



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
AIR DI BENDUNGAN BAGONG KABUPATEN
TRENGGALEK JAWA TIMUR**

SITA PERMATA PERTIWI
NRP. 03111745000053

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

Dosen Pembimbing II
A. A. N. Satria Damaranegara, ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
AIR DI BENDUNGAN BAGONG KABUPATEN
TRENGGALEK JAWA TIMUR**

SITA PERMATA PERTIWI
NRP. 03111745000053

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

Dosen Pembimbing II
A. A. N. Satria Damarnegara, ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



FINAL PROJECT – RC18-4803

**PLANNING OF HYDROPOWER PLANT IN BAGONG DAM,
TRENGGALEK DISTRICT, EAST JAVA**

SITA PERMATA PERTIWI
NRP. 03111745000053

Supervisor I
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

Supervisor II
A. A. N. Satria Damarnegara, ST. MT

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Environmental and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya
2019

**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR
DI BENDUNGAN BAGONG KABUPATEN TRENGGALEK
JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SITA PERMATA PERTIWI

NRP. 03111745000053

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.

2. A. A. N. Satria Damarnegara, ST, MT



SURABAYA,
2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI BENDUNGAN BAGONG KABUPATEN TRENGGALEK JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Sita Permata Pertiwi
NRP : 0311174500053
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc
2. A. A. N. Satria Damarnegara, ST.
MT

ABSTRAK

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya pemanfaatan energi listrik untuk menunjang segala kegiatan masyarakat. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap menurunnya sumber energi dalam menghasilkan energi listrik, sehingga perlu adanya alternatif penggunaan sumber energi terbarukan untuk menghasilkan listrik. Salah satu contoh alternatif tersebut yaitu dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan potensi sumber daya air pada bendungan Bagong dengan merencanakan suatu pembangkit listrik tenaga air. Pembangkit listrik tenaga air adalah pembangkit listrik dengan mengubah energi potensial air menjadi energi listrik. Air sebagai sumber energi akan menggerakkan turbin dengan mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik dan generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan memanfaatkan tinggi jatuh air (head) dan debit air. Perencanaan pembangkit listrik tenaga air pada bendungan Bagong direncanakan memanfaatkan debit outflow bendungan sebagai energi potensial untuk menghasilkan energi listrik. Perencanaan tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan tambahan listrik untuk masyarakat serta prasarana pariwisata yang akan datang

di sekitar bendungan dan dapat memaksimalkan pemanfaatan sumber daya air di bendungan Bagong

Dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga air di bendungan Bagong analisa awal yang dilakukan adalah analisa debit dimana debit inflow berasal dari debit kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air. Selanjutnya dilakukan analisa tinggi jatuh bruto berdasarkan data perencanaan bendungan Bagong dan perencanaan bangunan pembangkit yang meliputi bangunan pintu pengambilan (intake) , pipa pesat (penstock), surge tank dan jenis turbin yang akan digunakan. Analisa selanjutnya adalah analisa kehilangan energi yang terjadi pada bangunan pembangkit untuk mengetahui tinggi jatuh efektif yang kemudian dilakukan penggambaran gambar kerja berdasarkan hasil perencanaan bangunan pembangkit. Kemudian analisa daya listrik, energi listrik yang dapat dihasilkan dan analisa kelayakan ekonomi menggunakan metode NPV, BCR dan IRR.

Dari hasil perencanaan didapatkan tinggi jatuh efektif PLTA di bendungan Bagong pada alternatif 1 sebesar 43.21 m yang dapat menghasilkan energi listrik sebesar 1.758.236 KWh per tahun sedangkan pada alternatif 2 didapatkan tinggi jatuh efektif sebesar 42.99 m yang dapat menghasilkan energi listrik sebesar 1.749.038 KWh per tahun dengan jenis turbin yang digunakan untuk alternatif 1 dan alternatif 2 yaitu turbin francis. Dan secara ekonomi PLTA di bendungan Bagong layak untuk dibangun.

Kata Kunci : Perencanaan, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Energi Listrik

PLANNING OF HYDROPOWER PLANT IN BAGONG DAM, TRENGGALEK DISTRICT, EAST JAVA

Student Name : Sita Permata Pertiwi
NRP : 03111745000053
Departement : Civil Engineering
Supervisor : 1. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc
2. A. A. N. Satria Damarnegara, ST.
MT

ABSTRACT

Society needs for electrical energy are increasing along with population growth and increasing use of electricity to support all society activities. This will affect the decline in sources of electricity production, so there needs to be an alternative use of renewable energy sources to produce electricity. One example of this alternative can be done by utilizing the potential of water resources in the Bagong dam by planning a hydropower plant. Hydropower plants are power plants by converting potential energy to electricity. Water as an energy source will drive the turbine by converting potential energy of water into mechanical energy and the generator converts mechanical energy into electrical energy by utilizing the height of falling water (head) and water discharge. Planning for a hydropower plant at the Bagong dam is planned to utilize the dam's outflow discharge as potential energy to generate electricity. The plan is expected to be able to meet the additional electricity needs for the society and future tourism infrastructure around the dam and can maximize the use of water resources at the Bagong Dam

For planning a hydropower plant in Bagong dam, the first that must be analyzed is doing analysis of discharge that the inflow came from the disposal of irrigation and water needs. Furthermore, the analysis of high gross rainfall is based on

Bagong dam planning data and building planning which includes intake buildings, fast pipes (penstock), surge tanks and the type of turbines to be used. The next analysis is the analysis of energy losses that occur in the power plant to determine the effective fall height, then draw a shop drawing based on the results of the power plant planning. Then analysis of electrical power includes electrical energy that can be generated and economic feasibility analysis using the NPV, BCR and IRR methods.

From the planning results, the effective reduction of hydropower at the Bagong dam at alternative 1 is 42.99 m which can produce 1.758.236 KWh of electricity per year while in alternative 2 is 42.99 m which can produce 1.749.038 KWh of electricity per year with the type of turbine used for alternative 1 and alternative 2, namely the turbine francis. And economically hydropower in Bagong dam is feasible to be built.

Keywords: Planning, Hydropower Plant (PLTA), Electric Energy

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI BENDUNGAN BAGONG KABUPATEN TRENGGALEK JAWA TIMUR”**. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi seluruh mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada program studi Sarjana Teknik Sipil FTSLK ITS.

Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih atas bimbingan, arahan, serta bantuan dari :

1. Kedua orang tua serta kakak yang selalu memberikan doa dan motivasi
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc dan Bapak A. A. N. Satria Damarnegara, ST. MT selaku dosen pembimbing
3. Ibu Farida Rachmawati, ST., MT selaku dosen wali
4. Teman-teman Lintas Jalur Teknik Sipil 2017 FTSLK ITS serta semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat membantu demi terciptanya hasil yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Lokasi Studi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Definisi PLTA	8
2.3 Debit Andalan Metode FJ. Mock	9
2.3.1 <i>Water Balance</i>	9
2.3.2 <i>Evapotranspirasi</i>	10
2.3.3 <i>Water Surplus</i>	10
2.3.4 Total Run off	11
2.4 Kebutuhan Air	14
2.4.1 Kebutuhan Air Baku.....	14
2.4.2 Kebutuhan Air Untuk Irigasi	17

2.5	Duration Curve	21
2.6	Perencanaan Tinggi Jatuh	22
2.7	Perencanaan Bangunan Pembangkit.....	23
2.7.1	Perencanaan Pintu Pengambilan (Intake)	23
2.7.2	Perencanaan Pipa Pesat	24
2.7.3	Perencanaan Surge Tank	26
2.8	Kehilangan Energi	29
2.8.1	Kehilangan Energi Akibat Trashrack	30
2.8.2	Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang 31	
2.8.3	Kehilangan Energi Akibat Masukan.....	32
2.8.4	Kehilangan Energi Akibat Gesekan Sepanjang Pipa 32	
2.8.5	Kehilangan Energi Akibat Belokan Pada Pipa ...	33
2.8.6	Kehilangan Energi Akibat Outlet Pipa	34
2.8.7	Kehilangan Energi Total.....	34
2.9	Jenis Turbin	35
2.10	Energi Listrik Yang Dihasilkan	36
2.11	Kelayakan Ekonomi	37
BAB III METODOLOGI		41
3.1	Tahap Persiapan.....	41
3.2	Identifikasi Masalah	41
3.3	Studi Literatur.....	41
3.4	Pengumpulan Data.....	41
3.5	Tahap Analisa	42
3.5.1	Debit Andalan.....	42

3.5.2	Penentuan Tinggi Jatuh Bruto	42
3.5.3	Perencanaan Bangunan Pembangkit.....	42
3.5.4	Penentuan Tinggi Jatuh Effektif.....	42
3.5.5	Penentuan Jenis Turbin	42
3.5.6	Pembuatan Gambar Kerja.....	42
3.5.7	Perhitungan Daya Listrik Yang Akan Dihasilkan	43
3.5.8	Perhitungan Kelayakan Ekonomi	43
3.6	Diagram Alir.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Analisa Ketersediaan Air.....	47
4.1.1	Analisa Data Curah Hujan.....	47
4.1.2	Evapotranspirasi	48
4.1.3	Debit Andalan F. J. Mock	53
4.2	Analisa Kebutuhan Air	62
4.2.1	Kebutuhan Air Baku.....	62
4.1.2	Kebutuhan Air Irigasi	72
4.3	Analisa Water Balance	76
4.4	Debit Andalan PLTA.....	83
4.5	Penentuan Tinggi Jatuh	87
4.6	Perencanaan Bangunan Pembangkit.....	89
4.6.1	Perencanaan Pintu Intake	89
4.6.2	Perencanaan Pipa Pesat	91
4.6.3	Perencanaan Surge Tank	98
4.7	Perhitungan Tinggi Jatuh Efektif.....	122
4.8	Penentuan Jenis Turbin	126

4.9	Perhitungan Daya Listrik Dan Energi Listrik Yang Dihasilkan.....	127
4.10	Perhitungan Kelayakan Ekonomi	129
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		139
5.1	Kesimpulan.....	139
5.2	Saran	141
DAFTAR PUSTAKA.....		143
LAMPIRAN		145

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Teknis Bendungan Bagong	7
Tabel 2.2 Jenis Pembangkit Listrik Berdasarkan Daya Listrik Yang Dihasilkan	8
Tabel 2.3 Tingkat Pemakaian Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota	16
Tabel 2.4 Konsumsi Air Bersih di Perkotaan Indonesia Berdasarkan Keperluan Rumah Tangga.....	16
Tabel 2.5 Kebutuhan Air Non Domestik.....	17
Tabel 2.6 Koefisien Manning Bahan Pipa Pesat	25
Tabel 2.7 Faktor Safety Luas Penampang Surge Tank	28
Tabel 2.8 Nilai Koefisien Pada Profil Trashrack	31
Tabel 2.9 Nilai Koefisien A_2/A_1	31
Tabel 2.10 Koefisien Sudut Belokan Pipa.....	33
Tabel 4.1 Rekap Curah Hujan Harian Maksimum	47
Tabel 4.2 Data Klimatologi	49
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi	52
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Debit Metode FJ. Mock Pada Tahun 1998.....	56
Tabel 4.5 Rekapitulasi Debit Metode FJ.Mock.....	57
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Debit Andalan Metode FJ. Mock...59	
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk	63
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Domestik	65
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Hidran Umum	68
Tabel 4.10 Jumlah Fasilitas Umum	71
Tabel 4.11 Kebutuhan Air Masing-Masing Fasilitas	71
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Non-Domestik.....	72
Tabel 4.13 Kebutuhan Air Irigasi Pola Tanam Padi-Padi-Polowijo	74
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 90%	78
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 80%	79

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 70%	80
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 60%	81
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 50%	82
Tabel 4.19 Data Debit Kebutuhan Air Irigasi Dan Air Baku	83
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Prosentase Kejadian Debit	85
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Kebutuhan Surge Tank	101
Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Fluktuasi Air Dalam Surge Tank Ketika Pembukaan Turbin	118
Tabel 4.23 Cost Konstruksi Pipa Pesat.....	130
Tabel 4.24 Cost Kontruksi Surge Tank	131
Tabel 4.25 Cost Turbin.....	131
Tabel 4.26 Cost Konstruksi Power House.....	132
Tabel 4.27 Rekapitulasi Cost Konstruksi PLTA	133
Tabel 4.28 Cost Operasional Dan Perawatan	134
Tabel 4.29 Cost Pajak Air Permukaan.....	134
Tabel 4.30 Benefit Yang Dihasilkan PLTA	135
Tabel 4.31 Cost Yang Dikeluarkan Per Tahun.....	136
Tabel 4.32 Benefit Yang Dihasilkan Per Tahun.....	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 DAS Sungai Bagong.....	3
Gambar 1.2 Denah Situasi Bendungan Bagong	4
Gambar 1.3 Denah Bangunan Pengambilan (Intake)	5
Gambar 1.4 Potongan Memanjang Bangunan Pengambilan (Intake)	5
Gambar 2.1 Duration Curve	22
Gambar 2.2 Posisi Dan Bentuk Profil Trashrack	31
Gambar 2.3 Diagram Moody.....	33
Gambar 2.4 Tabel Penentuan Jenis Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh	35
Gambar 2.5 Grafik Penentuan Jenis Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh Dan Debit Andalan	35
Gambar 2.6 Diagram Efisiensi Turbin	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir	44
Gambar 4.1 Duration Curve Untuk Menentukan Debit Andalan PLTA.....	86
Gambar 4.2 Ploting Denah Perencanaan Kompnen PLTA Alternatif 1	87
Gambar 4.3 Ploting Denah Perencanaan Komponen PLTA Alternatif 2	88
Gambar 4.4 Belokan Pada Pipa Pesat Alternatif 1	104
Gambar 4.5 Nilai Koefisien Gesekan Pipa Alternatif 1	106
Gambar 4.6 Belokan Pada Pipa Pesat Alternatif 2	111
Gambar 4.7 Nilai Koefisien Gesekan Pipa Alternatif 2	113
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Waktu Dan Fluktuasi Muka Air Pada Surge Tank Untuk Mencapai Keadaan Diam Ketika Pembukaan Turbin	122
Gambar 4.9 Garis Kehilangan Energi Yang Terjadi Pada Alternatif 1	124
Gambar 4.10 Garis Kehilangan Energi Yang Terjadi Pada Alternatif 2	125
Gambar 4.11 Penentuan Jenis Turbin.....	126
Gambar 4.12 Turbin Francis	127

Gambar 4.13 Nilai Efisiensi Turbin	128
Gambar 4.14 Turbin Francis Type HLA153-WJ-50	132

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Salah satu contohnya adalah kebutuhan akan energi listrik. Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik maka semakin banyak sumber energi yang diperlukan untuk menghasilkan energi listrik. Mengingat saat ini dalam menghasilkan energi listrik masih menggunakan sumber energi minyak bumi, batu bara dan gas alam yang mana telah diketahui sumber energi tersebut ketersediaannya sangat terbatas, sehingga perlu adanya penggunaan energi terbarukan salah satu contoh dengan memanfaatkan sumber daya air sebagai alternatif dalam menghasilkan energi listrik. Pemanfaatan sumber daya air untuk menghasilkan listrik sering disebut pembangkit listrik tenaga air. Pembangkit listrik tenaga air adalah pembangkit listrik dengan merubah energi potensial air menjadi energi listrik.

Pada sungai Bagong yang merupakan Sub-DAS Ngerowo Ngasinan dari DAS Brantas dengan luas DAS 39.95 km² dan debit rata-rata tahunan sebesar 1.93 m³/detik direncanakan suatu bendungan yaitu bendungan Bagong yang terletak di Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur. Bendungan tersebut mempunyai kapasitas tampungan rencana adalah sebesar 17.40 juta m³ dengan tinggi bendung sebesar 75m. Dimana fungsi bendungan Bagong adalah sebagai pengendali banjir, penyuplai air baku untuk tiga kecamatan yaitu Kec. Trenggalek, Kec. Pogalan dan Kec. Bendungan, penyedia air irigasi dengan luas lahan 854 hektar serta pembangkit listrik tenaga air dengan memanfaatkan keluaran air.

Pada perencanaan pembangkit listrik tenaga air di bendungan Bagong ini debit inflow yang akan digunakan adalah berdasarkan debit kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku. Dengan potensi debit tersebut, bendungan Bagong dapat direncanakan suatu pembangkit listrik tenaga air yang berpotensi untuk menghasilkan listrik yang cukup sehingga dapat memenuhi

kebutuhan listrik masyarakat serta dapat memenuhi kebutuhan tambahan listrik prasarana pariwisata yang akan datang di sekitar bendungan dan dapat memaksimalkan pemanfaatan sumber daya air di bendungan Bagong.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dijadikan objek dalam perencanaan PLTA adalah sebagai berikut :

1. Berapa kapasitas turbin dan jenis turbin yang akan digunakan dalam perencanaan PLTA?
2. Berapa dimensi pada bangunan pintu intake, pipa pesat, surge tank dan kehilangan energi yang terjadi?
3. Berapa besar daya listrik dan energi listrik yang dapat dihasilkan PLTA?
4. Bagaimana kelayakan ekonomi pada perencanaan PLTA tersebut?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kapasitas dan jenis turbin yang akan digunakan dalam perencanaan PLTA
2. Merencanakan dimensi bangunan pintu intake, pipa pesat, surge tank dan kehilangan energi yang terjadi
3. Menghitung besar daya listrik dan energi yang dapat dihasilkan PLTA
4. Menghitung kelayakan ekonomi pada perencanaan PLTA tersebut

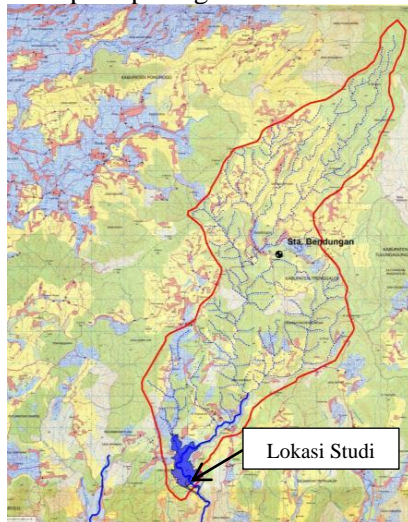
1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak melakukan analisa kesetabilan pada perencanaan bangunan pembangkit
2. Tidak memperhitungkan secara detail pada konstruksi sipil, hanya sebatas perhitungan dimensi saja
3. Tidak merencanakan jaringan transmisi

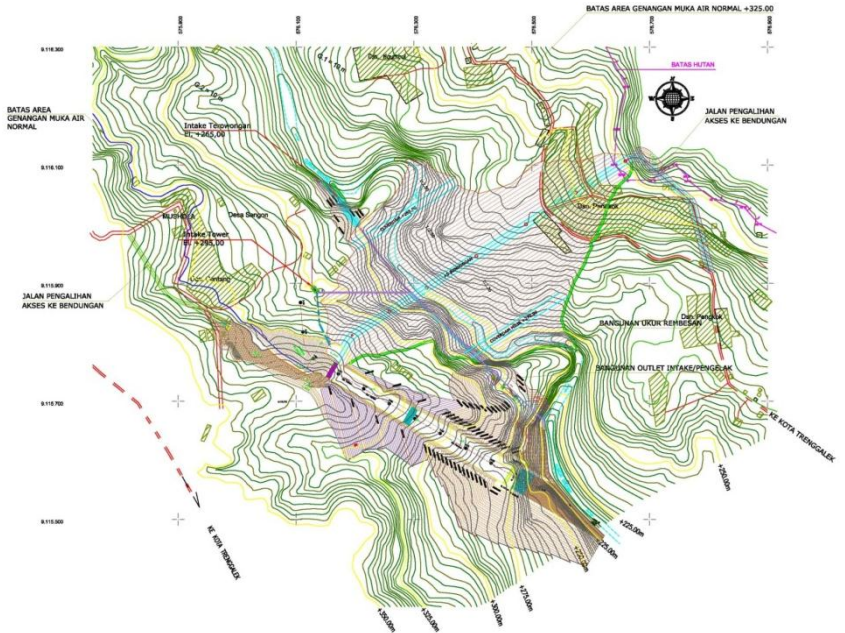
1.5 Lokasi Studi

Lokasi studi perencanaan pembangkit listrik tenaga air ini terletak di bendungan Bagong yang terletak di Desa Sumurup dan Desa Sengon, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur seperti pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 DAS Sungai Bagong
(Sumber : Laporan Akhir SID Bendungan Bagong Kab.
Trenggalek, 2014)

Denah situasi bendungan, denah bangunan intake serta potongan memanjang bangunan intake dari bendungan Bagong dapat dilihat pada gambar 1.2 hingga 1.4.



Gambar 1.2 Denah Situasi Bendungan Bagong
(Sumber : Laporan Akhir SID Bendungan Bagong Kab.
Trenggalek, 2014)

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pembangunan bendungan Bagong merupakan salah satu alternatif yang dapat dilaksanakan sebagai pengendali banjir pada Kab. Trenggalek, penyuplai air baku untuk tiga kecamatan yaitu Kec. Trenggalek, Kec. Pogalan dan Kec. Bendungan, penyedia air irigasi dengan luas lahan 854 hektar serta pembangkit listrik tenaga air dengan memanfaatkan keluaran air. Dalam perencanaan awal bendungan Bagong telah dilakukan SID Bendungan Bagong Kab. Trenggalek dan Model Test yang dilaksanakan oleh konsultan perencana PT. Mettana pada tahun 2014. Adapun data teknis bendungan Bagong hasil SID Bendungan Bagong Kab. Trenggalek dan Model Test dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Data Teknis Bendungan Bagong

Sungai	Sungai Bagong
Luas DAS	39.95 km ²
Debit rata-rata tahunan	1.931 m ³ /dt
Elv. M.A.N	+325
Elv. M.A.M	+297
Elv. puncak bendung	+330
Lebar puncak bendung	30 m
Tinggi bendung	75 m
Kapasitas tampungan total	17.40 juta m ³

(Sumber : Laporan Akhir SID Bendungan Bagong Kab. Trenggalek, 2014)

Dalam penelitian tugas akhir (Muhammad Fachrurrozi: 2017) tentang Studi Optimasi Pemanfaatan Waduk Bagong Di Kabupaten Trenggalek Untuk Jaringan Irigasi, Kebutuhan Air Baku, Dan Potensi PLTA dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan air berdasarkan musim penghujan dan musim kemarau yang mempengaruhi ketersediaan air di waduk. Hasil identifikasi yang dilakukan oleh penulis didapatkan kebutuhan air irigasi

yang optimal yaitu alternatif 2 sebesar 18957.12 liter/detik, kebutuhan air baku pada tahun 2015 sebesar 50.17 liter/detik dan potensi PLTA dengan debit andalan sebesar 1.02 m³/detik dapat menghasilkan daya listrik sebesar 102.98 KW dan energi listrik sebesar 902081 KWh. Dari hasil identifikasi tersebut, saran yang diberikan penulis adalah perlu dilakukan perhitungan kembali potensi PLTA yang dapat dihasilkan dan perhitungan water balance untuk menghitung keseimbangan air yang masuk dan keluar waduk.

2.2 Definisi PLTA

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit listrik dengan mengubah energi potensial air menjadi energi listrik. Secara teknis PLTA menggunakan tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator. Air sebagai sumber energi akan menggerakkan turbin dengan mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik dan generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan memanfaatkan tinggi jatuh air (head) dan debit air. Semakin tinggi jatuh air, maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Pembangkit listrik tenaga air dapat dibedakan menjadi enam jenis berdasarkan besar daya listrik yang dihasilkan.

Tabel 2.2 Jenis Pembangkit Listrik Berdasarkan Daya Listrik Yang Dihasilkan

Jenis Pembangkit Listrik	Daya Listrik
Pico	< 5 KW
Micro	5 KW – 100 KW
Mini	> 100 KW – <1000 KW
Small	1000 KW – 100000 KW
Medium	>100000 KW – 500000 KW
Large	>500000 KW

(Sumber : Hydropower, 2009)

2.3 Debit Andalan Metode FJ. Mock

Perhitungan debit andalan adalah tahap awal dalam perencanaan PLTA yang bertujuan untuk mengetahui debit rencana yang akan dimanfaatkan sebagai inflow pembangkit listrik. Perhitungan debit andalan digunakan untuk masukan simulasi operasi bangunan daerah kritis dalam pemanfaatan air. Salah satu metode yang digunakan adalah Metode F J. Mock yang dikembangkan khusus untuk perhitungan sungai-sungai di Indonesia.

Konsep metode F J. Mock menyatakan bahwa hujan yang jatuh di atas tanah sebagian akan hilang karena penguapan (*evaporasi*), sebagian akan hilang menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian lainnya akan masuk ke dalam lapisan tanah (*infiltrasi*). Infiltrasi akan menjenuhkan permukaan tanah yang kemudian menjadi perkolasi dan akhirnya keluar ke sungai sebagai *base flow*. Metode ini memiliki beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan yaitu faktor curah hujan, evapotranspirasi, keseimbangan air di permukaan tanah dan kandungan air tanah. Perhitungan debit andalan meliputi perhitungan *Water Balance*, *Evapotranspirasi*, *Water Surplus*, dan perhitungan *Run off*.

2.3.1 Water Balance

Water balance adalah hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) di suatu daerah untuk suatu periode tertentu. Bentuk dari persamaan *Water balance* sebagai berikut:

$$P = E_a + \Delta GS + TRO \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

P : Presipitasi

E_a : Evapotranspirasi

ΔGS : Perubahan *groundwater storage*

2.3.2 Evapotranspirasi

Menurut FJ. Mock, rasio antara selisih evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual dengan evapotranspirasi potensial dipengaruhi oleh *exposed surface* dan jumlah hari hujan, seperti persamaan berikut :

$$\frac{\Delta E}{E_p} = \left(\frac{m}{20}\right)(18-n) \dots\dots\dots (2.2)$$

Sehingga,

$$\Delta E = E_p \left(\frac{m}{20}\right)(18-n) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- E_p* : evapotranspirasi potensial
- m* : *exposed surface*
- n* : jumlah hari hujan

Persamaan di atas menunjukkan bahwa evapotranspirasi potensial akan sama dengan evapotranspirasi aktual atau ΔE=0, jika evapotranspirasi terjadi pada hutan primer atau hutan sekunder. Dimana daerah ini memiliki harga *exposed surface* sama dengan nol. Selain itu ΔE=0 jika banyaknya hari hujan dalam bulan yang diamati pada daerah itu sama dengan 18 hari. Sehingga evapotranspirasi yang sebenarnya terjadi atau evapotranspirasi aktual dihitung sebagai berikut:

$$E_{\text{aktual}} = E_p - \Delta E \dots\dots\dots (2.4)$$

2.3.3 Water Surplus

Water surplus merupakan air hujan yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah. *Water surplus* berpengaruh langsung pada komponen debit yaitu infiltrasi atau perkolasi dan *total run off*. *Water surplus* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$WS = (P - Ea) + SS \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

- WS : Water surplus
 P : Persipitasi
 Ea : Evapotranspirasi
 SS : *Soil storage*

2.3.4 Total Run off

Air hujan yang telah mengalami *evapotranspirasi* dan disimpan dalam tanah lembab selanjutnya melimpas di permukaan (*surface run off*) dan mengalami perkolasi. Besarnya infiltrasi dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Infiltrasi (i)} = WS \times \text{if} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

- WS : *Water surplus*
 if : koefisien infiltrasi

Infiltrasi akan terus berlangsung hingga mencapai zona tampungan air tanah (*ground water storage, GS*). Dalam metode ini, besarnya GS dipengaruhi oleh beberapa komponen berikut:

- a. Infiltrasi (i)
 Semakin besar infiltrasi maka *ground water storage* juga semakin besar pula dan sebaliknya.
- b. Konstanta resesi aliran bulanan (K)
 Konstanta resesi aliran bulanan (*monthly flow recession constan, K*) adalah proporsi dari air tanah bulan lalu yang masih ada bulan sekarang.
- c. *Ground water storage* bulan sebelumnya (GS₀)
 Nilai ini diasumsikan sebagai konstanta awal dengan anggapan bahwa *water balance* merupakan siklus tertutup yang ditinjau selama rentang waktu menerus tahunan tertentu. Dengan demikian maka nilai asumsi awal bulan

pertama tahun pertama harus dibuat sama dengan nilai bulan terakhir tahun terakhir.

Dari ketiga faktor di atas, F.J. Mock merumuskan besarnya *ground water storage* sebagai berikut:

$$GS = \{0,5 \times (1+K) \times i\} + \{K \times G_{som}\} \dots\dots\dots (2.7)$$

Perubahan *ground water storage* (ΔGS) merupakan selisih antara *ground water storage* bulan yang ditinjau dengan *ground water storage* bulan sebelumnya. Perubahan *ground water storage* dirumuskan sebagai berikut:

$$BF = i - \Delta GS \dots\dots\dots (2.8)$$

Selain *Base Flow*, komponen debit yang lain adalah *direct run off* (limpasan langsung) atau *surface run off* (limpasan permukaan). Limpasan permukaan berasal dari *water surplus* yang telah mengalami infiltrasi. Sehingga *direct run off* dihitung dengan persamaan berikut:

$$DRO = WS - I \dots\dots\dots (2.9)$$

Setelah *Base Flow* dan *direct run off* komponen debit lainnya adalah *storm run off*, yaitu limpasan langsung ke sungai yang terjadi selama hujan deras. Dalam perhitungan debit ini, F.J. Mock menetapkan bahwa :

- a. Jika presipitasi (P) > maksimum *soil moisture capacity* maka nilai *storm run off* = 0.
- b. Jika presipitasi (P) < maksimum *soil moisture capacity* maka nilai *storm run off* adalah jumlah curah hujan dalam satu bulan yang bersangkutan dikali *percentage factor*, atau:

$$SRO = P \times PF \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan demikian maka *total run off* (TRO) yang merupakan komponen-komponen pembentuk debit sungai (*stream flow*) adalah jumlah antara *basa flow*, *direct run off* dan *storm run off*, atau:

$$\text{TRO} = \text{BF} + \text{DRO} + \text{SRO} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Total run off ini dinyatakan dalam mm/bulan. Maka jika TRO ini dikalikan dengan *catchment are* dalam km² dengan suatu angka konversi tertentu didapatkan besaran debit dalam m³/det.

Water balance merupakan siklus tertutup yang terjadi untuk suatu kurun waktu pengamatan tahunan tertentu, dimana tidak terjadi perubahan *ground water storage* atau $\Delta\text{GS} = 0$. Artinya awal penentuan *ground water storage* adalah berdasarkan bulan terakhir dalam tinjauan kurun waktu tahunan tersebut. Sehingga persamaan *water balance* menjadi:

$$P = E_a + \text{TRO} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Beberapa hal yang dijadikan acuan dalam prediksi debit dengan metode F J. Mock sehubungan dengan *water balance* untuk kurun waktu (misalnya 1 tahun) adalah sebagai berikut:

- a. Dalam satu tahun, perubahan *ground water storage* (ΔGS) harus sama dengan nol.
- b. Jumlah total evapotranspirasi dan *total run off* selama satu tahun harus sama dengan total presipitasi yang terjadi dalam tahun itu.

Perhitungan debit andalan dilakukan dengan mengurutkan data pencatatan debit yang tersedia, selanjutnya data tersebut diurutkan atau dirangking mulai dari urutan data terkecil ke urutan data terbesar. Setelah data diurutkan ditetapkan prosentase debit andalan adalah 80%, maka rumusnya:

$$M = 0,2 \times N \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

M : rangking debit andalan yang diharapkan

N : jumlah tahunan data pengamatan debit

2.4 Kebutuhan Air

Debit rencana yang digunakan dalam perencanaan PLTA ini adalah berdasarkan debit kebutuhan air irigasi dan air baku. Dalam analisa kebutuhan air irigasi ada beberapa kondisi yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan yaitu pola tanam dan luas area pada daerah irigasi yang dilayani. Untuk analisa kebutuhan air baku perlu diketahui jumlah penduduk pada lokasi studi yang kemudian dilakukan perhitungan proyeksi pada jumlah penduduk tersebut dan jumlah kebutuhan air yang terdiri dua sektor yaitu sektor domestik dan non domestik. Sektor domestik meliputi kebutuhan air untuk rumah tangga dan hidran umum sedangkan sektor non domestik meliputi kebutuhan air untuk kegiatan penunjang kota/kabupaten seperti rumah sakit, sekolah, kantor/kantor pemerintah, tempat ibadah dll.

2.4.1 Kebutuhan Air Baku

Perkiraan kebutuhan air bersih tergantung dari banyaknya jumlah penduduk. Banyaknya kebutuhan air bersih dapat dikelompokkan menjadi (Anwar, Nadjadji: 2012) :

- Kebutuhan rumah tangga (*domestic use*).
- Kebutuhan industri dan perdagangan (*industrial and commercial use*).
- Pemakaian fasilitas umum (*public use*).
- Kehilangan pada sistem, kesalahan meter, pencurian air dan lain-lain.

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk (Metode Geometri) digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_o \times (1+r)^n \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

- Pn : Jumlah Penduduk n tahun yang akan datang
 Po : Jumlah Penduduk pada akhir tahun data
 r : Angka pertumbuhan penduduk (%)
 n : interval waktu (tahun)

Untuk menghitung jumlah kebutuhan air baku digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = P_n \times q \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

- Q : kebutuhan air baku
 Pn : jumlah penduduk terlayani (jiwa)
 q : debit keluaran individu

Menurut Ditjen Cipta Karya (2000) standar kebutuhan air ada dua, yaitu :

1. Standar Kebutuhan Air Domestik

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari. Untuk merumuskan penggunaan air oleh masing-masing komponen (kelompok Per Sambungan Rumah) dalam perencanaan dan perhitungan digunakan asumsi-asumsi atau pendekatan-pendekatan berdasarkan kategori kota seperti pada Tabel berikut ini:

Tabel 2.3 Tingkat Pemakaian Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Tingkat Pemakaian Air (lt/orang/hari)
1	Kota Metropolitan	>1000000	120
2	Kota Besar	500000 – 1000000	100
3	Kota Sedang	100000 – 500000	90
4	Kota Kecil	20000-100000	60
5	Kota Kecamatan	< 20000	50

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Tabel 2.4 Konsumsi Air Bersih di Perkotaan Indonesia Berdasarkan Keperluan Rumah Tangga

No	Rumah Tangga (Keperluan)	Konsumsi (lt/orang/hari)
1	Mandi, Cuci, Kakus	12
2	Minum	2
3	Cuci Pakaian	10.7
4	Kebersihan Rumah	31.4
5	Taman	11.8
6	Cuci Kendaraan	21.1

(Sumber: DPU Dirjen Cipta Karya, 1996)

2. Standar Kebutuhan Air Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih diluar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik terdiri dari penggunaan komersil, industri dan penggunaan umum, seperti penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah-sekolah dan tempat-tempat ibadah.

