

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA

MIKROHIDRO GUNUNG SAWUR UNIT 3 LUMAJANG

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

RIZAL FIRMANSYAH

NIM. 105060300111079-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

MALANG

2015

REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO
GUNUNG SAWUR UNIT 3 LUMAJANG**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

RIZAL FIRMANSYAH

NIM. 105060300111079-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Teguh Utomo, MT.

NIP. 19650913 199103 1 003

Ir. Hery Purnomo, MT.

NIP. 19550708 198212 1 001

REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO GUNUNG SAWUR UNIT 3 LUMAJANG**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

RIZAL FIRMASNYAH

NIM. 105060300111079 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 22 Januari 2015

DOSEN PENGUJI

Ir. Soeprpto, M.T.

NIP.19561020-198903-1-001

Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.

NIP. 19580609-198703-1-003

Hadi Suyono, ST., M.T., Ph.D

NIP. 19730520-200801-1-013

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19741203-200012-1-001

REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA





KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena hanya dengan rahmat, ridho, dan kasih sayang-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur Unit 3 Lumajang" dengan baik. Skripsi ini disusun dalam rangka untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik, di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam penyelesaian skripsi ini. Namun kendala tersebut dapat diatasi berkat bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut diantaranya:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Moch Ali, Ibu Sumartini, Kakak Yuniar Rahman dan adik Hanif Bahtiar Rahman yang senantiasa mendoakan, memberikan nasihat, kasih sayang, dan perhatian selama ini.
2. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. selaku KKDK, Teknik Energi Elektrik Teknik Elektro dan Bapak Ali Mustofa S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Ir. Teguh Utomo, M.T. dan Bapak Ir. Hery Purnomo, M.T. selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu segala urusan para penulis selama ini.
6. Bapak Sucipto dan Mas Sulianto selaku pembimbing lapangan.
7. Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, khususnya keluarga besar Magnet'10 yang telah mendukung dan membantu selama proses pengerjaan skripsi.



8. Rekan-rekan Konsentrasi Teknik Energi Elektrik yang menjadi teman diskusi dalam pengerjaan skripsi ini.

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Sekiranya Allah SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Malang, 20 Januari 2015

Penulis



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Daftar Isi	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Daftar Gambar	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Daftar Tabel	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Daftar Lampiran	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Abstrak	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
BAB I PENDAHULUAN	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
1.1 Latar Belakang	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
1.2 Rumusan Masalah	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
1.3 Batasan Masalah	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
1.4 Tujuan	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
1.5 Sistematika Penulisan	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.1 Pusat Pembangkit	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4 Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.1 Debit air	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.2 Tinggi jatuh Air	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.3 Perhitungan Daya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.4 Bendungan dan <i>Intake</i>	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.5 Saluran Pembawa	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.6 Bak Penenang	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.7 Pipa Pesat	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.7.1 Kecepatan air pada pipa pesat	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.7.2 Diameter pipa pesat	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.7.3 Tebal pipa	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.7.4 Rugi-rugi pada Pipa Pesat	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8 Turbin Air	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.1 Dimensi Turbin	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.1.1 Diameter dan Lebar <i>Runner</i>	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.1.2 Jarak Antar Sudu	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.1.3 Jumlah Sudu	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.1.4 Lebar keliling Radial	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.1.4 Kelengkungan Sudu	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.1.5 Jarak Pancaran dari Pusat Poros	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.1.3 Jarak pancaran dari tepi dalam <i>Runner</i>	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.2 Karakteristik Turbin	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.2.1 Faktor Kecepatan	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.2.2 Kecepatan Satuan	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.4.8.2.3 Debit Satuan	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya



2.4.8.2.4 Putaran Spesifik	21
2.4.9 Transmisi Mekanik	21
2.4.10 Generator Sinkron 3 fasa	23
2.4.11 Sistem Pengaturan Beban	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Tempat dan Waktu	27
3.2 Studi Literatur	28
3.3 Metode Pengumpulan Data	26
3.4 Perancangan Pembangkit Listrik	30
3.5 Penarikan Kesimpulan	31
BAB IV PEMBAHASAN	32
4.1 Lokasi PLTMH	32
4.2 Perancangan PLTMH	32
4.2.1 Debit air	33
4.2.2 Tinggi Jatuh Air	33
4.2.3 Bendungan dan <i>Intake</i>	33
4.2.4 Saluran Pembawa	34
4.2.5 Bak penenang	35
4.2.6 Pipa pesat	35
4.2.7 Turbin Air	38
4.2.8 Transmisi Mekanik	42
4.2.9 Perhitungan daya	42
4.2.10 Generator	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Skema PLTMH	5
Gambar 2.2	: Bendungan	7
Gambar 2.3	: Saluran Pembawa	8
Gambar 2.4	: Bak Pengendap	9
Gambar 2.5	: Pipa Pesat	9
Gambar 2.6	: Model Rakitan Turbin <i>Cross-Flow</i>	17
Gambar 2.7	: Grafik Pemilihan Turbin	18
Gambar 2.8	: Sistem Transmisi Puli dan Sabuk	23
Gambar 2.9	: Beban Konsumen Paralel Beban Komplemen	26
Gambar 2.10	: Skema ELC	26
Gambar 3.1	: Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1	: Lokasi Bendungan	34
Gambar 4.2	: Lokasi Rumah Turbin	38



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Pembagian PLTA Berdasarkan Kapasitas	5
Tabel 2.2	: Nilai Koefisien Kekasaran Manning	11
Tabel 2.3	: Modulus Elastisitas	11
Tabel 2.4	: Nilai-Nilai K_{L1} Akibat Penyempitan Mendadak	13
Tabel 2.5	: Nilai-Nilai K_{L2} Akibat Belokan	13
Tabel 2.6	: Nilai-Nilai K_L Akibat Katup Dan Sambungan	13
Tabel 2.7	: Profil Kisi Saringan	14
Tabel 2.8	: Klasifikasi Turbin Berdasarkan Tinggi Tekan	14
Tabel 2.9	: Efisiensi Turbin Air	16
Tabel 2.10	: Kisaran Putaran Spesifik Turbin Air	22
Tabel 2.11	: Efisiensi Generator	24
Tabel 2.12	: Kecepatan Standar Generator Sinkron	25
Tabel 4.1	: Pengukuran Debit Musim Kering	33
Tabel 4.2	: Pengukuran Debit Musim Basah	34
Tabel 4.3	: Perbandingan Diameter Dan Lebar Turbin	39



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lay Out Pltmh Gunung Sawur Unit 3	46
Lampiran 2 Gambar Bendungan Tampak Atas	47
Lampiran 3 Gambar Bendungan Tampak Depan	48
Lampiran 4 Gambar Bendungan Tampak Samping	49
Lampiran 5 Gambar Saluran Pembawa	50
Lampiran 6 Gambar Bak Penenang Tampak Atas	51
Lampiran 7 Gambar Bak Penenang Tampak Samping	52
Lampiran 8 Gambar Pipa Pesat	53
Lampiran 9 Gambar Rumah Pembangkit Tampak Depan	54
Lampiran 10 Tabel Pengukuran Debit Musim Kering Dan Musim Basah	55
Lampiran 11 Data Hidrologi Tahun 2014	60

**ABSTRAK**

Rizal Firmansyah, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2015, Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur unit 3 Kabupaten Lumajang, Dosen Pembimbing: Ir. Teguh Utomo, MT dan Ir. Hery Purnomo, MT

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Gunung Sawur unit 3 berlandaskan pada kebutuhan energi listrik masyarakat Gunung Sawur yang belum terpenuhi. Pembangunan PLTMH ini terletak di Desa Poncosumo Dusun Gunung Sawur Kecamatan Candipuro Kabupaten Lumajang dengan memanfaatkan aliran sungai Besuk Semut. Pada penelitian ini, hasil pengukuran debit air dan tinggi jatuh dipergunakan untuk menentukan desain PLTMH unit 3 yang meliputi dimensi pipa pesat, jenis turbin air, dimensi turbin air, dan untuk menentukan kapasitas generator sinkron 3 fasa yang sesuai dengan desain PLTMH Gunung Sawur unit 3. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa potensi daya yang dapat dibangkitkan PLTMH Gunung Sawur 3 adalah sebesar 14,88 kW dengan debit air yang digunakan sebesar $0,463 \text{ m}^3/\text{s}$ dan ketinggian jatuh air bersih 5,85 meter. Dari debit air dan tinggi jatuh tersebut didapatkan desain pipa pesat dengan panjang 30 meter dan berdiameter 0,453 meter serta dimensi turbin yang berdiameter 30 cm dengan lebar 168 cm. Dari perhitungan daya terbangkitkan sebesar 14,88 kW maka kapasitas generator sinkron 3 fasa yang digunakan sebesar 25 kVA dengan sistem kontrol beban menggunakan ELC berkapasitas 20 kW.

Kata kunci : *debit air, tinggi jatuh,, pipa pesat, turbin*



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang kaya akan sumber daya alam, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu sumber daya yang ada di Indonesia adalah sumber daya energi. Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam sektor energi, baik energi fosil maupun energi non fosil. Energi fosil antara lain energi batu bara, minyak bumi, gas alam, dan lain-lain. Energi non fosil terdiri dari panas bumi, tenaga angin, tenaga surya, tenaga air dan mikrohidro.

Indonesia tercatat sebagai negara yang kaya akan sumber energi mikrohidro. Sumber energi mikrohidro adalah sumber energi yang memanfaatkan tenaga air dalam skala yang tidak begitu besar. Berdasarkan hasil pengamatan, sumber energi tenaga air berpotensi menghasilkan tenaga listrik sebesar 75.67 GW di seluruh Indonesia, namun sekitar 4.2 GW yang dimanfaatkan dan diantaranya sekitar 450 MW untuk potensi mini/mikrohidro dan sekitar 230 MW yang terpasang sampai tahun 2008.

Umumnya daerah pedesaan terpencil yang terletak pada wilayah pegunungan mempunyai potensi energi air yang besar, sehingga pembangkit listrik tenaga air skala mikro merupakan salah satu sumber energi yang dapat dikembangkan.

Dalam usaha meningkatkan mutu kehidupan dan pertumbuhan ekonomi pedesaan, energi listrik memiliki peranan yang sangat penting. Ketersediaan energi listrik di pedesaan, selain dapat memenuhi kebutuhan rumah tangga juga dapat mendorong peningkatan sarana pendidikan kesehatan dan keamanan lingkungan serta dapat menyediakan lapangan kerja baru.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan aliran sungai yang mengalir terus menerus. Salah satu sungai di Provinsi Jawa Timur yang berpotensi untuk dijadikan sumber energi pembangkit listrik tenaga air skala mikro adalah sungai Besuk Semut yang terletak di Desa Poncosumo Dusun Gunung Sawur di lereng Gunung Semeru, Lumajang.

Saat ini, pada sungai Besuk Semut sudah terdapat 2 unit pembangkit skala mikro. Masing-masing pembangkit berkapasitas 16 kW untuk unit 1 dan 8 kW untuk unit 2, namun kapasitas pembangkit unit 1 dan unit 2 belum bisa memenuhi kebutuhan daya listrik masyarakat Gunung Sawur karena pada malam hari kapasitas tersebut hanya dapat memenuhi kebutuhan penerangan bagi masyarakat desa Poncosumo dan Kebonagung. Melimpahnya sumber daya alam sungai Besuk Semut memungkinkan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro unit 3, sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan daya listrik di dusun Gunung Sawur.

Keadaan – keadaan di atas menjadi dasar bagi penulis untuk membahas studi perencanaan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) unit 3 di sungai Besuk Semut yang terletak di Dusun Gunung Sawur di lereng Gunung Semeru, Lumajang.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa besar potensi air Sungai Besuk Semut yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber tenaga PLTMH Gunung Sawur unit 3.
2. Berapa besar dimensi pipa pesat yang digunakan pada PLTMH Gunung Sawur unit 3.
3. Jenis turbin air apa dan berapa dimensi turbin air yang sesuai dengan kondisi debit air dan tinggi jatuh sungai Besuk Semut.
4. Berapa kapasitas generator sinkron 3 fasa yang sesuai dengan desain PLTMH Gunung Sawur unit 3.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, agar pembahasan meteri dalam penelitian ini lebih terarah dan maksimal, maka penulis membuat suatu batasan masalah sebagai berikut :

1. Analisa ketersediaan debit air Sungai Besuk Semut berdasarkan hasil pengukuran langsung. Nilai tinggi jatuh air (*head*) dipilih untuk mencapai daya pembangkit yang direncanakan.
2. Pemilihan material turbin air tidak dibahas dalam penelitian ini.

3. Gesekan air pada tepi sungai pada pengukuran kecepatan laju air diabaikan.
4. Desain bangunan sipil dibahas secara umum.
5. Desain Mekanikal dibahas secara umum.
6. Spesifikasi generator disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai penelitian ini adalah untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur unit 3 di Dusun Gunung Sawur Kabupaten Lumajang.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan hasil skripsi.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan landasan teori secara umum serta hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan pembangunan suatu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

BAB III: METODE PENELITIAN

Memberikan penjelasan tentang metode yang digunakan dalam skripsi ini, meliputi metode pengambilan data, pengolahan data, dan analisis data.

BAB IV: PEMBAHASAN

Bab ini berisikan pembahasan serta hasil data yang didapat dari penelitian dan pembahasannya.

BAB V: PENUTUP

Berisi penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pusat Pembangkit

Pusat pembangkit berfungsi untuk mengkonversikan sumber daya energi primer menjadi energi listrik. Pusat pembangkit listrik konvensional mencakup:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)
2. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)
3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
4. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)
5. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)
6. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan perbedaan vertikal antara bendungan dengan letak turbin air, yang dikenal dengan tinggi terjun. Tinggi terjun ini mengakibatkan air yang mengalir akan memperoleh energi kinetik yang kemudian mendesak sudu-sudu turbin.

Bergantung pada ketersediaan sumber energi air, PLTA dapat berfungsi untuk memikul beban puncak ataupun beban dasar. Sebagai sumber daya energi yang dapat dipulihkan, sumber potensi tenaga air sangat menarik untuk dikembangkan. Berdasarkan kapasitasnya, PLTA dibagi menjadi beberapa jenis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 dibawah ini :

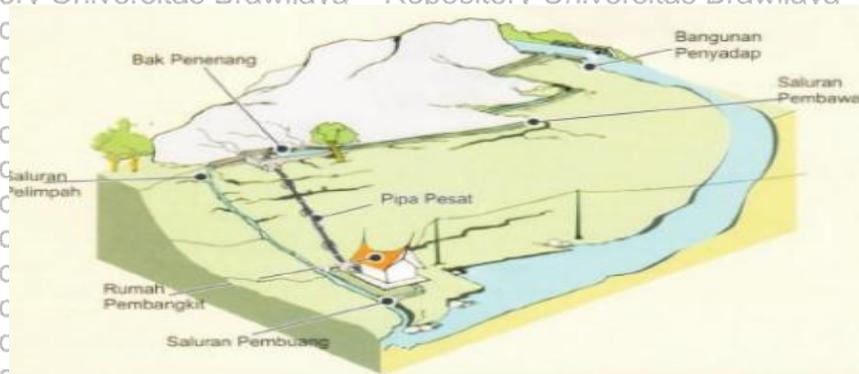
Tabel 2.1 Pembagian PLTA Berdasarkan Kapasitas

No	Jenis PLTA	Daya
1	PLTA kapasitas tinggi	10.000 kW ke atas
2	PLTA kapasitas sedang	1000 kW – 9999 kW
3	PLTA rendah	100 kW – 999 kW
4	PLTA mikro	Kurang dari 100 kW

Sumber : Ir. O.F. Patty, 1995

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 100 kW), yang memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Skema PLTMH tersebut seperti pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Skema PLTMH

Sumber: Kurniawan dkk, 2009

PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya.

