,000
8	Lighting Arrester dan Grounding	btg	3	4,250,000	12,750,000
9	Strain bracket 35 - 70 mm	set	28	132,500	3,710,000
10	Suspention bracket 35 - 70 mm	set	32	121,500	3,888,000
11	Kawat Stainless steel	rol	2	310,000	620,000
12	Auto sinkroniser turbin unit 1 dan 2	set	1	61,500,000	61,500,000
13	Panel inverter	set	3	8,750,000	26,250,000
14	Kabel Power dari generator - panel kontrol - auto sinkro 4 x 16 mm²	m	20	172,500	3,450,000
15	Kap lampu jalan	pc	10	72,000	720,000
16	Lampu penerangan jalan ESS 50 W	pc	10	152,000	1,520,000
17	On off lampu jalan Automatic	pc	3	65,000	195,000
18	Connector lampu jalan	set	10	18,000	180,000
19	Lever lampu jalan + klem	set	10	300,000	3,000,000
20	Kabel penerangan jalan TC 2 x 10 mm	m	500	4,750	2,375,000
21	Biaya pemasangan	ls	1	11,500,000	11,500,000
	Jumlah				**364,413,000**
	PPN 10 %				**36,441,300**
	JUMLAH TOTAL				**400,854,300.00**
	Dibulatkan				**400,850,000.00**
	empat ratus juta delapan ratus lima puluh ribu rupiah				

Mengetahui
Pejabat Pembuat Komitmen

Ir.NINIS RINDHAWATI,MT

Disusun Oleh
Konsultan

(.....)

Lampiran 6 : Rencana Anggaran Biaya (RAB) Gunung Sawur 2

Wilayah Jawa Timur, salah satunya adalah Bapak Sucipto, penerima penghargaan energy prakarsa tahun 2012 dengan produk PLTMH;

3. Lembaga Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Gn Sawur yang diketuai oleh Bapak Sucipto mengirimkan Proposal dengan nomor 06/PLTMH/GSR/X/2013 tanggal 7 Oktober 2013 yang mengajukan Peningkatan kapasitas (Sinkronisasi PLTMH Gunung Sawur dengan PLTMH Kajar Kuning), Pemberdayaan Ekonomi berbasis mikrohidro, dan penambahan sarana pembelajaran dan pusat pengembangan energy mikrohidro;

4. PIHAK PERTAMA sepakat untuk melaksanakan kerjasama pelaksanaan program CSR Pembangunan PLTMH Kajar Kuning sebagaimana tertuang dalam Evaluasi Program CSR 18 November 2013

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas PARA PIHAK sepakat untuk membuat Perjanjian Kerjasama tentang PEMBANGUNAN PLTMH KAJAR KUNING dengan syarat-syarat dan ketentuan-ketentuan sebagaimana tercantum pada pasal-pasal di bawah ini.

Pasal 1
NILAI BANTUAN

Nilai total bantuan program CSR Pembangunan PLTMH Kajar Kuning telah disepakati oleh PARA PIHAK sebesar Rp.170.000.000 (Seratus Tujuh Puluh Juta Rupiah), dengan rincian sebagai berikut :

No	Uraian Pekerjaan	Vol.	Sat.	Harga Sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pipa pesat PVC ø 16 inch SNI S-12,5 panjang 6 m	15	btg	3.962.200	59.433.000
2	Pipa pesat baja ø 16 inch T 6 mm dan connecting dengan pipa PVC	1	set	8.800.000	8.800.000
3	Pintu air (225 x 90) cm, T 6 mm	1	set	5.000.000	5.000.000
4	Saringan, (170 x 130) cm, plat strip 7 x 21 mm	1	set	4.000.000	4.000.000
5	Pekerjaan finising turbin	1	set	17.500.000	17.500.000
6	Pek. Pas. Batu kali saluran pembuang turbin	33,76	m^3	575.533	19.427.116
7	Pekerjaan rumah pembangkit	1	ls	22.000.000	22.000.000
8	Pek. Pas. Batu kali bendung intake	23,08	m^3	575.533	13.284.740
9	Pekerjaan galian papa pesat, rumah pembangkit dan saluran pembuang	558,2	m^3	36.920	20.606.898
Jumlah					170.051.755
dibulatkan					170.000.000

2

PARAF PIHAK KESATU : _____

PARAF PIHAK KEDUA : _____

PT. PEMBANGKITAN JAWA BALI

Lampiran 7 : Pengukuran Beban Puncak PLTMH Gunung Sawur 1 dan Gunung Sawur 2

Pengukuran Hari I, 7 Januari 2015.