Tabel 2.5 Kebutuhan Air Non Domestik

No	Sarana dan Prasarana	Konsumsi
1	Sekolah	10 liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200 liter/bed/hari
3	Puskesmas	2000 liter/unit/hari
4	Masjid	3000 liter/unit/hari
5	Kantor	10 liter/pegawai/hari
6	Pasar	12000 liter/hektar/hari
7	Hotel	150 liter/bed/hari
8	Rumah Makan	100 liter/tempat duduk/hari
9	Komplek Militer	60 liter/orang/hari
10	Kawasan Industri	0,2-0,8 liter/detik/hari
11	Kawasan Wisata	0,1-0,3 liter/detik/hari

(Sumber: DPU Dirjen Cipta Karya, 1996)

2.4.2 Kebutuhan Air Untuk Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Faktor – faktor yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi adalah sebagai berikut:

1. Areal Tanam

Areal tanam adalah lahan yang menjadi daerah aliran jaringan irigasi. Luas areal tanam di suatu daerah pengairan yang memiliki jaringan irigasi yang baik untuk tanaman akan mempengaruhi besarnya kebutuhan air

2. Pola Tanam

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Tujuan menyusun rencana tata tanam adalah untuk menyusun pola pemanfaatan air irigasi yang tersedia untuk memperoleh hasil produksi tanam yang maksimal bagi usaha pertanian. Pola tanam merupakan susunan rencana

penanaman berbagai jenis tanaman selama satu tahun, yakni padi, tebu, dan polowijo.

3. Sistem Golongan

Untuk memperoleh areal tanam yang optimal dari debit yang tersedia di atasi dengan cara golongan yaitu pembagian luas areal tanam pada suatu daerah irigasi dengan mulai awal tanam yang tidak bersamaan. Cara perencanaan golongan teknis yaitu dengan membagi suatu daerah irigasi dalam beberapa golongan yg mulai pengolahan tanahnya dengan selang waktu 10 atau 15 hari. Dengan pengunduran waktu memulai pengolahan tanah pada setiap golongan maka kebutuhan air dapat terpenuhi sesuai dengan debit yg tersedia.

4. Perkolasi

Perkolasi merupakan pergerakan air mengalir ke bagian *moisture content* atas yang lebih dalam sampai air tanah. Laju perkolasi sangat tergantung kepada sifat – sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 – 3 mm/hari. Pada tanah – tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Dari hasil – hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan.

5. Kebutuhan air untuk lapisan air (WLR)

Penggantian lapisan air diperlukan untuk mengurangi efek reduksi pada tanah dan pertumbuhan tanaman. Penggantian lapisan air diberikan menurut kebutuhan dan dilakukan setelah pemupukan atau sesuai jadwal. Jika tidak ada penjadwalan, maka dilakukan penggantian sebanyak 2 (dua) kali, (masing-masing sebesar 50 mm dan 3.3 mm/hari selama setengah bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah penanaman (Dep. PU, 1986).

6. Koefisien Tanaman

Umur dan jenis tanaman yang ada mempengaruhi besar nilai koefisien tanaman. Faktor koefisien tanaman digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman pada masa pertumbuhannya.

7. Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah presentase perbandingan antara jumlah air yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan. Besarnya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang di perjalanannya dari saluran primer, sekunder, hingga tersier.

8. Kebutuhan air dan persiapan lahan

Metode yang digunakan untuk menghitung besarnya kebutuhan air selama jangka waktu penyiapan lahan yaitu dengan rumus yang telah dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra, yang didasarkan pada laju air konstan dalam liter per detik selama periode penyiapan lahan dengan persamaan sebagai berikut :

$$IR = \frac{(M \times ek)}{(ek-1)} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$K = \frac{M \times T}{S} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

- IR : Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)
- M : Kebutuhan evaporasi dan perkolasi = $E_o + P$
- E_o : Evaporasi potensial (mm/hari) = $E_{to} \times 1,10$
- P : Perkolasi (mm/hari)
- T : Waktu penyinaran tanah (hari)
- S : Kebutuhan air untuk penjemuran ditambah dengan 50 mm

9. Penggunaan konsumtif

Kebutuhan air untuk tanaman (crop water requirement) merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di areal pertanian pada kondisi cukup air, dari kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik. Kebutuhan air untuk tanaman ini didekati dengan persamaan Dorenboss et al, 1997 sebagai berikut :

$$Etc = Kc \times Eto \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

Kc : koefisien tanaman

Eto : Evapotranspirasi potensial (mm/hari) 10

10. Kebutuhan air irigasi untuk palawija

$$NFR = ETc + P - Re \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

ETc : consumptive use (mm)

P : kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)

Re : curah hujan efektif (mm/hari)

11. Kebutuhan air di sawah untuk padi

$$NFR = ETc + P - Re + WLR \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

ETc : consumptive use (mm)

P : kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)

Re : curah hujan efektif (mm/hari)

WLR : penggantian lapisan air (mm/hari)

12. Kebutuhan air di pintu pengambilan

Kebutuhan air di pintu pengambilan dapat diketahui dengan rumus :

$$DR = \frac{NFR}{EI} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

- DR : kebutuhan air di pintu pengambilan
 NFR : kebutuhan air di sawah
 EI : efisiensi irigasi

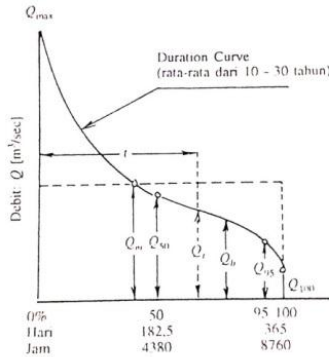
2.5 Duration Curve

Duration curve adalah suatu grafik yang memperlihatkan debit selama beberapa waktu tertentu dalam satu tahun.. Perhitungan duration curve dilakukan untuk memperoleh debit andalan dalam perencanaan PLTA dengan tujuan untuk menentukan debit rencana yang diharapkan selalu tersedia sebagai debit inflow untuk menggerakkan turbin.

Adapun prosedur dalam membuat duration curve adalah sebagai berikut :

1. Kumpulkan data debit yang akan digunakan
2. Urutkan data debit dari yang terbesar hingga terkecil
3. Hitung prosentase debit yang terjadi

$$\text{prosentase debit (\%)} = \frac{\text{nomer urut data}}{\text{jumlah data}} \times 100\%$$
4. Buat duration curve dengan debit pada sumbu y dan prosentase debit pada sumbu x



Gambar 2.1 Duration Curve
(Sumber : Tenaga Air, 1995)

5. Tarik garis vertikal pada sumbu x dengan prosentase debit andalan yang direncanakan, kemudian tarik garis horizontal ke arah kiri untuk mengetahui besaran debit andalan

2.6 Perencanaan Tinggi Jatuh

Perencanaan tinggi jatuh diusahakan semaksimal mungkin berdasarkan kondisi medan, struktur bangunan, dan muka air dimana PLTA direncanakan, sehingga akan menghasilkan daya yang maksimal. Tinggi jatuh efektif rencana adalah tinggi jatuh bruto hasil beda elevasi muka air diatas pipa pesat hingga elevasi turbin rencana yang akan dikurangi dengan tinggi kehilangan energi. Adapun rumus yang diguakan sebagai berikut :

$$H_{\text{eff}} = H_{\text{bruto}} - H_{\text{losses}} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

- H eff : Tinggi jatuh efektif (m)
 H bruto : Perbedaan tinggi muka air hulu dan turbin (m)
 H losses : Tinggi kehilangan energi (m)

2.7 Perencanaan Bangunan Pembangkit

Perencanaan bangunan pembangkit berupa bangunan pintu intake, pipa pesat dan surge tank dengan syarat kehilangan energi kurang dari 10% dari tinggi jatuh bruto.

2.7.1 Perencanaan Pintu Pengambilan (Intake)

Bangunan intake berfungsi sebagai tempat pemasukan debit rencana ke dalam pipa pesat yang kemudian dialirkan ke turbin yang akan mengubah energi kinetik menjadi energi listrik, maupun ke dalam waterway yang berfungsi sebagai pemenuh kebutuhan air. Pada bangunan intake dipasang trashrack yang berfungsi sebagai penyaring air agar air yang masuk ke dalam saluran bebas sampah yang dapat mengganggu aliran. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan intake sebagai berikut :

$$Q_n = \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

- Q : Debit andalan (m^3/dt)
 Qn : Debit rencana (m^3/dt)
 : $Q_n = 1.2 \times Q$
 μ : Koefisien debit
 a : Tinggi bukaan (m)
 b : Lebar pintu (m)
 g : Gaya gravitasi (9.81 m/dt^2)
 z : Kehilangan energi pada bukaan pintu (0.15 – 0.30)

2.7.2 Perencanaan Pipa Pesat

Pipa pesat adalah suatu pipa tekan yang berfungsi untuk mengalirkan air ke turbin serta menjaga besarnya debit yang mengalir agar tetap konstan. Dalam perencanaan pipa pesat perlu diperhatikan beberapa hal antara lain :

1. Diameter pipa pesat
2. Tebal pipa pesat
3. Posisi pengambilan
4. Tegangan yang terjadi pada pipa

2.7.2.1 Perencanaan Diameter Pipa Pesat

Perencanaan diameter pipa pesat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = 2.69 \left(\frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot L}{H} \right)^{0.1875} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

- | | | |
|---|---|--|
| D | : | Diameter pipa pesat (m) |
| n | : | Koefisien manning bahan pipa pesat (Tabel 2.6) |
| Q | : | Debit rencana (m ³ /dt) |
| L | : | Panjang pipa pesat (m) |
| H | : | Tinggi jatuh bruto (m) |

Tabel 2.6 Koefisien Manning Bahan Pipa Pesat

Material	Modulus of Elasticity E (N/m ²)	Coefficient of Liner Expansion a (m/m °C)	Ultimate Tensile Strength (N/m ²)	n
Welded Steel	206	12	400	0.012
Polyethylene	0.55	140	5	0.009
Polyvinyl Chloride (PVC)	2.75	54	13	0.009
Asbestos Cement	n/a	8.1	n/a	0.009
Cast Iron	78.5	10	140	0.014
Ductile Iron	16.7	11	340	0.013

(Sumber : Guide on How Develop a Small Hydropower Plans, 2004)

2.7.2.2 Perencanaan Tebal Pipa Pesat

Dalam perencanaan tebal pipa pesat rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\delta = \frac{P \times D}{2 \times \phi \times \sigma_{\text{baja}}} + \varepsilon \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

- δ : Tebal pipa pesat (mm)
- P : Tekanan yang terjadi pada pipa (kN/mm²)
 - : $P = \rho \times g \times H$
 - $H = H_{\text{bruto}} + 25\% H_{\text{bruto}}$
- D : Diameter pipa pesat (mm)
- ϕ : Koefisien kekuatan las
 - Untuk pengelasan biasa = 0.8
 - Untuk pengelasan dengan x-ray = 0.9
- σ_{baja} : Tekanan ijin baja (1400 kN/mm²)
- ε : Korosi Plat Yang Dijijinkan (1-3 mm)

Dengan syarat tebal minimum pipa pesat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\delta_{\min} = 2.5 D + 1.2 \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

δ : Tebal minimum pipa pesat (mm)

D : Diameter pipa pesat (m)

(Sumber : Guide on How Develop a Small Hydropower Plans, 2004)

2.7.3 Perencanaan Surge Tank

Surge tank berfungsi untuk menyerap kejutan balik (water hammer) aliran air dari penstock akibat penutupan katup utama (inlet valve) secara tiba-tiba (pemberhentian turbin secara tiba-tiba) dengan maksud menghindari kebocoran pada headrace tunnel akibat tekanan air tersebut. Water hammer ini dapat menimbulkan peningkatan tekanan pada saluran pipa sehingga dapat menyebabkan pecahnya pipa apabila tekanan yang terjadi melebihi kekuatan maksimum dari pipa tersebut terutama untuk saluran yang relatif panjang dibagi dengan tinggi terjun yang ada. Untuk itulah perlu dipasang surge tank yang fungsinya untuk mengurangi water hammer akibat perubahan beban, menampung air saat beban mendadak turun, mensuplai air pada saat pembebanan mendadak dan lain-lain.

Perencanaan surge tank dilakukan jika panjang penstock lebih besar dari 5 x H bruto dan waktu yang dibutuhkan air untuk menjadi tenang (th) lebih dari 6 detik. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$th = \frac{V \times L}{g \times H \text{ bruto}} \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana :

- th : Waktu yang dibutuhkan air untuk tenang (detik)
- V : Kecepatan aliran dalam pipa pesat (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)
- L : Panjang pipa pesat (m)
- H bruto : Tinggi jatuh bruto (m)

(Sumber : Guide on How Develop a Small Hydropower Plans, 2004)

Perhitungan surge tank meliputi luas penampang, tinggi air maksimum diatas muka air bendungan dan tinggi surge tank. Perhitungan luas penampang surge tank menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A_s = \frac{V^2}{2g} \times \frac{L \times A_t}{\beta \times V^2 \times H_o} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

- As : Luas penampang surge tank
- V : Kecepatan aliran dalam headrace (m/dt)
- L : Panjang headrace (m)
- At : Luas penampang headrace (m²)
- β : Koefisien kehilangan hidrolis
- Ho : Tinggi jatuh efektif (m)

(Sumber : Criteria for Hydraulic Design of Surge Tanks, 1985)

Pada perhitungan koefisien kehilangan hidrolis (β) rumus yang digunakan yaitu rumus Darcy-Weisbach. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\beta \cdot V^2 = H_f + H \text{ losses}$$

$$\beta \cdot V^2 = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D} + H \text{ losses} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana :

- β : Koefisien kehilangan hidrolis
- H_f : Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang headrace (m)
- H losses : Kehilangan energi lainnya pada headrace (m)
- V : Kecepatan aliran dalam headrace (m/dt)
- f : Koefisien gesek pipa (Gambar 2.3)
- L : Panjang headrace (m)
- D : Diameter headrace (m)

(Sumber : Criteria for Hydraulic Design of Surge Tanks, 1985)

Dan dalam perhitungan luas penampang perlu mempertimbangkan faktor safety yang berguna untuk mengamankan laju redaman dalam proses pengoperasian. Adapun nilai faktor safety dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Faktor Safety Luas Penampang Surge Tank

Tipe Surge Tank	Faktor Safety
Simple	2.0
Restricted orifice or differential	1.6

(Sumber : Criteria for Hydraulic Design of Surge Tanks, 1985)

Perhitungan ketinggian air maksimum diatas muka air bendungan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Z_m = V \times \sqrt{\frac{L \times A_t}{g \times A_s}} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

- Z_m : Ketinggian loncatan air (m)
- V : Kecepatan aliran dalam headrace (m/dt)
- L : Panjang headrace (m)
- A_t : Luas penampang headrace (m²)
- A_s : Luas penampang surge tank (m²)

(Sumber : Criteria for Hydraulic Design of Surge Tanks, 1985)

Perhitungan tinggi surge tank menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Tinggi surge tank} = H + Z_m + 1.5 \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana :

H : Tinggi air di bendungan (m)

Z_m : Ketinggian loncatan air (m)

(Sumber : Criteria for Hydraulic Design of Surge Tanks, 1985)

2.8 Kehilangan Energi

Kehilangan energi adalah berkurangnya tenaga yang dimiliki oleh air ketika mengalir dalam pipa akibat perjalanan yang ditempuh dalam pipa. Pada aliran fluida riil kehilangan energi yang terjadi harus diperhitungkan dalam aplikasi persamaan Bernoulli dengan kehilangan energi tersebut dinyatakan dalam tinggi fluida.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana :

Z : Head (m)

V : Kecepatan aliran (m/dt)

P : Tekanan (kPa)

γ : Berat jenis fluida (kN/m³)

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

Kehilangan energi dibedakan menjadi dua yaitu kehilangan energi primer dan kehilangan energi sekunder. Kehilangan energi primer adalah kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa sedangkan kehilangan energi sekunder adalah kehilangan energi akibat perubahan penampang, masukan, belokan pada pipa serta outlet pada pipa. Perhitungan kehilangan energi pada perencanaan PLTA diperlukan untuk mengontrol kehilangan energi yang terjadi selama air melalui bangunan

pembangkit yang telah direncanakan serta perencanaan tinggi jatuh efektif.

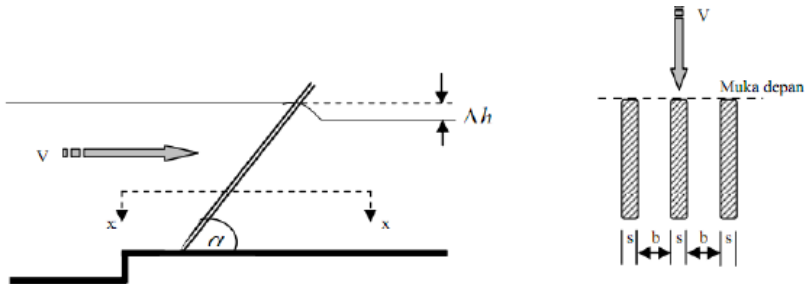
2.8.1 Kehilangan Energi Akibat Trashrack

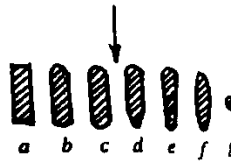
Pemasangan trashrack dilakukan pada bangunan intake yang bertujuan agar air yang masuk pada saluran pembangkit terbebas dari benda-benda yang dapat mengganggu aliran dan kinerja turbin, sehingga kerusakan dapat diminimalisir. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan kehilangan energi pada trashrack sebagai berikut :

$$h_r = \omega \left(\frac{s}{b}\right)^3 x \frac{\Delta V^2}{2.g} \sin \alpha \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana :

- hr : Kehilangan energi pada trashrack (m)
- ω : Koefisien profil (Tabel 2.8)
- s : Lebar profil dari arah aliran (m)
- b : Jarak antar profil trashrack (m)
- V : Kecepatan aliran (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)
- α : Sudut kemiringan trashrack





Gambar 2.2 Posisi Dan Bentuk Profil Trashrack
(Sumber : Tenaga Air, 1995)

Tabel 2.8 Nilai Koefisien Pada Profil Trashtrack

Profil	a	b	c	d	e	f	g
ϕ	2.42	1.83	1.67	1.03	0.92	0.76	1.76

(Sumber : Tenaga Air, 1995)

2.8.2 Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang

Perhitungan kehilangan energi akibat perubahan penampang menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_p = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana :

- hp : Kehilangan energi akibat masukan (m)
- k : Koefisien A_2/A_1 (Tabel 2.9)
- V : Kecepatan aliran (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

Tabel 2.9 Nilai Koefisien A_2/A_1

A_2/A_1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
k	0.5	0.48	0.45	0.41	0.36	0.29	0.21	0.13	0.07	0.01	0.00

2.8.3 Kehilangan Energi Akibat Masukan

Perhitungan kehilangan energi akibat masukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_m = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

- h_m : Kehilangan energi akibat masukan (m)
- k : Koefisien bentuk ujung pipa
k = 0.5 untuk bentuk persegi
k = 0.05 untuk bentuk bulat
- V : Kecepatan aliran (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

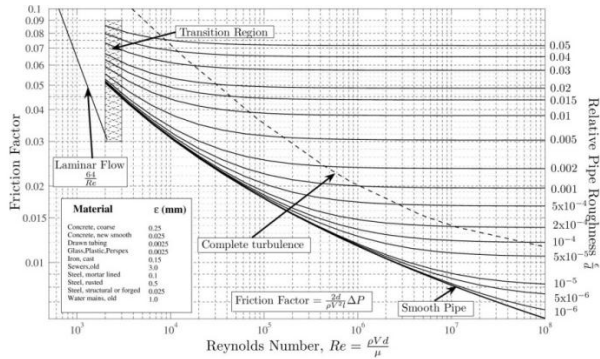
2.8.4 Kehilangan Energi Akibat Gesekan Sepanjang Pipa

Perhitungan kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana :

- h_f : Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (m)
- f : Koefisien gesek pipa (Gambar 2.2)
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)
- D : Diameter pipa (m)
- L : Panjang pipa (m)



Gambar 2.3 Diagram Moody
 (Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Moody_chart)

2.8.5 Kehilangan Energi Akibat Belokan Pada Pipa

Perhitungan kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_b = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

- hb : Kehilangan energi akibat belokan pada (m)
- k : Koefisien sudut belokan pipa (Tabel 2.10)
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

Tabel 2.10 Koefisien Sudut Belokan Pipa

α	20°	40°	60°	80°	90°
kb	0.05	0.14	0.36	0.74	0.98

2.8.6 Kehilangan Energi Akibat Outlet Pipa

Perhitungan kehilangan energi akibat outlet pipa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_k = 1 \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana :

- h_k : Kehilangan energi akibat outlet pipa (m)
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

2.8.7 Kehilangan Energi Total

Perhitungan kehilangan energi total mempunyai syarat yaitu harus kurang dari 10% tinggi jatuh bruto. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$H \text{ losses} = h_r + h_m + h_f + h_b + h_k \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana :

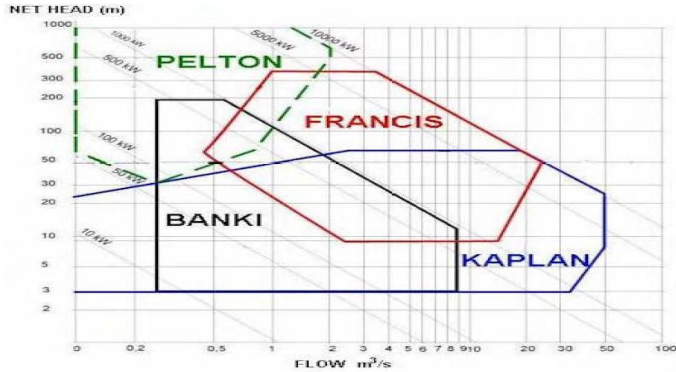
- H losses : Tinggi kehilangan energi total (m)
- h_r : Tinggi kehilangan energi akibat trashrack (m)
- h_m : Tinggi kehilangan energi akibat masukan (m)
- h_f : Tinggi kehilangan energi gesekan sepanjang pipa (m)
- h_b : Tinggi kehilangan energi akibat belokan pada pipa (m)
- h_k : Tinggi kehilangan energi akibat outlet pipa (m)

2.9 Jenis Turbin

Dalam penentuan jenis turbin yang digunakan perlu diperhatikan besarnya tinggi jatuh efektif dan debit rencana. Pemilihan jenis turbin ditentukan berdasarkan gambar 2.4 dan gambar 2.5

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan dan Propeller	$2 < H < 40$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$
Crossflow	$3 < H < 250$
Turgo	$50 < H < 250$

Gambar 2.4 Tabel Penentuan Jenis Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh
(Sumber : Tenaga Air, 1995)



Gambar 2.5 Grafik Penentuan Jenis Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh Dan Debit Andalan

2.10 Energi Listrik Yang Dihasilkan

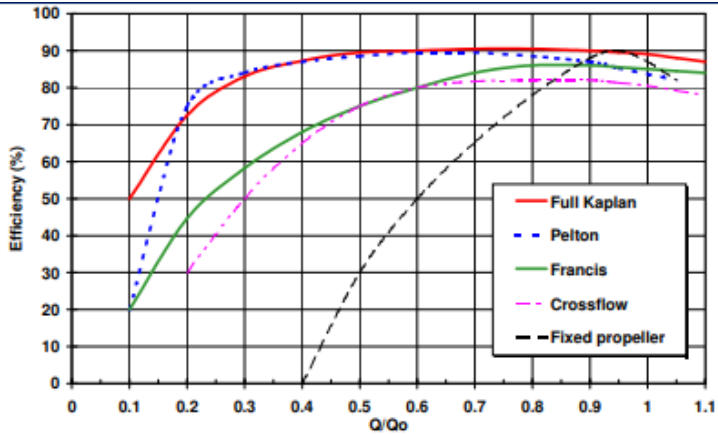
Perhitungan energi listrik yang dihasilkan berdasarkan daya listrik yang dihasilkan PLTA dikalikan dengan satuan waktu. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$P = \eta \cdot g \cdot Q \cdot H_{eff} \quad \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

- P : Daya listrik yang akan dihasilkan (KW)
- η : Efisiensi turbin (gambar 2.6)
- Q : Debit rencana (m³/dt)
- H_{eff} : Tinggi jatuh air efektif (m)

(Sumber : Tenaga Air, 1995)



Gambar 2.6 Diagram Efisiensi Turbin
(Sumber : British Hydro Association)

$$E = P \cdot t \quad \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana :

- E : Energi yang dihasilkan (KWh)
- P : Daya listrik yang akan dihasilkan (KW)
- t : Waktu (jam)

2.11 Kelayakan Ekonomi

Perhitungan kelayakan ekonomi bertujuan untuk menentukan kelayakan suatu proyek, mengevaluasi setiap alternatif solusi yang potensial dan pengambilan keputusan pembangunan dalam sudut pandang ekonomi berupa analisa layak atau tidaknya suatu proyek dapat dilaksanakan. Dalam analisis kelayakan ekonomi terdapat tiga metode antara lain :

1. *Payback Period* (PP)

Payback period adalah periode atau jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan nilai investasi yang telah dikeluarkan. Dalam pengambilan keputusan apabila periode pengembalian lebih cepat dari umur investasi, maka proyek tersebut layak untuk dilaksanakan dan apabila periode pengembalian lebih lama dari umur investasi, maka proyek tersebut tidak layak untuk dilaksanakan.

2. *Average Rate of Return* (ARR)

Average Rate of Return adalah tingkat pengembalian investasi yang dihitung berdasarkan arus kas total selama umur investasi dengan membagi jumlah tahun selama umur investasi. Tingkat pengembalian rata-rata tidak menjamin bahwa arus kas masuk sama dengan tahun tertentu. Adapun rumus perhitungan ARR yang digunakan sebagai berikut :

$$ARR = \frac{\text{Keuntungan bersih per tahun}}{\text{Nilai investasi awal}} \dots\dots\dots (2.42)$$

3. *Discounted Cash Flow*

Discounted Cash Flow adalah arus kas yang terdiskon berdasarkan asumsi prospek pendapatan dan biaya suatu proyek. *Discounted Cash Flow* terdiri dari tiga metode yaitu :

a. *Net Present Value* (NPV)

NPV adalah selisih antara nilai sekarang dari investasi awal dengan nilai sekarang dari arus kas bersih (*cash flow*) dimasa yang akan datang berdasarkan tingkat MARR yang telah ditentukan. MARR adalah

nilai minimal dari tingkat pengembalian atau bunga yang layak diterima oleh investor.

Dalam perhitungan NPV diperlukan beberapa data yaitu sebagai berikut :

1. Biaya investasi
2. Biaya operasional dan pemeliharaan
3. Perkiraan benefit yang akan di dapatkan

Adapun rumus perhitungan yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{NPV} = \text{nilai pendapatan} - \text{nilai pengeluaran}$$

Pengambilan keputusan dengan metode NPV dikatakan layak atau untung apabila nilai sekarang dari kas bersih di masa yang akan datang lebih besar dari nilai sekarang dari investasi awal.

b. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

BCR adalah perbandingan antara nilai sekarang (*present value*) dari manfaat (*benefit*) dengan nilai sekarang (*present value*) dari biaya (*cost*). Adapun rumus untuk perhitungan BCR sebagai berikut:

$$\text{BCR} = \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

- | | | |
|---------|---|---|
| BCR | : | Benefit cost ratio |
| Benefit | : | Nilai manfaat yang terdiri dari keuntungan yang diterima (Rp) |
| Cost | : | Nilai biaya yang terdiri dari biaya investasi awal dan biaya tahunan (Rp) |

Ukuran dari penilaian suatu kelayakan proyek apabila nilai $BCR > 1$, maka proyek dikatakan layak dikerjakan dan apabila nilai $BCR < 1$ proyek tersebut tidak layak dikerjakan secara ekonomi.

c. *Internal Rare of Return (IRR)*

Internal Rate of Return adalah nilai suku bunga yang diperoleh jika NPV bernilai sama dengan nol. IRR dihitung atas dasar penerimaan bersih dan total nilai untuk keperluan investasi. Nilai IRR sangat penting diketahui untuk melihat sejauh mana kemampuan proyek ini dapat dibiayai dengan melihat nilai suku bunga pinjaman yang berlaku. Perhitungan nilai IRR ini dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$IRR = i' + \frac{NPV'}{NPV''} (i'' - i') \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

- IRR : Internal Rare of Return
- i' : Suku bunga yang memberikan nilai NPV positif
- i'' : Suku bunga yang memberikan nilai NPV negatif
- VPV' : Selisih antara nilai sekarang dari manfaat dan nilai sekarang dari biaya yang positif
- NPV'' : Selisih antara nilai sekarang dari manfaat dan nilai sekarang dari biaya yang negatif

Pengambilan keputusan dengan metode IRR dilakukan dengan cara membandingkan nilai i' dengan MARR. Apabila nilai $IRR \geq MARR$, maka proyek tersebut dikatakan layak atau untung dan apabila nilai $IRR \leq MARR$ proyek tersebut dikatakan tidak layak.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan awal yang mencakup serangkaian kegiatan meliputi pembuatan dan pengajuan berkas-berkas yang di perlukan untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam penyusunan proposal tugas akhir. Dalam hal ini yaitu surat pengantar dari kaprodi untuk pengajuan data kepada Balai Besar Wilayah Sungai Brantas.

3.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah bertujuan untuk menganalisa permasalahan dengan mencari informasi dan data yang ada di lokasi studi. Dari informasi dan data yang telah diperoleh dapat ditarik suatu hipotesis untuk menyelesaikan permasalahan dengan mengacu pada teori-teori dari studi literatur.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengambil dasar-dasar tahap awal hingga tahap akhir. Studi literatur meliputi dasar-dasar teori kriteria perencanaan yang akan dipakai berdasarkan sumber yang relevan.

3.4 Pengumpulan Data

Data-data yang menunjang dan digunakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga air di bendungan Bagong adalah data sekunder yang di dapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas, antara lain:

1. Data Teknis Bendungan
2. Peta Topografi
3. Debit inflow bendungan yang berasal dari Sungai Bagong
4. Debit outflow berdasarkan :
 - Kebutuhan Air Irigasi untuk lahan 854 hektar

- Kebutuhan Air Baku untuk tiga kecamatan yaitu Kec. Trenggalek, Kec. Pogalan dan Kec. Bendungan
5. Data Investasi Bendungan

3.5 Tahap Analisa

3.5.1 Debit Andalan

Pada perencanaan PLTA di bendungan Bagong ini data debit andalan yang digunakan berdasarkan duration curve dari debit kebutuhan air irigasi dan air baku.

3.5.2 Penentuan Tinggi Jatuh Bruto

Pada perencanaan PLTA tinggi jatuh sangat berpengaruh pada daya listrik yang akan dihasilkan. Penentuan tinggi jatuh dilakukan berdasarkan data perencanaan bendungan Bagong.

3.5.3 Perencanaan Bangunan Pembangkit

Pada tahap ini yang akan dilakukan yaitu perencanaan bangunan bangunan pintu intake, pipa pesat dan surge tank dan perhitungan kehilangan energi dengan syarat kehilangan energi total kurang dari 10% dari tinggi jatuh bruto.

3.5.4 Penentuan Tinggi Jatuh Efektif

Penentuan tinggi jatuh efektif dilakukan berdasarkan tinggi jatuh bruto yang akan dikurangi dengan tinggi kehilangan energi total.

3.5.5 Penentuan Jenis Turbin

Penentuan jenis turbin yang akan digunakan berdasarkan parameter potensi yang tersedia yaitu berdasarkan tinggi jatuh efektif dan debit andalan.

3.5.6 Pembuatan Gambar Kerja

Pembuatan gambar kerja dilakukan berdasarkan hasil perhitungan perencanaan bangunan pembangkit berupa dimensi dari bangunan pembangkit.

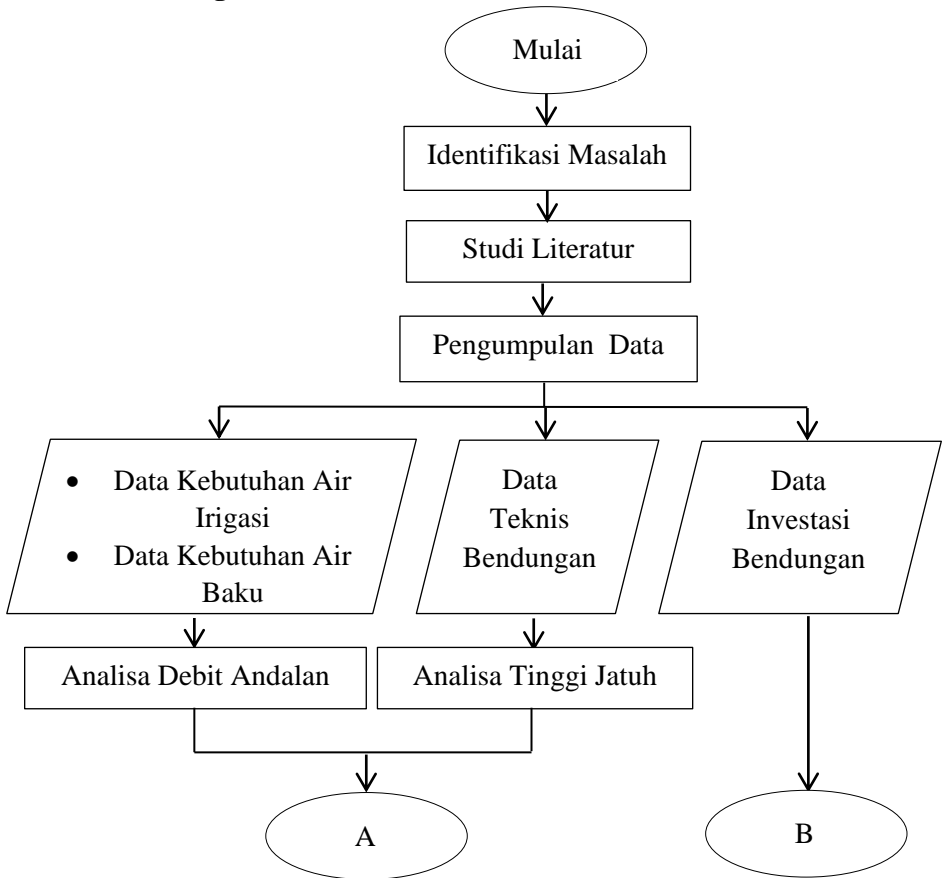
3.5.7 Perhitungan Daya Listrik Yang Akan Dihilkan

Pada tahap ini analisis daya listrik yang dihasilkan berdasarkan perencanaan debit dan tinggi jatuh efektif.