Secara teknis, mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin air dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*power house*). Di rumah instalasi, air tersebut akan menumbuk turbin air sehingga akan menghasilkan energi mekanik berupa berputarnya poros turbin air.

2.4 Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

2.4.1 Debit Air

Debit air adalah jumlah air yang mengalir melalui suatu penampang sungai tertentu per satuan waktu. Debit selalu berubah dari musim ke musim dan hari ke hari. Kecenderungan karakteristik dan besarnya debit secara kasar dapat diketahui dengan pengamatan dalam jangka waktu yang lama. (Arismunandar, 1975)

Guna mendapatkan kapasitas PLTMH, tidak terlepas dari perhitungan berapa banyak air yang dapat diandalkan untuk membangkitkan PLTMH. Debit desain atau debit andalan suatu PLTMH yang dideal adalah 1.2 atau dengan prosentase 120% dari debit minimum suatu sungai. (CV. Hydro Cipta Mandiri, 2014)

2.4.2 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 kecepatan putaran turbin akan tinggi maka generator dapat dihubungkan dengan turbin secara langsung dan jika tinggi jatuh rendah maka generator dihubungkan melalui pemercepat yang dapat berupa susunan roda gigi atau susunan belt dan pulley (Mismail, 1991/1992).

2.4.3 Perhitungan Daya

Persamaan untuk mengetahui daya listrik yang dibangkitkan karena perbedaan tinggi adalah sebagai berikut: (Patty, 1995 : 14)

$$\text{Daya teoritis} = 9,81 \cdot Q \cdot H_{\text{eff}} \quad (2.1)$$

Persamaan teoritis diatas perlu juga ditambahkan dengan efisiensi pipa pesat, efisiensi turbin dan efisiensi generator, sehingga persamaan daya terbangkitkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Daya terbangkitkan} = 9,81 \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q \cdot H \quad (2.2)$$

Dimana :

η_t : 0.7 – 0.85 (tergantung pada tipe turbin)

η_g : 0.80 – 0.95 (tergantung pada kapasitas generator)

2.4.4 Bendung dan *Intake*

Bendung adalah bangunan yang berfungsi untuk membelokkan arah aliran air. Kontruksi bendungan bertujuan untuk menaikkan dan mengontrol tinggi air dalam sungai secara signifikan sehingga elevansi muka air cukup untuk dialihkan ke dalam *intake*. Kontruksi bendung seperti pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Bendungan

Sumber : Kurniawan dkk, 2009

Sebuah bendungan dilengkapi dengan pintu air untuk membuang kotoran/lumpur yang mengendap dan juga saringan sampah (*trash rack*) yang berfungsi menyaring sampah-sampah yang akan masuk ke bendung.

Kontruksi *intake* bertujuan untuk mengalirkan air dari bendungan ke saluran pembawa, bak penenang dan pipa pesat. Umumnya, kontruksi *intake* dibuat pintu air untuk melakukan pembilasan sedimen.

2.4.5 Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah bangunan yang mengalirkan air dari *intake* ke bak penenang dan berfungsi untuk mempertahankan kestabilan debit air.

Saluran pembawa untuk sebuah pembangkit skala kecil, cenderung memiliki saluran yang terbuka. Dalam perencanaan saluran pembawa biasanya mengikuti suatu kontur tanah. Berdasarkan IMIDAP buku 2B, tinggi saluran pembawa minimal 25 cm dari tinggi muka air. Kontruksi saluran pembawa seperti pada gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Saluran Pembawa

Sumber: Kurniawan dkk, 2009

Debit yang melalui saluran pembawa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = V \times A \quad (2.3)$$

Kecepatan aliran pada saluran pembawa dapat diperoleh dengan persamaan Manning-Strikler sebagai berikut : (Linsley, 1989:244)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (2.4)$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Dimana :

Q : Debit (m³/s)

V : Kecepatan rata-rata (m/s)

R : Jari-jari hidrolis (m)

A : Luas penampang basah

P : Keliling penampang basah

S : Kemiringan dasar saluran

n : Koefisien kekasaran

2.4.6 Bak Penenang

Bak penenang berfungsi untuk mengontrol perbedaan debit dalam pipa pesat dan saluran pembawa karena fluktuasi beban, disamping itu juga sebagai tempat penenang air, pengendapan akhir, dan penyaring sampah terakhir benda-benda yang masih terbawa dalam saluran air.

Desain bak penenang diperhatikan kedalaman serta ketinggian air dari pipa pesat untuk menghindari aliran turbulensi, umumnya bereferensi dari diameter pipa pesat. Kontruksi bak penenang seperti pada gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Bak Pengendap

Sumber : Kurniawan dkk, 2009

Kapasitas bak penenang dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_f = A_f \times h_f \quad (2.5)$$

$$V_f = B \times L \times d_f \quad (2.6)$$

Dimana :

V_f : Volume bak penenang (m^3)

A : Luas bak penenang (m^2)

B : Lebar bak penenang (m)

L : Panjang bak penenang (m)

h_f : Tinggi muka air pada bak penenang (m)

d_f : Selisih antara tinggi muka air normal pada debit desain

dengan tinggi muka air kritis pada bak penenang.

2.4.7 Pipa Pesat

Pipa pesat (*penstock pipe*) adalah pipa tekan yang menyalurkan aliran untuk menggerakkan turbin PLTMH. Desain Pipa pesat (*penstock pipe*)

bergantung pada tinggi jatuh dan debit air. Kontruksi bendung seperti pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.5 Pipa Pesat

Sumber : Kurniawan dkk, 2009

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam desain pipa pesat adalah sebagai berikut :

2.4.7.1 Kecepatan air pada pipa pesat

Kecepatan pada pipa pesat dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan Darcy- Weisbach sebagai berikut : (Linsley, 1989: 271)

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.7)$$

Dimana:

V : Kecepatan (m/s)

Q : Debit pembangkitan (m^3/s)

A : Luas penampang pipa pesat (m^2)

2.4.7.2 Diameter pipa pesat

Untuk mendapatkan diameter minimum pipa pesat dapat menggunakan persamaan sebagai berikut: (Linsley, 1989: 245)

$$D = 2.69 \times \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{H} \right)^{0.1875} \quad (2.8)$$

Dimana: D : Diameter pipa pesat (m)

Q : Debit pembangkit (m^3/dt)

H : Tinggi jatuh (m)

L : Panjang pipa pesat

n : Koefisien manning

Tabel 2.2 Nilai Koefisien Kekasaran Manning

Bahan Saluran	n
Plastik, kaca, karet halus	0.009
Semen halus, logam halus	0.010
Kayu halus, pipa asbes	0.011
Besi tempa, baja las	0.012
Beton biasa, besi tuang beraspal	0.013
Kayu kasar, lempung halus	0.014
Pipa besi tuang	0.015
Tanah halus	0.016
Pasang batu	0.017
Pipa logam bergelombang	0.022
Alur alamiah dalam keadaan baik	0.025
Alur alamiah berbatu dan bergulma	0.035
Alur alamiah yang sangat buruk	0.060

Sumber : Lisley, 1989: 245

2.4.7.3 Tebal pipa

Untuk memperoleh tebal pipa pesat yang direncanakan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : (Patty,1995:65) :

$$\delta = d^3 \sqrt{\frac{np_0}{2E}} \quad (2.9)$$

Dengan :

d : Diameter pipa (m)

n : Faktor keamanan

n = 2 untuk pipa yang tertutup tanah

n = 4 untuk pipa di luar

p₀ : Tekanan udara

= 0,1 MPa

E : Modulus elastisitas

Tabel 2.3 Modulus Elastisitas

Tipe	Bahan	Modulus Elastisitas	
		(Kn/mm ²)	(GPa)
Logam	Baja	207	207
Logam	Aluminium (Alloy)	71	71
Logam	Kuningan	117	117
Kayu Lunak	Kayu	9	9
Plastik	Polipropilin	1,4	1,4
Plastik	Akrylic	3,1	3,1
Plastik	Polikarbonat	2,4	2,4
Plastik	Plastik (PVC) padat	3,4	3,4

Sumber : Iremonger (1982)

2.4.7.4 Rugi-rugi pada Pipa Pesat

1. Kehilangan energi akibat gesekan pipa

Suatu persamaan empiris untuk mencari rugi gesek pada pipa pesat dapat menggunakan persamaan sebagai berikut: (Linsley,1989 :

$$h_g = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g} \quad (2.10)$$

$$f = \frac{124.5 \times n^2}{D^3}$$

Dimana h_g : Kehilangan tinggi jatuh air (m)

L : Panjang pipa pesat (m)

f : Faktor kekasaran

D : Diameter pipa pesat

V : Kecepatan aliran pipa pesat

2. Kehilangan minor di jaringan pipa

Kehilangan minor di jaringan pipa diakibatkan oleh perubahan mendadak dari geometri aliran karena perubahan ukuran pipa, belokan-belokan, katub-katub, serta berbagai jenis sambungan. Pada pipa yang panjang, kehilangan tinggi minor sering diabaikan tanpa kesalahan yang berarti, tetapi dapat menjadi cukup penting bagi pipa yang pendek.

- **Kehilangan akibat penyempitan mendadak**

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi minor akibat penyempitan mendadak adalah sebagai berikut : (Lisley, 1989; 274)

$$h_{Lm}(1) = K_{L1} \frac{v_2^2}{2g} \quad (2.11)$$

Dimana :

$h_{Lm}(1)$: Kehilangan minor akibat penyempitan (m)

K_{L1} : Konstanta akibat penyempitan mendadak

V_2 : Kecepatan aliran air pada bagian pipa yang menyempit (m/s)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

besarnya nilai K_{L1} yang digunakan pada persamaan di atas dapat diketahui pada tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2.4 Nilai-nilai K_{L1} Akibat Penyempitan Mendadak

$\frac{D_2}{D_1}$	K_L
0	0.5
0.4	0.4
0.6	0.3
0.8	0.1
1.0	0

sumber : Lisley, 1989: 274

- **Kehilangan minor akibat belokan.**

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi minor akibat belokan adalah sebagai berikut : (Lisley, 1989; 274)

$$h_{Lm}(2) = K_{L2} \frac{v^2}{2g} \quad (2.12)$$

Dengan : $h_{Lm}(2)$: Kehilangan tinggi akibat belokan (m)



K_{L2} : Konstanta akibat penyempitan mendadak
 Besarnya nilai K_{L2} yang digunakan pada persamaan di atas seperti tabel 2.5 di bawah ini :

Tabel 2.5 Nilai-nilai K_{L2} akibat belokan

Jari-jari belokan	Sudut belokan		
	90 ⁰	45 ⁰	22.5 ⁰
Garis tengah	0.5	0.37	0.25
1	0.3	0.22	0.15
2	0.25	0.19	0.12
4	0.15	0.11	0.08
6	0.15	0.11	0.08
8	0.15	0.11	0.08

sumber : Lisley, 1989: 274

• **Kehilangan minor akibat katup dan sambungan**

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi minor akibat penyempitan mendadak adalah sebagai berikut : (Lisley, 1989: 274)

$$h_{Lm} = K_{L3} \frac{v^2}{2g} \quad (2.13)$$

Besarnya K_{L3} yang digunakan pada persamaan di atas dapat diketahui pada tabel 2.6 di bawah ini :

Tabel 2.6 Nilai-nilai K_L akibat katup dan sambungan

Katup	K_L
Katup bola (terbuka lebar)	10
Katup pengatur ayunan (terbuka lebar)	2.5
Katup pintu (terbuka lebar)	0.2
Katup pintu (terbuka separuh)	5.6
Tikungan balik	2.2
T-baku siku-siku 90 ⁰	1.8
	0.9

sumber : Lisley, 1989: 274

- **Kehilangan Energi akibat Saringan**

Menurut O.kirschmer untuk mendapatkan rugi akibat saringan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :(Patty,1995: 40)

$$hr = \varphi \left(\frac{s}{b}\right)^4 \frac{V^2}{2g} \sin \alpha \quad (2.14)$$

dengan :

hr : Kehilangan energi akibat saringan

φ : Koefisien bentuk saringan untuk saringan bentuk silinder = 1,67

s : Tebal saringan (m)

b : Jarak antar saringan (m)

V : Kecepatan (m/s)

g : Percepatan grafitasi (m/s²)

α : Kemiringan saringan

Tabel 2.7 Profil kisi saringan

Profil	a	b	c	d	e	f	g
φ	2.42	1.83	1.67	1.03	0.92	0.76	1.79

Sumber : Patty, 1995: 40

2.4.8 Turbin Air

Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa cara, namun yang paling utama adalah klasifikasi berdasarkan cara turbin air tersebut merubah energi air menjadi energi putar

Tabel 2.8 Klasifikasi turbin berdasarkan tinggi tekan

Turbin	Head Pressure		
	High (H > 100 meter)	Medium (30 - 100 meter)	Low (2 - 30 meter)
Impulse	Pelton	Crossflow (Mitchell/Banki)	Crossflow (Mitchell/Banki)
Reaction	Turgo	Turgo	
	Multi-jet Pelton	Multi-jet Pelton	
		Francis	Propeller
		Pump-As-Turbin (PAT)	Kaplan

Sumber: Kurniawan dkk, 2009

Berdasarkan klasifikasi pada tabel 2.8 di atas, maka turbin air dibagi menjadi dua yaitu :

❖ Turbin reaksi

Turbin reaksi adalah turbin air yang cara bekerjanya merubah potensial dan energi kinetik untuk memutar turbin. Turbin reaksi dibagi menjadi dua jenis yaitu:

F. Turbin Francis

Turbin *Francis* merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin *Francis* menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara *tangensial*. Sudu pengarah pada turbin *Francis* dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudutnya. Untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat.

2. Turbin Kaplan & Propeller

Turbin *Kaplan* dan *Propeller* merupakan turbin reaksi aliran aksial. Turbin ini tersusun dari *Propeller* seperti pada perahu. *Propeller* tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam sudu.

❖ Turbin impuls

Turbin impuls adalah turbin air yang cara bekerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga timbul energi putar. Contoh dari turbin impuls adalah sebagai berikut :

1. Turbin Pelton

Turbin *Pelton* merupakan turbin impuls. Turbin *Pelton* terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut *nozzle*. Turbin *Pelton* adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin ini cocok digunakan untuk *head* tinggi.

Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping



sehingga terjadi *konversi* energi kinetik menjadi energi mekanis. Turbin *Pelton* untuk pembangkit skala besar membutuhkan *head* lebih kurang 150 m tetapi untuk skala mikro *head* 20 m sudah mencukupi.

2. Turbin *Turgo*

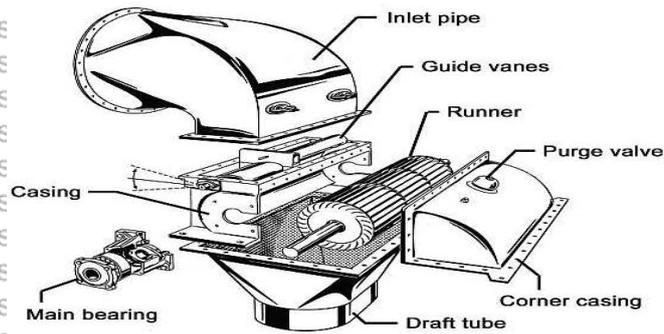
Turbin *Turgo* dapat beroperasi pada *head* 30 m s/d 300 m. Seperti turbin *Pelton* turbin *Turgo* merupakan turbin *impulse*, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari *nozzle* membentur sudu pada sudut 20°. Kecepatan putar turbin *Turgo* lebih besar dari turbin *Pelton*. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.

3. Turbin *Cross flow*

Turbin *Cross-Flow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Pada dasarnya turbin ini bekerja menggunakan tenaga jatuhan air sehingga turbin akan berputar, dan putaran itu akan menggerakkan generator yang akan menghasilkan listrik.

Pemakaian jenis *Turbin Cross-Flow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran Turbin *Cross-Flow* lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau *runnernya* biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter Turbin *Cross-Flow* dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air.





Gambar 2.6 Model Rakitan Turbin *Cross-Flow*
Sumber : Harvey, 1993

Komponen-komponen turbin air pada gambar 2.6 di atas adalah sebagai berikut :

a. Sudu Pengarah

Biasanya dapat diatur untuk mengontrol kapasitas aliran yang masuk turbin.

b. Roda Jalan atau *Runner* Turbin

Pada bagian ini terjadi peralihan energi potensial fluida menjadi energi mekanik.

Runner turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan *reservoir* air maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada *reservoir* dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air.

c. Poros Turbin

Pada poros turbin terdapat *runner* dan ditumpu dengan bantalan radial dan bantalan axial.

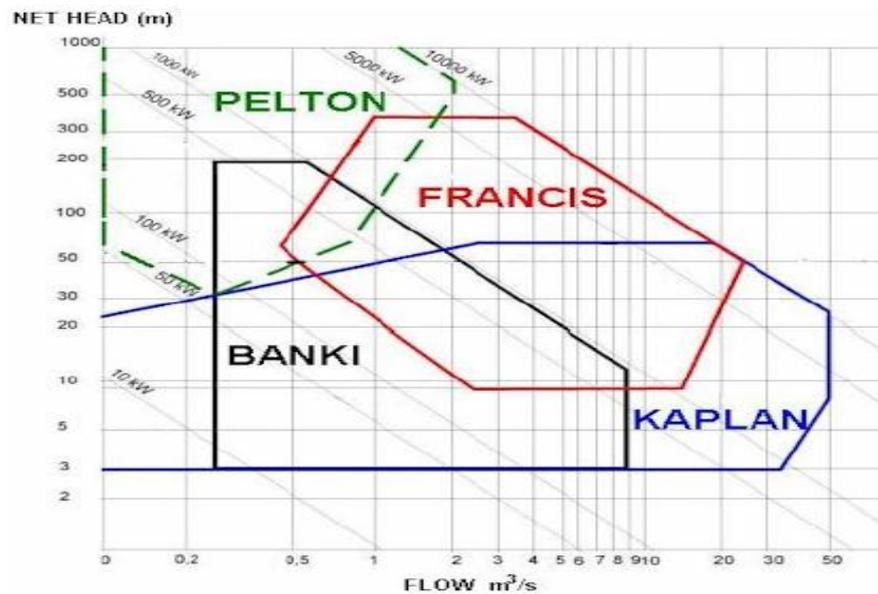
d. Rumah Turbin

Biasanya berbentuk keong atau spiral, berfungsi untuk mengarahkan aliran masuk sudu pengarah.

e. Pipa Hisap

Berfungsi mengalirkan air yang ke luar turbin ke saluran luar. Turbin *Cross-Flow* menggunakan *nozzle* persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar *runner*. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis.

Secara umum hasil penelitian di lapangan mendapatkan potensi pengembangan PLTMH dengan tinggi jatuh (*head*) 6 - 60 m, yang dapat dikategorikan pada *head* rendah dan medium. Grafik pada gambar di bawah ini dapat membantu pemilihan turbin.



Gambar 2.7 Grafik pemilihan turbin

Sumber: Kurniawan dkk, 2009:11

Untuk menentukan jenis turbin pada gambar 2.7 di atas adalah dengan menghubungkan garis antara debit air dengan dengan ketinggian yang telah ditetapkan sehingga akan terdapat titik potong antara tinggi jatuh dan debit air.

Letak titik potong yang berada pada luasan yang telah ditetapkan pada grafik diatas dapat dijadikan acuan untuk pemilihan jenis turbin air. Jenis turbin ideal yang digunakan di umumnya adalah turbin *cross flow* dan turbin Kaplan mengingat kondisi alam dan karakteristik geografis.

Untuk efisiensi Turbin air di atas dapat dilihat pada tabel 2.9 di bawah ini :

Tabel 2.9 Efisiensi Turbin Air

Jenis Turbin	Efisiensi
Pelton	0.8-0.85
Francis	0.8-0.9
Cross-flow	0.7-0.8
Propeller/ Kaplan	0.8-0.9

Sumber: Hailmerl, L.A., 1960

2.4.8.1 Dimensi Turbin

Turbin *cross-flow* terdiri dari dua bagian utama, nosel dan roda turbin.

Roda turbin terbuat dari dua piringan lingkaran yang disatukan pada *rim* oleh sudu-sudu. Nosel yang mempunyai penampang persegi panjang, memancarkan air masuk memenuhi seluruh lebar turbin dengan sudut absolut 16^0 . Air membentur sudu, mengalir melalui sudu, dan meninggalkan sudu melalui suatu ruangan kosong antara *rim* sebelah dalam lalu masuk kembali ke *rim* di sisi yang lain kemudian akhirnya keluar. (Mockmore & Marry, 1949: 5)

2.4.8.1.1 Diameter dan Lebar Runner

Diameter *runner* bisa ditentukan dari persamaan sebagai berikut :
(Mockmore & Marry, 1949: 14)

$$D_1 = \frac{862 \times H^2}{N_t} \quad (2.15)$$

Dengan :

D_1 : Diameter luar roda turbin

H : Tinggi jatuh air

N_t : Putaran turbin

Dalam menentukan lebar *runner* (L) diperlukan persamaan-persamaan di sebagai berikut : (Mockmore & Marry, 1949: 14)

$$D_1 L = \frac{144Q}{Ck(2gH)^2} \quad (2.16)$$

Dengan : k : konstanta kecepatan = 0.087

C : koefisien nosel = 0.98

Dalam menentukan jari-jari *runner* bagian dalam (r_2) diperlukan persamaan-persamaan di sebagai berikut : (Mockmore & Marry, 1949: 15)

$$r_2 = 0.66 \times r_1 \quad (2.17)$$

r_1 : jari-jari luar *runner*

2.4.8.1.2 Jarak Antar Sudu

Untuk menentukan jarak antar sudu dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut (Mockmore & Marry, 1949: 10):

$$S_1 = t \sin \beta_1$$

$$S_1 = k D_1$$

$$t = \frac{k \times D_1}{\sin \beta_1} \quad (2.18)$$



Dengan :

- t : Jarak antar sudu
- β : Sudut sudu = $29^{\circ} 50'$ atau kurang lebih 30°
- S : Penerima pancaran
- k : koefisien kecepatan

2.4.8.1.3 Jumlah Sudu

Jumlah sudu yang tepat adalah sudu yang memiliki bentuk setipis dan semulus mungkin. Persamaan untuk memperoleh jumlah sudu adalah sebagai berikut :

$$N = \frac{\pi \times D_1}{t} \quad (2.19)$$

Dimana :

N : Jumlah sudu

2.4.8.1.4 Lebar keliling Radial

Untuk menentukan lebar keliling radial dapat menggunakan persamaan sebagai berikut: (Mockmore & Marry, 1949: 10)

$$\alpha = 0.17 \cdot D_1 \quad (2.20)$$

Dimana :

α : Lebar keliling radial

D_1 : Diameter luar *runner*

2.4.8.1.5 Kelengkungan Sudu

Untuk mengetahui kelengkungan sudu dapat menggunakan rumus dibawah ini : (Mockmore & Marry, 1949: 15)

$$\rho = 0.326 r_1 \quad (2.21)$$

Dimana :

ρ : Kelengkungan sudu *runner*

r_1 : Jari-jari *runner*

2.4.8.1.6 Jarak Pancaran dari Pusat Poros

Untuk mengetahui jarak pancaran dari pusat poros dapat menggunakan persamaan dibawah ini : (Mockmore & Marry, 1949: 14)

$$y_1 = (0.1986 - 0.945 k) D_1 \quad (2.22)$$

dengan:

y_1 : Jarak pancar dari pusat poros

k : Koefisien kecepatan = 0.087

D_1 : Diameter Luar *runner*

2.4.8.1.7 Jarak pancaran dari tepi dalam Runeer

Untuk mengetahui jarak pancar dari tepi dalam *runner* dapat menggunakan persamaan dibawah ini: (Mockmore & Marry, 1949: 14)

$$y_2 = (0.1314 - 0.945 k) D_1 \quad (2.23)$$

2.4.8.2 Karakteristik Turbin

Setiap turbin memiliki karakteristik atau ciri khas yang berbeda. Ada beberapa karakteristik yang dapat digunakan untuk menentukan jenis turbin yang akan digunakan, yaitu faktor kecepatan, kecepatan sudut, debit satuan, dan kecepatan spesifik. (Patty, 1995 : 93).

2.4.8.2.1 Faktor Kecepatan

Faktor kecepatan atau *speed factor* diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$\phi = \frac{D N_t}{84,6 \sqrt{H_n}} \quad (2.24)$$

Dimana:

N_t : Banyaknya putaran per menit (put/mnt)

D : Diameter (m)

2.4.8.2.2 Kecepatan Satuan

Kecepatan satuan atau *unit speed* adalah kecepatan turbin (bagian yang berputar) yang geometris serupa pada $H_{netto} = 1$ meter dan $D = 1$ meter.

Kecepatan satuan dapat diketahui melalui persamaan sebagai berikut :

$$N_{11} = \frac{ND}{\sqrt{H_n}} \quad (2.25)$$

Dimana :

N_{11} : Kecepatan satuan (rad/det)

N : Banyaknya putaran per menit (put/mnt)

D : Diameter (m)

H_n : Perbedaan tinggi muka air dikurangi kehilangan tinggi (m)

2.4.8.2.3 Debit Satuan

Debit satuan atau *unit discharge* adalah debit turbin yang geometris serupa pada $H_{netto} = 1$ meter dan $D = 1$ meter. Debit satuan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{11} = \frac{Q}{D^2 \sqrt{H_n}} \quad (2.26)$$

Dimana :

Q_{11} : Debit satuan (m^3/dt)

D : Diameter (m)

H_n : Perbedaan tinggi muka air dikurangi kehilangan tinggi (m)

2.4.8.2.4 Putaran Spesifik

Putaran spesifik atau *specific speed* adalah besarnya putaran turbin yang geometris serupa sehingga pada $H_{netto} = 1$ meter menghasilkan daya sebesar 1 kW. Putaran spesifik ditentukan melalui persamaan sebagai berikut:

$$N_s = \frac{NP^{0,5}}{H_n^{5/4}} \quad (2.27)$$

Dimana :

N_s : Putaran spesifik (put/mnt)

N : Banyaknya putaran per menit (put/mnt)

P : Daya (kW)

H_n : Perbedaan tinggi muka air dikurangi kehilangan tinggi (m)

Tabel 2.10 Kisaran Putaran Spesifik Turbin Air

Jenis Turbin	Putaran Spesifik
Pelton dan Kincir air	$12 \leq N_s \leq 25$
Francis	$60 \leq N_s \leq 300$
Crossflow	$40 \leq N_s \leq 200$
Propeller	$250 \leq N_s \leq 1000$

Sumber : Patty, 1995

2.4.9 Transmisi Mekanik

Transmisi daya berperan untuk menyalurkan daya dari poros turbin ke poros generator.

Secara umum sistem transmisi daya dikelompokkan menjadi 2 sistem yaitu

a. Sistem Transmisi Langsung

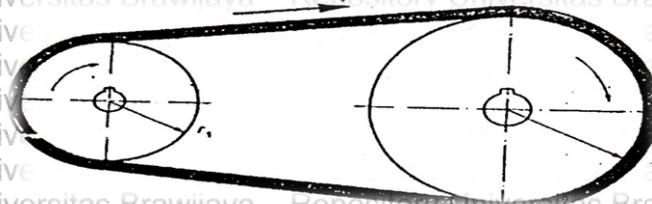
Pada sistem transmisi ini daya dari poros turbin (rotor) langsung ditransmisikan ke poros generator dengan sebuah kopling. Kontruksi sistem ini menjadi lebih kompak, mudah perawatan, dan efisiensi tinggi.

Sistem transmisi ini menyebabkan generator harus memiliki kecepatan putar optimum yang hampir sama dengan kecepatan poros turbin atau $\pm 15\%$ perbedaannya. Alternatif lain adalah menggunakan *gearbox* untuk mengoreksi rasio kecepatan antara poros generator dan turbin.

b. Sistem Transmisi Tidak Langsung

Pada sistem ini sabuk digunakan untuk memindahkan dari 2 poros yang sejajar seperti pada gambar 2.8. Sabuk merupakan peran penting dalam menyerap beban kejut dan meredam pengaruh getaran. Sabuk yang digunakan umumnya flat belt dan V-belt. Flat belt digunakan pada sistem transmisi daya besar. Sedangkan V-belt digunakan pada PLTMH dengan daya di bawah 20 kW. Pada transmisi ini memerlukan komponen pendukung seperti puli dan bantalan.

Dengan sistem transmisi puli dan sabuk pada gambar 2.8, maka kecepatan putar rotor generator dapat diatur pada nilai tertentu berdasarkan kecepatan putar turbin. Dengan mengubah perbandingan jari-jari puli sistem transmisi, maka akan didapatkan nilai kecepatan putar yang berbeda-beda tergantung nilai perbandingannya. Pada umumnya efisiensi sistem transmisi mekanik (η_m) berkisar 85% (Niemann, 1992)



Gambar 2.8 Sistem Transmisi Puli dan Sabuk

Sumber : Hagendoorn, 1989:23

Pada sistem transmisi puli (*pulley*) dan sabuk (*belt*) berlaku persamaan sebagai berikut : (Hagendoorn, 1989:20):

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad (2.28)$$

Dengan : n_1 : Kecepatan puli 1

n_2 : Kecepatan puli 2

r_1 : Jari-jari puli 1

r_2 : Jari-jari puli 2

2.4.10 Generator Sinkron 3 Fasa

Generator sinkron (alternator) merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang

digerakkan oleh penggerak mula, sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya.

Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa salient pole (kutub menonjol) dan non salient pole (kutub silinder).

a. Jenis Kutub Menonjol

Pada jenis salient pole, kutub magnet menonjol keluar dari permukaan rotor. Belitan-belitan medannya dihubungkan seri. Ketika belitan medan ini disuplai oleh Eksiter, maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub berlawanan.

Rotor kutub menonjol umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putar rendah dan sedang (120-400 rpm). Generator sinkron tipe seperti ini biasanya dikopel oleh mesin diesel atau turbin air pada sistem pembangkit listrik.

b. Jenis Kutub Silinder

Pada jenis non salient pole, konstruksi kutub magnet rata dengan permukaan rotor. Jenis rotor ini terbuat dari baja tempa halus yang berbentuk silinder yang mempunyai alur-alur terbuat di sisi luarnya. Belitan-belitan medan dipasang pada alur-alur di sisi luarnya dan terhubung seri yang dienerjais oleh Eksiter.

Rotor silinder umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putar tinggi (1500 atau 3000 rpm) seperti yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga uap.

Secara garis besar generator diklasifikasikan menjadi dua yaitu generator arus searah dan generator arus bolak-balik. Untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro biasanya menggunakan generator arus bolak-balik, yaitu generator sinkron 3 fasa. Generator sinkron merupakan suatu mesin pembangkit tenaga listrik, dimana besar frekuensi tegangan yang dihasilkan berbanding langsung dengan kecepatan putaran rotornya. Untuk efisiensi generator sinkron 3 fasa dapat dilihat pada tabel 2.11 berikut ini:

Tabel 2.11 Efisiensi Generator Sinkron 3 fasa

Daya Generator	Efsiensi
< 10 kVA	0.7-0.8
10-20 kVA	0.8-0.85
20-50 kVA	0.85
50-100 kVA	0.85-0.9
>100 kVA	0.9-0.95

Sumber : Kurniawan dkk, 2009

Dalam pemilihan generator perlu mempertimbangkan penyesuaian kecepatan turbin dan kecepatan generator. Kecepatan generator sinkron berdasarkan pada persamaan :

$$N_g = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (2.29)$$

Dimana

N_g : Kecepatan putar (rpm)

f : Frekuensi tegangan (Hz)

P : Jumlah kutub

Kapasitas generator dinyatakan dengan Volt Ampere atau VA. Sebuah generator harus memiliki kapasitas yang memenuhi kebutuhan pada saat beban maksimum. Dengan memperhatikan rugi-rugi generator serta untuk menjamin kinerja generator maka perlu adanya faktor keamanan, biasanya ditentukan 25%. Jadi untuk memenuhi kebutuhan beban sebesar 100 kVA dipergunakan generator 125 kVA.

2.4.11 Sistem Pengaturan Beban

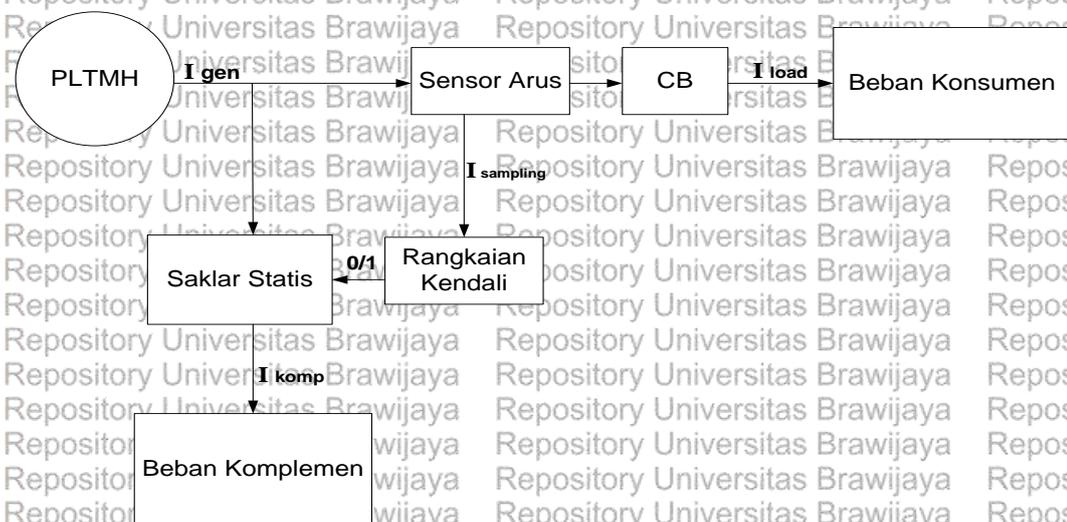
Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) perubahan beban akan berakibat pada generator. Jika torsi turbin tidak diubah saat terjadi perubahan beban maka frekuensi dan tegangan listrik yang dihasilkan akan berubah yang berakibat kerusakan pada generator maupun pada beban.

Untuk melakukan proteksi pada PLTMH, ada beberapa cara yang dapat digunakan. Salah satunya dengan menggunakan *Electronic Load Controller* (ELC).

Electronic Load Controller (ELC) adalah suatu alat yang dipasang pada PLTMH yang berfungsi untuk menjaga agar frekuensi dan tegangan yang dihasilkan PLTMH tetap konstan walaupun beban berubah-ubah. ELC memiliki

fungsi yang sama dengan governor dan umumnya dipasang pada pembangkit listrik berskala kecil. Hal ini karena harga ELC yang lebih terjangkau dari pada governor.

ELC dipasang di antara PLTMH dan beban konsumen. Dengan menggunakan beban komplemen, ELC akan membagi arus yang dihasilkan dari PLTMH ke kedua beban yaitu beban konsumen dan beban komplemen. Dengan menggunakan ELC maka PLTMH akan tetap bekerja pada keadaan nominal walaupun beban konsumen berubah-ubah. Untuk skema ELC dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut ini :



Gambar 2.9 Skema ELC

Untuk mengatur besar arus yang mengalir ke beban komplemen, kita bisa menggunakan kaidah pembagi arus. Dengan menganggap beban konsumen paralel dengan beban komplemen, maka dengan mengatur besar beban komplemen kita dapat mengatur besar arus yang mengalir ke beban konsumen.

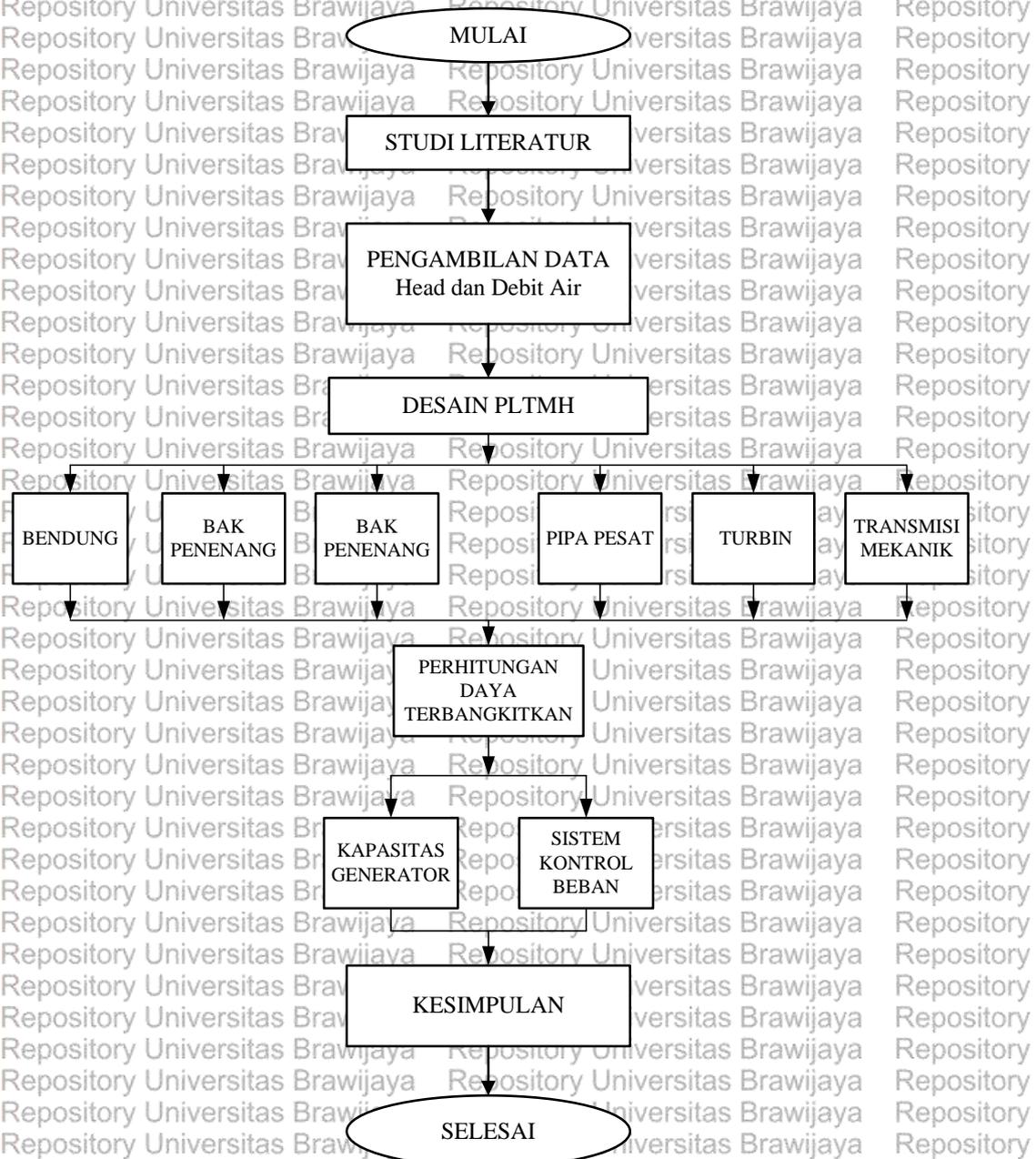
Besar arus yang masuk ke beban konsumen akan disampling kemudian dibandingkan dengan suatu besaran referensi. Hasil dari perbandingan ini berupa sinyal 0 atau 1 yang akan menentukan apakah saklar ELC akan berada dalam kondisi terbuka atau tertutup. Saklar ini adalah penghubung antara titik percabangan arus dengan beban komplemen. Alasan penggunaan saklar seperti ini adalah karena beban komplemen terdiri dari resistor yang besarnya konstan. Sehingga untuk mengatur besar beban komplemen dapat dilakukan dengan mengatur berapa banyak resistor pada beban komplemen yang harus dialiri arus komplemen.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di sungai Besuk Semut desa Poncosumo Dusun Gunung Sawur kecamatan Candipuro Lumajang Jawa Timur. Rentang waktu penelitian antara bulan September 2014 hingga November 2014.

Untuk langkah-langka pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan adalah mempelajari dan memahami konsep mengenai perancangan PLTMH, yang mencakup studi kelayakan hidrologi, studi kelayakan sipil dan studi kelayakan mekanikal-elektrikal. Selain itu dilakukan pula studi literatur mengenai metode pengukuran *head* dan debit sebagai perencanaan desain pada PLTMH Gunung Sawur unit 3.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode penelitian yang dilakukan untuk melaksanakan studi potensi PLTMH adalah dengan pengumpulan data-data lapangan yang meliputi :

Data Primer

Data primer adalah data yang didapat dari pengukuran langsung di lokasi sungai Besuk Semut Dusun Gunung Sawur Lumajang Jawa Timur meliputi beda ketinggian (*head*), debit aliran air.

Materi penelitian yang terdapat dalam penelitian ini adalah melakukan studi perancangan pada sungai Besuk Semut untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) unit 3 dan desain rancangan pembuatan Turbin Mikrohidro.

• Debit aliran

Pengukuran debit aliran dilaksanakan secara sesaat (4 hari dalam 1 minggu) pada musim kemarau dan penghujan.

Langkah-langkah dalam pengukuran debit sungai adalah sebagai berikut :

1. Memilih bagian sungai yang *relatif* lurus.
2. Dari bagian sungai tersebut diukur lebar sungai.
3. Setelah itu membentangkan tali yang telah dibagi menjadi empat bagian sepanjang lebar sungai tersebut.
4. Dari masing-masing bagian tersebut diukur ketinggian dari permukaan air sungai hingga dasar sungai.
5. Dari tali yang dibentangkan tersebut diukur jarak dimana benda apung yang akan dijatuhkan.
6. Benda apung yang dijatuhkan diukur waktu benda tersebut dari titik penjatuhan hingga benda tersebut melewati tali yang dibentangkan.
7. Waktu yang diperlukan benda apung untuk melewati tali digunakan untuk



menghitung kecepatan aliran sungai.

8. Untuk memperoleh kecepatan aliran sungai digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}} = \frac{m}{s}$$

9. Kecepatan benda apung tersebut merupakan kecepatan dari aliran permukaan air.

10. Untuk memperoleh debit sungai digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = V \times A$$

11. Langkah-langkah diatas dilakukan berulang untuk mendapatkan debit rata-rata aliran sungai.

Pada penelitian ini debit andalan diambil dengan prosentase 120% dari debit minimum sungai Besuk Semut.

• **Tinggi Jatuh Aliran (Head)**

Pengukuran tinggi jatuh menggunakan alat pengukur sederhana yaitu menggunakan selang plastik dan meteran.

Pengukuran dilaksanakan dengan cara :

1. Pengukuran dimulai dengan menentukan dimana letak bedungan akan dibangun.
2. Dari sekitar lokasi bendung tersebut dicari batang pohon yang melintang di atas aliran sungai.
3. Dari batang pohon tersebut tersebut diukur jarak yang tegak lurus dari permukaan air hingga batang pohon.
4. Setelah itu dengan menggunakan metode *water pass* diukur antara batang pohon di atas aliran sungai dengan pohon yang ada di pinggir aliran sungai.
5. Bagian pohon yang diberi tanda merupakan bagian yang sejajar dengan muka air pada selang.
6. Pengukuran dilanjutkan dengan metode yang sama sepanjang aliran sungai hingga pohon yang terdekat dengan letak turbin yang ditetapkan.
7. Setelah dilakukan pemberian tanda pada pohon terakhir, dilanjutkan dengan pengukuran antara tanda pada pohon terakhir hingga permukaan air pada sungai dimana turbin telah ditetapkan.



8. Tinggi jatuh diperoleh dengan mengurangkan antara tinggi tanda terakhir terhadap muka air sungai dengan tinggi batang pohon di atas aliran sungai.

3.4 Perancangan Pembangkit Listrik

a. Bendungan dan *Intake*

Desain bendungan pada penelitian direncanakan 1.2 dari lebar sungai dan dilengkapi dengan saluran limpah, pintu kuras dan juga saringan sampah.