Waktu Pengukuran		16.00		18.00		20.00		22.00	
		Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
Tegangan (volt)	Fasa R	222,3	239,6	231,1	240,1	243,3	240,7	219,6	239,6
	Fasa S	221,3	235,1	232,9	237,7	242,2	238,5	220,9	239,4
	Fasa T	221,7	240,2	232,1	242,7	243,1	249,5	221,8	249,5
Arus (Ampere)	Fasa R	15,3	5,2	18,2	6,8	17,4	7,3	14,6	6,7
	Fasa S	14,5	5,5	18	7,2	17,3	6,1	14,1	5,7
	Fasa T	12,8.	3,6.	17,4	3,8	16,1	3,9	13,3	4,5
cos φ	Fasa R	0,94	1	0,95	0,91	0,90	0,91	0,47	0,83
	Fasa S	0,88.	0,85	0,77	0,65	0,88	0,74	0,69	0,48.
	Fasa T	0,86	0,91	0,88	0,89	0,91	0,91	0,85	0,83.
Frekuensi (Hz)		50	50,1	50,2	50,2	50,1	50,2	50,3	50,5
Putaran (rpm)		1455	1460.	1463	1430	1492	1495	1461	1465.

Pengukuran Hari II, 8 Januari 2015.

Waktu Pengukuran		16.00		18.00		20.00		22.00	
		Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
Tegangan (volt)	Fasa R	220,9	239,6	231,3	239,3	230,8	239,8	223,6	240,3
	Fasa S	220,2	238,4	232,1	237,3	230,3	237,8	220	239,4
	Fasa T	220,4	241,2	232,6	249,2	231,9	242,7	220,9	249,8.
Arus (Ampere)	Fasa R	15,1	5,4	18	7,2	18,3.	7,1	14,5	6,8
	Fasa S	14,6.	6,5	17,8.	6,6	17,1	5,9	14,3	5,7
	Fasa T	13,1	4,2.	17,4	4,3.	16,7	4,4	13,3.	3,8.
cos φ	Fasa R	0,87	0,94	0,91	0,85	0,91	0,91	0,61	0,91
	Fasa S	0,81	0,72	0,85	0,68	0,84	0,69	0,73	0,55
	Fasa T	0,79	0,89	0,83.	0,89	0,88.	0,84	0,77	0,83.
Frekuensi (Hz)		50,2	50,4	50,1	50,2	50	50,2	50,1	50,1
Putaran (rpm)		1448.	1450.	1442.	1445	1440.	1495	1444	1430.

Mengetahui, 8 Januari 2015.

Ketua PLTMH Gunung Sawur

SUCIPTO

Lampiran 8 : Perhitungan Ekonomi Alternatif 1

Tahun (n)	INVESTASI	O&M	pendapatan (i)	Kas Bersih (A)	ROI	PP	NPV
0	Rp 563.843.121	Rp0	Rp0	Rp0	-1,00		**-Rp563.843.121**
1	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,95		-Rp536.480.505
2	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,91		-Rp507.202.506
3	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,86		-Rp475.875.047
4	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,82		-Rp442.354.665
5	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,77		-Rp406.487.858
6	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,73		-Rp368.110.373
7	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,68		-Rp327.046.465
8	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,64		-Rp283.108.083
9	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,59		-Rp236.094.015
10	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,55		-Rp185.788.961
11	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,50		-Rp131.962.554
12	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,46		-Rp74.368.299
13	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,41	22,0	-Rp12.742.445
14	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,37		Rp53.197.218
15	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,32		Rp123.752.657
16	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,27		Rp199.246.978
17	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,23		Rp280.025.901
18	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,18		Rp366.459.348
19	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,14		Rp458.943.137
20	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,09		Rp557.900.791
21	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	-0,05		Rp663.785.480
22	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	0,00		Rp777.082.098
23	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	0,04		Rp898.309.480
24	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	0,09		Rp1.028.022.778
25	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp28.413.931	Rp25.572.538	0,13		Rp1.166.816.006