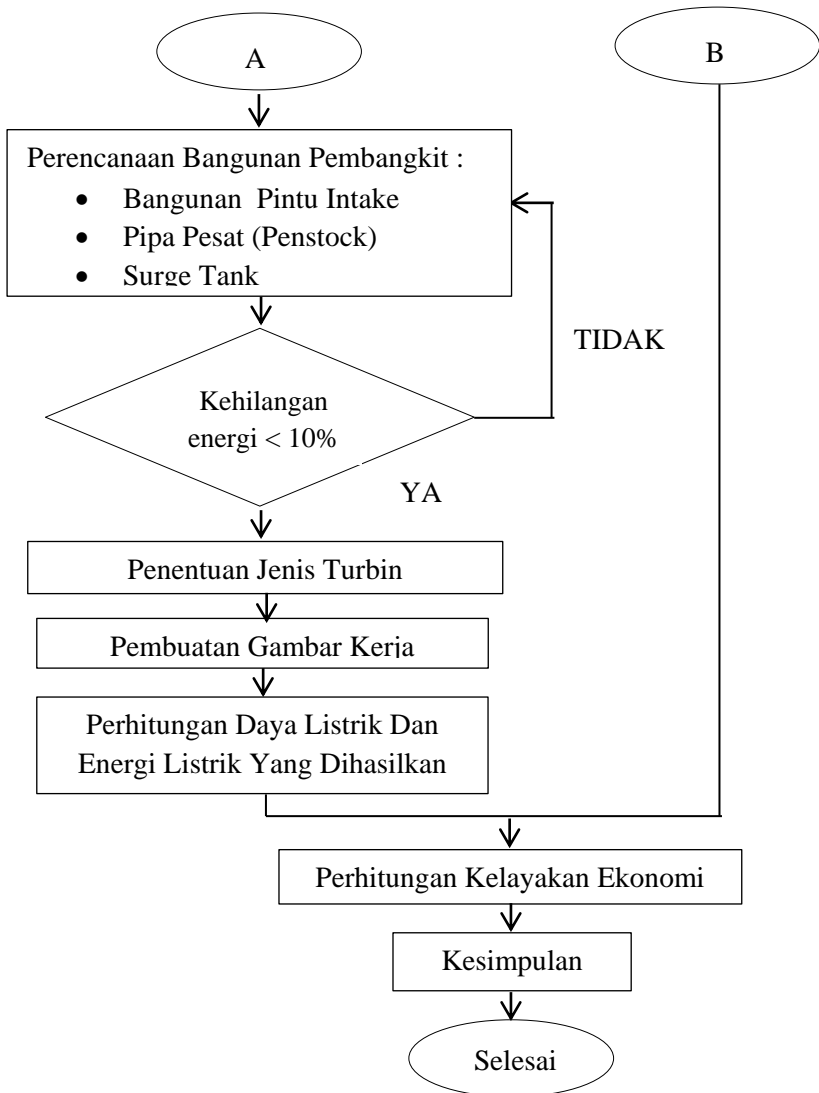
3.5.8 Perhitungan Kelayakan Ekonomi

Dalam tahap ini metode yang digunakan yaitu metode *Discounted Cash Flow* yang terdiri dari metode NPV, BCR, dan IRR dalam pengambilan keputusan apakah proyek tersebut layak atau tidak layak untuk dilaksanakan.

3.6 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Ketersediaan Air

Analisa ketersediaan air dilakukan untuk mengetahui ketersediaan volume air di dalam bendungan selama pengoperasian. Sehingga, diperlukan debit yang diharapkan mampu mencukupi besarnya debit *outflow*. Analisa mengenai ketersediaan air meliputi perhitungan evapotraspirasi dan perhitungan debit andalan metode F. J. Mock

4.1.1 Analisa Data Curah Hujan

Pada lokasi bendungan Bagong stasiun hujan yang berpengaruh yaitu stasiun hujan Bendungan. Dalam analisa curah hujan data yang digunakan dari tahun 1998-2017. Dari data tersebut kemudian di rakap untuk data hujan harian maksimum pada setiap tahunnya. Untuk hasil perhitungan curah hujan rata-rata selama 20 tahun dapat di lihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekap Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Stasiun Bendungan	
	Tanggal	CH wilayah
1998	15-Jun	131
1999	08-Mei	131
2000	22-Nop	122
2001	01-Feb	110
2002	15-Mar	120
2003	02-Jan	114
2004	28-Apr	98
2005	20-Des	60
2006	20-Apr	194
2007	27-Des	143
2008	07-Jan	137

Tabel 4.1 Rekap Curah Hujan Harian Maksimum (Lanjutan)

Tahun	Stasiun Bendungan	
	Tanggal	CH wilayah
2009	07-Jan	149
2010	15-Okt	99
2011	09-Nop	115
2012	04-Des	99
2013	14-Apr	101
2014	13-Mei	93
2015	24-Apr	85
2016	08-Feb	97
2017	04-Mei	120

(Sumber : Dinas PU Pengairan Provinsi Jatim)

4.1.2 Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi berfungsi untuk mengetahui jumlah air yang hilang saat air mengalami penguapan ke udara.

Perhitungan evapotranspirasi dilakukan dengan metode Penman Modifikasi. Dengan data-data yang diperlukan merupakan data-data klimatologi yang terdiri dari temperatur udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, dan lamanya penyinaran.

Tabel 4.2 Data Klimatologi

Bulan	Suhu (C)	Kelembaban (%)	Kec. Angin (km/jam)	Penyinaran Matahari (%)
Januari	25.06	98.75	5.50	0.47
Februari	24.89	96.25	7.25	0.65
Maret	25.03	96.00	7.25	0.50
April	25.53	96.50	5.50	0.67
Mei	25.19	97.50	5.50	0.71
Juni	24.87	96.75	5.50	0.86
Juli	24.16	94.25	9.00	0.99
Agustus	23.55	93.00	7.25	0.99
September	24.47	95.75	4.00	0.98
Oktober	25.97	95.00	4.00	0.97
November	25.50	96.75	5.50	0.90
Desember	25.26	96.25	7.25	0.64

Berikut ini adalah contoh langkah-langkah perhitungan evapotranspirasi pada bulan Januari:

1. Data yang akan dihitung merupakan data klimatologi rata-rata bulanan.
 - a. Suhu rata-rata (T) = 25,06 °C
 - b. Lama Penyinaran matahari (n/N) = 12,48 %
 - c. Kelembaban relatif (RH) = 98.75%
 - d. Kecepatan angin (u) = 132,00 km/hari = 1.53 m/s
2. Menghitung tekanan uap jenuh pada suhu rata-rata (mbar) atau disebut E_a . Nilai ini diperoleh dari Tabel Penman. Misal suhu udara pada bulan Januari adalah 25.06 °C dan dengan menggunakan interpolasi diperoleh nilai e_s = 31.79 mbar.
3. Menghitung tekanan uap nyata, e_d (mbar)
 $e_a = e_s \times RH = 31.79 \times 98.75/100 = 31.39$ mbar
4. Menghitung perbedaan tekanan uap, $e_s - e_a$ (mbar)
 $(e_s - e_a) = 31.79 - 31.39 = 0.40$ mbar

5. Menghitung fungsi tekanan uap nyata $f(ed)$.

$$\begin{aligned} f(ed) &= 0,34 - (0,044\sqrt{ea}) \\ &= 0,34 - (0,044\sqrt{31.39}) \\ &= 0,09 \end{aligned}$$
6. Menghitung fungsi angin, $f(u)$ (km/hari). Jika diketahui $u = 1.53$ m/s, maka :

$$f(u) = 0,27 \times (1 + (1.53 \times 0,864)) = 0,63 \text{ km/hari}$$
7. Menghitung faktor pemberat untuk pengaruh radiasi (W). Faktor ini juga diperoleh melalui Tabel Penman. Misal untuk bulan Januari dengan suhu 25.06 °C, nilai w diperoleh dari tabel sebesar $0,74$
8. Mencari faktor pembobot ($1-W$)

$$(1-W) = 1 - 0,74 = 0,26$$
9. Menentukan nilai R_a . Didapatkan dari Tabel Penman. Letak tampungan embung berada pada 7° LS dan nilai R_a untuk bulan Januari berdasarkan Tabel Penman adalah $15,95$ mm/hari.
10. Menghitung fungsi penyinaran $f(n/N)$.

$$\begin{aligned} f(n/N) &= 0,1 + 0,9 (n/N) \\ &= 0,1 + 0,9 (5.64/12.48) \\ &= 0,51 \end{aligned}$$
11. Menghitung radiasi gelombang pendek, R_s (mm/hari)

$$\begin{aligned} R_s &= (0.25 + 0.5 \times (n/N)) \times R_a \\ R_s &= (0.25 + 0.5 \times (5.64/12.48)) \times 15,95 = 7.59 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$
12. Menghitung radiasi netto gelombang pendek, R_{ns} (mm/hari)

$$\begin{aligned} R_{ns} &= R_s \times (1 - \alpha) ; \text{ dengan } \alpha = 0.25 \text{ (koef. permukaan air)} \\ R_{ns} &= 7.59 \times (1 - 0.25) = 5.69 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$
13. Mencari fungsi suhu $f(T)$. Didapatkan dari Tabel Penman. Ditentukan dengan nilai suhu . Diketahui $T = 25.06$ °C dengan metode iterasi Maka $f(T) = 16.2$

14. Menghitung radiasi netto gelombang panjang, $Rn1$
 $Rn1 = f(ea) \times f(n/N) \times f(T)$
 $Rn1 = 0.093 \times 0,51 \times 16.2 = 0,77 \text{ mm/hari}$
15. Menghitung radiasi netto, Rn
 $Rn = Rns - Rn1 = 5.69 - 0,77 = 4.93 \text{ mm/hari}$
16. Mencari faktor koreksi, c
 Diketahui $R_s = 7.59 \text{ mm/hari}$ dengan metode iterasi,
 maka $c = 1.08$
17. Menghitung evapotranspirasi potensial, Eto (mm/hari)
 $Eto = c (W \cdot Rn + (1-W) \cdot f(u) \cdot (es - ea))$
 $Eto = 1.08(0,74 \times 4.93 + 0,26 \times 0,63 \times 0.40)$
 $Eto = 4.00 \text{ mm/hari}$

Hasil perhitungan evapotranspirasi potensial pada bulan berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi

No.	Item	Hitungan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	T (oC)	dari data evaporasi	25.1	24.9	25.0	25.5	25.2	24.9	24.2	23.5	24.5	26.0	25.5	25.3
2	Es (mbar)	lihat tabel 3.1	31.79	31.39	31.59	32.57	31.96	30.10	30.10	28.87	30.66	33.66	32.57	32.19
3	RH (%)	dari data evaporasi	98.75	96.25	96.00	96.50	97.50	96.75	0.00	93.00	95.75	95.00	96.75	96.25
4	Ea (mbar)	Es * (RH/100)	31.39	30.21	30.32	31.43	31.16	29.12	0.00	26.85	29.35	31.98	31.51	30.98
5	Es-Ea (mbar)	Es - Ea	0.40	1.18	1.26	1.14	0.80	0.98	30.10	2.02	1.30	1.68	1.06	1.21
6	U (km/hari)	dari data evaporasi	132.00	174.00	174.00	132.00	132.00	132.00	216.00	174.00	96.00	96.00	132.00	174.00
7	f(U)	0.27*(1+(U/100)	0.63	0.74	0.74	0.63	0.63	0.63	0.85	0.74	0.53	0.53	0.63	0.74
8	W	tabel 3.2	0.74	0.74	0.74	0.75	0.74	0.74	0.73	0.73	0.74	0.75	0.75	0.74
9	Efek Aerodinamis (mm/hari)	(1-W) * f(U) * (Ea - Es)	0.06	0.23	0.24	0.18	0.13	0.16	6.88	0.41	0.18	0.22	0.17	0.23
10	Ra (mm/hari)	lihat tabel 3.3b	15.95	16.05	15.55	14.55	13.25	12.6	12.9	13.85	14.95	15.75	15.9	15.85
11	n (jam/hari)	% penyinaran * 12 jam	5.64	7.80	6.00	8.04	8.52	10.32	11.88	11.88	11.76	11.64	10.80	7.68
12	N (jam/hari)	lihat tabel 3.4	12.48	12.34	12.4	11.92	11.6	11.6	11.72	11.86	12	12.12	12.36	12.46
13	Rs (mm/hari)	Ra * (0.25 + 0.5 (n/N))	7.59	9.09	7.65	8.54	8.18	8.75	9.76	10.40	11.06	11.50	10.92	8.85
14	Alfa	ditetapkan	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
15	Rns (mm/hari)	(1 - α) Rs	5.69	6.81	5.74	6.41	6.13	6.57	7.32	7.80	8.30	8.63	8.19	6.64
16	f(T)	lihat tabel 4.2	16.2	16.14	16.24	16.22	16.18	16.24	16.06	16.06	16.1	16.28	16.18	16.18
17	f(ea)	0.34 - 0.044 (ea) ^{0.5}	0.093	0.098	0.098	0.093	0.094	0.103	0.340	0.112	0.102	0.091	0.093	0.095
18	f(n/N)	0.10 + 0.90 (n/N)	0.51	0.67	0.54	0.71	0.76	0.90	1.01	1.00	0.98	0.96	0.89	0.65
19	Rnl (mm/hari)	f(T) * f(ea) * f(n/N)	0.77	1.06	0.85	1.07	1.16	1.50	5.53	1.80	1.61	1.43	1.33	1.01
20	Rn (mm/hari)	Rns - Rnl	4.93	5.75	4.89	5.34	4.97	5.07	1.79	6.00	6.69	7.19	6.86	5.63
21	U (m/s)	dari data evaporasi	2.06	2.06	1.54	1.54	1.54	1.54	2.57	3.09	3.09	2.57	2.06	2.06
22	c	lihat tabel 4.1	1.08	1.08	0.90	0.87	0.82	0.83	0.91	1.08	1.08	1.08	1.04	1.07
23	Eto (mm/hari)	c (W * Rn + (1 - W)*f(U))*(es-ea)	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.1.3 Debit Andalan F. J. Mock

Debit andalan adalah debit minimal yang tersedia di badan air yang sudah ditentukan untuk kemungkinan memenuhi fungsinya. Debit andalan digunakan untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia sebagai ukuran ketersediaan debit yang masuk ke bendungan saat pengoperasiannya.

Debit andalan dalam perencanaan bendungan Bagong dilakukan menggunakan metode FJ. Mock dengan data hujan dari stasiun hujan bendungan pada tahun 1998-2017. Hasil perhitungan debit metode FJ. Mock pada tahun 1998 dapat dilihat pada tabel 4.4 dan untuk hasil perhitungan pada tahun berikutnya dapat dilihat pada lampiran A.1. Selanjutnya hasil perhitungan tersebut dilakukan rekap untuk mengetahui debit andalan yang akan dipergunakan dalam analisa water balance. Perhitungan debit andalan dilakukan dalam beberapa peluang antara lain 50%, 60%, 70%, 80% dan 90%. Perhitungan beberapa peluang tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengoperasian bendungan dalam memenuhi kebutuhan air. Hasil perhitungan debit andalan dapat dilihat pada tabel 4.6

Berikut ini adalah contoh langkah-langkah perhitungan debit metode F. J. Mock pada bulan Januari tahun 1998 :

1. Data Hujan
 - Curah hujan (P) = 174 mm
 - Hari hujan (h) = 11
2. Evapotranspirasi Terbatas (Et)
 - Evapotranspirasi potensial (Eto) = 4.00 mm
 - Permukaan lahan terbuka (m) = 50% (Lahan pertanian)
 - Evapotranspirasi terbatas
 $Et = Eto - E$
 $Et = Eto - (Eto \times (m/20) \times (18-h))$

$$Et = 4.00 - (4.00 \times (0.5/20) \times (18-11))$$

$$Et = 3.30 \text{ mm/bln}$$

3. Keseimbangan Air

- $Ds = P - Et = 174 - 3.30 = 170.70 \text{ mm}$
- Aliran permukaan (hujan lebat)
 $PF \times P = 0.65 \times 174 = 113.10 \text{ mm/bln}$
- Kandungan air tanah
 $Ds - \text{aliran permukaan} = 170.70 - 113.10 = 57.60 \text{ mm/bln}$
- Kapasitas kelembaban tanah (SMC)
 $SMC + \text{kandungan air tanah} = 200 + 57.60 = 257.60 \text{ mm/bln}$
 Kelebihan air (WS) = 170.70 mm/bln

4. Aliran dan simpanan air tanah

- $\text{Infiltrasi} = WS \times In = 170.10 \times 0.2 = 26.29$
- $0.5 \times (1+k) \times \text{infiltrasi} = 0.5 \times (1+0.5) \times 26.29 = 6.70$
- $K \times V(n-1) = 60$
- Volume penyimpanan (V_n)
 $V_n = 0.5 \times (1+k) \times \text{infiltrasi} + K \times V(n-1)$
 $V_n = 60 + 6.67 = 60.67$
- Perubahan volume (DV_n)
 $DV_n = V_n - V_{n-1} = 60.67$
- Aliran dasar (BF)
 $BF = \text{infiltrasi} - DV_n = 26.29 - 60.67 = -40.42$
- Aliran langsung (DR)
 $DR = WS - \text{infiltrasi} = 170.70 - 26.29 = 144.41$
- Aliran langsung (R)
 $R = BF + DR = -40.42 + 144.41 = 104./\text{bln}$

5. Debit aliran sungai

- Jumlah hari = 31 hari
- Debit aliran sungai
 $\text{Luas DAS} \times 10^3 \times R$
 $39.95 \times 10^3 \times 104 = 4154742.64 \text{ m}^3/\text{bln}$

- Debit aliran sungai
 $4154742.64 / (\text{jumlah hari} \times 24 \times 3600)$
 $4154742.64 / (31 \times 24 \times 3600) = 1.55 \text{ m}^3/\text{dt}$

Hasil perhitungan debit metode F. J. Mock pada bulan berikutnya tahun 1998 dapat dilihat pada tabel 4.4 :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Debit Metode FJ. Mock Pada Tahun 1998

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	174	487	529	372	305	561	536	128	287	467	514	319
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	11	17	22	17	10	16	15	9	10	18	19	14
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.175	0.025	-0.1	0.025	0.2	0.05	0.075	0.225	0.2	0	-0.025	0.1
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.70	0.12	-0.35	0.09	0.62	0.16	0.56	1.15	1.10	0.00	-0.14	0.47
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.30	4.71	3.81	3.53	2.49	3.07	6.93	3.97	4.41	5.84	5.81	4.27
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	170.70	482.29	525.19	368.47	302.51	557.93	529.07	0.00	0.00	0.00	508.19	314.73
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	113.10	316.55	343.85	241.80	198.25	364.65	348.40	83.20	186.55	303.55	334.10	207.35
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	57.60	165.74	181.34	126.67	104.26	193.28	180.67	-83.20	-186.55	0.00	174.09	107.38
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	257.60	365.74	381.34	326.67	304.26	393.28	380.67	116.80	13.45	200.00	374.09	307.38
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	170.70	482.29	525.19	368.47	302.51	557.93	529.07	0.00	0.00	0.00	508.19	314.73
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	26.29	74.27	80.88	56.74	46.59	85.92	81.48	0.00	0.00	0.00	78.26	48.47
14	0.5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	6.70	18.94	20.62	14.47	11.88	21.91	20.78	0.00	0.00	0.00	19.96	12.36
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	32.68	25.30	22.50	18.12	14.70	17.94	18.97	9.30	4.55	2.23	10.87
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	66.70	51.62	45.92	36.97	30.00	36.61	38.71	18.97	9.30	4.55	22.19	23.23
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	66.70	-15.08	-5.70	-8.95	-6.98	6.61	2.11	-19.74	-9.67	-4.74	17.63	1.04
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-40.42	89.35	86.58	65.69	53.56	79.31	79.37	19.74	9.67	4.74	60.63	47.42
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	144.41	408.01	444.31	311.73	255.92	472.01	447.59	0.00	0.00	0.00	429.93	266.26
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	104.00	497.37	530.89	377.42	309.48	551.32	526.96	19.74	9.67	4.74	490.56	313.68
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	4154742.635	19869750.96	21209113.6	15078014.8	12363851.07	22025086.86	21052094.05	788781.3675	386502.8701	189386.41	19597884.19	12531644.4
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	1.551	8.213	7.919	5.817	4.616	8.497	7.860	0.294	0.149	0.071	7.561	4.679
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	1551.203	8213.356	7918.576	5817.135	4616.133	8497.333	7859.951	294.497	149.114	70.709	7560.912	4678.780

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.5 Rekapitulasi Debit Metode FJ.Mock

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGST	SEP	OKT	NOP	DES
1998	1.55	8.21	7.92	5.82	4.62	8.50	7.86	0.29	0.15	0.07	7.56	4.68
1999	5.07	4.73	4.60	4.52	6.70	1.55	0.57	0.08	0.04	0.02	10.12	8.02
2000	1.96	5.79	6.72	4.59	4.21	1.12	1.79	0.09	0.05	0.02	14.33	3.31
2001	8.43	8.24	7.05	10.45	3.66	5.06	0.16	0.11	0.05	0.03	0.00	0.00
2002	8.30	9.47	9.04	7.47	0.88	0.16	0.10	0.04	0.02	0.01	3.20	5.71
2003	3.98	10.10	7.26	3.67	0.62	0.15	0.00	0.03	0.01	0.01	3.92	7.63
2004	1.11	3.62	4.81	2.07	3.37	2.71	0.06	0.06	0.03	0.01	4.64	3.19
2005	2.66	4.14	6.41	4.67	0.20	0.85	1.81	0.07	0.04	0.02	2.36	7.46
2006	3.27	6.88	2.22	10.05	2.91	0.51	0.05	0.05	0.03	0.01	2.04	6.27
2007	1.92	0.50	4.16	0.16	0.17	0.01	0.20	0.02	0.01	0.00	1.56	11.18
2008	7.25	3.55	10.06	4.61	2.38	0.16	0.03	0.04	0.02	0.01	8.54	3.65
2009	2.59	5.79	1.55	6.02	3.70	0.72	0.39	0.05	0.03	0.01	4.21	6.65
2010	3.40	7.84	5.90	4.73	6.65	4.88	1.00	0.12	0.06	0.03	6.81	5.68
2011	2.35	2.59	3.95	3.20	2.88	0.68	0.02	0.04	0.02	0.01	6.85	2.41
2012	4.80	6.39	3.94	4.46	3.44	0.25	0.67	0.05	0.03	0.01	4.41	8.57
2013	4.50	8.09	4.05	6.03	4.18	4.08	2.18	0.13	0.07	0.03	4.00	4.45
2014	1.63	2.08	3.54	4.08	2.78	3.41	2.30	0.11	0.06	0.03	5.78	7.57
2015	1.79	8.47	8.00	8.06	2.00	2.33	0.08	0.07	0.03	0.02	1.33	5.84
2016	5.02	7.83	7.91	5.91	6.77	6.75	2.33	0.17	0.09	0.04	12.57	3.22
2017	3.08	7.25	7.73	8.44	4.69	0.51	0.88	0.08	0.04	0.02	0.00	0.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berikut ini adalah contoh langkah-langkah perhitungan debit andalan 90% metode F. J. Mock pada bulan Januari :

1. Berdasarkan data hasil perhitungan debit (tabel 4.5), selanjutnya data tersebut diurutkan dari terbesar hingga terkecil
2. Hitung prosentase debit berdasarkan peringkat data debit dari terbesar hingga terkecil dengan menggunakan rumus Weibull :

$$P = \frac{m}{n+1} 100\%$$

3. Berdasarkan hasil perhitungan, debit andalan 90% pada bulan januari didapatkan sebesar 1.559 m³/dt. Selanjutnya debit tersebut dihitung volume debit andalan dalam setengah bulan. Perhitungan tersebut dilakukan untuk digunakan dalam analisa water balance dan cara perhitungan volume debit andalan adalah sebagai berikut:
 - Jumlah hari dalam 1 bulan = 31 hari

Volume andalan (15 hari) = volume andalan dalam 1 bulan x 24 x 3600 x jumlah hari

$$\text{Volume andalan (15 hari)} = 1.559 \times 24 \times 3600 \times 15$$

$$\text{Volume andalan (15 hari)} = 977517.6 \text{ m}^3$$

Volume andalan (16 hari) = volume andalan dalam 1 bulan x 24 x 3600 x jumlah hari

$$\text{Volume andalan (16 hari)} = 1.559 \times 24 \times 3600 \times 16$$

$$\text{Volume andalan (16 hari)} = 1112198 \text{ m}^3$$

Hasil perhitungan debit andalan metode F. J. Mock pada bulan berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Debit Andalan Metode FJ. Mock

No	Peluang	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	4.76	8.427	10.102	10.062	10.451	6.767	8.497	7.860	0.294	0.149	0.071	14.333	11.177
2	9.52	8.302	9.474	9.036	10.049	6.700	6.752	2.330	0.173	0.088	0.042	12.570	8.567
3	14.29	7.252	8.475	8.000	8.438	6.655	5.063	2.302	0.129	0.066	0.031	10.124	8.019
4	19.05	5.069	8.241	7.919	8.058	4.693	4.877	2.182	0.122	0.062	0.029	8.543	7.629
5	23.81	5.020	8.213	7.914	7.468	4.616	4.078	1.806	0.111	0.056	0.027	7.561	7.573
6	28.57	4.804	8.087	7.729	6.029	4.210	3.413	1.791	0.107	0.054	0.026	6.853	7.455
7	33.33	4.505	7.838	7.257	6.017	4.177	2.709	0.995	0.092	0.046	0.022	6.814	6.647
8	38.10	3.984	7.829	7.046	5.905	3.698	2.331	0.880	0.080	0.040	0.019	5.781	6.268
9	42.86	3.403	7.251	6.719	5.817	3.658	1.553	0.673	0.079	0.040	0.019	4.636	5.838
10	47.62	3.272	6.880	6.408	4.729	3.445	1.123	0.570	0.070	0.036	0.017	4.412	5.712
11	52.38	3.085	6.387	5.898	4.674	3.370	0.854	0.386	0.067	0.034	0.016	4.215	5.682
12	57.14	2.663	5.791	4.813	4.605	2.913	0.716	0.200	0.058	0.030	0.014	3.998	4.679
13	61.90	2.586	5.790	4.595	4.593	2.878	0.675	0.163	0.054	0.028	0.013	3.918	4.451
14	66.67	2.345	4.731	4.161	4.518	2.783	0.511	0.098	0.054	0.027	0.013	3.200	3.655
15	71.43	1.955	4.138	4.055	4.455	2.383	0.510	0.080	0.051	0.026	0.012	2.359	3.310
16	76.19	1.924	3.622	3.953	4.083	2.002	0.254	0.063	0.043	0.022	0.010	2.040	3.218

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Debit Andalan Metode F. J. Mock (Lanjutan)

No	Peluang	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
17	80.95	1.795	3.548	3.937	3.668	0.876	0.160	0.048	0.041	0.021	0.010	1.560	3.188
18	85.71	1.627	2.589	3.545	3.199	0.617	0.156	0.027	0.037	0.019	0.009	1.329	2.411
19	90.48	1.551	2.084	2.218	2.066	0.204	0.149	0.020	0.030	0.015	0.007	0.000	0.000
20	95.24	1.110	0.496	1.545	0.156	0.173	0.010	0.004	0.015	0.008	0.004	0.000	0.000
50	%	3.178	6.633	6.153	4.702	3.407	0.988	0.478	0.069	0.035	0.016	4.313	5.697
15	(hari)	1.538	3.210	2.977	2.275	1.649	0.478	0.231	0.033	0.017	0.008	2.087	2.757
volume	(m ³)	1993146	4159845	3858642	2948409	2136764	619866.3	299807.2	43014.35	21779.6	10327.75	2704723	3572479
16	(hari)	1.640	3.424	3.176	2.427	1.759	0.510	0.247	0.035	0.018	0.009	2.226	2.940
volume	(m ³)	2267757	4732979	4390277	3354634	2431163	705270.1	341114	48940.77	24780.34	11750.68	3077374	4064687
60	%	2.617	5.791	4.682	4.598	2.892	0.691	0.178	0.056	0.028	0.013	3.950	4.542
15	(hari)	1.266	2.802	2.266	2.225	1.399	0.334	0.086	0.027	0.014	0.007	1.911	2.198
volume	(m ³)	1640974	3631317	2936263	2883401	1813640	433463	111440	35112	17778	8430.37	2476772	2848374
16	(hari)	1.351	2.989	2.417	2.373	1.493	0.357	0.092	0.029	0.015	0.007	2.038	2.344
volume	(m ³)	1867063	4131631	3340815	3280669	2063519	493184.4	126794	39949.55	20227.79	9591.888	2818016	3240817

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Debit Andalan Metode F. J. Mock (Lanjutan)

No	Peluang	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
70	%	2.072	4.316	4.087	4.474	2.503	0.510	0.085	0.052	0.026	0.012	2.611	3.413
15	(hari)	1.003	2.088	1.977	2.165	1.211	0.247	0.041	0.025	0.013	0.006	1.264	1.652
volume	(m ³)	1299498	2706240	2562806	2805631	1569689	319813	53457	32591	16502	7825	1637658	2140410
16	(hari)	1.070	2.227	2.109	2.309	1.292	0.263	0.044	0.027	0.014	0.006	1.348	1.762
volume	(m ³)	1478540	3079100	2915903	3192184	1785958	363876.5	60822.72	37080.93	18775.31	8903.131	1863291	2435311
80	%	1.821	3.563	3.940	3.751	1.101	0.179	0.051	0.041	0.021	0.010	1.656	3.194
15	(hari)	0.881	1.724	1.907	1.815	0.533	0.086	0.025	0.020	0.010	0.005	0.801	1.546
volume	(m ³)	1141696	2234149	2470965	2352404	690619.8	112102	31809	25953	13141	6231	1038472	2002992
16	(hari)	0.940	1.839	2.034	1.936	0.568	0.092	0.026	0.021	0.011	0.005	0.855	1.649
volume	(m ³)	1298996	2541965	2811409	2676513	785771.8	127547.7	36192.1	29529.27	14951.66	7089.979	1181551	2278960
90	%	1.559	2.135	2.351	2.179	0.246	0.149	0.020	0.030	0.015	0.007	0.133	0.241
15	(hari)	0.754	1.033	1.138	1.055	0.119	0.072	0.010	0.015	0.007	0.004	0.064	0.117
volume	(m ³)	977517.6	1338749	1474211	1366740	154008	93724	12801	19027	9634	4568	83317.16	151220.3
16	(hari)	0.805	1.102	1.213	1.125	0.127	0.077	0.011	0.016	0.008	0.004	0.069	0.124
volume	(m ³)	1112198	1523199	1677325	1555047	175226.3	106636.7	14565.15	21648.36	10961.29	5197.772	94796.42	172055.1

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.2 Analisa Kebutuhan Air

Analisa kebutuhan air digunakan untuk mengetahui jumlah debit air yang dibutuhkan dan digunakan untuk kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku. Dengan adanya analisa kebutuhan air maka akan mempermudah untuk mengetahui apakah debit andalan pada bendungan akan memenuhi semua kebutuhan air yang diinginkan.

4.2.1 Kebutuhan Air Baku

1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk diperlukan untuk mengetahui banyaknya kebutuhan air baku. Dalam perhitungan proyeksi penduduk dilakukan menggunakan metode Geomatik, metode Arikmatik, dan metode Eksponensia.

Bendungan Bagong direncanakan memenuhi air baku untuk tiga kecamatan yaitu Kec. Pogalan, Kec. Trenggalek, Kec. Bendungan dengan jumlah penduduk sebesar 139529 jiwa pada tahun 2017 dan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0.65% per tahun (BPS Kab. Trenggalek, 2018)

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada proyeksi tahun pertama dan hasil perhitungan proyeksi penduduk dapat dilihat pada tabel 4.7:

- Metode Aritmetik

$$\begin{aligned} P_n &= P_o(1+r.n) \\ &= 139529 (1+(0.65\% \times 1)) \\ &= 140436 \text{ jiwa} \end{aligned}$$
- Metode Geometrik

$$\begin{aligned} P_n &= P_o (1 + r)^n \\ &= 139529 (1+0,65\%)^1 \\ &= 140436 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

- Metode Eksponensial

$$P_n = P_0 \times e^{r \cdot n}$$

$$= 139178 \times e^{0.65\% \times 1}$$

$$= 140439 \text{ jiwa}$$

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk

No	Tahun	Metode Geometrik (jiwa)	Metode Aritmatik (jiwa)	Metode Eksponensial (jiwa)
1	2017	139529	139529	139529
2	2018	140436	140436	140439
3	2019	141349	141343	141355
4	2020	142268	142250	142277
5	2021	143192	143157	143204
6	2022	144123	144064	144138
7	2023	145060	144971	145078
8	2024	146003	145878	146024
9	2025	146952	146785	146976
10	2026	147907	147691	147935
11	2027	148868	148598	148900
12	2028	149836	149505	149871
13	2029	150810	150412	150848
14	2030	151790	151319	151832
15	2031	152777	152226	152822
16	2032	153770	153133	153818
17	2033	154769	154040	154821
18	2034	155775	154947	155831
19	2035	156788	155854	156847
20	2036	157807	156761	157870
21	2037	158833	157668	158900

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk (Lanjutan)

No	Tahun	Metode Geometrik (jiwa)	Metode Aritmatik (jiwa)	Metode Eksponensial (jiwa)
22	2038	159865	158575	159936
23	2039	160904	159482	160979
24	2040	161950	160389	162029
25	2041	163003	161296	163085
26	2042	164062	162202	164149
27	2043	165129	163109	165219
28	2044	166202	164016	166297
29	2045	167282	164923	167381
30	2046	168370	165830	168472
31	2047	169464	166737	169571
32	2048	170566	167644	170677
33	2049	171674	168551	171790
34	2050	172790	169458	172910
35	2051	173913	170365	174038
36	2052	175044	171272	175173
37	2053	176182	172179	176315
38	2054	177327	173086	177465
39	2055	178479	173993	178622
40	2056	179640	174900	179787
41	2057	180807	175807	180959
42	2058	181982	176713	182139
43	2059	183165	177620	183327
44	2060	184356	178527	184523
45	2061	185554	179434	185726
46	2062	186760	180341	186937

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk (Lanjutan)

No	Tahun	Metode Geometrik (jiwa)	Metode Aritmatik (jiwa)	Metode Eksponensial (jiwa)
47	2063	187974	181248	188156
48	2064	189196	182155	189383
49	2065	190426	183062	190618
50	2066	191664	183969	191861

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan proyeksi penduduk dengan ketiga metode tersebut didapatkan jumlah proyeksi penduduk terbesar yaitu dengan metode eksponensial, sehingga untuk perhitungan kebutuhan air domestik dan kebutuhan air hidran umum menggunakan proyeksi penduduk metode ekponensial.

2. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Domestik

No	Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (jiwa)	Kebutuhan Air Perorang (lt/org/hari)	Kebutuhan Air (lt/hari)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	2017	139529	100%	139529	60	8371740
2	2018	140439	100%	140439	60	8426334
3	2019	141355	100%	141355	60	8481283
4	2020	142277	100%	142277	60	8536591
5	2021	143204	100%	143204	60	8592260
6	2022	144138	100%	144138	60	8648291

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Domestik (Lanjutan)

No	Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (jiwa)	Kebutuhan Air Perorang (lt/org/hari)	Kebutuhan Air (lt/hari)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
7	2023	145078	100%	145078	60	8704688
8	2024	146024	100%	146024	60	8761453
9	2025	146976	100%	146976	60	8818588
10	2026	147935	100%	147935	60	8876095
11	2027	148900	100%	148900	60	8933978
12	2028	149871	100%	149871	60	8992238
13	2029	150848	100%	150848	60	9050878
14	2030	151832	100%	151832	60	9109900
15	2031	152822	100%	152822	60	9169307
16	2032	153818	100%	153818	60	9229102
17	2033	154821	100%	154821	60	9289287
18	2034	155831	100%	155831	60	9349864
19	2035	156847	100%	156847	60	9410836
20	2036	157870	100%	157870	60	9472205
21	2037	158900	100%	158900	60	9533975
22	2038	159936	100%	159936	60	9596148
23	2039	160979	100%	160979	60	9658726
24	2040	162029	100%	162029	60	9721712
25	2041	163085	100%	163085	60	9785109
26	2042	164149	100%	164149	60	9848919
27	2043	165219	100%	165219	60	9913146
28	2044	166297	100%	166297	60	9977791
29	2045	167381	100%	167381	60	10042858
30	2046	168472	100%	168472	60	10108349

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Domestik (Lanjutan)

No	Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (jiwa)	Kebutuhan Air Perorang (lt/org/hari)	Kebutuhan Air (lt/hari)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
31	2047	169571	100%	169571	60	10174268
32	2048	170677	100%	170677	60	10240616
33	2049	171790	100%	171790	60	10307397
34	2050	172910	100%	172910	60	10374613
35	2051	174038	100%	174038	60	10442267
36	2052	175173	100%	175173	60	10510363
37	2053	176315	100%	176315	60	10578903
38	2054	177465	100%	177465	60	10647890
39	2055	178622	100%	178622	60	10717327
40	2056	179787	100%	179787	60	10787216
41	2057	180959	100%	180959	60	10857561
42	2058	182139	100%	182139	60	10928365
43	2059	183327	100%	183327	60	10999631
44	2060	184523	100%	184523	60	11071362
45	2061	185726	100%	185726	60	11143560
46	2062	186937	100%	186937	60	11216229
47	2063	188156	100%	188156	60	11289372
48	2064	189383	100%	189383	60	11362992
49	2065	190618	100%	190618	60	11437092
50	2066	191861	100%	191861	60	11511675

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan :

- (1) : Nomer
(2) : Tahun
(3) : Hasil proyeksi penduduk (jiwa)

- (4) : Tingkat pelayanan (%)
 (5) : Jumlah terlayani (jiwa)
 $(5) = (3) \times (4)$
 (6) : Kebutuhan air perorang (lt/or/hari)
 (7) : Kebutuhan air (lt/hari)
 $(7) = (5) \times (6)$

3. Kebutuhan Air Hidran Umum

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Hidran Umum

No	Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (jiwa)	Kebutuhan Air Perorang (lt/org/hari)	Kebutuhan Air (lt/hari)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	2017	139529	30%	41859	30	1255761
2	2018	140439	30%	42132	30	1263950
3	2019	141355	30%	42406	30	1272192
4	2020	142277	30%	42683	30	1280489
5	2021	143204	30%	42961	30	1288839
6	2022	144138	30%	43241	30	1297244
7	2023	145078	30%	43523	30	1305703
8	2024	146024	30%	43807	30	1314218
9	2025	146976	30%	44093	30	1322788
10	2026	147935	30%	44380	30	1331414
11	2027	148900	30%	44670	30	1340097
12	2028	149871	30%	44961	30	1348836
13	2029	150848	30%	45254	30	1357632
14	2030	151832	30%	45550	30	1366485
15	2031	152822	30%	45847	30	1375396
16	2032	153818	30%	46146	30	1384365
17	2033	154821	30%	46446	30	1393393

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Hidran Umum
(Lanjutan)

No	Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (jiwa)	Kebutuhan Air Perorang (lt/org/hari)	Kebutuhan Air (lt/hari)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
18	2034	155831	30%	46749	30	1402480
19	2035	156847	30%	47054	30	1411625
20	2036	157870	30%	47361	30	1420831
21	2037	158900	30%	47670	30	1430096
22	2038	159936	30%	47981	30	1439422
23	2039	160979	30%	48294	30	1448809
24	2040	162029	30%	48609	30	1458257
25	2041	163085	30%	48926	30	1467766
26	2042	164149	30%	49245	30	1477338
27	2043	165219	30%	49566	30	1486972
28	2044	166297	30%	49889	30	1496669
29	2045	167381	30%	50214	30	1506429
30	2046	168472	30%	50542	30	1516252
31	2047	169571	30%	50871	30	1526140
32	2048	170677	30%	51203	30	1536092
33	2049	171790	30%	51537	30	1546109
34	2050	172910	30%	51873	30	1556192
35	2051	174038	30%	52211	30	1566340
36	2052	175173	30%	52552	30	1576554
37	2053	176315	30%	52895	30	1586835
38	2054	177465	30%	53239	30	1597183
39	2055	178622	30%	53587	30	1607599
40	2056	179787	30%	53936	30	1618082

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Hidran Umum
(Lanjutan)

No	Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (jiwa)	Kebutuhan Air Perorang (lt/org/hari)	Kebutuhan Air (lt/hari)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
41	2057	180959	30%	54288	30	1628634
42	2058	182139	30%	54642	30	1639255
43	2059	183327	30%	54998	30	1649945
44	2060	184523	30%	55357	30	1660704
45	2061	185726	30%	55718	30	1671534
46	2062	186937	30%	56081	30	1682434
47	2063	188156	30%	56447	30	1693406
48	2064	189383	30%	56815	30	1704449
49	2065	190618	30%	57185	30	1715564
50	2066	191861	30%	57558	30	1726751

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan :

- (1) : Nomer
 (2) : Tahun
 (3) : Hasil proyeksi penduduk (jiwa)
 (4) : Tingkat pelayanan (%)
 (5) : Jumlah terlayani (jiwa)
 $(5) = (3) \times (4)$
 (6) : Kebutuhan air perorang (lt/or/hari)
 (7) : Kebutuhan air (lt/hari)
 $(7) = (5) \times (6)$

4. Kebutuhan Air Non-Domestik

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air baku yang digunakan untuk beberapa kegiatan seperti institusional, komersial, industri, dan kebutuhan fasilitas umum.

Tabel 4.10 Jumlah Fasilitas Umum

Fasilitas	Kec. Pogalan (unit)	Kec. Trenggalek (unit)	Kec. Bendungan (unit)	Jumlah
Pendidikan				
SD	37	42	26	4160 murid
SMP	9	14	4	954 murid
SMA	3	6	1	350 murid
SMK	3	10	1	490 murid
Masjid	65	90	52	207 unit
Mushollah	61	70	13	144 unit
Gereja	1	9	-	10 unit
Rumah Sakit				414 bed
Puskesmas				41 unit

(Sumber : BPS Kab. Trenggalek, 2018)

Tabel 4.11 Kebutuhan Air Masing-Masing Fasilitas

Fasilitas	Kebutuhan	Satuan
Sekolah	10	lt/murid /hari
Rumah Sakit	200	lt/bed/hari
Puskesmas	1200	lt/unit/hari
Masjid	3000	lt/unit/hari
Mushollah	2000	lt/unit/hari
Gereja	2000	lt/unit/hari

(Sumber : DPU Dirjen Cipta Karya, 1996)

Setelah diketahui jumlah fasilitas umum dan kebutuhan air untuk masing-masing fasilitas, maka dapat dilakukan perhitungan kebutuhan air non-domestik dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Non-Domestik

Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Air	Total Kebutuhan Air (lt/hari)
(1)	(2)	(3)	(4)
Pendidikan	5945 murid	10	59450
Masjid	207 unit	3000	621000
Mushollah	144 unit	2000	288000
Gereja	10 unit	2000	20000
Rumah Sakit	414 bed	200	82800
Puskesmas	41 unit	1200	49200
Total			1120450

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan :

- (1) : Fasilitas
 - (2) : Jumlah
 - (3) : Kebutuhan air
 - (4) : Total kebutuhan air (lt/hari)
- (4) = (2) x (3)

4.1.2 Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan kebutuhan air irigasi dilakukan berdasarkan pola tanam yang digunakan yaitu padi-padi-polowijo. Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan kebutuhan air untuk keperluan irigasi :

1. Menentukan nilai evapotranspirasi potensial (Eto). Dimana sebelumnya sudah dihitung dan perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.3

2. Menentukan koefisien tanam (K_c). Nilai koefisien tanaman ini diperoleh dari Tabel A.2.5 KP 01.
3. Menghitung evapotranspirasi tanaman (Etc)
 $Etc = K_c \times E_{to}$
4. Menentukan nilai perkolasi dan rembesan yakni sebesar 2.00 mm/hari
5. Menghitung tinggi hujan setengah bulanan dari data hujan tahun 1998-2017. Kemudian dicari R80 yakni tinggi hujan dengan probabilitas terpenuhi 80%.
6. Menghitung koefisien f_D
 $f_D = 0.53 + (0.00016 \times 10^{-5} \times D^2) + (2.32 \times 10^{-7} \times D^3)$
7. Menghitung tinggi hujan efektif (R_e)
 $R_e = f_D \times (1.25 \times R_{50}^{0.824} - 2.93) \times 10^{0.00095 \times E_{to}}$
8. Menghitung kebutuhan air netto (NFR).
 - Jika $R_e >$ kebutuhan tanaman maka air yang dibutuhkan untuk irigasi = 0.
 - Jika $R_e <$ kebutuhan tanaman maka kebutuhan air irigasi = kebutuhan tanaman – R_e
9. Menghitung kebutuhan air dari intake (DR)

$$DR = \frac{NFR}{0.65}$$

Tabel 4.13 Kebutuhan Air Irigasi Pola Tanam Padi-Padi-Polowijjo

NO	URAIAN	SATUANKETERANGAN	NOPEMBER		DESEMBER		JANUARI		FEBRUARI		MARET		APRIL		
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
1	ET	mm/hr	Penman	5.66	5.66	4.75	4.75	4.00	4.00	4.83	4.83	3.47	3.47	3.62	3.62
2	Koefisien Tanam (C)	mm/hr	FAO		1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00			1.10	1.10	1.05
	Koefisien Tanam (C) Rerata				1.10	1.10	1.08	1.05	1.00	0.48	0.00		1.10	1.10	1.08
3	Et Crop	mm/hr	Kc x ET		6.23	5.22	5.10	4.20	4.00	2.30	0.00		3.81	3.98	3.89
4	Perkolasi & rembesan	mm/hr	kondisi tanah	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
5	Evaporasi during LP	mm/hr	1.1 x Et												
6	Water layer replacement	mm/hr	50 mm/bulan (15)												
7	Total crop water requireme	mm/hr	(3+4+5+6)	2.00	8.23	7.22	7.10	6.20	6.00	4.30	2.00	2.00	5.81	5.98	5.89
8	R80	mm/0.5bln	R80	9.47	13.86	14.37	10.37	9.47	9.85	17.35	9.95	10.69	13.52	12.04	11.53
9	Effektif rainfall	mm/hr	0.7 x (8) / hari	0.44	0.65	0.67	0.48	0.44	0.46	0.81	0.46	0.50	0.63	0.56	0.54
10	Net. field requirement	mm/hr	(7 - 9)	1.56	7.58	6.55	6.62	5.76	5.54	0.04	0.02	12.69	12.56	5.42	5.35
11	Net. field requirement	l/dt/ha	(10) / 8.64	0.18	0.88	0.76	0.77	0.67	0.64	0.00	0.00	1.47	1.45	0.63	0.62
12	Diversion Requirement	l/dt/ha	(11)/ 0.65	0.28	1.35	1.17	1.18	1.02	0.99	0.0001	0.000047	2.26	2.24	0.96	0.95

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.13 Kebutuhan Air Irigasi Pola Tanam Padi-Padi-Polowijjo (Lanjutan)

NO	URAIAN	SATUAN	KETERANGAN	MEI		JUNI		JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER		OKTOBER	
				I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	ET	mm/hr	Penman	3.12	3.12	3.23	3.23	7.49	7.49	5.12	5.12	5.51	5.51	5.84	5.84
2	Koefisien Tanam (C)	mm/hr	FAO	1.05	0.95	0.00			0.50	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95	
	Koefisien Tanam (C) Rerata			1.05	1.05	0.95	0.00			0.50	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95
	Koefisien Tanam (C) Rerata			1.05	1.00	0.48	0.00		0.50	0.55	0.78	1.01	1.04	0.99	0.95
3	Et Crop	mm/hr	Kc x ET	3.27	3.12	1.54	0.00		3.75	2.79	3.97	5.53	5.70	5.76	5.55
4	Perkolasi & rembesan	mm/hr	kondisi tanah	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
5	Evaporasi during LP	mm/hr	1.1 x Et												
6	Water layer replacement	mm/hr	50 mm/bulan (15)												
7	Total crop water requireme	mm/hr	(3+4+5+6)	5.27	5.12	3.54	2.00	2.00	5.75	4.79	5.97	7.53	7.70	7.76	7.55
8	R80	mm/0.5bln	R80	9.38	5.69	8.17	5.60	2.89	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	98.00
9	Efektif rainfall	mm/hr	0.7 x (8) / hari	0.44	0.27	0.38	0.26	0.14	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	4.57
10	Net. field requirement	mm/hr	(7 - 9)	4.83	4.85	3.15	1.74	1.86	5.51	4.79	5.97	7.53	7.70	7.20	2.98
11	Net. field requirement	l/dt/ha	(10) / 8.64	0.56	0.56	0.37	0.20	0.22	0.64	0.55	0.69	0.87	0.89	0.83	0.34
12	Diversion Requirement	l/dt/ha	(11)/ 0.65	0.86	0.86	0.56	0.31	0.33	0.98	0.85	1.06	1.34	1.37	1.28	0.53

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.3 Analisa Water Balance

Analisa water balance berkaitan dengan kebutuhan air yang dikonsumsi dan ketersediaan air pada tampungan. Analisa water balance bertujuan untuk mengetahui air pada tampungan dengan debit andalan yang tersedia apakah bisa memenuhi kebutuhan air. Perhitungan water balance dilakukan dengan mensimulasi kebutuhan air irigasi, air baku dan evapotranspirasi dengan beberapa peluang debit andalan yaitu 50%, 60%, 70%, 80% dan 90%. Dari hasil simulasi tersebut, maka dapat ditentukan debit andalan yang akan digunakan dalam pengoperasian bendungan. Adapun hasil perhitungan analisa water balance dapat dilihat pada tabel 4.14 hingga tabel 4.18 dengan kapasitas tampungan efektif sebesar 14.1 juta m³ dan luas genangan sebesar 73.45 Ha yang didapatkan berdasarkan hasil perencanaan SID bendungan Bagong.

Berikut ini adalah contoh perhitungan water balance dengan debit andalan 90% pada bulan Januari periode 1 dengan jumlah hari 15 hari :

Berdasarkan hasil perhitungan debit kebutuhan air irigasi, debit kebutuhan air baku dan evapotranspirasi yang telah dilakukan sebelumnya, selanjutnya dilakukan perhitungan volume kebutuhan air tersebut dengan cara sebagai berikut:

- Kebutuhan Air Irigasi

$$\begin{aligned} \text{Volume keb. air} &= \text{debit keb.air} \times 3600 \times 24 \times \text{jumlah hari} \\ &= 0.88 \times 3600 \times 24 \times 15 \\ &= 1134241 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Kebutuhan Air Baku

$$\begin{aligned} \text{Volume keb. air} &= \text{debit keb.air} \times 3600 \times 24 \times \text{jumlah hari} \\ &= 0.22 \times 3600 \times 24 \times 15 \\ &= 278934 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Evaporasi
 Volume keb. air = $(E_{to}/1000 \times \text{jumlah hari} + 1.2/1000 \times \text{jumlah hari}) \times \text{luas genangan}$
 = $(1.93/1000 \times 15 + 1.2/1000 \times 12) \times 734500$
 = 34532 m^3
- Volume Kebutuhan Air Total = $1134241 + 278934 + 34532$
 = 1447708 m^3
- Volume Andalan = 977518 m^3
- Defisit = volume andalan – volume kebutuhan air total
 = $977518 - 1447708$
 = -470190 m^3
- Kapasitas Tampungan (S_{i+1})
 Kapasitas = kapasitas tampungan efektif + volume
 tampungan andalan – volume kebutuhan air total
 (S_{i+1})
 = $14100000 + 977518 - 1447708$
 = 13629810 m^3
- Kapasitas Tampungan Akhir ($S_{\text{akhir prd}}$)
 Jika kapasitas tampungan < dari nol, maka nol
 Jika kapasitas tampungan > kapasitas tampungan efektif
 ,maka kapasitas tampungan efektif
- Spillout
 Jika kapasitas tampungan < kapasitas tampungan efektif
 ,maka nol
 Jika kapasitas tampungan > kapasitas tampungan efektif
 ,maka kapasitas tampungan – kapasitas tampungan efektif
- Keterangan
 Jika kapasitas tampungan akhir > dari nol, maka “Cukup”
 Jika kapasitas tampungan < dari nol, maka “Tidak Cukup”

Hasil perhitungan water balance dengan debit andalan 90% pada bulan berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.14 :

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 90%

Bulan	P	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Kebutuhan Air Baku		Total Debit	Evaporasi	Volume	Vol Andalan	defisit	S _{t-1}	S akhir prd	Spillover	Ket.
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	Kebutuhan Air		Kebutuhan Total						
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
															14100000
Jan	1	15	0.88	1134241	0.22	278934	1.09	34532	1447708	977518	-470190	13629810	13629810	0	Cukup
	2	16	0.84	1164178	0.22	297530	1.06	38350	1500058	1112198	-387860	13241950	13241950	0	Cukup
Feb	1	15	0.00007	91	0.22	278934	0.22	41757	320782	1338749	1017967	14259917	14100000	159917	Cukup
	2	13	0.00004	45	0.22	241743	0.22	32892	274680	1523199	1248519	15348519	14100000	1248519	Cukup
Mar	1	15	1.93	2500441	0.22	278934	2.14	31699	2811074	1474211	-1336863	12763137	12763137	0	Cukup
	2	16	1.91	2639354	0.22	297530	2.12	35126	2972010	1677325	-1294685	11468452	11468452	0	Cukup
Apr	1	15	0.82	1067643	0.22	278934	1.04	33149	1379726	1366740	-12986	11455466	11455466	0	Cukup
	2	15	0.81	1054541	0.22	278934	1.03	33149	1366624	1555047	188423	11643888	11643888	0	Cukup
May	1	15	0.74	952591	0.22	278934	0.95	29830	1261356	154008	-1107349	10536540	10536540	0	Cukup
	2	16	0.74	1019574	0.22	297530	0.95	33000	1350104	175226	-1174878	9361662	9361662	0	Cukup
Jun	1	15	0.48	621690	0.22	278934	0.69	31031	931655	93724	-837931	8523731	8523731	0	Cukup
	2	15	0.26	342651	0.22	278934	0.48	31031	652616	106637	-545979	7977752	7977752	0	Cukup
Jul	1	15	0.28	367544	0.22	278934	0.50	53174	699652	12801	-686851	7290901	7290901	0	Cukup
	2	16	0.84	1159093	0.22	297530	1.05	59560	1516183	14565	-1501618	5789283	5789283	0	Cukup
Aug	1	15	0.73	944601	0.22	278934	0.94	40542	1264077	19027	-1245050	4544233	4544233	0	Cukup
	2	16	0.91	1255359	0.22	297530	1.12	45188	1598077	21648	-1576429	2967804	2967804	0	Cukup
Sep	1	15	1.15	1484865	0.22	278934	1.36	43557	1807356	9634	-1797723	1170082	1170082	0	Cukup
	2	15	1.17	1517423	0.22	278934	1.39	43557	1839915	10961	-1828954	-658872	0	0	Tidak Cukup
Oct	1	15	1.09	1418016	0.22	278934	1.31	44370	1741320	4568	-1736751	-1736751	0	0	Tidak Cukup
	2	16	0.45	625896	0.22	297530	0.67	49543	972969	5198	-967771	-967771	0	0	Tidak Cukup
Nov	1	15	0.24	307028	0.22	278934	0.45	44424	630386	83317	-547069	-547069	0	0	Tidak Cukup
	2	15	1.15	1494594	0.22	278934	1.37	44424	1817952	94796	-1723155	-1723155	0	0	Tidak Cukup
Dec	1	15	1.00	1291367	0.22	278934	1.21	44424	1614725	151220	-1463505	-1463505	0	0	Tidak Cukup
	2	16	1.01	1391788	0.22	297530	1.22	47385	1736704	172055	-1564648	-1564648	0	0	Tidak Cukup

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 80%

Bulan	P	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Kebutuhan Air Baku		Total Debit	Evaporasi	Volume	Vol Andalan	defisit	S _{i-1}	S akhir prd	Spillout	Ket.
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	Kebutuhan Air		Kebutuhan Total						
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
													14100000		
Jan	1	15	0.88	1134241	0.22	278934	1.09	34532	1447708	1141696	-306012	13793988	13793988	0	Cukup
	2	16	0.84	1164178	0.22	297530	1.06	38350	1500058	1298996	-201062	13592926	13592926	0	Cukup
Feb	1	15	0.00007	91	0.22	278934	0.22	41757	320782	2234149	1913366	15506292	14100000	1406292	Cukup
	2	13	0.00004	45	0.22	241743	0.22	32892	274680	2541965	2267285	16367285	14100000	2267285	Cukup
Mar	1	15	1.93	2500441	0.22	278934	2.14	31699	2811074	2470965	-340109	13759891	13759891	0	Cukup
	2	16	1.91	2639354	0.22	297530	2.12	35126	2972010	2811409	-160601	13599289	13599289	0	Cukup
Apr	1	15	0.82	1067643	0.22	278934	1.04	33149	1379726	2352404	972678	14571967	14100000	471967	Cukup
	2	15	0.81	1054541	0.22	278934	1.03	33149	1366624	2676513	1309889	15409889	14100000	1309889	Cukup
May	1	15	0.74	952591	0.22	278934	0.95	29830	1261356	690620	-570736	13529264	13529264	0	Cukup
	2	16	0.74	1019574	0.22	297530	0.95	33000	1350104	785772	-564332	12964931	12964931	0	Cukup
Jun	1	15	0.48	621690	0.22	278934	0.69	31031	931655	112102	-819552	12145379	12145379	0	Cukup
	2	15	0.26	342651	0.22	278934	0.48	31031	652616	127548	-525068	11620311	11620311	0	Cukup
Jul	1	15	0.28	367544	0.22	278934	0.50	53174	699652	31809	-667843	10952468	10952468	0	Cukup
	2	16	0.84	1159093	0.22	297530	1.05	59560	1516183	36192	-1479991	9472477	9472477	0	Cukup
Aug	1	15	0.73	944601	0.22	278934	0.94	40542	1264077	25953	-1238124	8234354	8234354	0	Cukup
	2	16	0.91	1255359	0.22	297530	1.12	45188	1598077	29529	-1568548	6665806	6665806	0	Cukup
Sep	1	15	1.15	1484865	0.22	278934	1.36	43557	1807356	13141	-1794215	4871591	4871591	0	Cukup
	2	15	1.17	1517423	0.22	278934	1.39	43557	1839915	14952	-1824963	3046627	3046627	0	Cukup
Oct	1	15	1.09	1418016	0.22	278934	1.31	44370	1741320	6231	-1735088	1311539	1311539	0	Cukup
	2	16	0.45	625896	0.22	297530	0.67	49543	972969	7090	-965879	345660	345660	0	Cukup
Nov	1	15	0.24	307028	0.22	278934	0.45	44424	630386	1038472	408086	753746	753746	0	Cukup
	2	15	1.15	1494594	0.22	278934	1.37	44424	1817952	1181551	-636401	117345	117345	0	Cukup
Dec	1	15	1.00	1291367	0.22	278934	1.21	44424	1614725	2002992	388267	505612	505612	0	Cukup
	2	16	1.01	1391788	0.22	297530.0	1.22	47385	1736704	2278960	542256	1047868	1047868	0	Cukup

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 70%

Bulan	P	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Kebutuhan Air Baku		Total Debit	Evaporasi	Volume	Vol Andalan	defisit	S _{t+1}	S akhir prd	Spillout	Ket.
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	Kebutuhan Air		Kebutuhan Total						
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
												14100000			
Jan	1	15	0.88	1134241	0.22	278934	1.09	34532	1447708	1299498	-148210	13951790	13951790	0	Cukup
	2	16	0.84	1164178	0.22	297530	1.06	38350	1500058	1478540	-21518	13930272	13930272	0	Cukup
Feb	1	15	0.00007	91	0.22	278934	0.22	41757	320782	2706240	2385457	16315729	14100000	2215729	Cukup
	2	13	0.00004	45	0.22	241743	0.22	32892	274680	3079100	2804419	16904419	14100000	2804419	Cukup
Mar	1	15	1.93	2500441	0.22	278934	2.14	31699	2811074	2562806	-248269	13851731	13851731	0	Cukup
	2	16	1.91	2639354	0.22	297530	2.12	35126	2972010	2915903	-56107	13795624	13795624	0	Cukup
Apr	1	15	0.82	1067643	0.22	278934	1.04	33149	1379726	2805631	1425904	15221528	14100000	1121528	Cukup
	2	15	0.81	1054541	0.22	278934	1.03	33149	1366624	3192184	1825560	15925560	14100000	1825560	Cukup
May	1	15	0.74	952591	0.22	278934	0.95	29830	1261356	1569689	308333	14408333	14100000	308333	Cukup
	2	16	0.74	1019574	0.22	297530	0.95	33000	1350104	1785958	435853	14535853	14100000	435853	Cukup
Jun	1	15	0.48	621690	0.22	278934	0.69	31031	931655	319813	-611841	13488159	13488159	0	Cukup
	2	15	0.26	342651	0.22	278934	0.48	31031	652616	363877	-288740	13199419	13199419	0	Cukup
Jul	1	15	0.28	367544	0.22	278934	0.50	53174	699652	53457	-646195	12553225	12553225	0	Cukup
	2	16	0.84	1159093	0.22	297530	1.05	59560	1516183	60823	-1455360	11097864	11097864	0	Cukup
Aug	1	15	0.73	944601	0.22	278934	0.94	40542	1264077	32591	-1231486	9866378	9866378	0	Cukup
	2	16	0.91	1255359	0.22	297530	1.12	45188	1598077	37081	-1560996	8305382	8305382	0	Cukup
Sep	1	15	1.15	1484865	0.22	278934	1.36	43557	1807356	16502	-1790855	6514527	6514527	0	Cukup
	2	15	1.17	1517423	0.22	278934	1.39	43557	1839915	18775	-1821140	4693388	4693388	0	Cukup
Oct	1	15	1.09	1418016	0.22	278934	1.31	44370	1741320	7825	-1733495	2959893	2959893	0	Cukup
	2	16	0.45	625896	0.22	297530	0.67	49543	972969	8903	-964066	1995827	1995827	0	Cukup
Nov	1	15	0.24	307028	0.22	278934	0.45	44424	630386	1637658	1007272	3003099	3003099	0	Cukup
	2	15	1.15	1494594	0.22	278934	1.37	44424	1817952	1865291	45339	3048438	3048438	0	Cukup
Dec	1	15	1.00	1291367	0.22	278934	1.21	44424	1614725	2140410	525685	3574123	3574123	0	Cukup
	2	16	1.01	1391788	0.22	297530	1.22	47385	1736704	2435311	698607	4272730	4272730	0	Cukup

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 60%

Bulan	P	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Kebutuhan Air Baku		Total Debit	Evaporasi	Volume	Vol Andalan	defisit	S _{i+1}	S akhir prd	Spillout	Ket.
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	Kebutuhan Air		Kebutuhan Total						
														14100000	
Jan	1	15	0.88	1134241	0.22	278934	1.09	34532	1447708	1640974	193266	14293266	14100000	193266	Cukup
	2	16	0.84	1164178	0.22	297530	1.06	38350	1500058	1867063	367006	14467006	14100000	367006	Cukup
Feb	1	15	0.00007	91	0.22	278934	0.22	41757	320782	3631317	3310534	17410534	14100000	3310534	Cukup
	2	13	0.00004	45	0.22	241743	0.22	32892	274680	4131631	3856951	17956951	14100000	3856951	Cukup
Mar	1	15	1.93	2500441	0.22	278934	2.14	31699	2811074	2936263	125189	14225189	14100000	125189	Cukup
	2	16	1.91	2639354	0.22	297530	2.12	35126	2972010	3340815	368804	14468804	14100000	368804	Cukup
Apr	1	15	0.82	1067643	0.22	278934	1.04	33149	1379726	2883401	1503674	15603674	14100000	1503674	Cukup
	2	15	0.81	1054541	0.22	278934	1.03	33149	1366624	3280669	1914045	16014045	14100000	1914045	Cukup
May	1	15	0.74	952591	0.22	278934	0.95	29830	1261356	1813640	552284	14652284	14100000	552284	Cukup
	2	16	0.74	1019574	0.22	297530	0.95	33000	1350104	2063519	713415	14813415	14100000	713415	Cukup
Jun	1	15	0.48	621690	0.22	278934	0.69	31031	931655	433463	-498192	13601808	13601808	0	Cukup
	2	15	0.26	342651	0.22	278934	0.48	31031	652616	493184	-159432	13442377	13442377	0	Cukup
Jul	1	15	0.28	367544	0.22	278934	0.50	53174	699652	111440	-588212	12854164	12854164	0	Cukup
	2	16	0.84	1159093	0.22	297530	1.05	59560	1516183	126794	-1389389	11464776	11464776	0	Cukup
Aug	1	15	0.73	944601	0.22	278934	0.94	40542	1264077	35112	-1228965	10235811	10235811	0	Cukup
	2	16	0.91	1255359	0.22	297530	1.12	45188	1598077	39950	-1558127	8677683	8677683	0	Cukup
Sep	1	15	1.15	1484865	0.22	278934	1.36	43557	1807356	17778	-1789578	6888105	6888105	0	Cukup
	2	15	1.17	1517423	0.22	278934	1.39	43557	1839915	20228	-1819687	5068418	5068418	0	Cukup
Oct	1	15	1.09	1418016	0.22	278934	1.31	44370	1741320	8430	-1732889	3335529	3335529	0	Cukup
	2	16	0.45	625896	0.22	297530	0.67	49543	972969	9592	-963377	2372151	2372151	0	Cukup
Nov	1	15	0.24	307028	0.22	278934	0.45	44424	630386	2476772	1846386	4218537	4218537	0	Cukup
	2	15	1.15	1494594	0.22	278934	1.37	44424	1817952	2818016	1000064	5218602	5218602	0	Cukup
Dec	1	15	1.00	1291367	0.22	278934	1.21	44424	1614725	2848374	1233649	6452251	6452251	0	Cukup
	2	16	1.01	1391788	0.22	297530	1.22	47385	1736704	3240817	1504113	7956364	7956364	0	Cukup

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Water Balance Dengan Debit Andalan 50%

Bulan	P	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Kebutuhan Air Baku		Total Debit	Evaporasi	Volume	Vol Andalan	defisit	S _{t-1}	Sakhir prd	Spillout	Ket.
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	Kebutuhan Air		Kebutuhan Total						
			(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³ /dt)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
														14100000	
Jan	1	15	0.88	1134241	0.22	278934	1.09	34532	1447708	1993146	545438	14645438	14100000	545438	Cukup
	2	16	0.84	1164178	0.22	297530	1.06	38350	1500058	2267757	767699	14867699	14100000	767699	Cukup
Feb	1	15	0.00007	91	0.22	278934	0.22	41757	320782	4159845	3839062	17939062	14100000	3839062	Cukup
	2	13	0.00004	45	0.22	241743	0.22	32892	274680	4732979	4458299	18558299	14100000	4458299	Cukup
Mar	1	15	1.93	2500441	0.22	278934	2.14	31699	2811074	3858642	1047568	15147568	14100000	1047568	Cukup
	2	16	1.91	2639354	0.22	297530	2.12	35126	2972010	4390277	1418267	15518267	14100000	1418267	Cukup
Apr	1	15	0.82	1067643	0.22	278934	1.04	33149	1379726	2948409	1568683	1568683	14100000	1568683	Cukup
	2	15	0.81	1054541	0.22	278934	1.03	33149	1366624	3354634	1988010	16088010	14100000	1988010	Cukup
May	1	15	0.74	952591	0.22	278934	0.95	29830	1261356	2136764	875408	14975408	14100000	875408	Cukup
	2	16	0.74	1019574	0.22	297530	0.95	33000	1350104	2431163	1081058	15181058	14100000	1081058	Cukup
Jun	1	15	0.48	621690	0.22	278934	0.69	31031	931655	619866	-311788	13788212	13788212	0	Cukup
	2	15	0.26	342651	0.22	278934	0.48	31031	652616	705270	52654	13840866	13840866	0	Cukup
Jul	1	15	0.28	367544	0.22	278934	0.50	53174	699652	299807	-399845	13441021	13441021	0	Cukup
	2	16	0.84	1159093	0.22	297530	1.05	59560	1516183	341114	-1175069	12265952	12265952	0	Cukup
Aug	1	15	0.73	944601	0.22	278934	0.94	40542	1264077	43014	-1221063	11044889	11044889	0	Cukup
	2	16	0.91	1255359	0.22	297530	1.12	45188	1598077	48941	-1549136	9495753	9495753	0	Cukup
Sep	1	15	1.15	1484865	0.22	278934	1.36	43557	1807356	21780	-1785577	7710176	7710176	0	Cukup
	2	15	1.17	1517423	0.22	278934	1.39	43557	1839915	24780	-1815135	5895042	5895042	0	Cukup
Oct	1	15	1.09	1418016	0.22	278934	1.31	44370	1741320	10328	-1730992	4164050	4164050	0	Cukup
	2	16	0.45	625896	0.22	297530	0.67	49543	972969	11751	-961218	3202831	3202831	0	Cukup
Nov	1	15	0.24	307028	0.22	278934	0.45	44424	630386	2704723	2074337	5277168	5277168	0	Cukup
	2	15	1.15	1494594	0.22	278934	1.37	44424	1817952	3077374	1259422	6536590	6536590	0	Cukup
Dec	1	15	1.00	1291367	0.22	278934	1.21	44424	1614725	3572479	1957754	8494344	8494344	0	Cukup
	2	16	1.01	1391788	0.22	297530	1.22	47385	1736704	4064687	2327984	10822328	10822328	0	Cukup

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil water balance dengan mensimulasi kebutuhan air irigasi, air baku dan evapotranspirasi dengan beberapa peluang debit andalan dapat diketahui bahwa :

- Pada debit andalan 90% terjadi kegagalan karena tidak dapat memenuhi kebutuhan air pada September periode II hingga Desember
- Sedangkan untuk debit andalan 50%, 60%, 70%, dan 80% tidak terjadi kegagalan karena dapat memenuhi kebutuhan air sepanjang tahun.

Berdasarkan hasil tersebut direnakan debit andalan yang digunakan dalam pengoperasian bendungan Bagong ditetapkan menggunakan debit andalan 80%.

4.4 Debit Andalan PLTA

Debit andalan pada perencanaan PLTA di bendungan Bagong didapatkan berdasarkan prosentase terjadinya debit yang melimpas. Adapun prosedur untuk mendapatkan debit andalan PLTA sebagai berikut :

1. Data yang digunakan dalam perhitungan adalah data kebutuhan air irigasi dan air baku (tabel 4.19).

Tabel 4.19 Data Debit Kebutuhan Air Irigasi Dan Air Baku

No	Bulan	Debit Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /dt)	Debit Kebutuhan Air Baku (m ³ /dt)	Total Debit Kebutuhan Air (m ³ /dt)
1	JAN	0.88	0.22	1.09
2		0.84	0.22	1.06
3	FEB	0.00007	0.22	0.22
4		0.00004	0.22	0.22

Tabel 4.19 Data Kebutuhan Air Irigasi Dan Air Baku (Lanjutan)

No	Bulan	Debit Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /dt)	Debit Kebutuhan Air Baku (m ³ /dt)	Total Debit Kebutuhan Air (m ³ /dt)
5	MAR	1.93	0.22	2.15
6		1.91	0.22	2.13
7	APR	0.82	0.22	1.04
8		0.81	0.22	1.03
9	MEI	0.74	0.22	0.95
10		0.74	0.22	0.96
11	JUN	0.48	0.22	0.70
12		0.26	0.22	0.48
13	JUL	0.28	0.22	0.50
14		0.84	0.22	1.06
15	AGS	0.73	0.22	0.95
16		0.91	0.22	1.13
17	SEP	1.15	0.22	1.36
18		1.17	0.22	1.39
19	OKT	1.09	0.22	1.31
20		0.45	0.22	0.67
21	NOP	0.24	0.22	0.46
22		1.15	0.22	1.37
23	DES	1.00	0.22	1.22
24		1.01	0.22	1.23

(Sumber : Hasil Perhitungan)

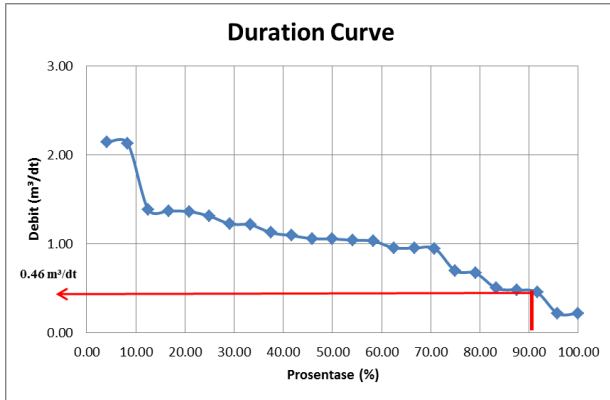
- Selanjutnya data kebutuhan air irigasi dan air baku dapat dilakukan perhitungan prosentase debit berdasarkan peringkat data debit dari terbesar hingga terkecil (tabel 4.20).