Desain saluran pelimpah pada penelitian ini sepanjang bak di sisi sungai agar ketika terjadi luapan air dapat langsung terbuang ke sungai.

b. Saluran pembawa

Desain saluran pembawa pada penelitian ini disesuaikan dengan kondisi di lapangan dan juga debit desain yang berfungsi untuk menentukan kecepatan aliran dan dimensi saluran pembawa.

Tinggi saluran pembawa minimal 30 cm dari permukaan air.

c. Bak Penenang

Desain volume bak penenang dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_f = A_f \times h_f$$

Dengan:

V_f : Volume desain bak penenang

A_f : Luas bak penenang

h_f : tinggi muka air

Desain bak penenang dilengkapi dengan saringan sampah dan saluran pembuangan air. Lebar bak penenang selebar saringan sampah.

d. Pipa Pesat

Pada desain pipa pesat dilakukan dengan menghitung kecepatan aliran pada pipa pesat. Hasil perhitungan kecepatan aliran pipa pesat digunakan untuk menentukan diameter dan juga tebal pipa pesat, dilanjutkan dengan perhitungan rugi-rugi pada pipa pesat.

Pipa pesat direncanakan memiliki kedalaman minimum 2 kali diameter pipa dari permukaan air di bak penenang dan berjarak minimum 30 cm dari dasar bak penenang.

e. Turbin Air

Pada penelitian ini pemilihan turbin berdasarkan tinggi jatuh sesuai dengan grafik pemilihan turbin pada gambar 2.7 serta dengan melihat karakteristik turbin yaitu kecepatan spesifik turbin.

Desain dimensi turbin pada penelitian ini meliputi diameter *runner* lebar *runner*, jarak antar sudu, jumlah sudu, lebar keliling radial, kelengkungan sudu, jarak pancaran air.

f. Transmisi Mekanik

Pemilihan jenis transmisi bergantung pada besar kecilnya putaran turbin yang dihasilkan. Ketika putaran turbin sama dengan putaran generator, maka poros turbin dan generator disatukan dengan sebuah kopling. Namun ketika putaran turbin lebih kecil atau berbeda dengan putaran generator, maka poros turbin dan generator menggunakan sistem transmisi sabuk dengan bantuan komponen pendukung seperti puli.

g. Generator Sinkron 3 Fasa

Kapasitas generator sinkron 3 fasa yang digunakan berdasarkan pada perhitungan daya terbangkitkan pada persamaan 2.2. Dengan memperhatikan rugi-rugi generator sinkron serta untuk menjamin kinerja generator sinkron 3 fasa maka diperlukan faktor keamanan 25% dari daya terbangkitkan.

h. Sistem Pengaturan Beban

Pada penelitian ini sistem pengaturan beban menggunakan *Electronic Load Controller* (ELC). Penentuan kapasitas beban komplement yang digunakan adalah dengan prosentase 60% dari kapasitas generator.

3.5 Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dari penelitian ini adalah akan dilakukan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro pada Desa Pongcosumo kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang dengan memanfaatkan aliran sungai Besuk Semut.



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Lokasi PLTMH

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro teletak di Desa Poncosumo Dusun Gunung Sawur di lereng Gunung Semeru, Lumajang.

Pembangkit ini memanfaatkan aliran sungai Besuk Semut yang sebelumnya telah digunakan untuk PLTMH Gunung Sawur unit 1 dan unit 2.

4.2 Perancangan PLTMH

4.2.1 Debit Air

Pada penelitian ini debit air diukur secara langsung dengan menggunakan metode apung. Data pengukuran debit berikut merupakan data pengukuran debit mingguan dengan pengukuran sesaat untuk debit musim kering maupun debit musim basah.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran debit sungai Besuk Semut :

Tabel 4.1 Pengukuran Debit Musim Kemarau

MUSIM KERING			
NO	LUAS-PENAMPANG (m ²)	KECEPATAN ALIRAN (m/s)	DEBIT (m ³ /S)
1	0.3575	1.03911	0.373352
2	0.3800	1.03214	0.392214
3	0.3775	1.03935	0.392355
4	0.3750	1.04112	0.39042
Rata-rata			0.386618

Sumber : Pengukuran, 2014

Tabel 4.2 Pengukuran Debit Musim Hujan

MUSIM BASAH			
NO.	LUAS PENAMPANG (m ²)	KECEPATAN	
		ALIRAN (m/s)	DEBIT (m ³ /s)
1	0.5057	1.3506	0.685447
2	0.5050	1.3248	0.669034
3	0.4975	1.3322	0.662818
4	0.4400	1.3789	0.615919
Rata-rata			0.652612

Sumber: Pengukuran, 2014

Dari tabel pengukuran musim kemarau diatas, digunakan sebagai acuan untuk menentukan debit desain, dimana debit desain yang ideal merupakan debit dengan prosentase 120% dari debit minimum. Sehingga debit desain diperoleh sebesar 0.463 m³/s.

4.2.2 Tinggi Jatuh Air

Pada pengukuran tinggi di lapangan dengan metode *water pass* beda elevasi atau tinggi jatuh antara letak bendungan hingga rumah turbin adalah 6.82 meter.

Pada desain bendungan tinggi jatuh ditambah 1.2 meter, namun terjadi penurunan pada kontur saluran pembawa sebesar 7.5 cm, jarak saluran pembuang ke poros turbin 20 cm, tinggi saluran pembuang pada rumah turbin sebesar 80 cm dan tinggi jagaan banjir 20 cm. Sehingga tinggi bruto pada desain PLTMH ini adalah sebesar 6.745 m.

4.2.3 Bendungan dan Intake

Penentuan letak bendungan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.1 Lokasi Bendungan

Sumber : Pengukuran 2014

Berdasarkan pengukuran lokasi di lapangan, bendungan direncanakan dengan panjang 7 meter, tinggi 1,9 meter dan lebar rencana 8.5 m, dengan lebar pintu pembilas 1 m serta dilengkapi saluran pelimpah dengan lebar 7 m, tinggi 1.5 m dan panjang 2 m. Desain bangunan pengambil (*intake*) dengan panjang 0.8 meter, lebar 0.2 meter, tinggi 0.2 meter dan jarak dari permukaan air 0.25 m. Dari desain bendung dan *intake* pada penelitian ini direncanakan tinggi muka air 1.5 meter dari dasar bangunan dengan debit $0.463 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.2.4 Saluran Pembawa

Pada penelitian ini saluran pembawa direncanakan memakai saluran terbuka dengan geometri persegi empat dan panjangnya kurang lebih 50 meter. Kontur saluran pembawa 1.5% artinya setiap 10 meter panjang saluran, ketinggiannya diturunkan 1.5 cm. Sehingga untuk panjang 50 meter ketinggian saluran pembawa turun 7.5 cm.

Desain dari saluran pembawa adalah sebagai berikut :

- Lebar saluran pembawa : 0.7 m (desain)
- Kekasaran manning (n) : 0.017 (bahan saluran dari pasang batu)
- Slope : 0.075 (desain)

Tinggi muka air pada saluran pembawa dapat diketahui dengan persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$Q = V \times A \quad \longrightarrow \quad V = \frac{Q}{A}$$



$$V = \frac{1}{n} \times R^2 \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{0.463}{0.7 \times h} = \frac{1}{0.017} \times \left(\frac{0.7 \times h}{2h + 2 \times 0.7} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0.075^{\frac{1}{2}}$$

$$0.0287 = \left(\frac{0.7 \times h}{2h + 2 \times 0.7} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0.7h$$

$$h = 0.21 \text{ m}$$

dari perhitungan tinggi muka air di atas maka tinggi saluran pembawa 21 cm dari permukaan air yaitu 0.6 meter.

Kecepatan air pada saluran pembawa dapat diketahui sebagai berikut :

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0.463}{0.7 \times 0.21}$$

$$= 3.149 \text{ m/s}$$

4.2.5 Bak penenang

Tujuan dari bak penenang adalah untuk tempat penenang air dan pengendapan akhir. Bak penenang dilengkapi dengan saringan sampah dan pelimpas.

Desain bak penenang pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$Q = 0.463 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 2 \text{ meter}$$

$$L = 4 \text{ meter}$$

$$D_r = 1.7 \text{ meter}$$

Dari desain tersebut maka tinggi dari bak penenang adalah 2 m.

Volume bak penenang sebagai berikut :

$$V_f = B \times L \times d_f$$

$$V_f = 4 \times 2 \times 1.7 = 13.6 \text{ m}^3$$

4.2.6 Pipa pesat

Pipa pesat merupakan pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang menuju turbin air.

Desain pipa pesat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Diameter pipa pesat

Desain pipa pesat pada penelitian ini adalah dengan menggunakan bahan

PVC dan panjangnya kurang lebih 30 meter.

Untuk mendapatkan diameter pipa pesat dapat digunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$D = 2.69 \times \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{H} \right)^{0.1875}$$

Dengan $n = 0.009$ (bahan dari plastik / PVC)

$$L = 30 \text{ meter}$$

$$Q = 0.463 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 6.74 \text{ meter}$$

$$= 2.69 \times \left(\frac{0.009^2 \times 0.463^2 \times 30}{6.74} \right)^{0.1875}$$

$$= 0.4558 \text{ meter}$$

b. Kecepatan air pada pipa pesat

Kecepatan air pada pipa pesat dapat dihitung dengan persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dengan

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (0.4558)^2 = 0.1631 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0.463}{0.1631} = 2.839 \text{ m/s}$$

c. Tebal Pipa Pesat

Desain tebal pipa pesat pada penelitian ini dapat diperoleh dengan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$\delta = d \sqrt[3]{\frac{np_0}{2E}}$$

Dengan $d = 0.4558 \text{ meter}$

$n = 2$ (pipa dipendam dalam tanah)

$$p_0 = 0.1 \text{ MPa}$$

$$E = 3.4 \text{ GPa}$$

$$\delta = d \sqrt[3]{\frac{np_0}{2E}}$$



$$= 0.4558 \sqrt[3]{\frac{2 \times 0.1}{2 \times 200}}$$

$$= 0.01399 \text{ meter}$$

d. Rugi-rugi pada pipa pesat.

- Akibat gesekan pada pipa

Untuk mengetahui rugi-rugi akibat gesekan pipa dapat diperoleh dengan persamaan 2.10 berikut:

$$h_g = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$f = \frac{124.5 \times n^2}{D^3} = \frac{124.5 \times 0.009^2}{0.4558^3} = 0.013$$

sehingga

$$h_g = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g} = 0.013 \times \frac{30}{0.4533} \times \frac{2.839^2}{2 \times 9.81} = 0.3543 \text{ m}$$

- Kehilangan tinggi minor di jaringan pipa

Rugi-rugi ini diakibatkan oleh perubahan ukuran pipa, belokan-belokan, katub-katub, serta berbagai jenis sambungan.

Pada penelitian ini, desain pipa pesat tidak ada perubahan ukuran pipa dan belokan pada pipa. Sehingga kehilangan tinggi minor pada jaringan pipa diakibatkan oleh sambungan pipa.

Untuk mengetahui kehilangan tinggi minor akibat sambungan pipa pesat dapat dihitung dengan persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$h_{Lm} = K_L \frac{v^2}{2g}$$

Dengan $K_L = 0.2$ (katub pintu terbuka lebar)

$$h_{Lm} = 0.2 \frac{2.839^2}{2 \times 9.81}$$

$$= 0.0822 \text{ m}$$

- Kehilangan Energi akibat Saringan

Untuk mengetahui kehilangan energi akibat saringan dapat dihitung dengan persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$h_r = \phi \left(\frac{s}{b}\right)^3 \frac{v^2}{2g} \sin \alpha$$



Dengan $\phi = 2.42$ (profil saringan berbentuk persegi)
 $\alpha = 75$
 $b = 0.05$ m
 $s = 0.01$ m
 $hr = 2.42 \times \left(\frac{0.01}{0.05}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{2.8704^2}{2 \times 9.81} \sin 75$
 $= 0.04$ m

Dari perhitungan diatas, apabila terdapat 6 sambungan pada pipa pesat, maka tinggi jatuh efektif dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$H_{\text{eff}} = 6.74 - 0.3543 - 6 \times 0.0822 - 0.04 = 5.853 \text{ m}$$

4.2.7 Turbin Air

Turbin air sebagai fluida kerja mempunyai beberapa klasifikasi berdasarkan tinggi jatuh dan debit faktor kecepatan, kecepatan sudut, debit satuan, dan kecepatan spesifik.

Penentuan letak rumah turbin dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.2 Lokasi Rumah turbin air

Sumber : Pengukuran, 2014

Pada penelitian ini desain turbin memiliki debit $0.463 \text{ m}^3/\text{s}$ dan juga tinggi jatuh efektif sebesar 6.26 meter. Berdasarkan grafik pemilihan turbin pada gambar 2.7, maka turbin yang dipilih adalah turbin Banki/ *Crossflow*.

4.2.7.1 Dimensi Turbin

- **Diameter dan Lebar Runner**

Diameter dan Lebar runner diketahui dengan persamaan 2.16, yaitu sebagai berikut :

$$D_1 L = \frac{144Q}{Ck(2gH)^{\frac{1}{2}}}$$

Dengan :

$$Q = 0.463 \text{ m}^3/\text{s} = 16.3443 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$H = 5.853 \text{ m} = 19.202 \text{ ft}$$

$$C = 0.98 \text{ dan } k = 0.087 \text{ maka}$$

$$g = 9.81 \text{ Nm}^2/\text{s}^2 = 32.174 \text{ ft/s}^2$$

$$D_1 L = \frac{144 \times 16.3443}{0.98 \times 0.087 (2 \times 32.174 \times 19.202)^{\frac{1}{2}}} = 785.31$$

Untuk mencari lebar turbin dapat menggunakan persamaan berikut:

$$L = \frac{785.31}{D_1}$$

Tabel 4.3 Perbandingan Diameter Dan Lebar Turbin

D_f (cm)	D_f (inci)	L (inci)	L (cm)
20	7.87	99.695	253.22
25	9.84	79.756	202.58
30	11.81	66.463	168.81
35	13.15	56.968	144.7
40	15.74	49.847	126.61
45	17.71	44.308	112.54
50	19.68	39.878	101.29

Dari tabel di atas maka dipilih $L = 168$ dan $D = 30$ cm.