Lampiran 9 : Perhitungan Ekonomi Alternatif 2

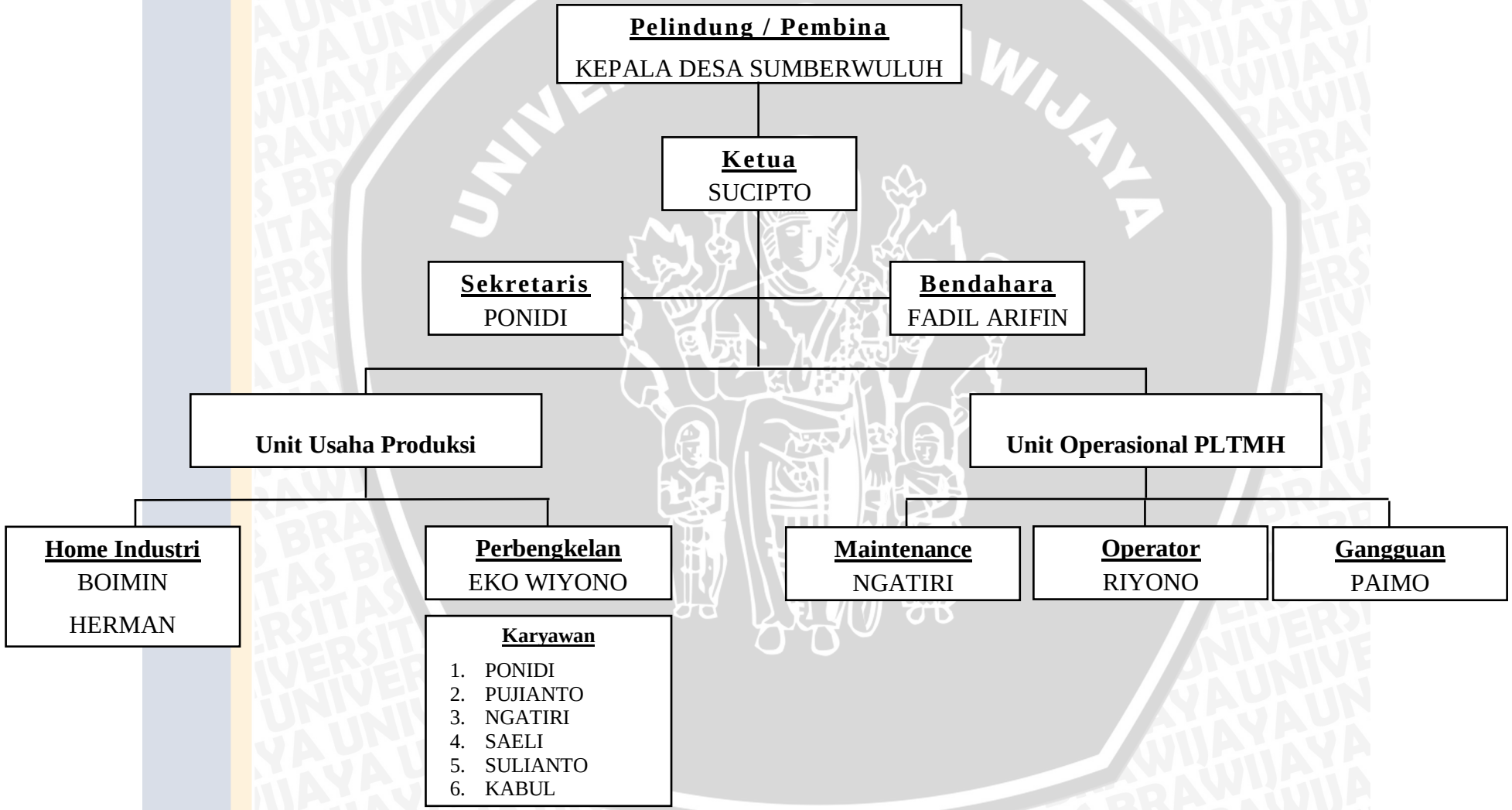
Tahun (n)	INVESTASI	O&M	pendapatan (i)	Kas Bersih (A)	ROI	PP	NPV
0	Rp 563.843.121	Rp0	Rp0	Rp0	-1,00		**-Rp563.843.121**
1	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,94		-Rp529.639.851
2	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,89		-Rp493.042.352
3	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,83		-Rp453.883.028
4	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,77		-Rp411.982.552
5	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,72		-Rp367.149.042
6	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,66		-Rp319.177.187
7	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,60		-Rp267.847.301
8	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,55		-Rp212.924.324
9	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,49		-Rp154.156.738
10	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,43		-Rp91.275.422
11	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,38		-Rp23.992.413
12	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,32	17,6	Rp48.000.407
13	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,26		Rp125.032.723
14	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,21		Rp207.457.302
15	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,15		Rp295.651.602
16	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,09		Rp390.019.502
17	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	-0,04		Rp490.993.156
18	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	0,02		Rp599.034.965
19	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	0,08		Rp714.639.701
20	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	0,13		Rp838.336.769
21	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	0,19		Rp970.692.631
22	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	0,25		Rp1.112.313.403
23	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	0,30		Rp1.263.847.630
24	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	0,36		Rp1.425.989.252
25	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp35.517.414	Rp31.965.673	0,42		Rp1.599.480.788