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Prosentase Kejadian Debit

No	Urut Debit (m ³ /dt)	Prosentase (%)
1	2.15	4.17
2	2.13	8.33
3	1.39	12.50
4	1.37	16.67
5	1.36	20.83
6	1.31	25.00
7	1.23	29.17
8	1.22	33.33
9	1.13	37.50
10	1.09	41.67
11	1.06	45.83
12	1.06	50.00
13	1.04	54.17
14	1.03	58.33
15	0.96	62.50
16	0.95	66.67
17	0.95	70.83
18	0.70	75.00
19	0.67	79.17
20	0.50	83.33
21	0.48	87.50
22	0.46	91.67
23	0.22	95.83
24	0.22	100.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

- Setelah prosentase debit diketahui, selanjutnya dapat dibuat grafik duration curve (gambar 4.1). Pada perencanaan PLTA dibendungan Bagong direncanakan menggunakan debit andalan PLTA sebesar 90%.



Gambar 4.1 Duration Curve Untuk Menentukan Debit Andalan PLTA

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan duration curve dengan menggunakan debit andalan 90% didapatkan debit andalan PLTA sebesar 0.46 m³/dt.

- Hasil debit andalan PLTA sebesar 0.46 m³/dt, selanjutnya akan digunakan sebagai debit inflow untuk menggerakkan turbin.

Pola operasional pada perencanaan PLTA di bendungan Bagong dilakukan berdasarkan kebutuhan air irigasi dan air baku. Pada kondisi debit kebutuhan air irigasi dan air baku lebih besar dari debit andalan PLTA, maka pola operasional PLTA direncanakan menggunakan 2 pipa dengan rincian sebagai berikut :

1. Pipa 1

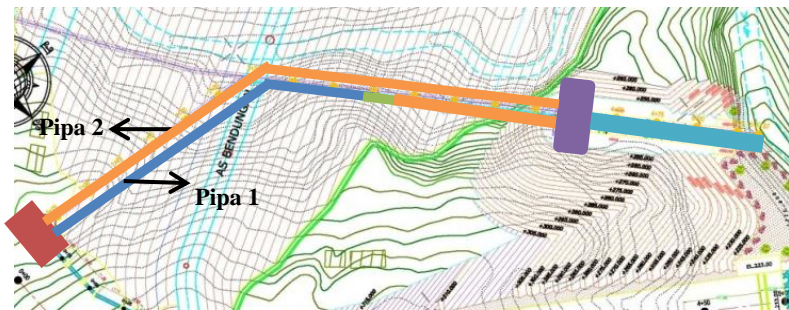
Ketika kondisi debit kebutuhan air irigasi dan air baku lebih kecil atau sama dengan debit andalan PLTA sebesar $0.46 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka debit kebutuhan air direncanakan melewati pipa pesat PLTA

2. Pipa 2

Ketika kondisi debit kebutuhan air irigasi dan air baku lebih besar dari debit andalan PLTA sebesar $0.46 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka debit kebutuhan air direncanakan melewati pipa pesat PLTA dan pipa pesat khusus yang direncanakan untuk tetap dapat memenuhi kebutuhan air. Sehingga kebutuhan air tetap dapat terpenuhi dan operasional PLTA tetap berjalan.

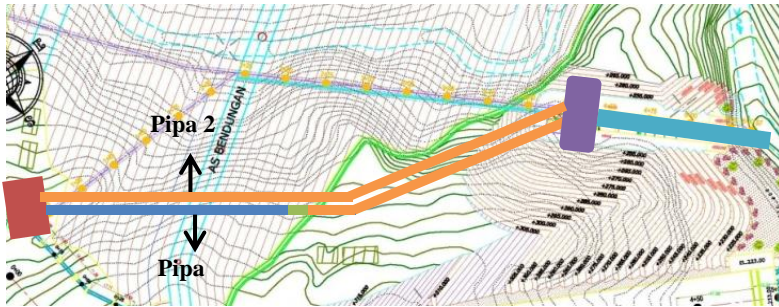
4.5 Penentuan Tinggi Jatuh

Langkah awal yang dilakukan untuk menentukan tinggi jatuh yaitu dengan melakukan plotting perencanaan komponen PLTA, sehingga dapat diketahui letak dan elevasi komponen PLTA berdasarkan data topografi yang ada. Rencana letak dan elevasi komponen PLTA dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 Ploting Denah Perencanaan Kompnen PLTA Alternatif 1

(Sumber : Data Pribadi, 2019)



Gambar 4.3 Ploting Denah Perencanaan Komponen PLTA Alternatif 2

(Sumber : Data Pribadi, 2019)

Keterangan :

- : Tower Intake
- : Headrace
- : Surge Tank
- : Pipa Pesat
- : Power House
- : Outlet Intake

Berdasarkan ploting perencanaan komponen PLTA tersebut, direncanakan letak turbin pada elevasi +250.95 dan tinggi air minimum bendungan berdasarkan pada perencanaan yaitu pada elevasi +297. Dari data tersebut dapat dilakukan perhitungan tinggi jatuh bruto dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H \text{ bruto} &= \text{Elv. Muka Air Minimum} - \text{Elv. Turbin} \\
 &= 297 - 250.95 \\
 &= 46.05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6 Perencanaan Bangunan Pembangkit

4.6.1 Perencanaan Pintu Intake

Dalam perhitungan perencanaan pintu intake digunakan debit rencana sebesar 1.2 x debit andalan. Penggunaan debit rencana bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas pintu intake. Perencanaan pintu intake dilakukan dengan 2 perencanaan sebagai berikut :

1. Pintu 1
Pintu intake untuk PLTA dengan debit andalan sebesar 0.46 m³/dt
2. Pintu 2
Pintu intake untuk pipa pesat khusus yang direncanakan tetap dapat memenuhi kebutuhan air ketika kondisi debit kebutuhan air irigasi dan air baku lebih besar dari debit andalan PLTA

Berikut ini adalah perhitungan pintu intake :

- Pintu 1
Diketahui :
Debit andalan (Q) = 0.46 m³/dt

$$\begin{aligned} Q_{\text{rencana}} &= 1.2 \times Q \\ &= 1.2 \times 0.46 \text{ m}^3/\text{dt} \\ &= 0.56 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \\ 0.56 \text{ m}^3/\text{dt} &= 0.8 \times a \times 2.5 \text{ m} \times \sqrt{2 \times 9.81 \text{ m}/\text{dt}^2 \times 0.2 \text{ m}} \\ a &= 0.14 \text{ m} \approx 0.20 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan kehilangan energi pada pintu :

$$\begin{aligned} Q_n &= \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \\ 0.56 \text{ m}^3/\text{dt} &= 0.8 \times 0.20 \times 2.5 \text{ m} \times \sqrt{2 \times 9.81 \text{ m}/\text{dt}^2 \times z} \\ z &= 0.10 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana :

- Q : Debit andalan (m^3/dt)
 Q_n : Debit rencana (m^3/dt)
 μ : Koefisien debit (0.8)
 a : Tinggi bukaan (m)
 b : Lebar pintu (b rencana = 2.5 m)
 g : Gaya gravitasi ($9.81 m/dt^2$)
 z : Kehilangan energi pada bukaan pintu (0.15 – 0.30)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, pintu intake 1 direncanakan dengan tinggi bukaan pintu sebesar 0.20 m dan lebar pintu sebesar 2.5 m.

- Pintu 2

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Debit analan (Q)} &= \text{debit kebutuhan air} - \text{debit andalan PLTA} \\
 &= 2.15 m^3/dt - 0.46 m^3/dt \\
 &= 1.69 m^3/dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{rencana}} &= 1.2 \times Q \\
 &= 1.2 \times 1.69 m^3/dt \\
 &= 2.03 m^3/dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_n &= \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \\
 2.03 m^3/dt &= 0.8 \times a \times 2.5 m \times \sqrt{2 \times 9.81 m/dt^2 \times 0.2 m} \\
 a &= 0.51 m \approx 0.50 m
 \end{aligned}$$

Perhitungan kehilangan energi pada pintu :

$$\begin{aligned}
 Q_n &= \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \\
 0.56 m^3/dt &= 0.8 \times 0.50 \times 2.5 m \times \sqrt{2 \times 9.81 m/dt^2 \times z} \\
 z &= 0.21 m
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, pintu intake 2 direncanakan dengan tinggi bukaan pintu sebesar 0.50 m dan lebar pintu sebesar 2.5 m.

4.6.2 Perencanaan Pipa Pesat

Pipa pesat yang digunakan dalam perencanaan PLTA ini yaitu menggunakan bahan baja dengan pertimbangan cukup kuat untuk menahan beban tanah dan tekanan air yang tinggi serta bahan tersebut umum digunakan untuk pipa pesat. Panjang pipa pesat alternatif 1 direncanakan sebesar 372 m sedangkan panjang pipa pesat alternatif 2 direncanakan sebesar 404 m yang diperoleh berdasarkan ploting perencanaan PLTA.

4.6.2.1 Perhitungan Diameter Pipa Pesat

Dalam perhitungan diameter pipa pesat perlu diketahui nilai koefisien bahan. Nilai koefisien tersebut diperoleh berdasarkan Tabel 2.6 pada halaman 25.

Berikut ini adalah perhitungan diameter pipa pesat:

❖ Alternatif 1

• Pipa 1

Diketahui :

H	:	46.05 m
Q	:	0.56 m ³ /dt
n	:	0.012
L pipa pesat	:	372 m

$$\begin{aligned}
 D &= 2.69 \left(\frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot L}{H} \right)^{0.1875} \\
 &= 2.69 \left(\frac{0.012^2 \times 0.56^2 \times 372}{46.05} \right)^{0.1875} \\
 &= 0.61 \text{ m} \approx 0.70 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- D : Diameter pipa pesat (m)
- n : Koefisien manning bahan pipa pesat (Tabel 2.3)
- Q : Debit rencana (m³/dt)
- L : Panjang pipa pesat (m)
- H : Tinggi jatuh bruto (m)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan diameter pipa pesat 1 pada alternatif 1 sebesar 0.61 m yang kemudian dibulatkan menjadi 0.70 m, sehingga diameter pipa pesat 1 pada alternatif 1 yang digunakan yaitu sebesar **0.70 m**.

- Pipa 2

Diketahui :

- H : 46.05 m
- Q : 2.03 m³/dt
- n : 0.012
- L pipa pesat : 372 m

$$\begin{aligned}
 D &= 2.69 \left(\frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot L}{H} \right)^{0.1875} \\
 &= 2.69 \left(\frac{0.012^2 \times 2.03^2 \times 372}{46.05} \right)^{0.1875} \\
 &= 0.99 \text{ m} \approx 1.00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan diameter pipa pesat 2 pada alternatif 1 sebesar 0.99 m yang kemudian dibulatkan menjadi 1.00 m, sehingga diameter pipa pesat 2 pada alternatif 1 yang digunakan yaitu sebesar **1.00 m**.

❖ Alternatif 2

• Pipa 1

Diketahui :

H	:	46.05 m
Q	:	0.56 m ³ /dt
n	:	0.012
L pipa pesat	:	404 m

$$\begin{aligned}
 D &= 2.69 \left(\frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot L}{H} \right)^{0.1875} \\
 &= 2.69 \left(\frac{0.012^2 \times 0.56^2 \times 404}{46.05} \right)^{0.1875} \\
 &= 0.62 \text{ m} \approx 0.70 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan diameter pipa pesat 1 pada alternatif 2 sebesar 0.62 m yang kemudian dibulatkan menjadi 0.70 m, sehingga diameter pipa pesat 1 pada alternatif 2 yang digunakan yaitu sebesar **0.70 m**.

• Pipa 2

Diketahui :

H	:	46.05 m
Q	:	2.03 m ³ /dt
n	:	0.012
L pipa pesat	:	404 m

$$\begin{aligned}
 D &= 2.69 \left(\frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot L}{H} \right)^{0.1875} \\
 &= 2.69 \left(\frac{0.012^2 \times 2.03^2 \times 404}{46.05} \right)^{0.1875} \\
 &= 1.00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan diameter pipa pesat 2 pada alternatif 2 sebesar **1.00 m**.

4.6.2.2 Perhitungan Ketebalan Pipa Pesat

Dalam perhitungan ketebalan pipa pesat terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan antara lain tekanan ijin pipa, tekanan air yang terjadi pada pipa dan kekuatan las.

Berikut ini adalah perhitungan ketebalan pipa pesat :

❖ Alternatif 1

- Pipa 1

Diketahui :

H bruto : 46.05 m

D pipa pesat : 0.70 m

ε : 3 mm

$$\begin{aligned}
 H &= H \text{ bruto} + 25\% H \text{ bruto} \\
 &= 46.05 + 25\% \times 46.05 \\
 &= 46.05 + 11.51 \\
 &= 57.56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \rho \times g \times H \\
 &= 1000 \times 9.81 \times 57.56 \\
 &= 564688.13 \text{ N/m}^2 \\
 &= 0.000565 \text{ kN/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta &= \frac{P \times D}{2 \times \phi \times \sigma_{\text{baja}}} + \epsilon \\
 &= \frac{0.000565 \times 700}{2 \times 0.9 \times 1400} + 3 \\
 &= 3.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- δ : Tebal pipa pesat (mm)
- P : Tekanan yang terjadi pada pipa (kN/mm²)
 - : $P = \rho \times g \times H$
 - $H = H \text{ bruto} + 25\% H_{\text{bruto}}$
- D : Diameter pipa pesat (mm)
- ϕ : Koefisien kekuatan las
 - Untuk pengelasan biasa = 0.8
 - Untuk pengelasan dengan x-ray = 0.9
- σ_{baja} : Tekanan ijin baja (1400 kN/mm²)
- ϵ : Korosi Plat Yang Dijinkan (1-3 mm)

Syarat tebal minimum pipa pesat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{min}} &= 2.5 D + 1.2 \\
 &= 2.5 \times 0.70 + 1.2 \\
 &= 2.95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- δ_{min} : Tebal minimum pipa pesat (mm)
- D : Diameter pipa pesat (m)

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan tebal pipa 1 pada alternatif 1 sebesar 3.00 mm > tebal pipa minimum sebesar 2.95 mm, sehingga tebal pipa pesat PLTA direncanakan sebesar **5mm**.

- Pipa 2

Diketahui :

$$H \text{ bruto} \quad : \quad 46.05 \text{ m}$$

$$D \text{ pipa pesat} \quad : \quad 1.00 \text{ m}$$

$$\varepsilon \quad : \quad 3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} H &= H \text{ bruto} + 25\% H \text{ bruto} \\ &= 46.05 + 25\% \times 46.05 \\ &= 46.05 + 11.51 \\ &= 57.56 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \rho \times g \times H \\ &= 1000 \times 9.81 \times 57.56 \\ &= 564688.13 \text{ N/m}^2 \\ &= 0.000565 \text{ kN/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{P \times D}{2 \times \phi \times \sigma_{\text{baja}}} + \varepsilon \\ &= \frac{0.000565 \times 1000}{2 \times 0.9 \times 1400} + 3 \\ &= 3.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat tebal minimum pipa pesat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \delta_{\text{min}} &= 2.5 D + 1.2 \\ &= 2.5 \times 1.00 + 1.2 \\ &= 3.70 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan tebal pipa 2 pada alternatif 1 sebesar 3.00 mm < tebal pipa minimum sebesar 3.70 mm, sehingga tebal pipa pesat PLTA direncanakan sebesar **5mm**.

❖ Alternatif 2

• Pipa 1

Diketahui :

H bruto : 46.05 m

D pipa pesat : 0.70 m

ε : 3 mm

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{P \times D}{2 \times \sigma \times \sigma_{\text{baja}}} + \varepsilon \\ &= \frac{0.000565 \times 700}{2 \times 0.9 \times 1400} + 3 \\ &= 3.00 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat tebal minimum pipa pesat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\delta_{\text{min}} &= 2.5 D + 1.2 \\ &= 2.5 \times 0.70 + 1.2 \\ &= 2.95 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan tebal pipa 1 pada alternatif 2 sebesar 3.00 mm > tebal pipa minimum sebesar 2.95 mm, sehingga tebal pipa pesat PLTA direncanakan sebesar **5mm**.

• Pipa 2

Diketahui :

H bruto : 46.05 m

D pipa pesat : 1.00 m

ε : 3 mm

$$\begin{aligned}
 H &= H \text{ bruto} + 25\% H \text{ bruto} \\
 &= 46.05 + 25\% \times 46.05 \\
 &= 46.05 + 11.51 \\
 &= 57.56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \rho \times g \times H \\
 &= 1000 \times 9.81 \times 57.56 \\
 &= 564688.13 \text{ N/m}^2 \\
 &= 0.000565 \text{ kN/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta &= \frac{P \times D}{2 \times \phi \times \sigma_{\text{baja}}} + \varepsilon \\
 &= \frac{0.000565 \times 1000}{2 \times 0.9 \times 1400} + 3 \\
 &= 3.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat tebal minimum pipa pesat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{min}} &= 2.5 D + 1.2 \\
 &= 2.5 \times 1.00 + 1.2 \\
 &= 3.70 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan tebal pipa 2 pada alternatif 2 sebesar 3.00 mm < tebal pipa minimum sebesar 3.70 mm, sehingga tebal pipa pesat PLTA direncanakan sebesar **5mm**.

4.6.3 Perencanaan Surge Tank

Dalam perencanaan surge tank terdapat dua syarat yang perlu ditinjau yaitu :

1. Panjang pipa pesat lebih besar dari 5 x H bruto
2. Waktu yang dibutuhkan air untuk menjadi tenang (th) lebih besar dari 6 detik

Peninjauan tersebut berfungsi untuk menentukan kebutuhan surge tank dalam suatu PLTA, sehingga dapat dilakukan perencanaan surge tank.

Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan surge tank :

❖ Alternatif 1

Diketahui :

L pipa pesat 1	:	372 m
Q	:	0.56 m ³ /dt
H bruto	:	46.05 m
Diameter pipa pesat 1	:	0.70 m

$$\begin{aligned} \text{Panjang pipa pesat} &= 5 \times H \text{ bruto} \\ &= 5 \times 46.05 \\ &= 230.25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0.56}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0.70^2} \\ &= 1.45 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{th} &= \frac{V \times L}{g \times H \text{ bruto}} \\ &= \frac{1.45 \times 372}{9.81 \times 46.05} \\ &= 1.19 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dimana :

th	:	Waktu yang dibutuhkan air untuk tenang (detik)
V	:	Kecepatan aliran dalam pipa pesat (m/dt)
g	:	Percepatan gravitasi (m/dt ²)
L	:	Panjang pipa pesat (m)
H bruto	:	Tinggi jatuh bruto (m)

❖ Alternatif 2

Diketahui :

L pipa pesat 1	:	404 m
Q	:	0.56 m ³ /dt
H bruto	:	46.05 m
Diameter pipa pesat 1	:	0.70 m

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa pesat} &= 5 \times H \text{ bruto} \\
 &= 5 \times 46.05 \\
 &= 230.25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0.56}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0.70^2} \\
 &= 1.45 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{th} &= \frac{V \times L}{g \times H \text{ bruto}} \\
 &= \frac{1.45 \times 404}{9.81 \times 46.05} \\
 &= 1.29 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Kebutuhan Surge Tank

	Syarat	Perencanaan	Ket
Alternatif 1			
Panjang pipa pesat	> 230.25 m	372 m	Perlu
Waktu air untuk tenang (th)	> 6detik	1.19 detik	Tidak Perlu
Alternatif 2			
Panjang pipa pesat	> 230.25 m	404 m	Perlu
Waktu air untuk tenang (th)	> 6detik	1.29 detik	Tidak Perlu

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa PLTA di bendungan Bagong perlu dilakukan perencanaan surge tank. Dan surge tank direncanakan menggunakan tipe simple surge tank.

Berikut ini adalah perhitungan surge tank :

❖ Alternatif 1

1. Luas Penampang Surge Tank

Direncanakan :

Panjang headrace (L)	:	246.40 m
D headrace	:	0.70 m
Luas penampang headrace (At)	:	$1/4 \times \pi \times D^2$
	:	$1/4 \times \pi \times 0.70^2 = 0.38 \text{ m}$
V	:	1.45 m/dt

Perhitungan β menggunakan rumus Darcy-Weisbach :

$$\beta \cdot V^2 = hf + H \text{ losses}$$

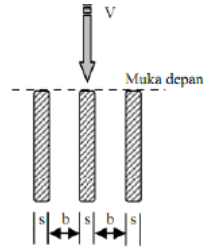
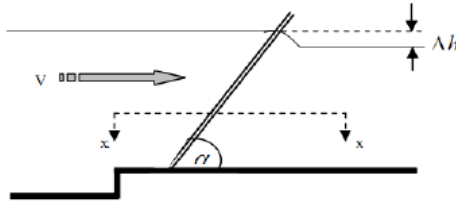
$$\beta \cdot V^2 = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D} + H \text{ losses}$$

Perhitungan H losses didapatkan berdasarkan besar kehilangan energi yang terjadi akibat trashrack, masukan pipa, belokan pada pipa, dan outlet pipa. Adapun perhitungan H losses sebagai berikut:

- Kehilangan Energi Akibat Trashrack

Direncanakan :

- ω : 2.42 (bentuk profil trashrack persegi)
- α : 75°
- s : 5 mm
- b : 5 cm



$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0.56}{1/4 \times \pi \times 0.70^2} \\
 &= 1.45 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 hr &= \omega \left(\frac{s}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \sin \alpha \\
 &= 2.42 \left(\frac{0.005}{0.05}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \sin 75 \\
 &= 0.0116 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- hr : Kehilangan energi akibat trashrack (m)
- ω : Koefisien profil (Tabel 2.8)
- s : Lebar profil dari arah aliran (m)
- b : Jarak antar profil trashrack (m)
- V : Kecepatan aliran (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)
- α : Sudut kemiringan trashrack

- Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang

$$\begin{aligned} A_1 &= L \times t \\ &= 2.5 \times 2.5 \\ &= 6.25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\ &= 1/4 \times \pi \times 0.70^2 \\ &= 0.38 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2/A_1 &= 0.38 / 6.25 \\ &= 0.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hp &= k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0.48 \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \\ &= 0.0513 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana :

- hp : Kehilangan energi akibat perubahan penampang (m)
- k : Koefisien A_2/A_1 (Tabel 2.9)
- V : Kecepatan aliran (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

- Kehilangan Energi Akibat Masukan

$$\begin{aligned}
 h_m &= k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0.05 \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \\
 &= 0.0053 \text{ m}
 \end{aligned}$$

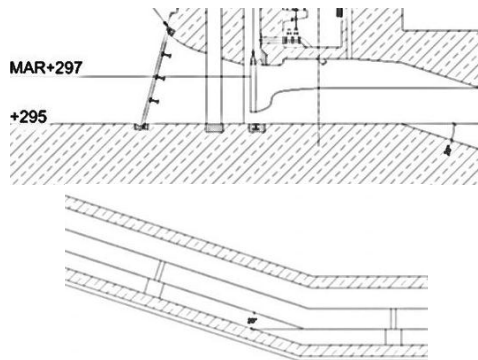
Dimana :

- hm : Kehilangan energi akibat masukan (m)
- k : Koefisien bentuk ujung pipa
k = 0.5 untuk bentuk persegi
k = 0.05 untuk bentuk bulat
- V : Kecepatan aliran (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

- Kehilangan Energi Akibat Belokan Pada Pipa

Direncanakan :

- Sudut belokan pipa : 20°
- Jumlah belokan : 2



Gambar 4.4 Belokan Pada Pipa Pesat Alternatif 1
(Sumber : Data Pribadi, 2019)

$$\begin{aligned}
 hb &= k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \cdot \text{jumlah belokan} \\
 &= \left(0.05 \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \right) \times 2 \\
 &= 0.0107 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- hb : Kehilangan energi akibat belokan pada (m)
- k : Koefisien sudut belokan pipa (Tabel 2.9)
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

- Kehilangan Energi Akibat Outlet Pipa

$$\begin{aligned}
 hk &= 1 \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 1 \cdot \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \\
 &= 0.1068 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- hk : Kehilangan energi akibat outlet pipa (m)
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

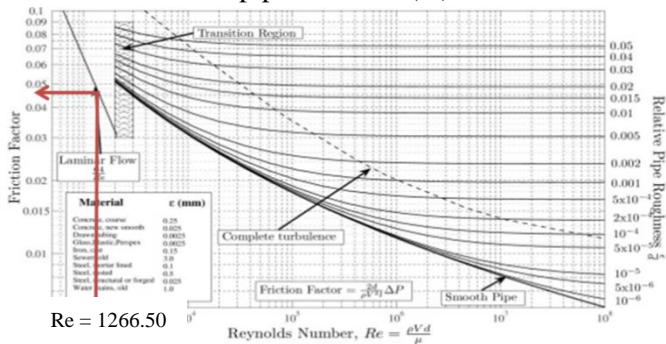
- Kehilangan Energi Akibat Gesekan Sepanjang Pipa Headrace

Dalam perhitungan kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa headrace perlu diketahui nilai koefisien gesekan pipa (f). Nilai koefisien tersebut diperoleh berdasarkan diagram moody dengan bilangan Reynolds dihitung terlebih dahulu.

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \\
 &= \frac{1000 \times 1.45 \times 0.70}{0.80} \\
 &= 1266.50
 \end{aligned}$$

Dimana :

- Re : Bilangan Rynolds
- ρ : Massa jenis (kg/m³)
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- μ : Koefisien debit
- D : Diameter pipa headrace (m)



Gambar 4.5 Nilai Koefisien Gesekan Pipa Alternatif 1 (Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan gambar 4.5 dengan bilangan Reynolds sebesar 1266.50 nilai koefisien gesekan pipa (f) didapatkan sebesar 0.045

$$\begin{aligned}
 hf_1 &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0.045 \times \frac{246.4}{0.70} \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \\
 &= 1.69 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

hf	:	Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (m)
f	:	Koefisien gesek pipa
V	:	Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
g	:	Percepatan gravitasi (m/dt ²)
D	:	Diameter pipa (m)
L	:	Panjang pipa (m)

- Kehilangan Energi Akibat Gesekan Sepanjang Pipa Pesat

Diketahui:

Re	=	1266.50
f	=	0.045
Panjang pipa dari surge tank hingga turbin (L)	=	125.6 m

$$\begin{aligned}
 hf_2 &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0.045 \times \frac{125.6}{0.70} \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \\
 &= 0.8622 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

hf	:	Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (m)
f	:	Koefisien gesek pipa
V	:	Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
g	:	Percepatan gravitasi (m/dt ²)
D	:	Diameter pipa (m)
L	:	Panjang pipa (m)

Berdasarkan hasil perhitungan kehilangan energi yang telah dilakukan, maka H losses yang terjadi pada surge tank dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H \text{ losses} &= h_r + h_p + h_m + h_b \\
 &= 0.0116 + 0.0513 + 0.0053 + 0.0107 \\
 &= 0.07 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dan perhitungan β menggunakan rumus Darcy-Weisbach dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \beta \cdot V^2 &= hf + H \text{ losses} \\
 \beta \times 1.45^2 &= 1.69 + 0.07 \\
 \beta \times 1.45^2 &= 1.76 \\
 \beta &= 0.84
 \end{aligned}$$

Dimana :

- β : Koefisien kehilangan hidrolis
- H_f : Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang headrace (m)
- $H \text{ losses}$: Kehilangan energi lainnya pada headrace (m) (akibat trashrack, masukan, dan belokan)
- V : Kecepatan aliran dalam headrace (m/detik)
- f : Koefisien gesek pipa
- L : Panjang headrace (m)
- D : Diameter headrace (m)

$$\begin{aligned}
 A_s &= \left(\frac{V^2}{2g} \times \frac{L \times A_t}{\beta \times V^2 \times H_o} \right) \times FS \\
 &= \left(\frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \times \frac{246.4 \times 0.38}{0.84 \times 2.11^2 \times (46.05 - 1.76)} \right) \times 2 \\
 &= 0.26 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dimana :

As	:	Luas penampang surge tank
V	:	Kecepatan aliran dalam headrace (m/dt)
L	:	Panjang headrace (m)
At	:	Luas penampang headrace (m ²)
β	:	Koefisien kehilangan hidrolis
Ho	:	Tinggi jatuh efektif (m)
FS	:	Faktor safety luas penampang surge tank (Tabel 2.7)

Berdasarkan hasil perhitungan luas penampang surge tank, maka diameter surge tank yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} As &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 0.26 &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\ D &= 0.58 \text{ m} \approx 0.60 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kebutuhan diameter surge tank didapatkan sebesar 0.58 m yang kemudian dibulatkan menjadi 0.60 m, sehingga diameter surge tank yang digunakan yaitu sebesar **0.60 m**.

2. Tinggi Air Maksimum Diatas Muka Air Bendungan

$$\begin{aligned} Z_m &= V \times \sqrt{\frac{L \times At}{g \times As}} \\ &= 1.45 \times \sqrt{\frac{246.4 \times 0.38}{9.81 \times (1/4 \times \pi \times 0.60^2)}} \\ &= 8.46 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana :

Z_m	:	Ketinggian loncatan air (m)
V	:	Kecepatan aliran dalam headrace (m/dt)
L	:	Panjang headrace (m)
A_t	:	Luas penampang headrace (m ²)
A_s	:	Luas penampang surge tank (m ²)

3. Tinggi Surge Tank

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi surge tank} &= H + Z_m + 1.5 \\
 &= 74.05 + 8.46 + 1.5 \\
 &= 84.01 \text{ m} \approx 84.10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

H_o	:	Tinggi air di bendungan (m)
Z_m	:	Ketinggian loncatan air (m)

❖ Alternatif 2

1. Luas Penampang Surge Tank

Direncanakan :

Panjang headrace (L)	:	237.10 m
D headrace	:	0.70 m
Luas penampang headrace (A_t)	:	$1/4 \times \pi \times D^2$ $1/4 \times \pi \times 0.70^2 = 0.38 \text{ m}^2$
V	:	1.45 m/dt

Perhitungan β menggunakan rumus Darcy-Weisbach :

$$\begin{aligned}
 \beta \cdot V^2 &= hf + H \text{ losses} \\
 \beta \cdot V^2 &= \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D} + H \text{ losses}
 \end{aligned}$$

Perhitungan H losses didapatkan berdasarkan besar kehilangan energi yang terjadi akibat trashrack, masukan pipa, belokan pada pipa, dan outlet pipa.

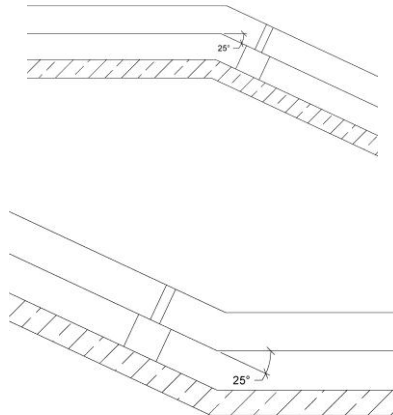
Berdasarkan hasil perhitungan kehilangan energi yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan total kehilangan energi akibat trashrack, perubahan penampang, dan masukan pada pipa sebesar 0.0703 m. Sedangkan perhitungan kehilangan energi akibat belokan pipa dan gesekan sepanjang pipa headrace adalah sebagai berikut :

- Kehilangan Energi Akibat Belokan Pada Pipa

Direncanakan :

Sudut belokan pipa : 25°

Jumlah belokan : 2



Gambar 4.6 Belokan Pada Pipa Pesat Alternatif 2
(Sumber : Data Pribadi, 2019)

$$\begin{aligned}
 hb &= k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \cdot \text{jumlah belokan} \\
 &= \left(0.07 \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \right) \times 2 \\
 &= 0.0149 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- hb : Kehilangan energi akibat belokan pada (m)
- k : Koefisien sudut belokan pipa (Tabel 2.9)
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

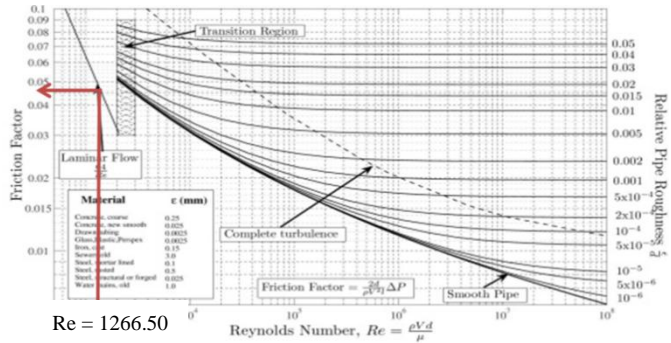
- Kehilangan Energi Akibat Gesekan Sepanjang Pipa Headrace

Dalam perhitungan kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa headrace perlu diketahui nilai koefisien gesekan pipa (f). Nilai koefisien tersebut diperoleh berdasarkan diagram moody dengan bilangan Reynolds dihitung terlebih dahulu.