Dalam menentukan jari-jari runner bagian dalam (r_2) dipergunakan persamaan 2.17 sebagai berikut :

$$r_2 = 0.66 \times r_1$$

$$r_2 = 0.66 \times 15$$

$$r_2 = 9.9 \text{ maka } D_2 = 19.8 \text{ cm}$$

- **Putaran Turbin**

Berdasarkan dari hasil pemilihan diameter dan lebar turbin di atas, maka putaran turbin bisa dicari dengan persamaan 2.15 sebagai berikut :

$$N_t = \frac{862 \times H^{\frac{1}{2}}}{D_1}$$

$$N_t = \frac{862 \times 19.202^{\frac{1}{2}}}{11.81} = 306 \text{ rpm}$$

- **Jarak antar sudu**

Untuk menentukan jarak antar sudu dapat diketahui menggunakan persamaan 2.18 sebagai berikut :

Dengan $k=0.087$, $\beta_1=30^\circ$, dan $D_1=11.81$ inci

$$t = \frac{k \times D_1}{\sin \beta_1}$$

$$t = \frac{0.087 \times 11.81}{\sin 30^\circ} = 2.0529 \text{ inci}$$

$$= 5.2143 \text{ cm}$$

- **Jumlah Sudu**

Jumlah sudu yang tepat adalah sudu yang memiliki bentuk setipis dan semulus mungkin. Untuk memperoleh jumlah sudu digunakan persamaan

2.19 sebagai berikut :

$$N = \frac{\pi \times D_1}{t}$$

$$N = \frac{3.14 \times 11.81}{2.0529}$$

$$= 18 \text{ buah}$$

- **Lebar keliling Radial**

Untuk mengetahui lebar keliling radial dapat menggunakan persamaan

2.20 sebagai berikut:

$$\alpha = 0.17 D_1$$

$$\alpha = 0.17 \times 11.81$$

$$= 2.0077 \text{ inci} = 5.099 \text{ cm}$$

- **Kelengkungan Sudu**

Untuk mengetahui kelengkungan sudu dapat menggunakan persamaan

2.21 sebagai berikut:

$$\rho = 0.326 r_1$$

$$\rho = 0.326 \times 5.905$$

$$= 1.925 \text{ inci} = 4.889 \text{ cm}$$

- **Jarak Pancaran dari Pusat Poros**

Untuk mengetahui jarak pancaran dari pusat poros dapat menggunakan persamaan 2.22 sebagai berikut:

Dengan $k = 0.087$ dan $D_1 = 11.81$ inci

$$y_1 = (0.1986 - 0.945 k) D_1$$

$$y_1 = (0.1986 - 0.945 \times 0.087) 11.81$$

$$= 1.374 \text{ inci} = 3.489 \text{ cm}$$

- **Jarak pancaran dari tepi dalam Runner**

Untuk mengetahui jarak pancar dari tepi dalam runner dapat menggunakan persamaan 2.23 sebagai berikut:

Dengan $k = 0.087$ dan $D_1 = 11.81$ inci

$$y_2 = (0.1314 - 0.945 k) D_1$$

$$y_2 = (0.1314 - 0.945 \times 0.087) 11.81$$

$$= 0.5809 \text{ inci} = 1.475 \text{ cm}$$

4.2.7.2 Karakteristik Turbin

- **Faktor Kecepatan**

Faktor kecepatan atau *speed factor* diketahui oleh persamaan 2.24 sebagai berikut:

$$\phi = \frac{D \cdot N_t}{84.6 \sqrt{H_n}}$$

$$= \frac{0.3 \times 306}{84.6 \times \sqrt{5.85}} = 0.4486$$

- **Kecepatan Satuan**

Kecepatan satuan dapat diketahui melalui persamaan 2.25 sebagai berikut:

$$N_{11} = \frac{N_t D}{\sqrt{H_n}}$$

$$N_{11} = \frac{306 \times 0.3}{\sqrt{5.85}} = 37.95 \text{ rad/s}$$

- **Debit Satuan**

Debit satuan dapat dihitung dengan persamaan 2.26 sebagai berikut :

$$Q_{11} = \frac{Q}{D^2 \sqrt{H_n}}$$

$$Q_{11} = \frac{0.463}{0.32 \sqrt{5.85}} = 2.127 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Putaran Spesifik**

Putaran spesifik ditentukan melalui persamaan 2.27 sebagai berikut :

$$N_s = \frac{N_t P^{0.5}}{H_n^{5/4}}$$

$$N_s = \frac{306 \times 14.88^{0.5}}{5.85^{5/4}} = 129.7 \text{ rad/s}$$

4.2.8 Transmisi Mekanik

Pada penelitian ini desain transmisi mekanik menggunakan sistem transmisi tidak langsung karena daya yang dihasilkan dibawah 20 kW, yaitu 14.8 kW.

Pada sistem transmisi ini menggunakan V-belt dengan komponen pendukung lainnya seperti pulley dan juga bantalan.

Dengan sistem transmisi puli dan sabuk seperti pada gambar 2.8, maka kecepatan putar turbin generator dapat diatur pada nilai tertentu berdasarkan kecepatan putar turbin sesuai dengan perbandingan yang diinginkan.

Nilai perbandingan tersebut bisa didapatkan dengan persamaan 2.28 sebagai berikut :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

Dimana: Putaran Turbin Air $n_1 = 306$ (rpm)

Putaran Generator $n_2 = 1500$ (rpm)

Jari-jari puli Turbin Air $r_1 = 0.6$ (m)

Jari-jari puli Generator r_2

$$\frac{306}{1500} = \frac{r_2}{0.6}$$

Sehingga $r_2 = 0.122$ m

4.2.9 Perhitungan daya

Pada penelitian ini tinggi jatuh air adalah 6.74 meter. Untuk mencari tinggi jatuh efektif maka tinggi jatuh tersebut dikurangi dengan rugi-rugi kehilangan tinggi pada pipa pesat. Didapatkan tinggi jatuh 5.85 m.

Persamaan untuk mencari daya listrik teoritis yang dibangkitkan karena perbedaan tinggi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P &= 9,81 \cdot Q \cdot H \\ &= 9.81 \times 0.463 \times 5.85 \\ &= 26.57 \text{ kW} \end{aligned}$$

Apabila diasumsikan :

- Efisiensi turbin $\eta_t = 0.7$
- Efisiensi generator $\eta_g = 0.8$

Maka daya listrik yang dibangkitkan dihitung dengan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{Terbangkit}} &= 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \\ &= 9.81 \times 0.463 \times 5.85 \times 0.7 \times 0.8 \\ &= 14.88 \text{ kW} \end{aligned}$$

Apabila $\cos \phi$ generator 0.85 maka :

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{14.88 \text{ kW}}{0.85} = 17.5 \text{ kVA}$$

Pada PLTMH unit 1 dan unit 2 beban rata-rata tiap pelanggan adalah 200 VA, dan tiap 2 kepala keluarga dicatu daya 450 VA. Besar beban ideal sebesar ketika daya yang dihasilkan dengan debit terkecil, sehingga bila mengacu pada beban unit 1 dan 2 jumlah pelanggan ideal yang bisa dilayani oleh unit 3 adalah sekitar 77 kepala keluarga.

4.2.10 Generator Sinkron

Pada penelitian ini besar daya terbangkitkan sekitar 17.5 kVA. Mengacu pada buku pedoman Studi Kelayakan Mekanikal-Elektrikal, dengan memperhatikan rugi-rugi generator sinkron serta untuk menjamin kinerja generator sinkron maka diperlukan faktor keamanan minimal 25% dari daya terbangkitkan. Sehingga kapasitas generator yang dipilih minimal sebesar 21.87 kVA. Dengan menyesuaikan kapasitas di pasaran, maka kapasitas generator



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan hasil pengukuran langsung di sungai Besuk Semut diperoleh debit rata – rata $0.386 \text{ m}^3/\text{s}$, untuk debit desain ideal merupakan $1.2 \times$ debit minimum, sehingga debit desain sebesar $0.463 \text{ m}^3/\text{s}$ dan head efektif adalah 5.85 m .

Dari debit dan head pada penelitian ini, maka daya generator yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH unit 3 adalah 14.88 kW .

2. Komponen sipil yang direncanakan terdiri dari:
 - a. Bendungan dengan panjang 7 m , lebar 8.5 m dan tinggi 1.9 m .
 - b. Saluran pelimpah dengan panjang 2 m , lebar 7 m , dan tinggi 1.5 m .
 - c. *Intake* dengan tinggi 0.2 m , lebar 0.2 meter dan panjang $0,8 \text{ m}$.
 - d. Saluran pembawa dengan panjang 50 m , lebar $0,7 \text{ m}$, dan tinggi $0,6 \text{ m}$.
 - e. Bak penenang dengan panjang 6 m , lebar 4 m , dan tinggi 2 m .
 - f. Pipa pesat pipa bahan PVC dengan diameter 0.4533 m dan panjang 30 m .
 - g. Saluran pelepasan dengan panjang 5 m , lebar $0,8$ dan tinggi $0,8 \text{ m}$.
3. Komponen mekanikal elektrikal yang direncanakan terdiri dari :
 - a. Berdasarkan *head* dan debit, turbin yang digunakan pada penelitian ini adalah turbin *cross flow*.
 - b. Diameter turbin sebesar 30 cm dan lebarnya 168 cm .
 - c. Desain *runner* pada penelitian ini yaitu jarak antar sudu = 5.2143 cm , jumlah sudu = 18 buah, lebar keliling radial = 5.099 cm , kelengkungan sudu = 4.889 , jarak pancaran dari pusat poros = 3.489 , jarak pancaran dari tepi *runner* = 1.475 .
 - d. Sistem transmisi mekanik menggunakan puli dan *V-belt* dengan perbandingan $0.6: 0.122$.
 - e. Kapasitas generator sinkron 3 fasa yang digunakan adalah 25 kVA .
 - f. Sistem kontrol beban yang digunakan adalah *Electronic Load Controller* (ELC) dengan kapasitas beban *ballast load* sebesar 20 kW .

5.2 Saran

Dari penelitian mengenai studi perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung sawur unit 3 maka peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat Gunung Sawur, diharapkan dilakukan pembangunan PLTMH Gunung sawur unit 3.
2. Untuk menjaga kontinuitas debit air dimusim kemarau, diharapkan menjaga kelestarian di hutan di sepanjang daerah aliran sungai Besuk Semut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, A. dan Susumu Kuwahara. 2000. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid I*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- CV. Hydro Cipta Mandiri 2014
- Dandekar, M.M dan K.N Sharma. 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Hagendoorn, J.J.M. 1989. *Konstruksi Mesin 2*. Jakarta: PT Rosda Jayaputra.
- Hailmerl, L.A. 1960. *The cross-flow Turbine*. Water Power
- Harvey, adam. 1993. *Micro-Hydro Design Manual*. London : Intermediate Technologi Publications
- Kurniawan, A, dkk. 2009. *Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi*. Jakarta: Integrated Microhydro Development and Application Program
- Kurniawan, A, dkk. 2009. *Pedoman Studi Kelayakan Mekanikal-Elektrikal*. Jakarta: Integrated Microhydro Development and Application Program.
- Kurniawan, A, dkk. 2009. *Pedoman Studi Kelayakan Sipil*. Jakarta: Integrated Microhydro Development and Application Program.
- Kurniawan, A, dkk. 2009. *Pedoman Studi Kelayakan Teknis*. Jakarta: Integrated Microhydro Development and Application Program
- Linsley, Ray K. 1989. *Teknik Sumber Daya air*. Jakarta: Erlangga
- Mismail Budiono. 1991/1992. *Pelistrikan Desa di Indonesia*. Depok: Kampus Baru UI.
- Mockmore.C.A & Merryfield Fred. 1949. *The Banki Water Turbin*. Engineering Experiment Station
- Niemann, G. dan H. Winter. 1992. *Elemen Mesin*. Jakarta: Erlangga
- Patty, O.F., 1995. *Tenaga air*. Jakarta : Erlangga.
- Ramdhani, A.S.D. 2008. *Studi Perencanaan PLTMH 1x12 kW sebagai Desa Mandiri Energi di Desa Karangsewu, Cisewu, Garut, Jawa Barat*. Surabaya: Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November.
- Susatyo, Anjar. 2003. *Pengembangan Turbin Air Type Cross-flow Diameter Runner 400 mm*. Bandung : Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- Wibowo, Anggi Setyo. 2013 *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Mirat Desa Taja Urap Kecamatan Tewah Kabupaten Gunung Mas Provinsi Kalimantan Tengah*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Wibowo, Nan Ady. 2013. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Wamena di Kabupaten Jayawijaya Provinsi Papua*.

Malang: Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Zuhail. 1991. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Bandung: ITB.

REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA

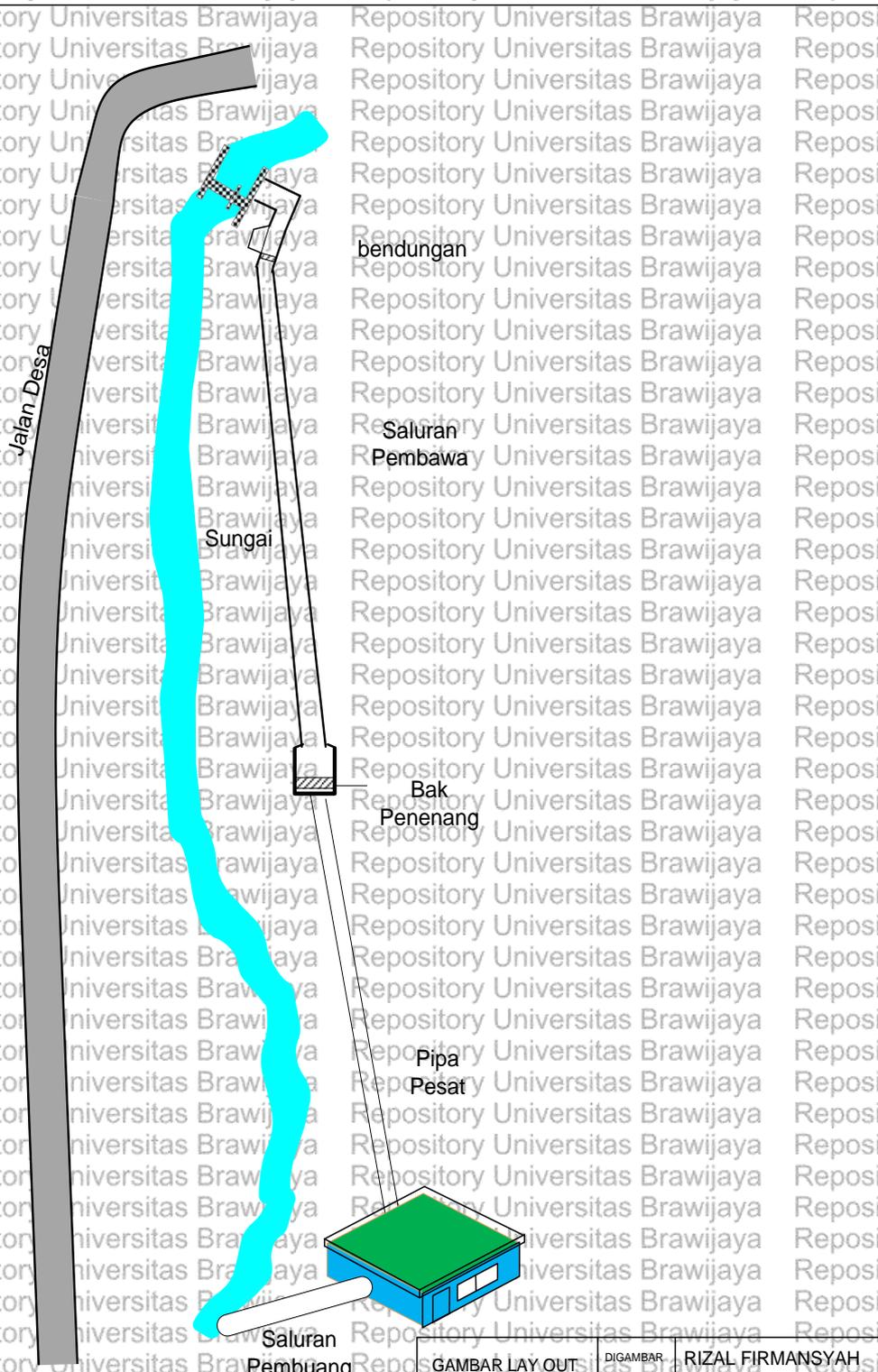


REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



LAMPIRAN 1



GAMBAR LAYOUT PLTMH	DIGAMBAR	RIZAL FIRMANSYAH
	DIPERIKSA	Ir. TEGUH UTOMO, MT.
105060300111079	DISETUJUI	Ir. TEGUH UTOMO, MT.
	TANGGAL	8 JANUARI 2015

REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

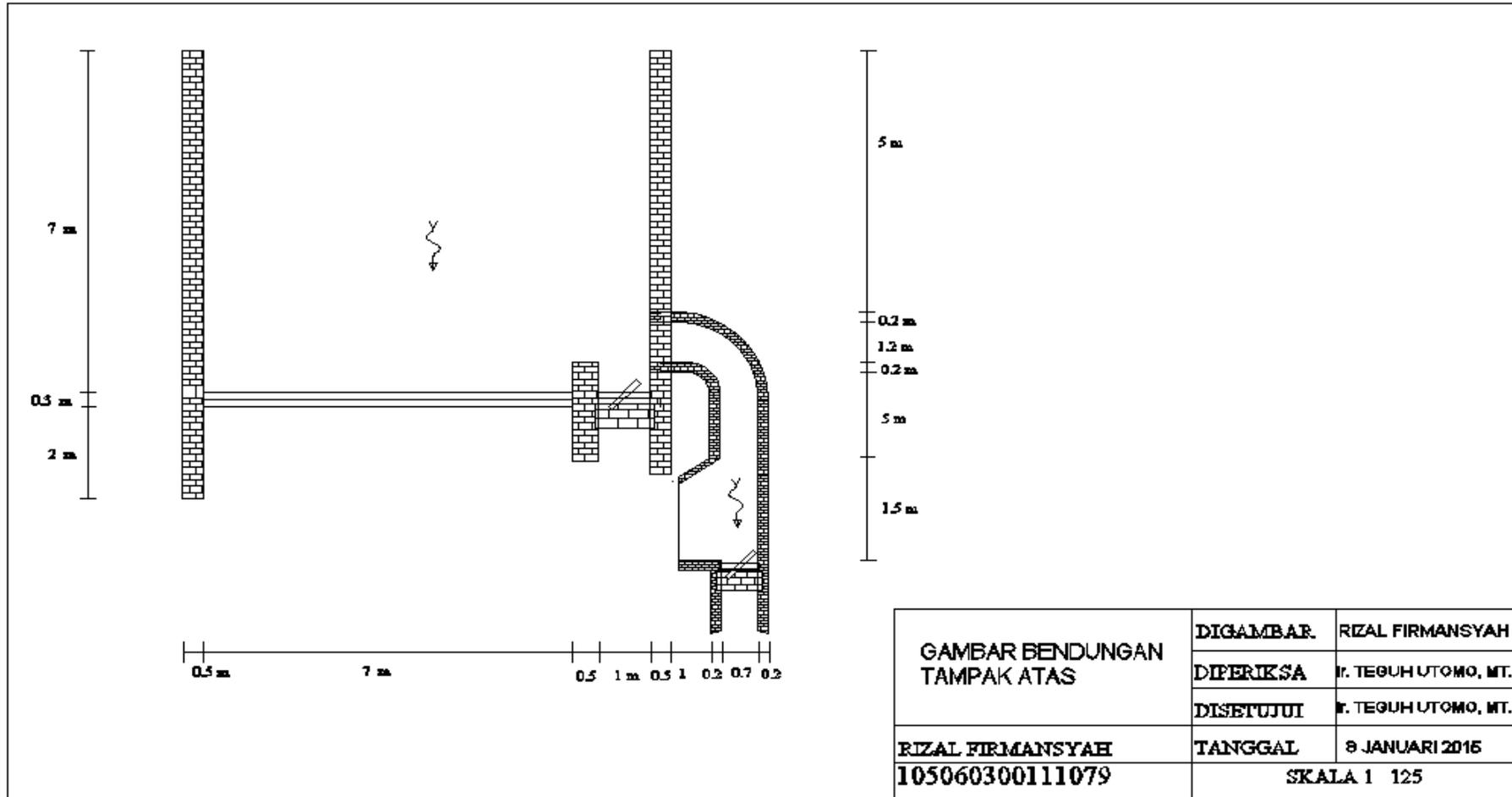
REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

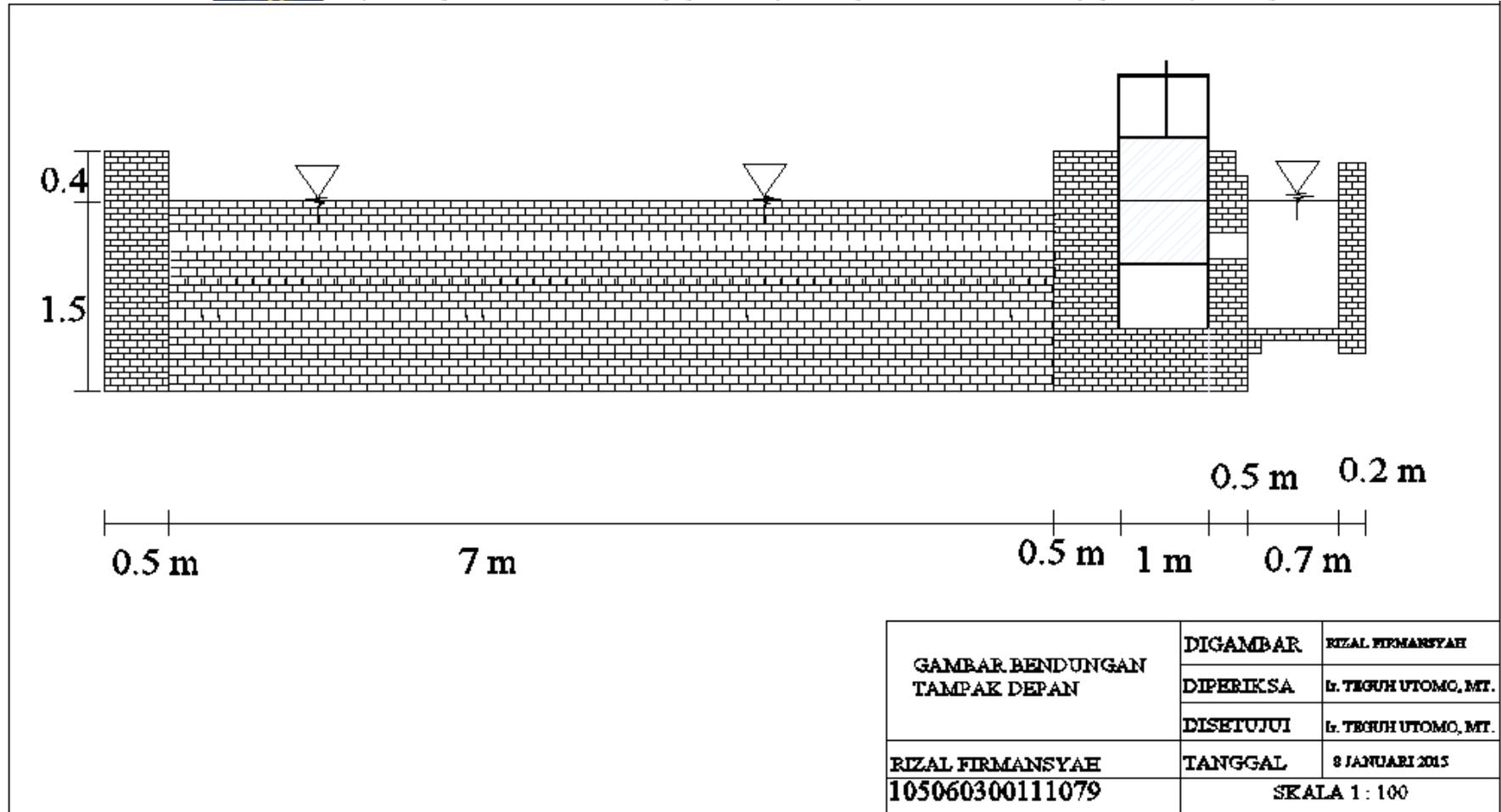
REPOSITORY.UB.AC.ID

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

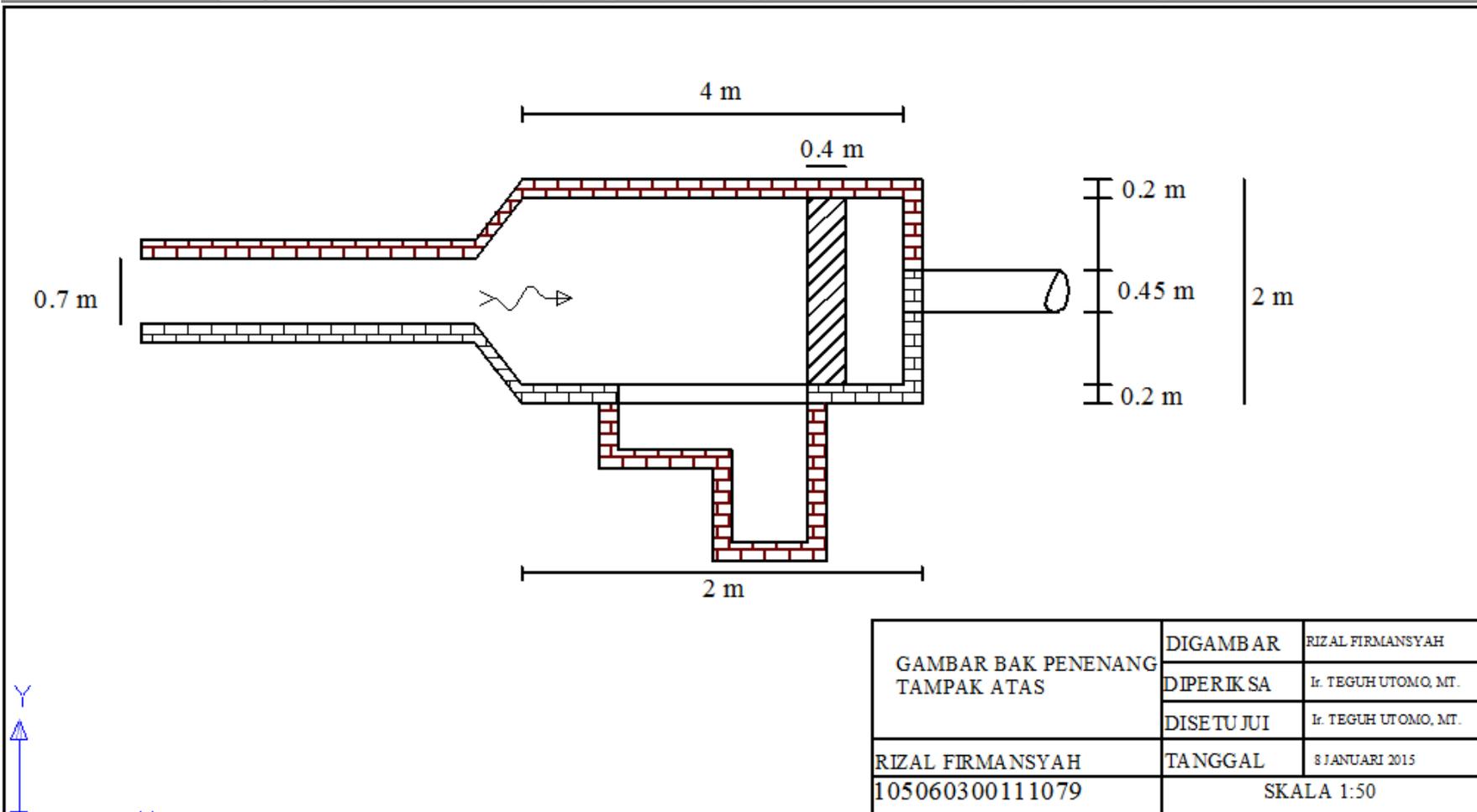
LAMPIRAN 2



LAMPIRAN 3

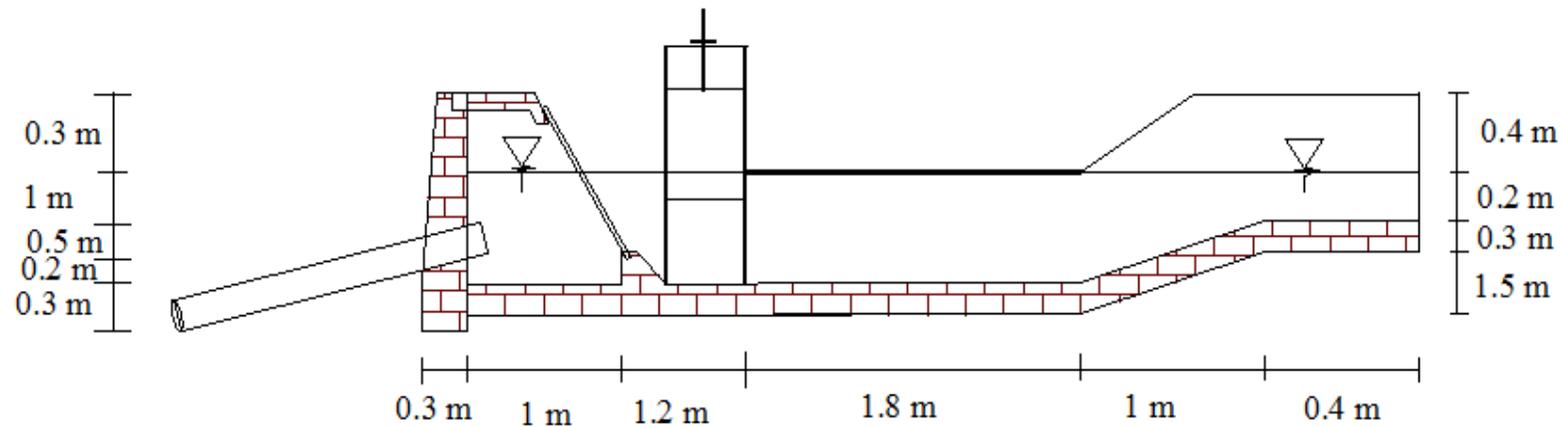


LAMPIRAN 6



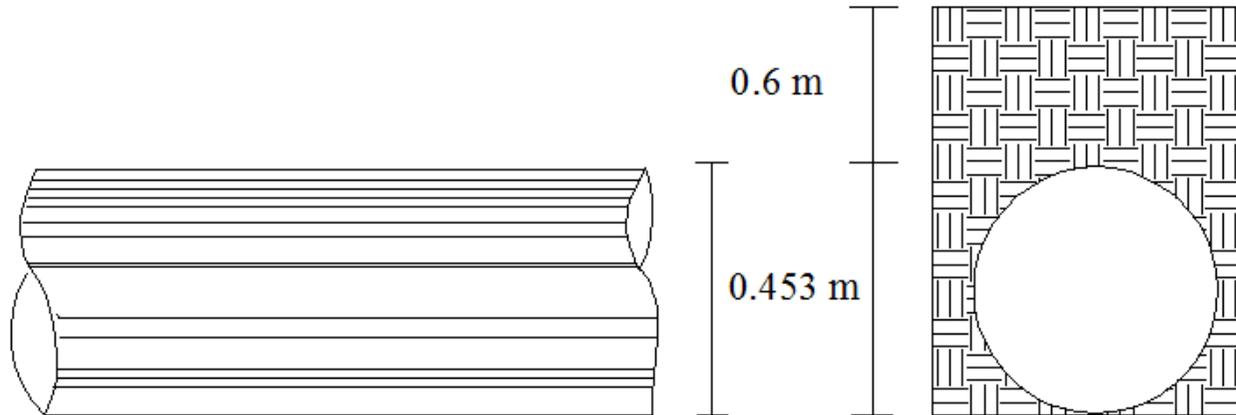
GAMBAR BAK PENENANG TAMPAK ATAS	DIGAMBAR	RIZAL FIRMANSYAH
	DIPERIKSA	Ir. TEGUH UTOMO, MT.
	DISETUI	Ir. TEGUH UTOMO, MT.
RIZAL FIRMANSYAH	TANGGAL	8 JANUARI 2015
105060300111079	SKALA 1:50	