Lampiran 10 : Perhitungan Ekonomi Alternatif 3

Tahun (n)	INVESTASI	O&M	pendapatan (i)	Kas Bersih (A)	ROI	PP	NPV
0	Rp 563.843.121	Rp0	Rp0	Rp0	-1,00		**-Rp563.843.121**
1	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,92		-Rp515.958.543
2	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,84		-Rp464.722.044
3	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,76		-Rp409.898.991
4	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,68		-Rp351.238.324
5	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,60		-Rp288.471.411
6	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,52		-Rp221.310.813
7	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,44		-Rp149.448.974
8	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,37		-Rp72.556.805
9	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,29		Rp9.717.815
10	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,21		Rp97.751.658
11	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,13		Rp191.947.870
12	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	-0,05	12,6	Rp292.737.818
13	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,03		Rp400.583.061
14	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,11		Rp515.977.472
15	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,19		Rp639.449.491
16	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,27		Rp771.564.552
17	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,35		Rp912.927.667
18	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,43		Rp1.064.186.200
19	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,51		Rp1.226.032.830
20	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,59		Rp1.399.208.724
21	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,67		Rp1.584.506.931
22	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,75		Rp1.782.776.013
23	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,83		Rp1.994.923.930
24	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,90		Rp2.221.922.201
25	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp49.724.380	Rp44.751.942	0,98		Rp2.464.810.352

Lampiran 11 : Perhitungan Ekonomi Alternatif On Grid

Tahun (n)	INVESTASI	O&M	pendapatan (i)	Kas Bersih (A)	ROI	PP	NPV
0	Rp 563.843.121	Rp0	Rp0	Rp0	-1,00		**-Rp563.843.121**
1	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	-0,88		-Rp489.766.724
2	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	-0,75		-Rp410.504.980
3	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	-0,63		-Rp325.694.914
4	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	-0,51		-Rp234.948.144
5	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	-0,39		-Rp137.849.099
6	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	-0,26		-Rp33.953.122
7	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	-0,14		Rp77.215.574
8	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	-0,02		Rp196.166.079
9	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	0,11		Rp323.443.119
10	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	0,23		Rp459.629.552
11	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	0,35		Rp605.349.036
12	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	0,47	8,1	Rp761.268.883
13	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	0,60		Rp928.103.119
14	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	0,72		Rp1.106.615.752
15	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	0,84		Rp1.297.624.269
16	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	0,96		Rp1.502.003.383
17	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	1,09		Rp1.720.689.034
18	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	1,21		Rp1.954.682.681
19	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	1,33		Rp2.205.055.884
20	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	1,46		Rp2.472.955.210
21	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	1,58		Rp2.759.607.489
22	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	1,70		Rp3.066.325.428
23	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	1,82		Rp3.394.513.623
24	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	1,95		Rp3.745.674.991
25	Rp 563.843.121	Rp3.600.000	Rp76.922.530	Rp69.230.277	2,07		Rp4.121.417.655

Lampiran 12 : Struktur Organisasi PLTMH Gunung Sawur

STRUKTUR ORGANISASI PLTMH GUNUNG SAWUR DAN UNIT USAHA PRODUKSI