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \\
 &= \frac{1000 \times 1.45 \times 0.70}{0.80} \\
 &= 1266.50
 \end{aligned}$$

Dimana :

- Re : Bilangan Reynolds
- ρ : Massa jenis (kg/m³)
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- μ : Koefisien debit
- D : Diameter pipa headrace (m)



Gambar 4.7 Nilai Koefisien Gesekan Pipa Alternatif 2
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan gambar 4.5 dengan bilangan Reynolds sebesar 1226.50 nilai koefisien gesekan pipa (f) didapatkan sebesar 0.045

$$\begin{aligned}
 hf_1 &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0.045 \times \frac{237.10}{0.70} \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \\
 &= 1.63 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- hf : Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (m)
- f : Koefisien gesek pipa
- V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
- g : Percepatan gravitasi (m/dt²)
- D : Diameter pipa (m)
- L : Panjang pipa (m)

- Kehilangan Energi Akibat Gesekan Sepanjang Pipa Pesat

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Re} &= 1266.50 \\ f &= 0.045 \\ \text{Panjang pipa dari surge tank hingga turbin (L)} &= 166.90 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hf_2 &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0.045 \times \frac{166.90}{0.70} \times \frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \\ &= 1.1457 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana :

hf	:	Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (m)
f	:	Koefisien gesek pipa
V	:	Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)
g	:	Percepatan gravitasi (m/dt ²)
D	:	Diameter pipa (m)
L	:	Panjang pipa (m)

Berdasarkan hasil perhitungan kehilangan energi yang telah dilakukan, maka H losses yang terjadi pada surge tank dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{H losses} &= h_r + h_p + h_m + h_b \\ &= 0.0116 + 0.0149 + 0.0053 + 0.0107 \\ &= 0.09 \text{ m} \end{aligned}$$

Dan perhitungan β menggunakan rumus Darcy-Weisbach dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\beta \cdot V^2 = hf + H \text{ losses}$$

$$\beta \times 1.45^2 = 1.63 + 0.09$$

$$\beta \times 1.45^2 = 1.71$$

$$\beta = 0.82$$

Dimana :

- β : Koefisien kehilangan hidrolis
- H_f : Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang headrace (m)
- $H \text{ losses}$: Kehilangan energi lainnya pada headrace (m) (akibat trashrack, masukan, dan belokan)
- V : Kecepatan aliran dalam headrace (m/detik)
- f : Koefisien gesek pipa
- L : Panjang headrace (m)
- D : Diameter headrace (m)

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{V^2}{2g} \times \frac{L \times A_t}{\beta \times V^2 \times H_o} \right) \times FS \\ &= \left(\frac{1.45^2}{2 \times 9.81} \times \frac{246.4 \times 0.38}{0.82 \times 2.11^2 \times (46.05 - 1.71)} \right) \times 2 \\ &= 0.26 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimana :

- A_s : Luas penampang surge tank
- V : Kecepatan aliran dalam headrace (m/dt)
- L : Panjang headrace (m)
- A_t : Luas penampang headrace (m²)
- β : Koefisien kehilangan hidrolis
- H_o : Tinggi jatuh efektif (m)
- FS : Faktor safety luas penampang surge tank (Tabel 2.7)

Berdasarkan hasil perhitungan luas penampang surge tank, maka diameter surge tank yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ 0.26 &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ D &= 0.58 \text{ m} \approx 0.60 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kebutuhan diameter surge tank didapatkan sebesar 0.58 m yang kemudian dibulatkan menjadi 0.60 m, sehingga diameter surge tank yang digunakan yaitu sebesar **0.60 m**.

2. Tinggi Air Maksimum Diatas Muka Air Bendungan

$$\begin{aligned} Z_m &= V \times \sqrt{\frac{L \times A_t}{g \times A_s}} \\ &= 1.45 \times \sqrt{\frac{237.10 \times 0.38}{9.81 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 0.60^2)}} \\ &= 8.30 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana :

- Z_m : Ketinggian loncatan air (m)
- V : Kecepatan aliran dalam headrace (m/dt)
- L : Panjang headrace (m)
- A_t : Luas penampang headrace (m²)
- A_s : Luas penampang surge tank (m²)

3. Tinggi Surge Tank

$$\begin{aligned} \text{Tinggi surge tank} &= H + Z_m + 1.5 \\ &= 30 + 8.46 + 1.5 \\ &= 39.80 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana :

Ho : Tinggi air di bendungan (m)
 Zm : Ketinggian loncatan air (m)

- **Fluktuasi Air Dalam Surge Tank Akibat Perubahan Debit**

Pembangkit tenaga listrik harus selalu disesuaikan dengan pemakaian listrik oleh konsumen. Oleh karenanya apabila terjadi keadaan di mana pemakaian listrik tiba-tiba padam (nol), maka kebutuhan air juga akan menjadi nol yang mengakibatkan terjadinya inersia di dalam pipa pesat dan air masih tetap mengalir, sehingga permukaan air di dalam surge tank naik lebih tinggi dari pada ketinggian permukaan air pada kondisi seimbang. Kemudian permukaan air turun sampai lebih rendah dari pada permukaan air dalam keadaan seimbang, selanjutnya naik lagi, turun dan seterusnya sehingga pada suatu saat terdapat keadaan seimbang, dan permukaan air di dalam surge tank diam. Pada keadaan dimana debit yang diperlukan sebesar nol, pada keadaan seimbang, tinggi muka air dalam surge tank sama dengan tinggi muka air pada tempat pemasukan. Dan hal yang sama terjadi biladari keadaan diam diperlukan debit air tertentu.

Perhitungan fluktuasi air dalam surge tank dilakukan dalam kondisi ketika pembukaan turbin. Dan data perencanaan surge tank sebagai berikut :

Panjang pipa pesat 1 (L)	: 372 m
Diameter pipa pesat 1	: 0.70 m
Diameter surge tank	: 0.60 m
Debit maksimum	: 0.56 m ³ /dt
V	: 1.45 m/dt
Luas penampang pipa pesat (At)	: 0.38 m ²
Luas penampang surge tank (As)	: $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
	: $\frac{1}{4} \times \pi \times 0.60^2 = 0.28 \text{ m}^2$
β	: 0.82
Δt	: 5 detik

a. Ketika Pembukaan Turbin

Perhitungan dilakukan dari keadaan diam (debit = nol) hingga debit mengalir secara maksimum sebesar 0.56 m³/dt. Dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabe 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Fluktuasi Air Dalam Surge Tank Ketika Pembukaan Turbin

t	V . At . Δt	Q . Δt	ΔZ . As =	ΔZ	Z	ΔV	V	h	Z - h	PEIL = Z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	2.79	2.79	9.85	0	1.30	0	0	9.85	0
5	2.50	2.79	0.29	101	9.85	1.24	1.30	1.42	9.44	9.85
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	2.86	2.79	-0.07	-0.26	1.90	0.02	1.49	1.80	-0.16	1.90
105	2.82	2.79	-0.03	-0.11	1.64	-0.02	1.46	1.75	-0.22	1.64
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
225	2.79	2.79	0.00	0.00	1.76	0.00	1.45	1.76	0.00	1.76
230	2.78	2.79	0.00	0.00	1.76	0.00	1.45	1.76	0.00	1.76

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berikut ini adalah penjelasan perhitungan tabel 4.22 :

Kolom 1	: Interval waktu (detik)
Kolom 2	: $V \cdot \Delta t \cdot \Delta t$
Kolom 3	: $Q \cdot \Delta t$
Kolom 4	: Kolom 3 – kolom 2
Kolom 5	: Kolom 4 / A_s
Kolom 6	: Kolom 10 + kolom 9 pada baris sebelumnya
Kolom 7	: $\frac{g}{L} \times \Delta t \times$ kolom 10
Kolom 8	: Kolom 7 + kolom 8 pada baris sebelumnya
Kolom 9	: $V^2 \times \beta$
Kolom 10	: Kolom 6 + kolom 5 – kolom 9
Kolom 11	: Sama dengan kolom 6

Dan berikut ini adalah contoh langkah perhitungan fluktuasi air dalam surge tank ketika pembukaan turbin :

- **Baris 1 :**

Pada saat permulaan $v = 0$; $h = 0$; $Z = 0$, sehingga dari rumus $\Delta Z \cdot A_s = Q \cdot \Delta t - V \cdot A_t \cdot \Delta t$, didapat ΔZ

$$\begin{aligned} \Delta Z &= \frac{Q \cdot \Delta t}{A_s} \\ &= \frac{1.45 \times 5}{0.95} \\ &= 9.85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z - h &= Z + \Delta Z - h \\ &= 0 + 9.85 - 0 \\ &= 9.85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= \frac{g}{L} \cdot \Delta t (Z - h) \\
 &= \frac{9.81}{372} \times 5 \times 9.85 \\
 &= 1.30 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

• **Baris 2 :**

$$\begin{aligned}
 V &= V + \Delta V \\
 &= 0 + 1.30 \\
 &= 1.30 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= V^2 \cdot \beta \\
 &= 1.45^2 \times 0.84 \\
 &= 1.41 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \cdot A_s &= Q \cdot \Delta t - V \cdot A_t \cdot \Delta t \\
 &= 2.79 - (1.45 \times 0.38 \times 5) \\
 &= 0.29 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z &= \frac{\Delta Z \cdot A_s}{A_s} \\
 &= \frac{0.29}{0.28} \\
 &= 1.01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

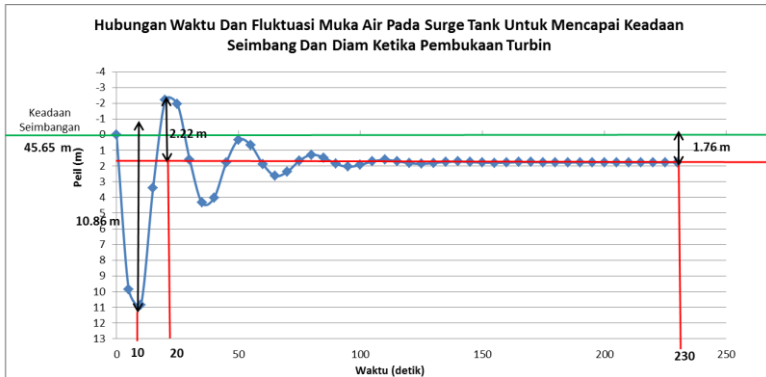
$$\begin{aligned}
 Z &= (Z - h) + h \\
 &= 9.85 + 0 \\
 &= 9.85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z - h &= Z + \Delta Z - h \\
 &= 9.85 + 1.01 - 1.41 \\
 &= 9.44 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= \frac{g}{L} \cdot \Delta t (Z - h) \\
 &= \frac{9.81}{372} \times 5 \times 9.44 \\
 &= 1.24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan fluktuasi air dalam surge tank dari keadaan debit sebesar nol hingga debit maksimum sebesar $0.56 \text{ m}^3/\text{dt}$ memperlihatkan waktu yang dibutuhkan air di dalam surge tank untuk mencapai keadaan diam adalah sebesar 230 detik. Berdasarkan perhitungan fluktuasi tersebut dapat digambarkan grafik hubungan waktu dan fluktuasi muka air pada surge tank untuk mencapai keadaan diam (gambar 4.6). Dari grafik tersebut dapat diketahui tinggi naik turunnya air dalam surge tank untuk mencapai keadaan diam dengan rincian sebagai berikut :

- Pada detik ke-0 dalam keadaan seimbang, tinggi air dalam surge tank sama dengan tinggi air dalam tempat pemasukan yaitu sebesar 45.65 m
- Pada detik ke-10 terjadi penurunan air maksimum sebesar 10.68 m, sehingga tinggi air dalam surge tank menjadi sebesar 34.97 m.
- Pada detik ke-20 tinggi air dalam surge tank menjadi sebesar 48.05 m akibat lonjakan air sebesar 13.08 m.
- Pada detik ke-230 air dalam surge tank telah dalam kondisi diam, sehingga tinggi air dalam surge tank menjadi 43.89 m akibat penurunan sebesar 1.76 m dari keadaan seimbang.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Waktu Dan Fluktuasi Muka Air Pada Surge Tank Untuk Mencapai Keadaan Diam Ketika Pembukaan Turbin
(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.7 Perhitungan Tinggi Jatuh Efektif

Tinggi jatuh efektif diperoleh berdasarkan dari tinggi jatuh bruto dikurangi dengan kehilangan energi yang terjadi. Adapun rumus yang digunakan untuk perhitungan tinggi jatuh efektif adalah sebagai berikut :

$$H_{\text{eff}} = H_{\text{bruto}} - H_{\text{losses}}$$

H_{losses} adalah tinggi kehilangan energi total yang terjadi akibat trashrack, masukan pipa, belokan pada pipa, gesekan sepanjang pipa, dan outlet pipa. Dari hasil perhitungan kehilangan energi yang telah dilakukan sebelumnya, maka perhitungan tinggi jatuh efektif dapat dilakukan.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 H \text{ bruto} &= 46.05 \text{ m} \\
 \text{Batas maksimal kehilangan energi} &= 10\% \times H \text{ bruto} \\
 &= 10\% \times 46.05 \\
 &= 4.605 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kehilangan energi :

❖ Alternatif 1

$$\begin{aligned}
 \text{Kehilangan energi akibat pintu} &= 0.10 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat trashrack (hr)} &= 0.0116 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat perubahan penampang (hp)} &= 0.0513 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat masukan (hm)} &= 0.0053 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat belokan (hb)} &= 0.0107 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat outlet (hk)} &= 0.1068 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (hf)} &= 2.5536 \text{ m} \\
 \text{Total kehilangan energi} &= 2.84 \text{ m}
 \end{aligned}$$

❖ Alternatif 2

$$\begin{aligned}
 \text{Kehilangan energi akibat pintu} &= 0.10 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat trashrack (hr)} &= 0.0116 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat perubahan penampang (hp)} &= 0.0513 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat masukan (hm)} &= 0.0053 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat belokan (hb)} &= 0.0149 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat outlet (hk)} &= 0.1068 \text{ m} \\
 \text{Kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (hf)} &= 2.7732 \text{ m} \\
 \text{Total kehilangan energi} &= 3.06 \text{ m}
 \end{aligned}$$

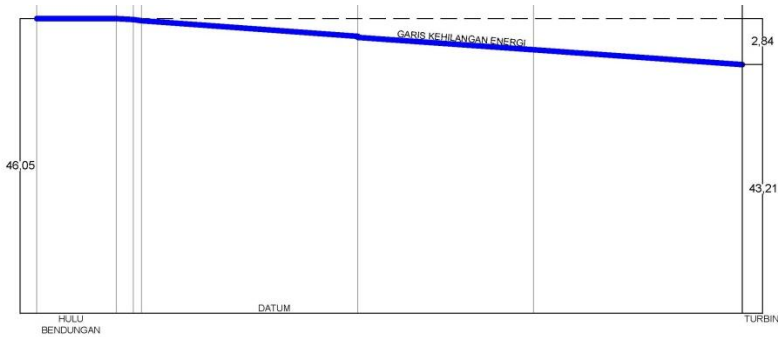
Berdasarkan hasil perhitungan kehilangan energi dari dua alternatif tersebut didapatkan besar kehilangan energi total mempunyai nilai < dari batas maksimal kehilangan energi sebesar 4.605, maka perhitungan kehilangan energi pada bangunan pembangkit memenuhi syarat. Sehingga besar tinggi jatuh efektif dapat dihitung.

❖ Alternatif 1

$$\begin{aligned}
 H_{\text{eff}} &= H_{\text{bruto}} - H_{\text{losses}} \\
 &= 46.05 - 2.84 \\
 &= 43.21 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

H_{eff} : Tinggi jatuh efektif (m)
 H_{bruto} : Perbedaan tinggi muka air hulu dan turbin (m)
 H_{losses} : Tinggi kehilangan energi (m)



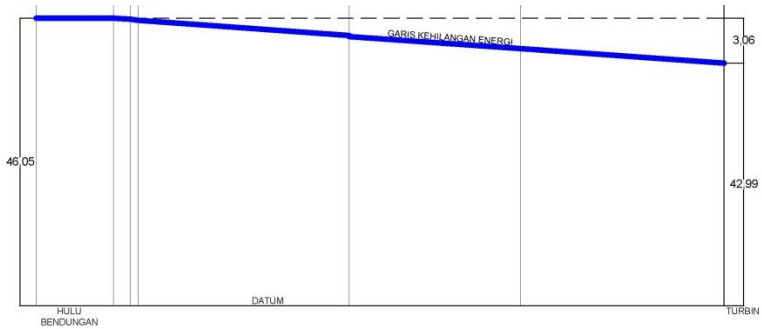
Gambar 4.9 Garis Kehilangan Energi Yang Terjadi Pada Alternatif 1
(Sumber :Hasil Perhitungan)

❖ Alternatif 2

$$\begin{aligned}
 H_{\text{eff}} &= H_{\text{bruto}} - H_{\text{losses}} \\
 &= 46.05 - 3.06 \\
 &= 42.99 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

H_{eff} : Tinggi jatuh efektif (m)
 H_{bruto} : Perbedaan tinggi muka air hulu dan turbin (m)
 H_{losses} : Tinggi kehilangan energi (m)

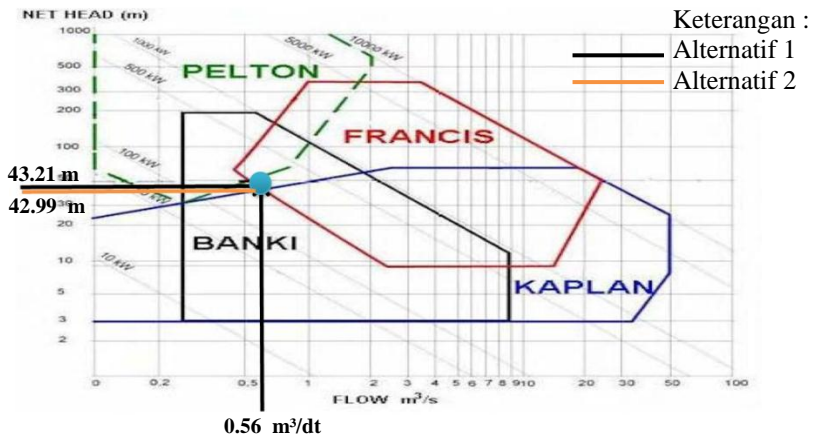


Gambar 4.10 Garis Kehilangan Energi Yang Terjadi Pada Alternatif 2
(Sumber :Hasil Perhitungan)

4.8 Penentuan Jenis Turbin

Berdasarkan hasil perhitungan tinggi jatuh efektif dan debit rencana dari dua alternatif tersebut, maka penentuan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan gambar 2.4 dan 2.5 pada halaman 35.

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan dan Propeller	$2 < H < 40$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$
Crossflow	$3 < H < 250$
Turgo	$50 < H < 250$



Gambar 4.11 Penentuan Jenis Turbin
(Sumber :Hasil Perhitungan)

Berdasarkan gambar 4.11 turbin yang digunakan untuk perencanaan PLTA di bendungan Bagong dari dua alternatif tersebut adalah turbin **Francis**.



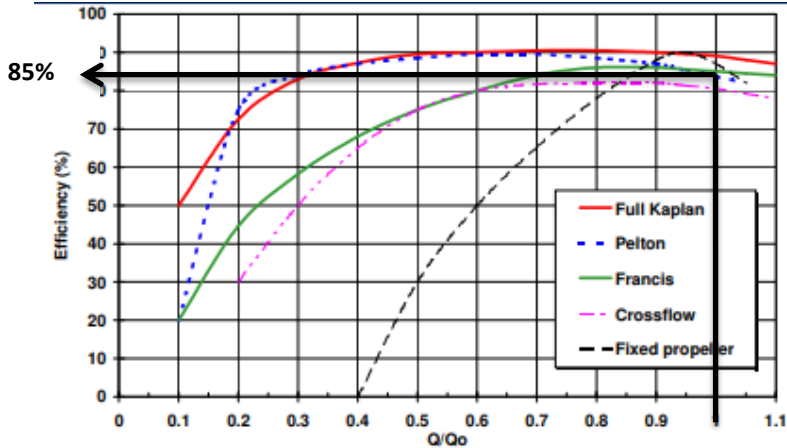
Gambar 4.12 Turbin Francis

(Sumber : <http://cink-hydro-energy.com/id/turbin-francis/>)

4.9 Perhitungan Daya Listrik Dan Energi Listrik Yang Dihilangkan

Perhitungan daya listrik yang dihasilkan dilakukan berdasarkan debit inflow untuk menggerakkan turbin, tinggi jatuh efektif dan efisiensi kinerja turbin yang dipengaruhi oleh perbandingan debit yang terjadi didalam pipa (Q) terhadap kapasitas debit maksimum pada pipa(Q_0).

Untuk menentukan nilai efisiensi turbin dilakukan berdasarkan gambar 4.10 dimana hasil perbandingan debit yang terjadi didalam pipa (Q) sebesar $0.56 \text{ m}^3/\text{dt}$ terhadap kapasitas debit maksimum pada pipa(Q_0) sebesar $0.56 \text{ m}^3/\text{dt}$ yaitu sebesar 1.



Gambar 4.13 Nilai Efisiensi Turbin
(Sumber :Hasil Perhitungan)

Berdasarkan gambar 4.13 nilai efisiensi turbin yaitu sebesar 85%, sehingga daya listrik yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

❖ Alternatif 1

$$\begin{aligned}
 P &= \eta \times g \times Q \times H_{eff} \\
 &= 85\% \times 9.81 \times 0.56 \times 43.21 \\
 &= 200.71 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

❖ Alternatif 2

$$\begin{aligned}
 P &= \eta \times g \times Q \times H_{eff} \\
 &= 85\% \times 9.81 \times 0.56 \times 42.99 \\
 &= 199.66 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- P : Daya Listrik Yang Akan Dihasilkan (KW)
 η : Efisiensi Turbin
 Q : Debit rencana (m^3/dt)
 H_{eff} : Tinggi Jatuh Air Efektif (m)

Berdasarkan hasil daya listrik yang dihasilkan sebesar dan kapasitas turbin yang tersedia dipasaran, maka pada PLTA di bendungan Bagong direncanakan menggunakan turbin francis type HLA240-WJ-50 dengan kapasitas 222 KW dengan jumlah 1 buah.

Dan energi listrik yang dihasilkan selama satu tahun dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

❖ Alternatif 1

$$\begin{aligned} E &= P \times t \\ &= 200.71 \times 365 \times 24 \\ &= 1.758.236 \text{ KWh} \end{aligned}$$

❖ Alternatif 2

$$\begin{aligned} E &= P \times t \\ &= 199.66 \times 365 \times 24 \\ &= 1.749.038 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Dimana :

- E : Energi yang dihasilkan (KWh)
 P : Daya Listrik Yang Akan Dihasilkan (KW)
 t : Waktu (jam)

4.10 Perhitungan Kelayakan Ekonomi

Perhitungan kelayakan ekonomi bertujuan untuk menentukan kelayakan suatu proyek, mengevaluasi setiap alternatif solusi yang potensial dan pengambilan keputusan pembangunan dalam sudut pandang ekonomi berupa analisa layak atau tidaknya suatu proyek dapat dilaksanakan. Pada analisis kelayakan ekonomi pada tugas akhir ini metode yang digunakan yaitu metode *Discounted Cash Flow* yang terdiri dari metode NPV, BCR, dan IRR.

I. COST

A. KONSTRUKSI PLTA

- Pipa Pesat 1

Diketahui :

Panjang pipa pesat	=	372 m
Diameter	=	0.70 m
Tebal	=	5 mm
Harga pipa baja	=	Rp 2.486.306 /m
Harga beton K-225	=	Rp 1.617.829 /m ³

- Pipa Pesat 2

Diketahui :

Panjang pipa pesat	=	372 m
Diameter	=	1.00 m
Tebal	=	5 mm
Harga pipa baja	=	Rp 3.469.856 /m
Harga beton K-225	=	Rp 1.617.829 /m ³

Tabel 4.23 Cost Konstruksi Pipa Pesat

Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah
Alternatif 1				
Pipa Pesat 1	372	m	Rp 2.486.306	Rp 924.905.931
Pipa Pesat 2	372	m	Rp 3.469.856	Rp 1.290.786.368
Anchor Blok Pipa Pesat	100.10	m ³	Rp 1.617.829	Rp 161.951.700
TOTAL				Rp 1.086.857.630
Alternatif 2				
Pipa Pesat 1	404	m	Rp 2.486.306	Rp 1.004.467.731
Pipa Pesat 2	404	m	Rp 3.469.856	Rp 1.401.821.754
Anchor Blok Pipa Pesat	100.10	m ³	Rp 1.617.829	Rp 161.951.700
TOTAL				Rp 1.166.419.431

(Sumber : Hasil Perhitungan)

- Surge Tank
Diketahui :
Panjang pipasurge tank = 84.10 m
Diameter = 0.60 m
Tebal = 10 mm
Harga pipa baja = Rp 2.001.566 /m
Harga beton K-225 = Rp 1.617.829 /m³

Tabel 4.24 Cost Kontruksi Surge Tank

Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah
Alternatif 1				
Pipa Surge Tank	84.10	m	Rp 2.001.566	Rp 168.331.667
Beton K-225	165.27	m ³	Rp 1.617.829	Rp 267.383.973
TOTAL				Rp 435.715.640
Alternatif 2				
Pipa Surge Tank	39.80	m	Rp 2.001.566	Rp 79.665.961
Beton K-225	0.93	m ³	Rp 1.617.829	Rp 1.509.364
TOTAL				Rp 81.175.325

(Sumber : Hasil Perhitungan)

- Turbin
Turbin yang digunakan yaitu turbin Francis type HLA240-WJ-50 dengan kapasitas 222 KW dengan jumlah 1 buah.

Tabel 4.25 Cost Turbin

Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah
Turbin	1	Set	Rp 214.792.500	Rp 214.792.500

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4.14 Turbin Francis Type HLA153-WJ-50
 (Sumber : https://www.alibaba.com/product-detail/Francis-turbine-Horizontal-Francis-type_1861935678.html?spm=a2700.7724838.2017115.37.7d6d6915UQQFOP&s=p)

- Power House
 Direncanakan :
 Atap beton/rangka baja dg seng BJLS.40
 Lantai beton bertulang
 Dinding dengan struktur beton bertulang/baja

Tabel 4.26 Cost Konstruksi Power House

Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah
Power House	108	m ²	Rp 6.050.000	Rp 653.400.000

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.27 Rekapitulasi Cost Konstruksi PLTA

Pekerjaan	Cost
Alternatif 1	
Pipa Pesat	Rp 1.086.857.630
Surge Tank	Rp 435.715.640
Turbin	Rp 214.792.500
Power House	Rp 653.400.000
JUMLAH	Rp 3.681.552.138
PPN 10%	Rp 368.155.214
JUMLAH TOTAL	Rp 4.049.707.352
Alternatif 2	
Pipa Pesat	Rp 1.166.419.431
Surge Tank	Rp 81.175.325
Turbin	Rp 214.792.500
Power House	Rp 653.400.000
JUMLAH	Rp 3.517.609.010
PPN 10%	Rp 351.760.901
JUMLAH TOTAL	Rp 3.869.369.911

(Sumber : Hasil Perhitungan)

B. BIAAYA O/P

Biaya O/P adalah biaya tahunan yang harus dikeluarkan pada suatu proyek. Biaya tersebut dapat diperkirakan sebesar suatu prosentase tertentu dari jumlah biaya awal atau modal (Anwar, Nadjadji: 2012).

Tabel 4.28 Cost Operasional Dan Perawatan

Pekerjaan	Biaya Konstruksi	Faktor O/P (% /thn)	Cost
Alternatif 1			
Pipa Pesat	Rp 1.086.857.630	1.50	Rp 16.302.864
Surge Tank	Rp 435.715.640	1.50	Rp 6.535.735
Turbin	Rp 214.792.500	1.00	Rp 2.147.925
Power House	Rp 653.400.000	1.00	Rp 6.534.000
TOTAL			Rp 24.703.114
Alternatif 2			
Pipa Pesat	Rp 1.166.419.431	1.50	Rp 17.496.291
Surge Tank	Rp 81.175.325	1.50	Rp 1.217.630
Turbin	Rp 214.792.500	1.00	Rp 2.147.925
Power House	Rp 653.400.000	1.00	Rp 6.534.000
TOTAL			Rp 27.395.846

(Sumber : Hasil Perhitungan)

C. PAJAK AIR PERMUKAAN

Diketahui :

$$\text{Pajak air permukaan} = \text{Rp } 222 / \text{KWh}$$

(KEPMEN PUPR No. 12 Tahun 2019)

Tabel 4.29 Cost Pajak Air Permukaan

Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah
Alternatif 1	1.758.236	KWh	Rp 222	Rp 390.328.435
Alternatif 2	1.749.038	KWh	Rp 222	Rp 388.286.375

(Sumber : Hasil Perhitungan)

2. **BENEFIT**

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Harga jual ke PLN} &= \text{Rp } 989 / \text{KWh} \\ &\text{(KEPMEN ESDM No. 55} \\ &\text{Tahun 2019)} \end{aligned}$$

Tabel 4.30 Benefit Yang Dihasilkan PLTA

Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah
Alternatif 1	1.758.236	KWh	Rp 989	Rp 1.738.895.597
Alternatif 2	1.749.038	KWh	Rp 989	Rp 1.729.798.312

(Sumber : Hasil Perhitungan)

3. **NPV**

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Bunga (i)} &= 6\% \text{ (BI 7-Days Reverse} \\ &\text{Repo Rate 2019)} \\ \text{MARR} &= 12\% \\ \text{Umur investasi} &= 20 \text{ Tahun} \\ \text{Modal} & \\ \text{Sendiri} &= 40\% \text{ Modal} \\ \text{Pinjam Bank} &= 60\% \text{ Modal} \\ \text{Faktor (A/P,i,n)} &= 0.0872 \\ \text{Pengembalian modal} &= \text{Faktor (A/P,i,n) x Pinjaman} \\ \text{Net Cash Flow (NCF)} &= \text{Pendapatan} - \text{pengeluaran} \\ \text{Factor Discounted (FD)} &= (1+i)^n \\ \text{Present value (PV)} &= \text{NCF} / \text{FD} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *cash flow* dengan metode NPV yang dapat dilihat pada lampiran tabel A.3 dan A.4 didapatkan hasil nilai NPV alternatif 1 sebesar **Rp 3.998.121.132** dan nilai NPV alternatif 2 sebesar **Rp 4.236.269.547** yang mana mempunyai nilai NPV positif, sehingga PLTA di bendungan Bagong dikatakan **LAYAK**.

4. BCR

- *Cost*

Tabel 4.31 Cost Yang Dikeluarkan Per Tahun

Keterangan	Faktor (A/P,i,n)		Harga		Jumlah
Alternatif 1					
Modal	0.0872	Rp	4.049.707.352	Rp	353.071.941
O/P + Pajak					
Air		Rp	421.848.959	Rp	421.848.959
Permukaan					
TOTAL				Rp	774.920.901
Alternatif 2					
Modal	0.0872	Rp	3.869.369.911	Rp	337.349.301
O/P + Pajak					
Air		Rp	415.682.222	Rp	415.682.222
Permukaan					
TOTAL				Rp	753.031.523

(Sumber : Hasil Perhitungan)

- *Benefit*

Tabel 4.32 Benefit Yang Dihasilkan Per Tahun

Benefit	Jumlah
Alternatif 1	Rp 1.738.895.597
Alternatif 2	Rp 1.729.798.312

(Sumber : Hasil Perhitungan)

❖ Alternatif 1

$$\begin{aligned}
 \text{BCR} &= \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 1.738.895.597}{\text{Rp } 774.920.901} \\
 &= 2.24 > 1 \text{ (LAYAK)}
 \end{aligned}$$

❖ Alternatif 2

$$\begin{aligned}
 \text{BCR} &= \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 1.729.798.312}{\text{Rp } 753.031.523} \\
 &= 2.30 > 1 \text{ (LAYAK)}
 \end{aligned}$$

5. IRR

Internal Rate of Return adalah nilai suku bunga yang diperoleh jika NPV bernilai sama dengan nol. IRR dihitung atas dasar penerimaan bersih dan total nilai untuk keperluan investasi. Nilai IRR sangat penting diketahui untuk melihat sejauh mana kemampuan proyek ini dapat dibiayai dengan melihat nilai suku bunga pinjaman yang berlaku dan nilai IRR harus mempunyai nilai lebih besar dari pada tingkat bunga minimal yang diinginkan (MARR), sehingga investasi menguntungkan.