LAMPIRAN 7



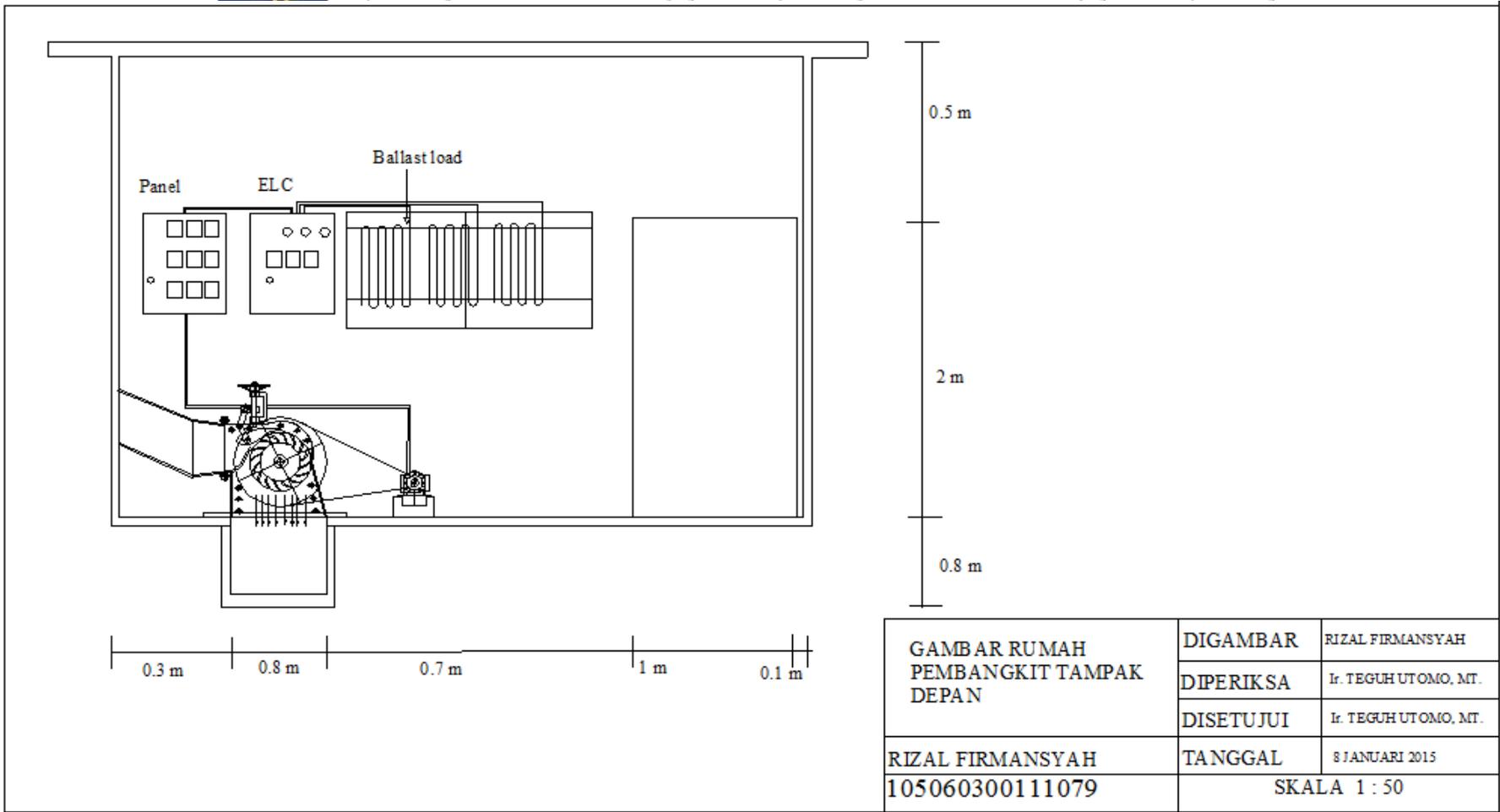
GAMBAR BAK PENENANG TAMPAK SAMPIG	DIGAMBAR	RIZAL FIRMANSYAH
	DIPERIKSA	Ir. TEGUH UTOMO, MT.
	DISE TUIJI	Ir. TEGUH UTOMO, MT.
RIZAL FIRMANSYAH 105060300111079	TANGGAL	8 JANUARI 2015
		SKALA 1: 50

LAMPIRAN 8



GAMBAR PIPA PESAT	DIGAMBAR	RIZAL FIRMANSYAH
	DIPERIKSA	Ir. TEGUH UTOMO, MT.
	DISETUIJUI	Ir. TEGUH UTOMO, MT.
RIZAL FIRMANSYAH	TANGGAL	8 JANUARI 2015
105060300111079	SKALA 1 : 14	

LAMPIRAN 9



LAMPIRAN 10

TABEL PENGUKURAN DEBIT MUSIM KEMARAU (13-18 Oktober 2014)

PENGUKURAN	LUAS PENAMPANG	JARAK	WAKTU	KECEPATAN	DEBIT AIR
I	0.3575	6	5.94	1.0101	0.361
			5.74	1.0452	0.373
			5.77	1.0398	0.371
			5.81	1.0327	0.369
			5.62	1.0676	0.381
II	0.3800	6	5.89	1.0186	0.387
			5.73	1.0471	0.397
			5.8	1.0344	0.393
			5.75	1.0434	0.396
			5.9	1.0169	0.386
III	0.3775	6	5.72	1.4895	0.395
			5.68	1.0563	0.398
			5.73	1.0471	0.395
			5.9	1.0169	0.383
			5.84	1.0273	0.387
IV	0.3750	6	5.71	1.0507	0.394
			5.78	1.0380	0.389
			5.65	1.0619	0.398
			5.83	1.0291	0.359
			5.85	1.0256	0.384

Sumber: Pengukuran Langsung 2014

Mengetahui,
Pembimbing Lapangan

SUCIPTO

TABEL PENGUKURAN DEBIT MUSIM HUJAN (17-22 November 2014)

PENGUKURAN	LUAS PENAMPANG	JARAK	WAKTU	KECEPATAN	DEBIT AIR
I	0.5057	6	4.91	1.2219	0.620
			4.18	1.4354	0.728
			4.41	1.3605	0.690
			4.58	1.3100	0.664
			4.21	1.4251	0.723
II	0.5050	6	4.61	1.3015	0.657
			4.58	1.3100	0.661
			4.48	1.3392	0.676
			4.56	1.3157	0.664
			4.42	1.3574	0.685
III	0.4975	6	4.52	1.3274	0.660
			4.63	1.2958	0.644
			4.61	1.3015	0.647
			4.4	1.3636	0.678
			4.37	1.3729	0.683
IV	0.4400	6	4.9	1.2244	0.538
			4.86	1.2345	0.543
			4.01	1.500	0.660
			4.36	1.3761	0.605
			4.27	1.4051	0.618

Sumber : Pengukuran di lapangan, 2014

Mengetahui,
Pembimbing Lapangan

SUCIPTO

LAMPIRAN 11
 DATA HIDROLOGI BULAN JANUARI 2014

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. 185 A b. Kall Pancing c. ± 670 M	a. 189 A b. Kee, 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
2	2	9	-	3	4	15	60	Stasiun
3	-	5	-	1	-	4	-	Hujan
4	-	6	-	0	0	41	-	b. Nama
5	18	37	22	23	51	-	12	Stasiun
6	8	29	50	30	39	79	66	Hujan
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	10	-	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	
Harl 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


 SP. MADI, 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 HIDROLOGI BULAN FEBRUARI 2014

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. Kee. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawar 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	9	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	-	-	1	-	-	-	
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	24	-	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	15 X	8 X	25 X	19 X	19 X	16 X	

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


SPMADI, 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 HIDROLOGI BULAN MARET 2014

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. Ker. 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
2	-	-	-	-	9	-	-	Stasiun
3	-	2	-	-	-	18	-	Hujan
4	-	-	-	3	-	2	22	b. Nama
5	-	-	-	0	-	-	-	Stasiun
6	25	1	-	-	-	-	-	Hujan
7	-	-	-	-	-	-	-	c. SHVP
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


SUDADI, 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 HIDROLOGI BULAN APRIL 2014

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. 152 B b. Sememu c. ± 39 M	a. 188 A b. Kali Parclag 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
2	-	-	-	2	8	-	-	Stasiun
3	14	-	-	0	5	3	-	Hujan
4	2	-	-	12	0	-	10	b. Nama
5	12	-	-	1	3	-	-	Stasiun
6	-	2	-	-	-	-	-	Hujan
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	9	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	0	0	-	-	
28	3	4	-	-	12	-	-	
29	-	-	-	-	-	-	-	
30	-	-	-	-	-	-	-	
31	X	X	X	X	X	X	X	
Jml Hujan	113	159	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 HIDROLOGI BULAN MEI 2014

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. 108 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
2	-	-	-	-	-	-	-	Stasiun
3	-	-	-	-	0	-	-	Hujan
4	-	-	-	-	-	8	-	b. Nama
5	-	-	-	10	-	-	-	Stasiun
6	-	-	-	-	-	20	10	Hujan
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


SEMADI, 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 HIDROLOGI BULAN JUNI 2014

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. Senemu c. ± 38 M	a. 188 A b. Ka'l Pancing c. ± 670 M	a. 189 A b. Nee. 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
2	-	-	-	-	-	-	-	Stasiun
3	-	-	-	0	-	-	-	Hujan
4	-	-	-	-	-	-	-	b. Nama
5	-	-	-	0	-	-	-	Stasiun
6	-	-	-	0	-	5	9	Hujan
7	-	-	-	1	-	-	4	c. SHVP
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



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


SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014



DATA HIDROLOGI BULAN JULI 2014

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. 181 B b. Seresuu 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
2	-	0	-	51	0	88	40	Stasiun
3	5	20	-	48	5	95	50	Hujan
4	-	15	-	50	-	53	70	b. Nama
5	-	0	-	6	0	12	20	Stasiun
6	-	-	-	7	0	38	40	Hujan
7	-	-	-	2	-	-	-	c. SHVP
8	-	0	-	10	1	17	30	
9	20	0	-	21	3	62	70	
10	-	0	-	4	4	15	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	54	586	215	744	715	
Hujan Max	37	70	37	125	90	95	120	
Harl 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


SEMADI, 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 HIDROLOGI BULAN AGUSTUS 2014

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 Pasiring 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
2	0	30	-	31	1	63	70	Stasiun
3	-	3	-	0	-	3	10	Hujan
4	4	0	-	29	-	-	-	b. Nama
5	-	-	-	-	-	-	-	Stasiun
6	-	-	-	-	-	-	-	Hujan
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	-	-	-	3	-	-	-	
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 HIDROLOGI BULAN SEPTEMBER 2014

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

Tanggal Peekar 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. Kee. 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
2	-	-	-	-	-	-	-	Stasiun
3	-	-	-	-	3	-	-	Hujan
4	-	-	-	-	-	-	-	b. Nama
5	-	-	-	-	-	-	-	Stasiun
6	-	-	-	-	0	-	-	Hujan
7	-	-	-	-	-	-	-	c. SHVP
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


SEMADI, 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 HIDROLOGI BULAN OKTOBER 2014

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. ± 39 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
2	-	-	-	-	-	-	-	Stasiun
3	-	-	-	1	1	-	-	Hujan
4	-	-	-	1	-	-	4	b. Nama
5	-	-	-	-	-	-	-	Stasiun
6	-	-	-	-	-	-	-	Hujan
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	

Mengotahui
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 HIDROLOGI BULAN NOVEMBER 2014

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 Paociang 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
2	-	-	-	-	-	-	-	Stasiun
3	-	-	-	-	-	-	-	Hujan
4	-	-	-	-	-	4	20	b. Nama
5	-	0	-	3	0	-	-	Stasiun
6	-	-	-	0	-	-	-	Hujan
7	-	-	-	-	-	-	-	c. SHVP
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	21	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	1	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	1	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	20X	20X	16X	11X	

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


SEMADI, S.AP
NIP. 19610215 198603 1 014

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


SLAMET HARIYANTO
NIP. 196509112007011014

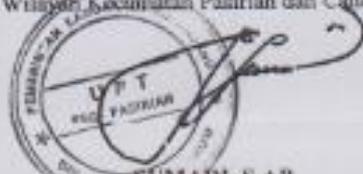


DATA HIDROLOGI BULAN DESEMBER 2014

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

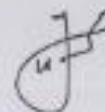
Tanggal Penakar Hujan	a. 189 b. Pasirian c. ± 155 M	a. 163 b. Candipuro c. ± 322 M	a. 182 B b. Sememu c. ± 38 M	a. 188 A b. Kali Pasaring c. ± 670 M	a. 189 A b. Kec. Pasirian c. ± 155 M	a. 188 B b. Gunung Sawur c. ± 682 M	a. 164 A b. Curah Kobo'an c. ± 734 M	KET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7	3	10	1	7	-	-	a. Nomor Stasiun Hujan
2	23	20	16	10	31	0	-	b. Nama Stasiun Hujan
3	8	2	10	12	30	40	35	c. SHVP
4	0	2	-	6	-	6	10	
5	24	30	23	44	33	15	10	
6	21	3	12	10	9	3	7	
7	3	5	8	8	7	5	4	
8	0	0	-	15	0	34	36	
9	-	-	-	3	-	-	-	
10	-	-	-	0	-	-	-	
11	6	3	10	1	10	-	-	
12	0	0	-	-	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	-	6	-	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