Berdasarkan hasil perhitungan *cash flow* dengan metode IRR dari dua alternatif yang dapat dilihat pada lampiran tabel A.5 hingga A.8 didapatkan hasil nilai (i) sebagai berikut :

❖ Alternatif 1

Tingkat pengembalian (IRR) dicoba antara 13% - 47%.

$$\begin{aligned}
 i &= 13\% & \rightarrow & \text{NPV} = \text{Rp } 3.663.654.222 \\
 i &= 47\% & \rightarrow & \text{NPV} = \text{Rp } (19.603.093)
 \end{aligned}$$

Untuk memperoleh (i) dengan nilai NPV sama dengan nol, maka perlu dilakukan perhitungan menggunakan interpolasi .

$$\begin{aligned}
 i &= 13\% + \frac{\text{Rp } 3.663.654.222 - 0}{\text{Rp } 3.663.654.222 - \text{Rp } (19.603.093)} \times 34\% \\
 &= 46.82 \% > \text{MARR} \\
 &= 46.82 \% > 12\% \text{ (LAYAK)}
 \end{aligned}$$

❖ Alternatif 2

Tingkat pengembalian (IRR) dicoba antara 13% - 51%.

$$\begin{array}{lcl} i = 13\% & \rightarrow & \text{NPV} = \text{Rp } 3.891.919.056 \\ i = 51\% & \rightarrow & \text{NPV} = \text{Rp } (29.800.287) \end{array}$$

Untuk memperoleh (i) dengan nilai NPV sama dengan nol, maka perlu dilakukan perhitungan menggunakan interpolasi .

$$\begin{aligned} i &= 13\% + \frac{\text{Rp } 3.891.919.056 - 0}{\text{Rp } 3.891.919.056 - \text{Rp } (29.800.287)} \times 38\% \\ &= 50.71\% > \text{MARR} \\ &= 50.71\% > 12\% \text{ (LAYAK)} \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan lokasi plotting perencanaan komponen PLTA untuk alternatif 1 dengan panjang pipa pesat sebesar 372 m dan alternatif 2 dengan panjang pipa sebesar 404 m dapat ditarik kesimpulan dengan rincian sebagai berikut :

1. Turbin yang akan digunakan dalam perencanaan PLTA di bendungan Bagong dari dua alternatif tersebut adalah turbin Francis Type HLA240-WJ-50 dengan kapasitas 222 KW.
2. Dimensi :
 - **Bagunan intake**
 - ❖ **Alternatif 1 dan Alternatif 2**
 - Pintu 1: menggunakan lebar pintu sebesar 2.5 m dengan tinggi bukaan pintu sebesar 0.2 m
 - Pintu 2 : menggunakan lebar pintu sebesar 2.5 m dengan tinggi bukaan pintu sebesar 0.5 m
 - **Pipa pesat baja**
 - ❖ **Alternatif 1 dan Alternatif 2**
 - Pipa 1 : diameter 0.70 m dengan tebal 5 mm
 - Pipa 2 : diameter 1.00 m dengan tebal 5 mm
 - **Surge tank**
 - ❖ **Alternatif 1** : Menggunakan pipa baja dengan diameter 0.60 m, tebal 5 mm dan tinggi 84.10 m
 - ❖ **Alternatif 2** : Menggunakan pipa baja dengan diameter 0.60 m, tebal 5 mm dan tinggi 39.80 m
 - **Kehilangan energi yang terjadi :**
 - ❖ **Alternatif 1**
 - Akibat trashrack = 0.0116 m
 - Akibat pintu = 0.10 m
 - Akibat perubahan penampang = 0.0534 m
 - Akibat masukan = 0.0053 m

- Akibat gesekan sepanjang pipa = 2.5536 m
- Akibat belokan pipa = 0.0107 m
- Akibat outlet pipa = 0.1068 m
- Total = 2.84 m

❖ Alternatif 2

- Akibat trashrack = 0.0116 m
- Akibat pintu = 0.10 m
- Akibat perubahan penampang = 0.0534 m
- Akibat masukan = 0.0053 m
- Akibat gesekan sepanjang pipa = 2.7732 m
- Akibat belokan pipa = 0.0149 m
- Akibat outlet pipa = 0.1068 m
- Total = 3.06 m

3. Daya listrik yang dapat dihasilkan alternatif 1 sebesar 2001.71 KW dengan energi listrik yang dihasilkan per tahun sebesar 1.758.236 KWh sedangkan daya listrik yang dihasilkan alternatif 2 sebesar 199.66 KW dengan energi listrik yang dihasilkan per tahun sebesar 1.749.038 KWh
4. Secara ekonomi dengan menggunakan suku bunga (i) sebesar 6% PLTA di bendungan Bagong **LAYAK** untuk dibangun dengan parameter sebagai berikut :

❖ Alternatif 1

- NPV = Rp 3.998.121.132
- BCR = 2.24
- IRR = 46.82 %

❖ Alternatif 2

- NPV = Rp 4.236.269.547
- BCR = 2.30
- IRR = 50.71 %

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dan perhitungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Jika hasil perencanaan PLTA ini akan diterapkan dengan mempertimbangkan keuntungan energi listrik yang dihasilkan, maka alternatif 1 lebih disarankan dalam pengambilan keputusan. Sedangkan apabila mempertimbangkan keuntungan secara ekonomi, maka alternatif 2 dapat digunakan dalam pengambilan keputusan.
2. Perlu dilakukan analisa lebih lanjut tentang kesetabilan pada komponen bangunan pembangkit PLTA apabila PLTA akan dibangun

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Sutan Fahreza. 2018. Laporan Tugas Akhir : **Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Di Bendungan Gondang Karanganyar Jawa Tengah.** Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Anwar, Nadjadji. 2012. **Rekayasa Sumber Daya Air.** Surabaya : Itspress
- Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. 2014. **Laporan Akhir SID Bendungan Bagong Kab. Trenggalek Dan Model Test.** Surabaya : Balai Besar Wilayah Sungai Brantas
- Bank Indonesia. 2019. **BI 7-day Reverse Repo Rate.** (<https://www.bi.go.id/id/moneter/bi-7day-RR/data/Contents/Default.aspx>)
- Bureau Of Indian Standards. 1985. **Criteria for Hydraulic Design of Surge Tanks.** India : BIS (Bureau Of Indian Standards)
- Fachrurrozi, Muhammad. 2017. Laporan Tugas Akhir : **Studi Optimasi Pemanfaatan Waduk Bagong Di Kabupaten Trenggalek Untuk Jaringan Irigasi, Kebutuhan Air Baku, Dan Potensi PLTA.** Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Patty, O. F. 1995. **Tenaga Air.** Jakarta : Erlangga
- Pemerintah Indonesia. 2019. **Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomer 55 Tahun 2019 Tentang Besaran Biaya Pokok Penyediaan Pembangkit PT. PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO) Tahun 2018.** Jakarta : Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia

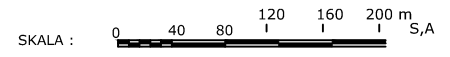
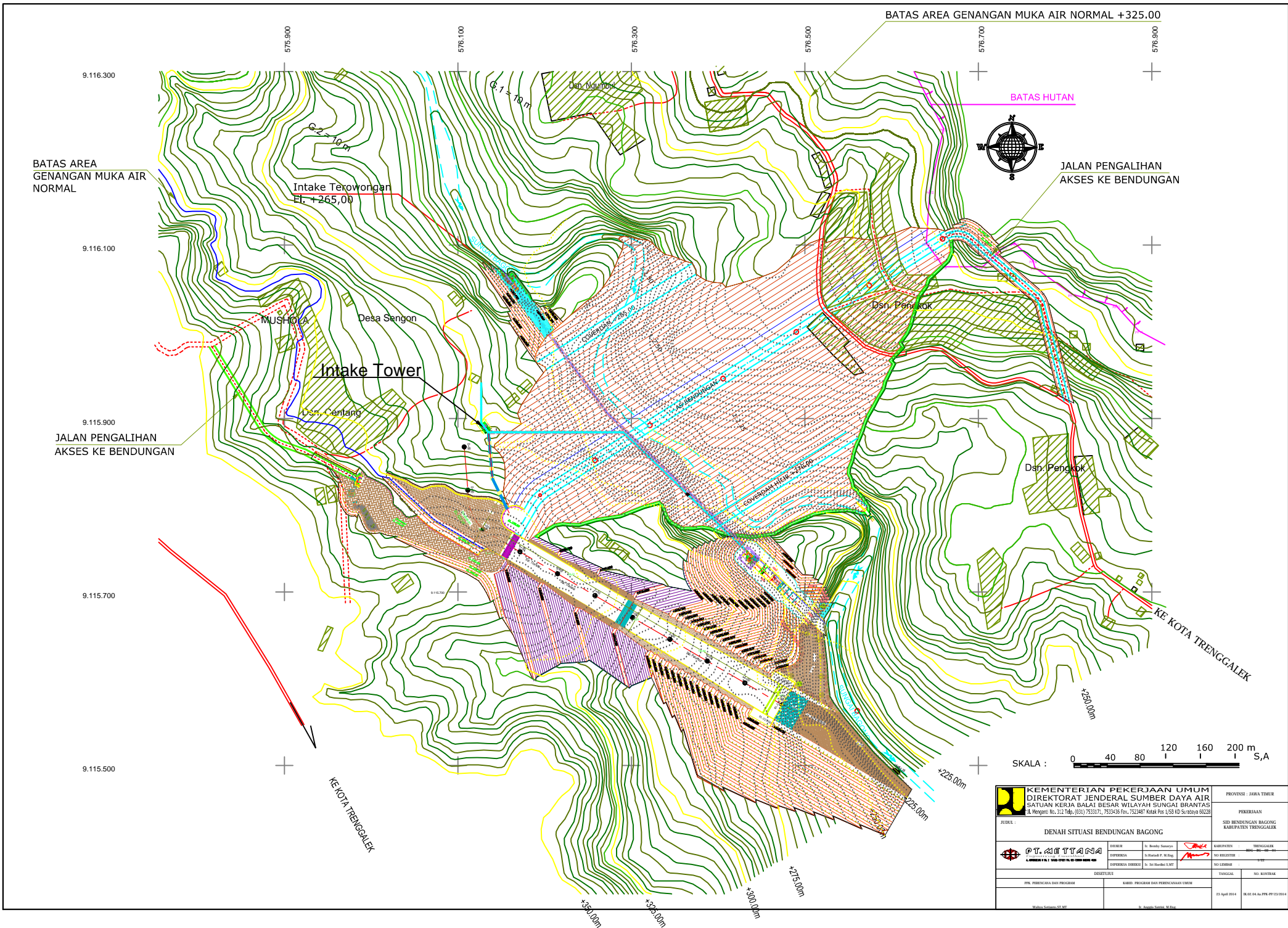
Pemerintah Indonesia. 2019. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomer 12 Tahun 2019 Tentang Penetapan Harga Dasar Air Permukaan.** Jakarta : Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat

Penche, Celso. 2004. **Guidebook on How to Develop a Small Hydropower Plans.** Belgia : ESHA (European Small Hydropower Association).

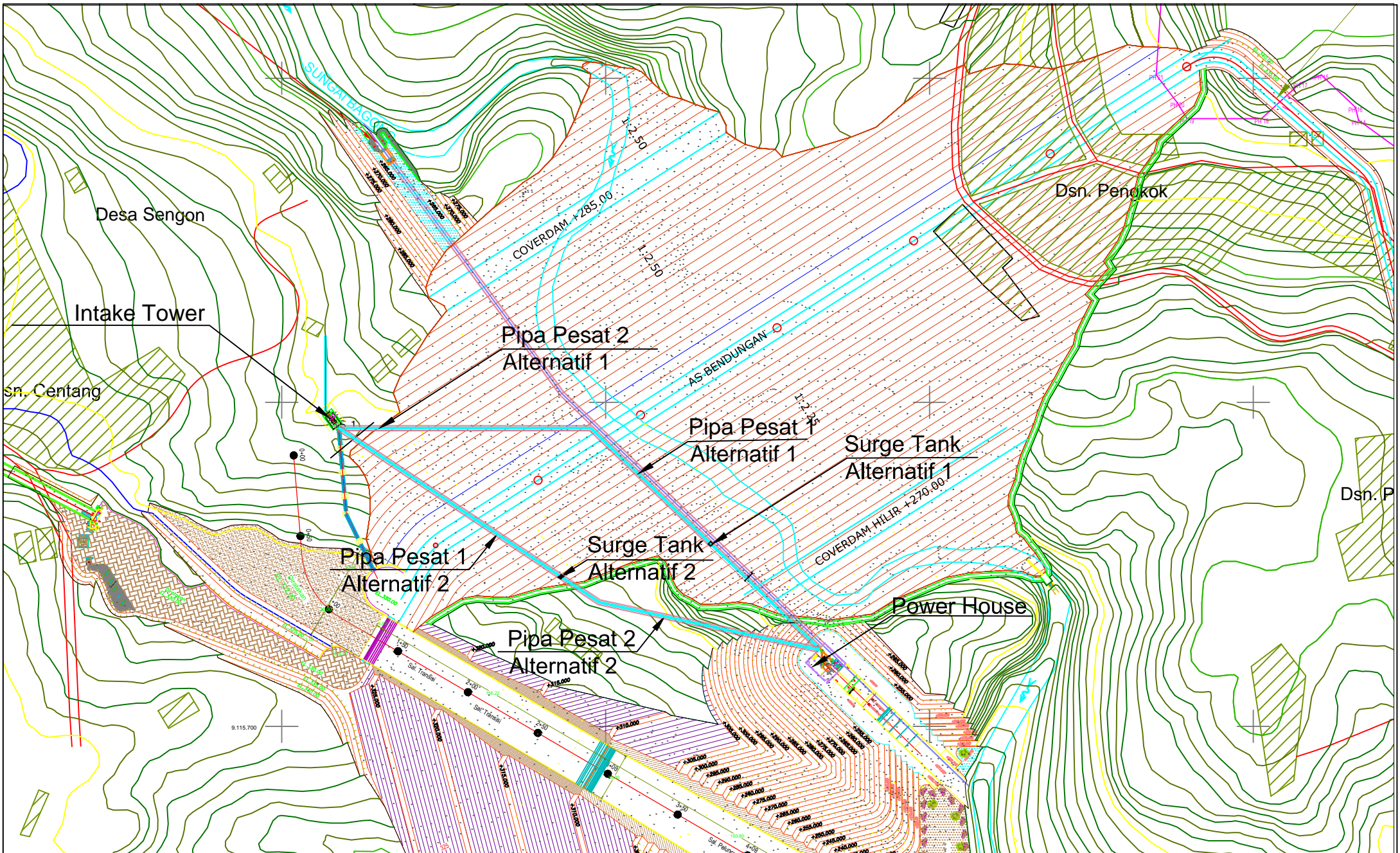
Schei, Tormod., Kumar, Arun., Dec. 2009. **Hydropower.** Switzerland : IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change).

Wikipedia. 2018. **Diagram Moody.**
(https://en.wikipedia.org/wiki/Moody_chart)

LAMPIRAN

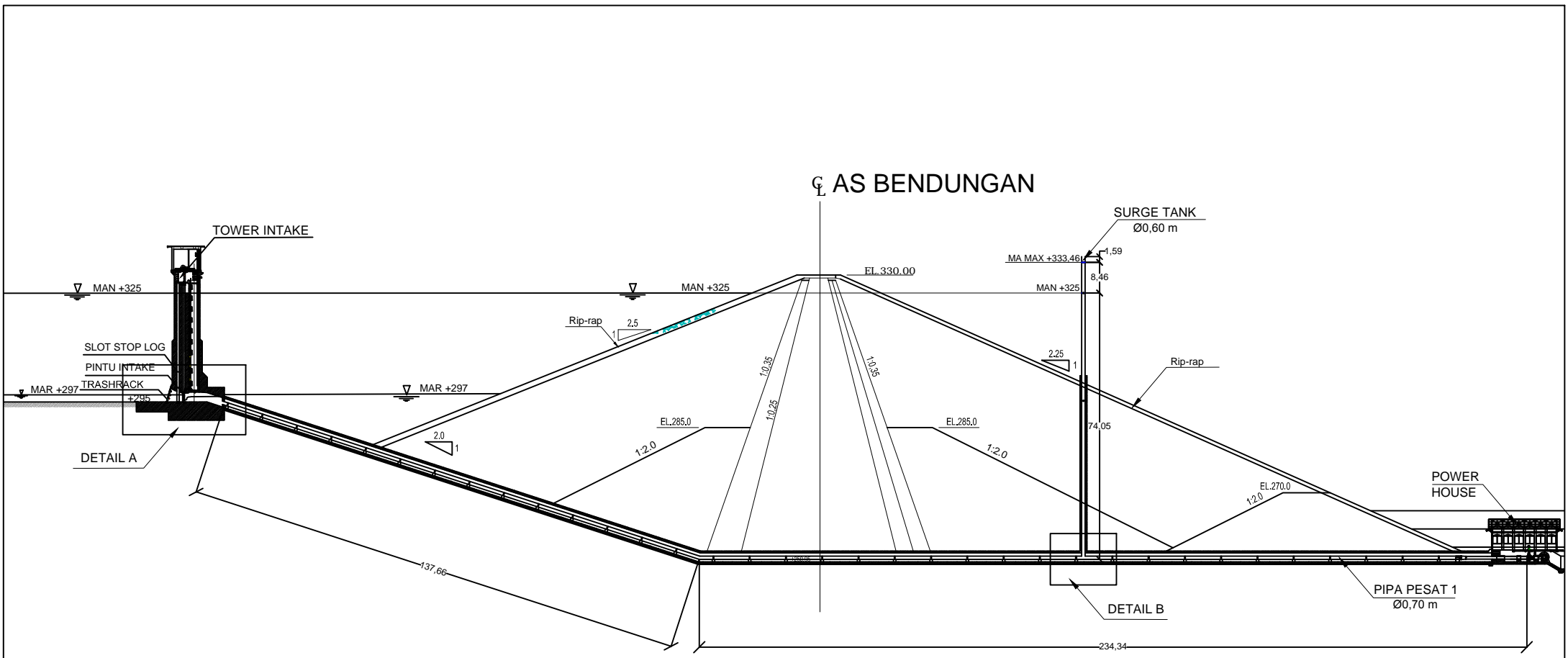


	KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR SATUAN KERJA BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI BRANTAS <small>Jl. Merdeka No. 312 Telp. (031) 7533171, 7533438 Fax. 7523487 Kotak Pos 1/53 KD S-302/p. 60228</small>		PROVINSI : JAWA TIMUR	
	JUDUL : DENAH SITUASI BENDUNGAN BAGONG		PEKERJAAN SID BENDUNGAN BAGONG KABUPATEN TRENGGALEX	
	DESAINER : D. Rully Santoso	KONSULTAN :	KABUPATEN : TRENGGALEX	
	SUPERVISOR : D. Rully P. M. Nug		NO. BENDUNGAN : 001-00-00-01	
	SUPERVISOR TEKNIK : G. Sa. Hudaib S. MT		NO. LEMBAR : 01	
			TANGGAL :	NO. KONTAK :
PK. PERENCANA DAN PROGRAM	KARD. PROGRAM DAN PERENCANAAN URM			
			12 April 2014	16.02.04 AL PK 09/23/2014
<small>Wilayah Situasi 07-MT</small>	<small>©. Ananda Gidara, M. Eng.</small>			



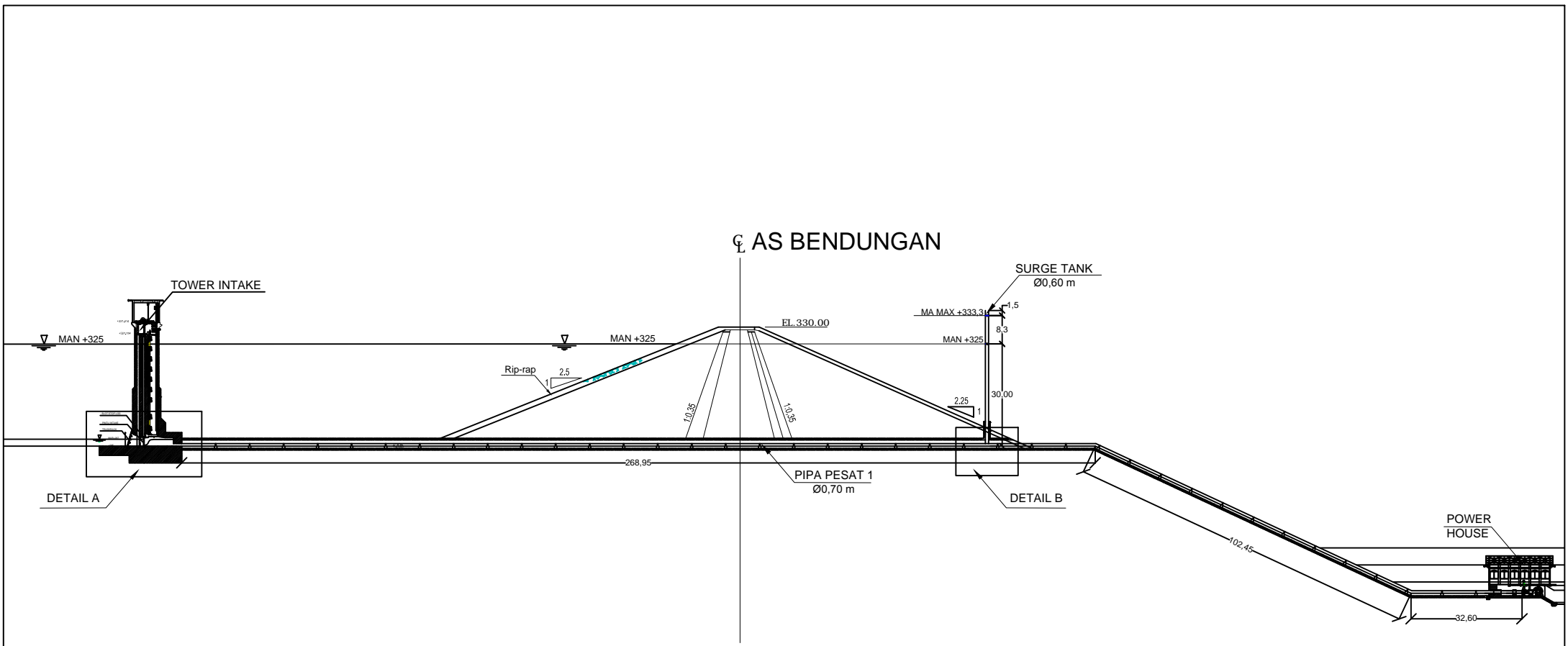
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR	SKALA	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
DENAH PERENCANAAN KOMPONEN PLTA		1	8



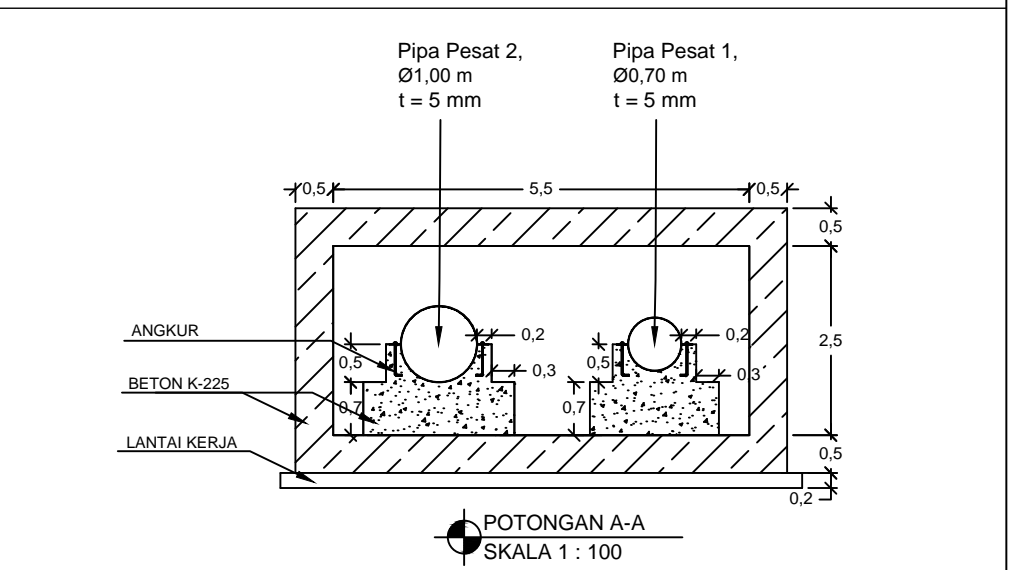
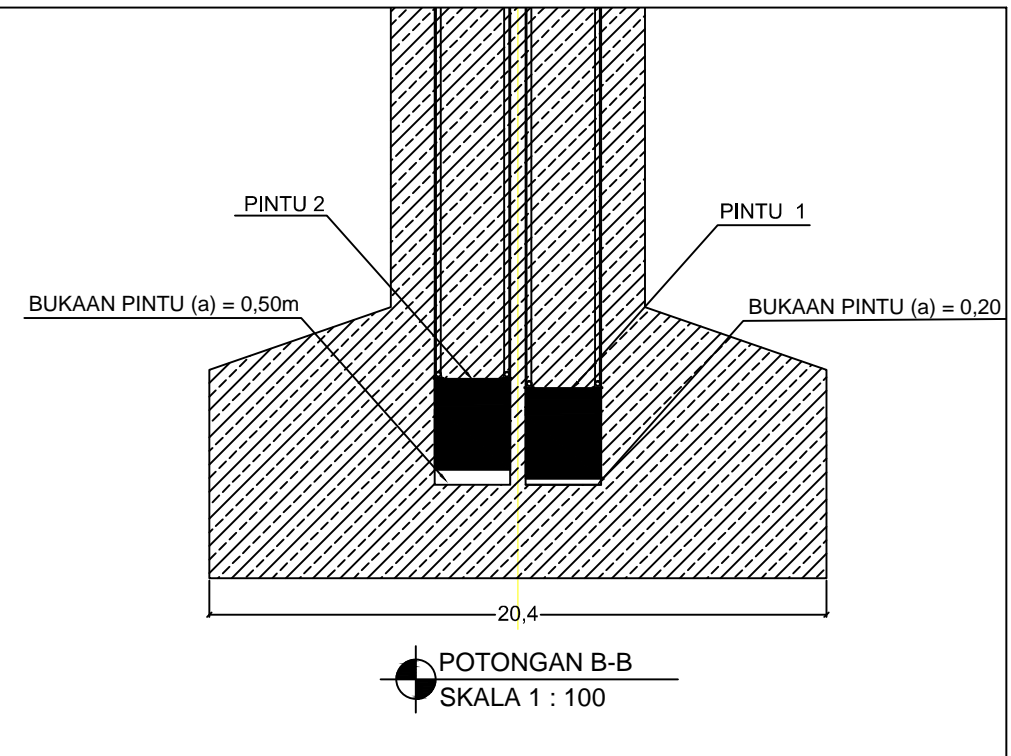
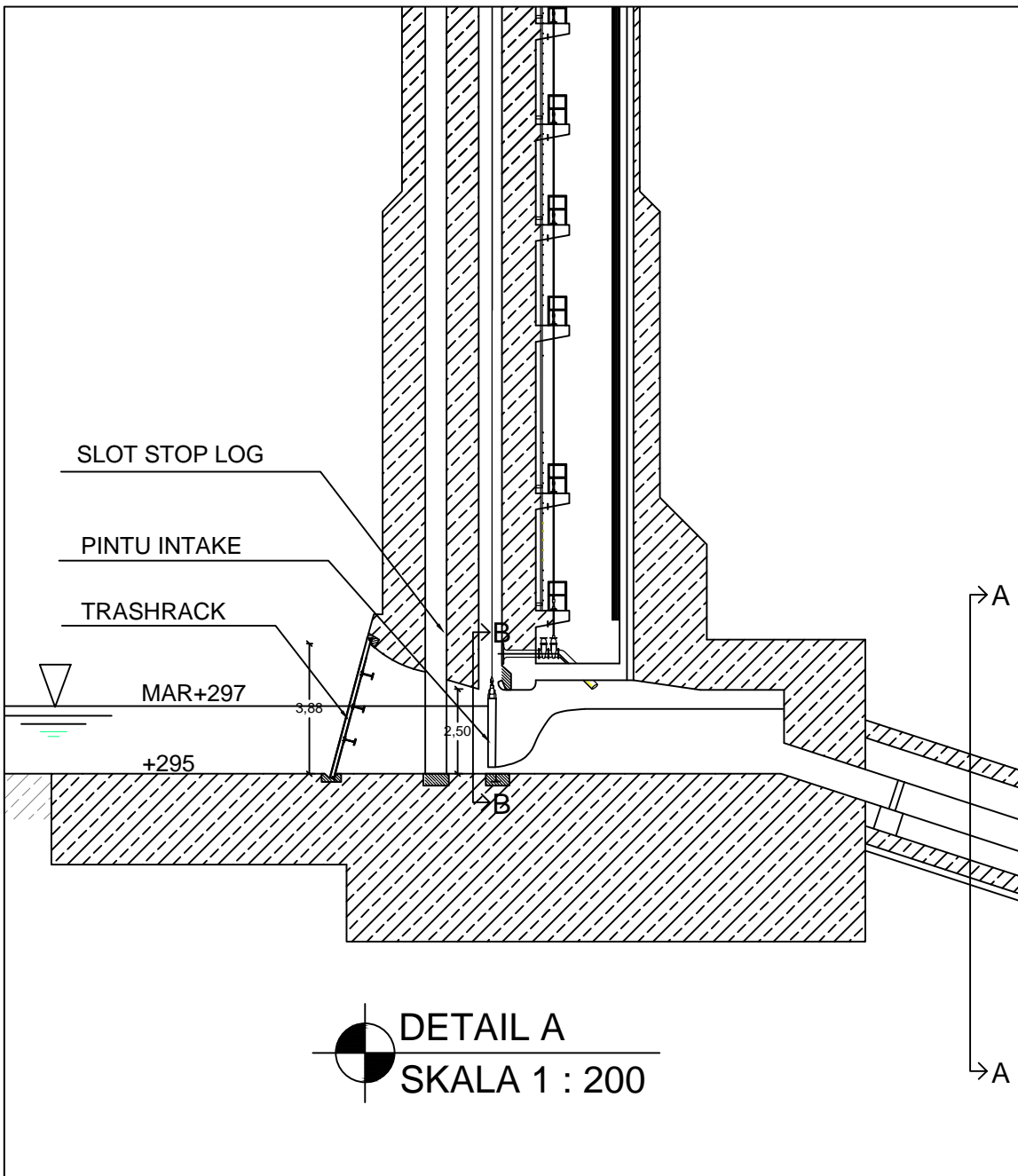

TAMPAK SAMPING KOMPONEN PLTA
SKALA 1 : 1500

 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
	TAMPAK SAMPING KOMPONEN PLTA ALTERNATIF 1	1:1500	2	8



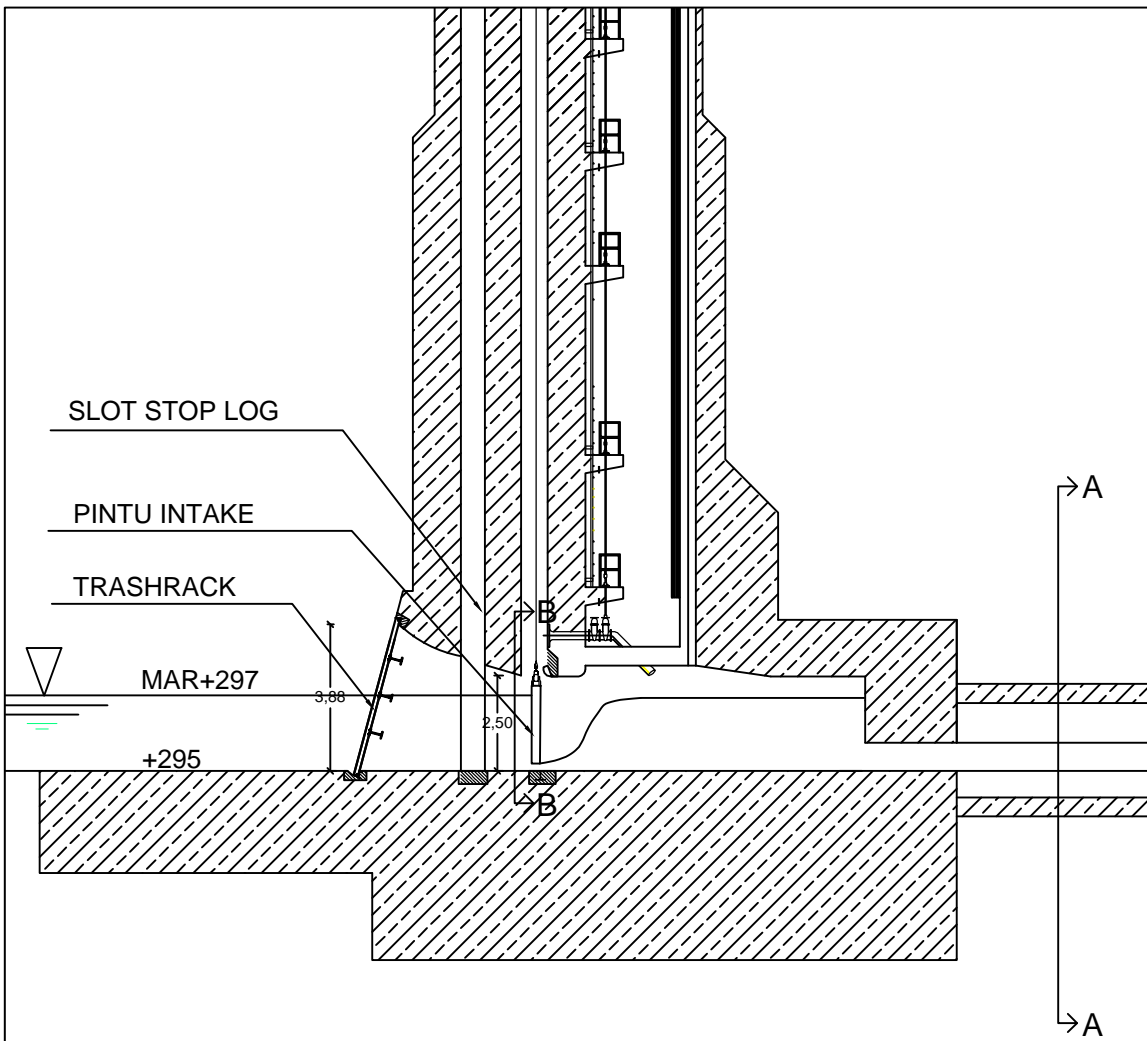
TAMPAK SAMPIING KOMPONEN PLTA
SKALA 1 : 1500

<p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
	TAMPAK SAMPIING KOMPONEN PLTA ALTERNATIF 2	1:1500	3	8

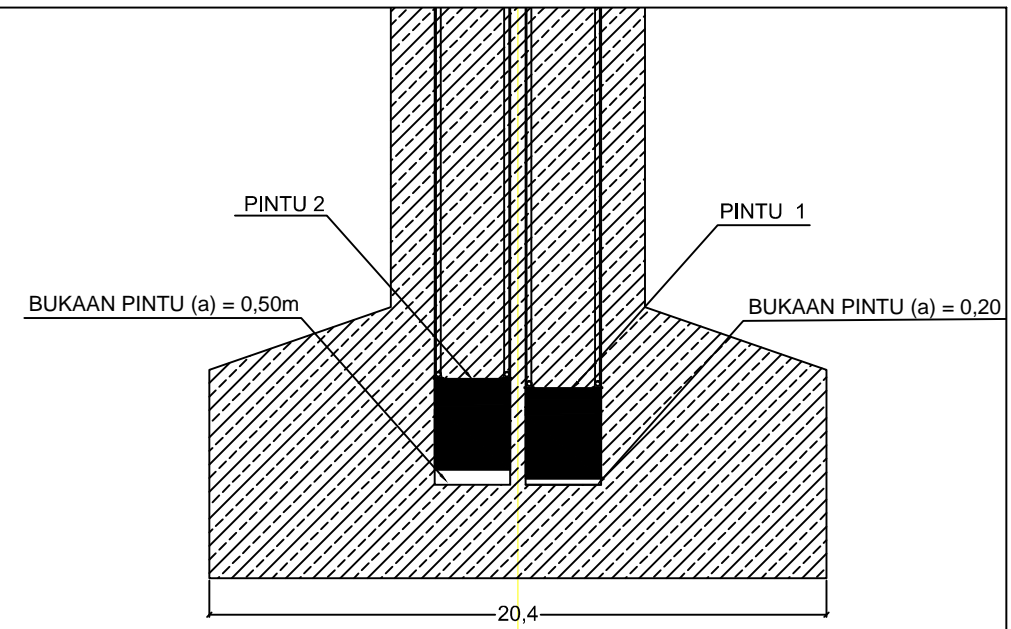


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

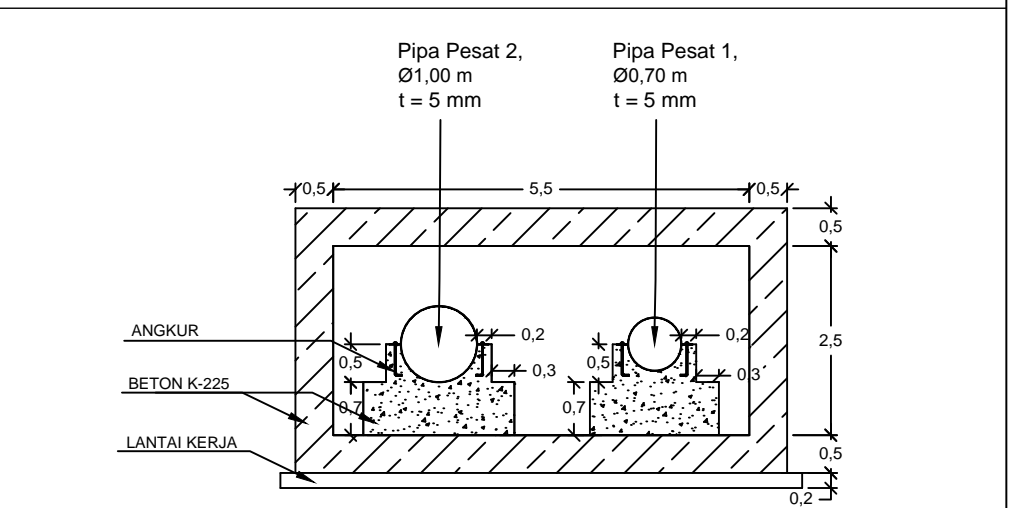
JUDUL GAMBAR	SKALA	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
RENCANA PINTU INTAKE ALTERNATIF 1		4	8



DETAIL A
SKALA 1 : 200

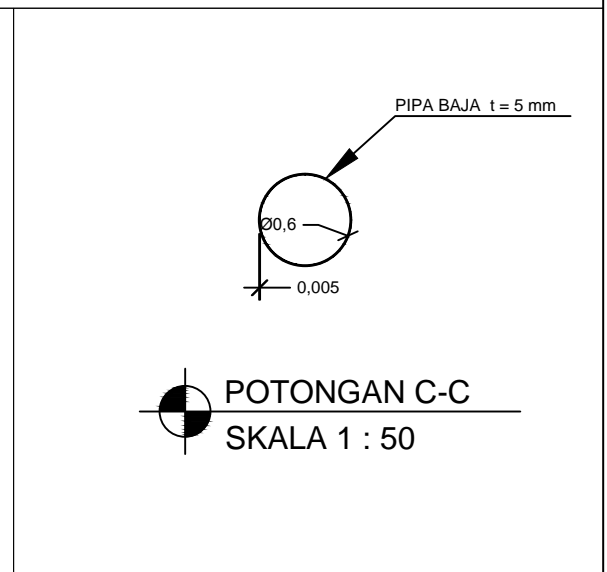
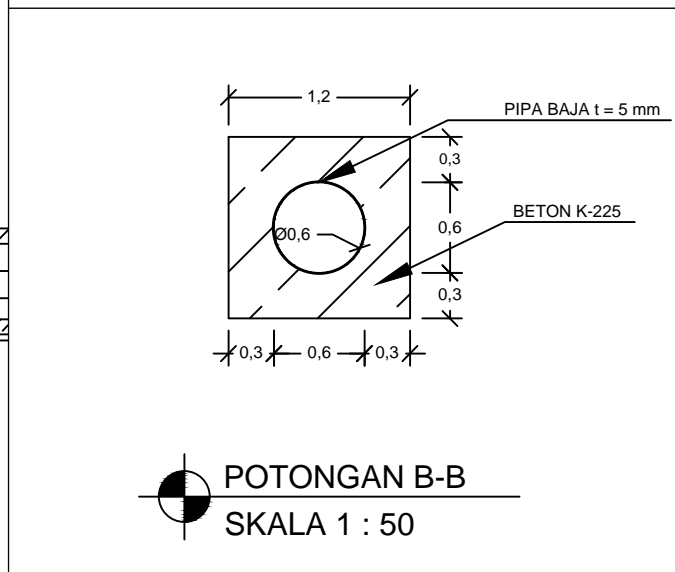
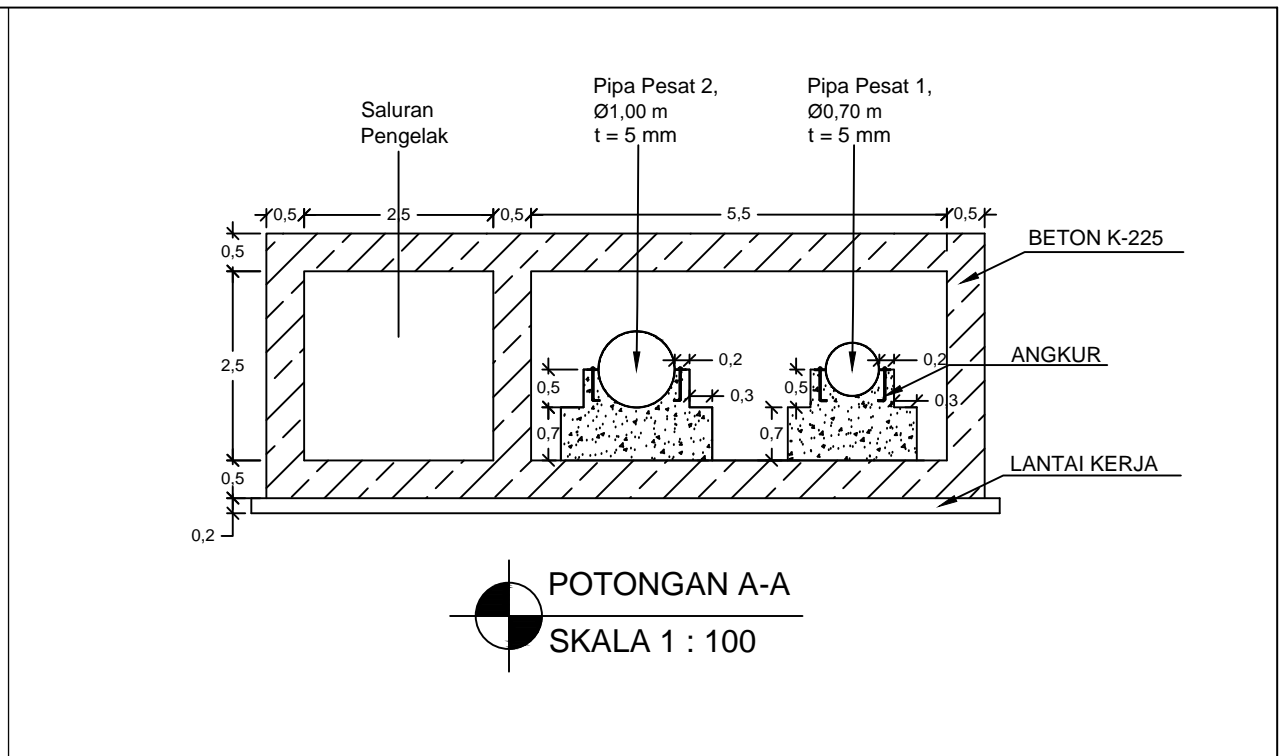
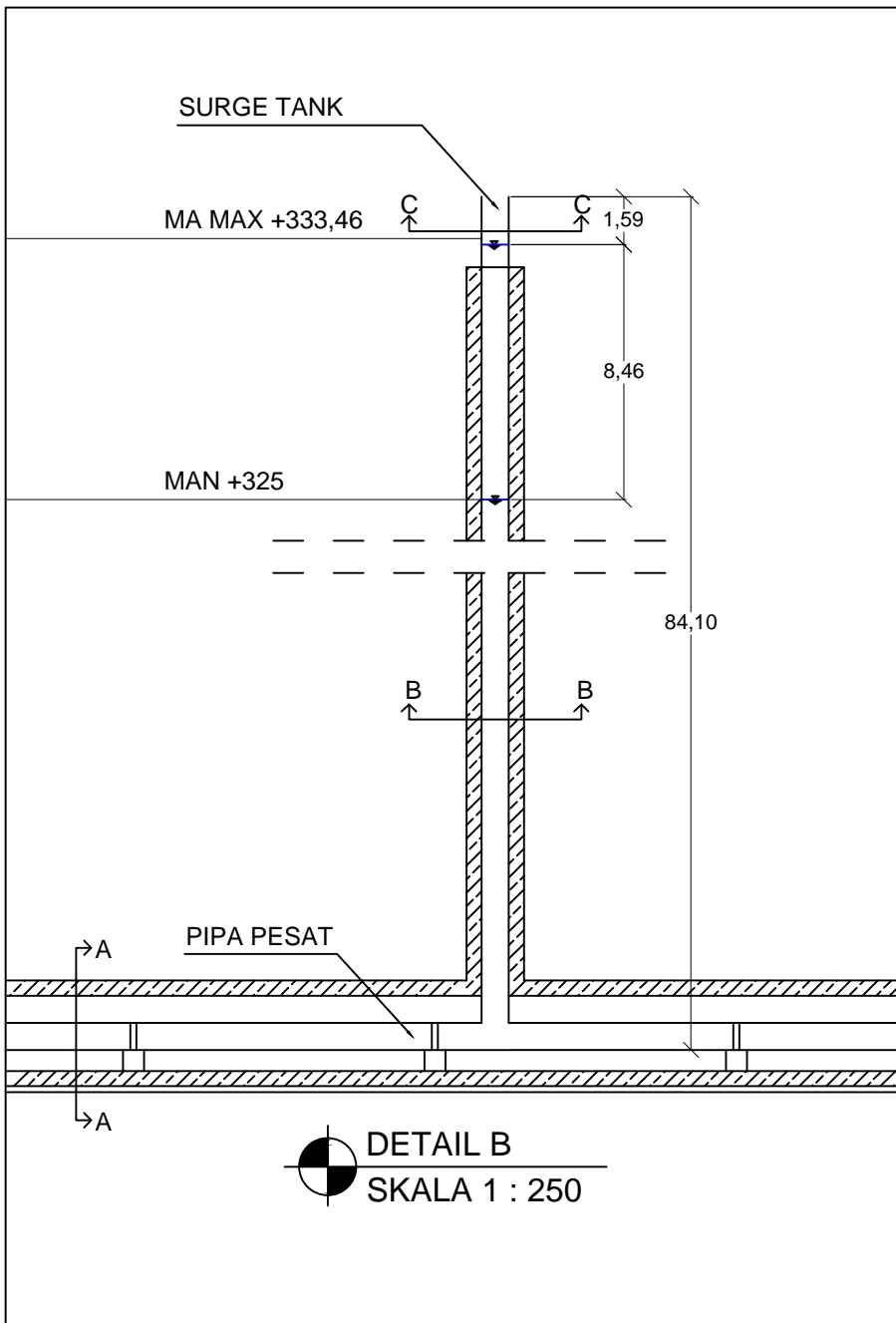


POTONGAN B-B
SKALA 1 : 100

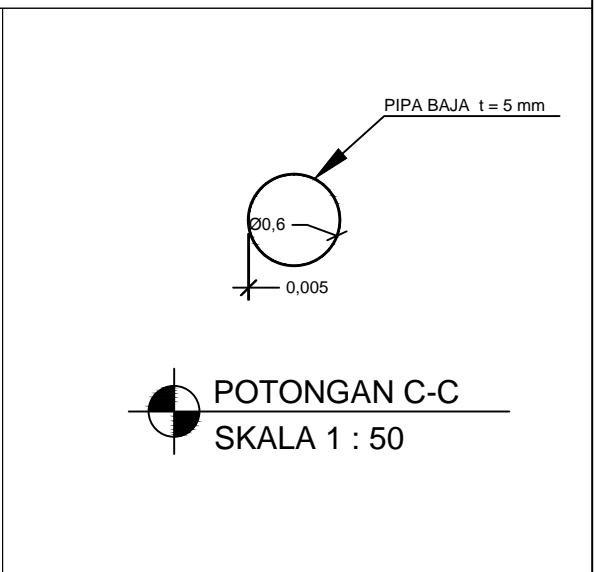
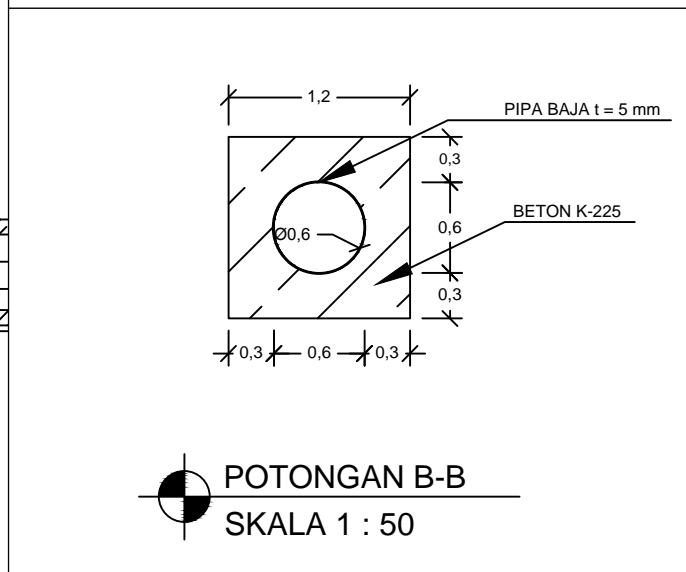
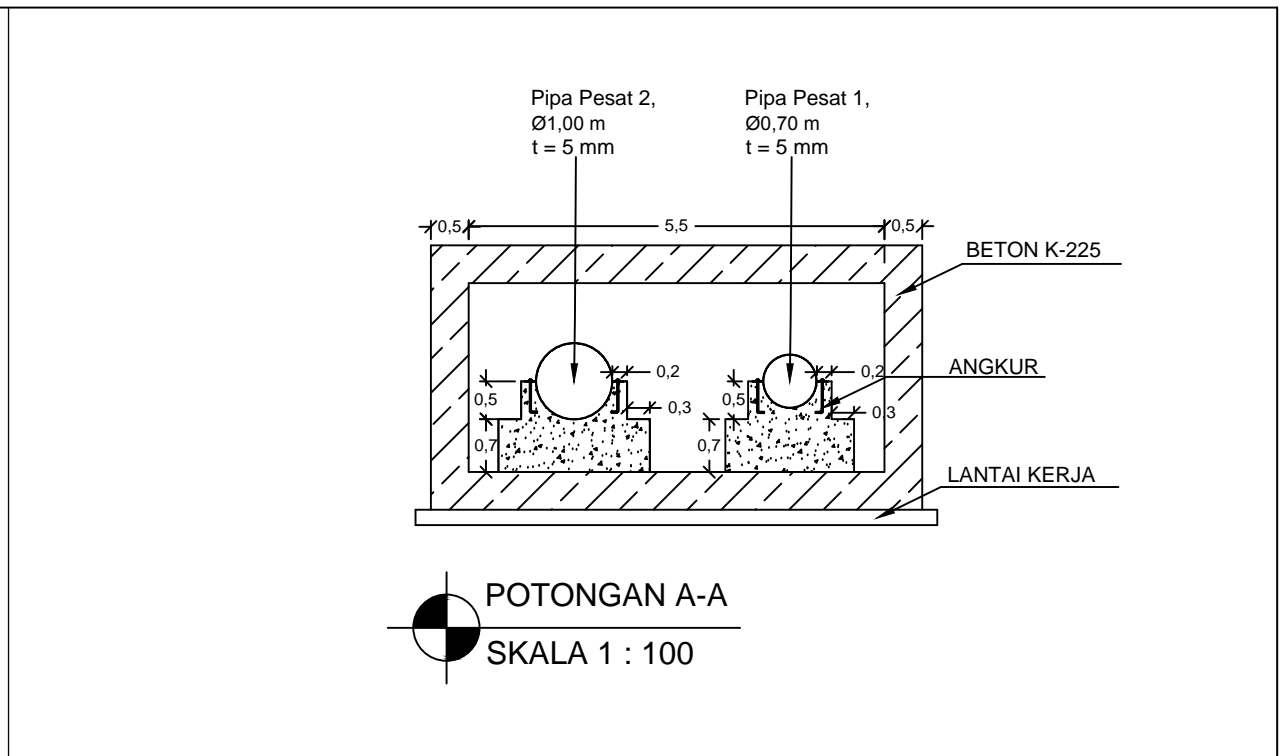
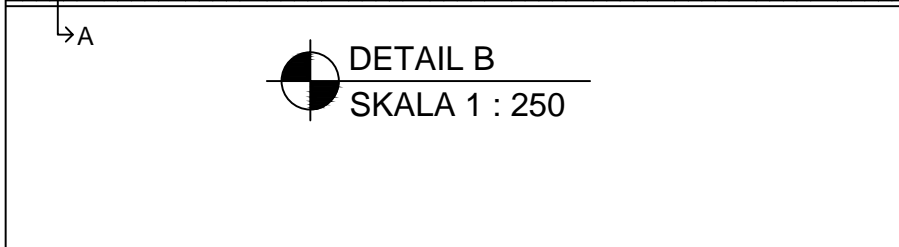
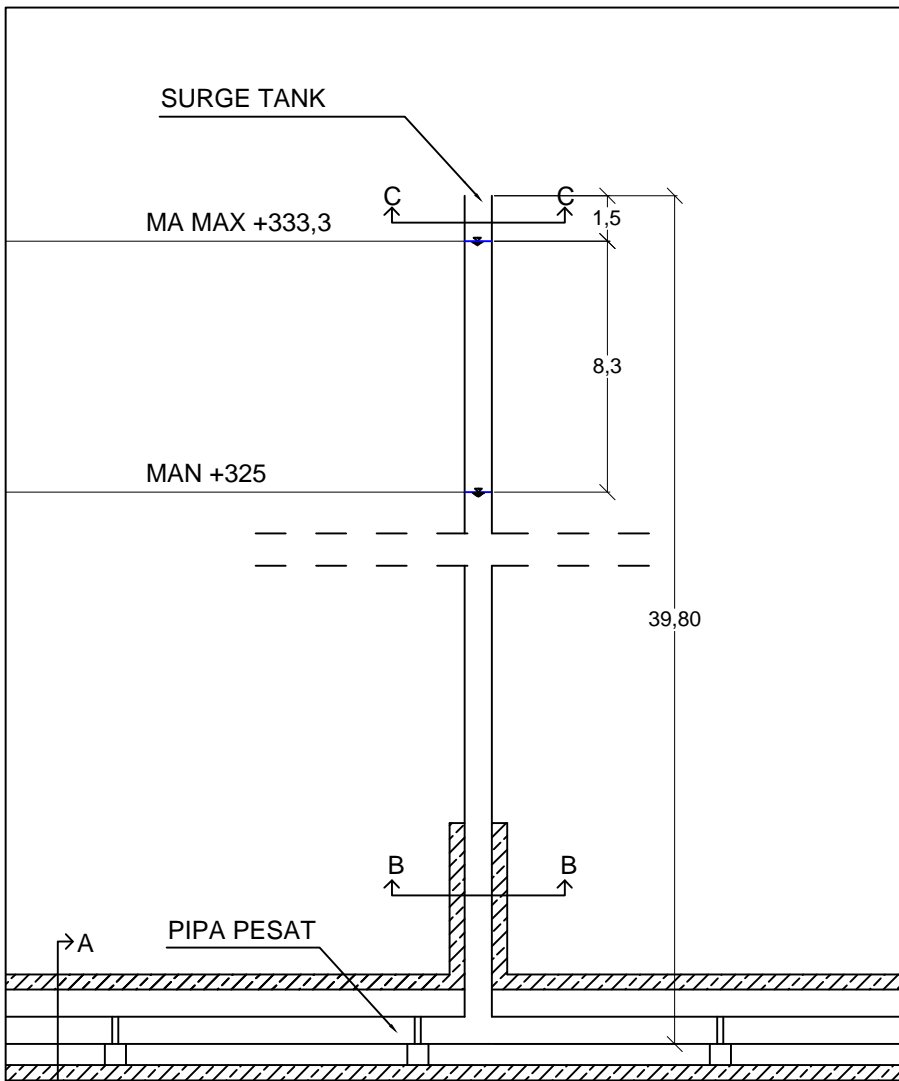


POTONGAN A-A
SKALA 1 : 100

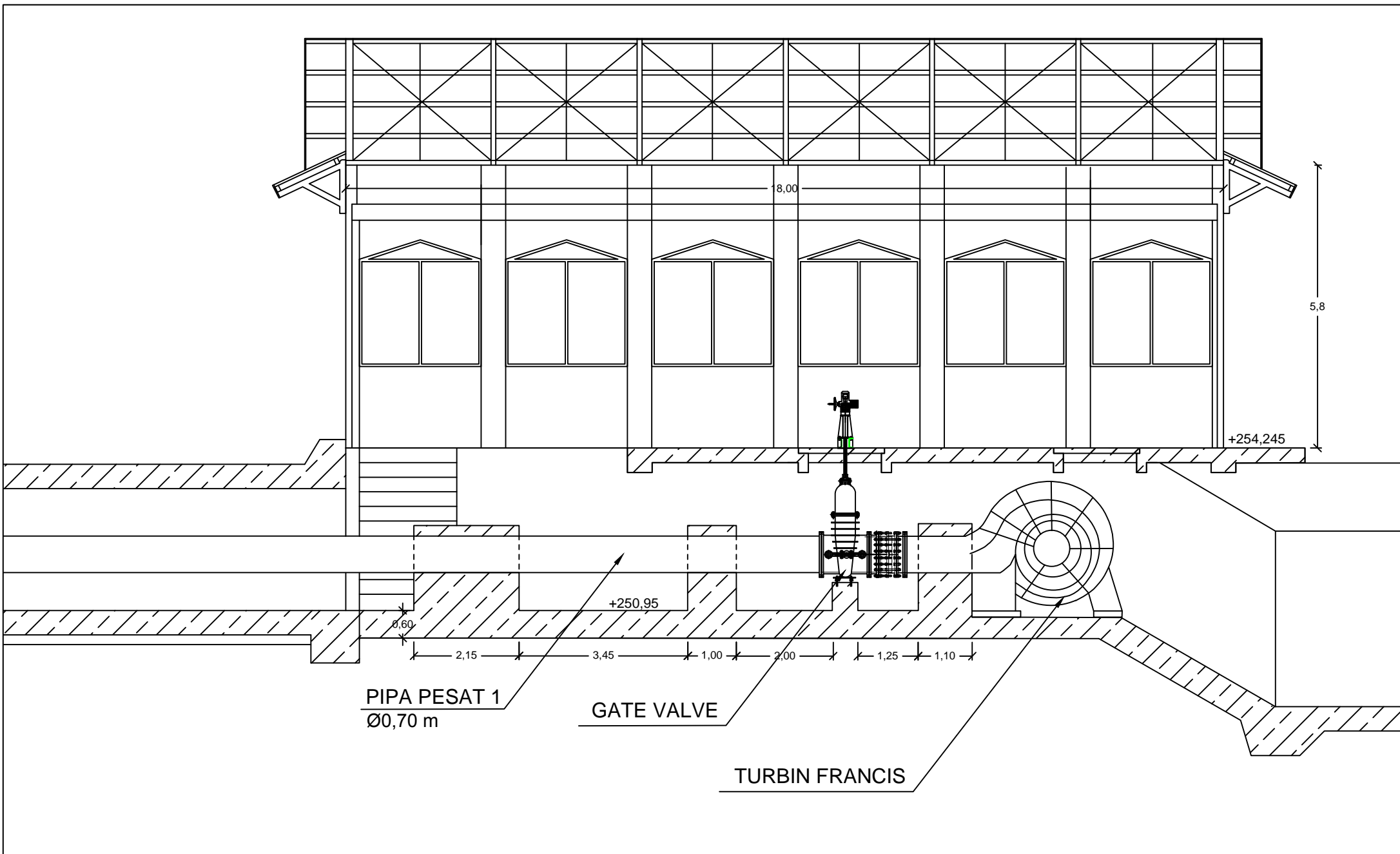
JUDUL GAMBAR	SKALA	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
RENCANA PINTU INTAKE ALTERNATIF 2		5	8



JUDUL GAMBAR	SKALA	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
RENCANA PIPA PESAT DAN SURGE TANK ALTERNATIF 1		6	8



JUDUL GAMBAR	SKALA	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
RENCANA PIPA PESAT DAN SURGE TANK ALTERNATIF 2		7	8



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

SKALA

NO GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

RENCANA TURBIN

1:100

8

8

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 1998

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	174	487	529	372	305	561	536	128	287	467	514	319
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	11	17	22	17	10	16	15	9	10	18	19	14
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.175	0.025	-0.1	0.025	0.2	0.05	0.075	0.225	0.2	0	-0.025	0.1
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.70	0.12	-0.35	0.09	0.62	0.16	0.56	1.15	1.10	0.00	-0.14	0.47
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.30	4.71	3.81	3.53	2.49	3.07	6.93	3.97	4.41	5.84	5.81	4.27
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	170.70	482.29	525.19	368.47	302.51	557.93	529.07	0.00	0.00	0.00	508.19	314.73
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	113.10	316.55	343.85	241.80	198.25	364.65	348.40	83.20	186.55	303.55	334.10	207.35
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	57.60	165.74	181.34	126.67	104.26	193.28	180.67	-83.20	-186.55	0.00	174.09	107.38
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	257.60	365.74	381.34	326.67	304.26	393.28	380.67	116.80	13.45	200.00	374.09	307.38
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	170.70	482.29	525.19	368.47	302.51	557.93	529.07	0.00	0.00	0.00	508.19	314.73
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	26.29	74.27	80.88	56.74	46.59	85.92	81.48	0.00	0.00	0.00	78.26	48.47
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	6.70	18.94	20.62	14.47	11.88	21.91	18.78	0.00	0.00	0.00	19.96	12.36
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	32.68	25.30	22.50	18.12	14.70	17.94	18.97	9.30	4.55	2.23	10.87
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	66.70	51.62	45.92	36.97	30.00	36.61	38.71	18.97	9.30	4.55	22.19	23.23
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	66.70	-15.08	-5.70	-8.95	-6.98	6.61	2.11	-19.74	-9.67	-4.74	17.63	1.04
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-40.42	89.35	86.58	65.69	53.56	79.31	79.37	19.74	9.67	4.74	60.63	47.42
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	144.41	408.01	444.31	311.73	255.92	472.01	447.59	0.00	0.00	0.00	429.93	266.26
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	104.00	497.37	530.89	377.42	309.48	551.32	526.96	19.74	9.67	4.74	490.56	313.68
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	4154742.635	19869750.96	21209113.59	15078014.8	12363851.07	22025086.86	21052094.05	788781.3675	386502.8701	189386.41	19597884.19	12531644.4
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	1.551	8.213	7.919	5.817	4.616	8.497	7.860	0.294	0.149	0.071	7.561	4.679
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	1551.203	8213.356	7918.576	5817.135	4616.133	8497.333	7859.951	294.497	149.114	70.709	7560.912	4678.780
			m ³ /detik	0.75	4.40	3.83	2.91	2.23	4.25	3.80	0.14	0.07	0.03	3.78	2.26
			m ³ /detik	0.80	3.81	4.09	2.91	2.38	4.25	4.06	0.15	0.07	0.04	3.78	2.41
			m ³ /detik	1.55	8.21	7.92	5.82	4.62	8.50	7.86	0.29	0.15	0.07	7.56	4.68
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	972754.52	5702415.77	4965713.38	3769503.69	2894762.22	5506271.72	4928950.22	184678.26	96625.72	44341.25	4899471.05	2934047.85
			m ³	1106778.48	4283147.85	5649878.33	3769503.69	3293596.12	5506271.72	5608050.03	210122.82	96625.72	50450.49	4899471.05	3338294.44
				134023.956	709633.9628	684164.9546	502600.492	398833.9054	734169.5621	679099.8079	25444.56024	12883.429	6109.2389	653262.8063	404246.592
				2079532.99	9985563.62	10615591.71	7539007.38	6188358.34	11012543.43	10537000.25	394801.08	193251.44	94791.74	9798942.09	6272342.29
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 1999

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	420	262	299	290	455	90	34	0	8	336	689	550
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	16	14	19	16	10	2	1	0	1	11	20	20
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.05	0.1	-0.025	0.05	0.2	0.4	0.425	0.45	0.425	0.175	-0.05	-0.05
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.20	0.48	-0.09	0.18	0.62	1.29	3.19	2.31	2.34	1.02	-0.28	-0.24
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.80	4.35	3.55	3.44	2.49	1.94	4.31	2.82	3.17	4.82	5.95	4.99
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	416.20	257.65	295.45	286.56	452.51	88.06	29.69	0.00	0.00	0.00	683.05	545.01
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	273.00	170.30	194.35	188.50	295.75	58.50	22.10	0.00	5.20	218.40	447.85	357.50
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	143.20	87.35	101.10	98.06	156.76	29.56	7.59	0.00	-5.20	0.00	235.20	187.51
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	343.20	287.35	301.10	298.06	356.76	229.56	207.59	200.00	194.80	200.00	435.20	387.51
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	416.20	257.65	295.45	286.56	452.51	88.06	29.69	0.00	0.00	0.00	683.05	545.01
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	64.10	39.68	45.50	44.13	69.69	13.56	4.57	0.00	0.00	0.00	105.19	83.93
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	16.34	10.12	11.60	11.25	17.77	3.46	1.17	0.00	0.00	0.00	26.82	21.40
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	37.41	23.29	17.10	13.89	15.51	9.30	5.13	2.51	1.23	0.60	13.44
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	76.34	47.53	34.89	28.35	31.66	18.97	10.46	5.13	2.51	1.23	27.43	34.84
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	76.34	-28.82	-12.64	-6.54	3.31	-12.69	-8.51	-5.34	-2.61	-1.28	26.20	7.42
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-12.25	68.50	58.14	50.67	66.37	26.25	13.08	5.34	2.61	1.28	78.99	76.52
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	352.11	217.97	249.95	242.43	382.82	74.50	25.12	0.00	0.00	0.00	577.86	461.08
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	339.86	286.47	308.08	293.10	449.20	100.75	38.20	5.34	2.61	1.28	656.86	537.60
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	13577330.1	11444332.94	12307938.57	11709506.3	17945374.38	4024935.653	1526113.583	213164.2096	104450.4627	51180.727	26241432.06	21477077.3
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	5.069	4.731	4.595	4.518	6.700	1.553	0.570	0.080	0.040	0.019	10.124	8.019
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	5069.194	4730.627	4595.258	4517.556	6700.035	1552.830	569.786	79.586	40.297	19.109	10124.009	8018.622
			m ³ /detik	2.45	2.53	2.22	2.26	3.24	0.78	0.28	0.04	0.02	0.01	5.06	3.88
			m ³ /detik	2.62	2.20	2.37	2.26	3.46	0.78	0.29	0.04	0.02	0.01	5.06	4.14
			m ³ /detik	5.07	4.73	4.60	4.52	6.70	1.55	0.57	0.08	0.04	0.02	10.12	8.02
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	3178875.41	3284406.77	2881671.36	2927376.58	4201570.48	1006233.91	357310.67	49908.37	26112.62	11983.00	6560358.02	5028452.02
			m ³	3616853.80	2466954.42	3278701.64	2927376.58	4780453.53	1006233.91	406540.14	56784.64	26112.62	13633.99	6560358.	

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2000

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	203	334	448	292	280	64	122	0	0	291	974	214
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	19	19	20	12	12	3	5	0	0	9	26	8
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.025	-0.025	-0.05	0.15	0.15	0.375	0.325	0.45	0.45	0.225	-0.2	0.25
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.10	-0.12	-0.17	0.54	0.47	1.21	2.44	2.31	2.48	1.31	-1.13	1.19
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.10	4.96	3.64	3.07	2.65	2.02	5.06	2.82	3.03	4.53	6.80	3.56
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	198.90	329.04	444.36	288.93	277.35	61.98	116.94	0.00	0.00	0.00	967.20	210.44
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	131.95	217.10	291.20	189.80	182.00	41.60	79.30	0.00	0.00	189.15	633.10	139.10
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	66.95	111.94	153.16	99.13	95.35	20.38	37.64	0.00	0.00	0.00	334.10	71.34
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	266.95	311.94	353.16	299.13	295.35	220.38	237.64	200.00	200.00	200.00	534.10	271.34
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	198.90	329.04	444.36	288.93	277.35	61.98	116.94	0.00	0.00	0.00	967.20	210.44
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	30.63	50.67	68.43	44.49	42.71	9.54	18.01	0.00	0.00	0.00	148.95	32.41
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	7.81	12.92	17.45	11.35	10.89	2.43	4.59	0.00	0.00	0.00	37.98	8.26
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	33.23	22.61	19.63	15.18	12.77	7.45	5.90	2.89	1.42	0.69	18.95
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	67.81	46.15	40.06	30.98	26.07	15.21	12.04	5.90	2.89	1.42	38.68	27.22
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	67.81	-21.66	-6.09	-9.09	-4.91	-10.86	-3.16	-6.14	-3.01	-1.47	37.26	-11.46
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-37.18	72.33	74.52	53.58	47.62	20.41	21.17	6.14	3.01	1.47	111.69	43.87
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	168.27	278.37	375.93	244.43	234.64	52.43	98.93	0.00	0.00	0.00	818.25	178.03
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	131.09	350.71	450.45	298.01	282.26	72.84	120.11	6.14	3.01	1.47	929.94	221.90
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	5237110.361	14010718.11	17995337.35	11905545.9	11276223.99	2910010.728	4798207.245	245398.5185	120245.274	58920.184	37151246.26	8864891.21
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	1.955	5.791	6.719	4.593	4.210	1.123	1.791	0.092	0.046	0.022	14.333	3.310
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	1955.313	5791.467	6718.689	4593.189	4210.060	1122.689	1791.445	91.621	46.391	21.998	14333.043	3309.771
			m ³ /detik	0.95	3.10	3.25	2.30	2.04	0.56	0.87	0.04	0.02	0.01	7.17	1.60
			m ³ /detik	1.01	2.69	3.47	2.30	2.17	0.56	0.92	0.05	0.02	0.01	7.17	1.71
			m ³ /detik	1.96	5.79	6.72	4.59	4.21	1.12	1.79	0.09	0.05	0.02	14.33	3.31
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	1226170.48	4020933.13	4213268.37	2976386.48	2640114.88	727502.68	1123409.60	57455.43	30061.32	13795.05	9287811.56	2075546.85
			m ³	1395109.52	3020167.55	4793763.12	2976386.48	3003864.04	727502.68	1278190.48	65371.51	30061.32	15695.70	9287811.56	2361511.08
				168939.0439	500382.7898	580494.7532	396851.531	363749.161	97000.35759	154780.8789	7916.08124	4008.175801	1900.6511	1238374.875	285964.233
				2621280.00	7041100.69	9007031.49	5952772.97	5643978.92	1455005.36	2401600.09	122826.94	60122.64	29490.75	18575623.13	4437057.93
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2001

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	655	479	463	684	231	327	0	0	0	232	0	0
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	23	19	18	17	8	14	0	0	0	9	0	0
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.125	-0.025	0	0.025	0.25	0.1	0.45	0.45	0.45	0.225	0.45	0.45
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.50	-0.12	0.00	0.09	0.78	0.32	3.37	2.31	2.48	1.31	2.55	2.14
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.50	4.96	3.47	3.53	2.34	2.91	4.12	2.82	3.03	4.53	3.12	2.61
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	650.50	474.04	459.53	680.47	228.66	324.09	-4.12	0.00	0.00	0.00	-3.12	-2.61
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	425.75	311.35	300.95	444.60	150.15	212.55	0.00	0.00	0.00	150.80	0.00	0.00
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	224.75	162.69	158.58	235.87	78.51	111.54	-4.12	0.00	0.00	0.00	-3.12	-2.61
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	424.75	362.69	358.58	435.87	278.51	311.54	195.88	200.00	200.00	200.00	196.88	197.39
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	650.50	474.04	459.53	680.47	228.66	324.09	-4.12	0.00	0.00	0.00	-3.12	-2.61
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	100.18	73.00	70.77	104.79	35.21	49.91	-0.63	0.00	0.00	0.00	-0.48	-0.40
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	25.55	18.62	18.05	26.72	8.98	12.73	-0.16	0.00	0.00	0.00	-0.12	-0.10
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	41.92	29.66	23.38	24.55	16.43	14.29	6.92	3.39	1.66	0.81	0.34
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	85.55	60.53	47.71	50.10	33.53	29.16	14.12	6.92	3.39	1.66	0.69	0.24
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	85.55	-25.01	-12.83	2.39	-16.57	-4.37	-15.03	-7.20	-3.53	-1.73	-0.97	-0.46
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	14.63	98.02	83.59	102.40	51.78	54.28	14.40	7.20	3.53	1.73	0.49	0.05
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	550.33	401.04	388.77	575.68	193.45	274.18	-3.49	0.00	0.00	0.00	-2.64	-2.21
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	564.96	499.06	472.36	678.08	245.23	328.46	10.91	7.20	3.53	1.73	-2.15	-2.16
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	22570053.26	19937315.17	18870772.81	27089349.3	9797098.806	13122078.33	435830.2591	287778.2394	141011.3373	69095.555	-85712.20596	-86142.075
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	8.427	8.241	7.046	10.451	3.658	5.063	0.163	0.107	0.054	0.026	-0.033	-0.032
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	8426.693	8241.284	7045.539	10451.138	3657.818	5062.530	162.720	107.444	54.403	25.797	-33.068	-32.162
			m ³ /detik	4.08	4.41	3.41	5.23	1.77	2.53	0.08	0.05	0.03	0.01	-0.02	-0.02
			m ³ /detik	4.35	3.83	3.64	5.23	1.89	2.53	0.08	0.06	0.03	0.01	-0.02	-0.02
			m ³ /detik	8.43	8.24	7.05	10.45	3.66	5.06	0.16	0.11	0.05	0.03	-0.03	-0.03
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	5284351.70	5721806.01	4418235.05	6772337.32	2293805.65	3280519.58	102041.42	67377.84	35252.83	16177.42	-21428.05	-20168.54
			m ³	6012417.93	4297712.07	5026969.66	6772337.32	2609841.10	3280519.58	116100.46	76661.01	35252.83	18406.31	-21428.05	-22947.32
				728066.2341	712046.9702</										

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2002

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	646	557	601	479	39	0	5	0	0	1	1	403
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	20	20	25	18	3	0	1	0	0	1	1	16
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.05	-0.05	-0.175	0	0.375	0.45	0.425	0.45	0.45	0.425	0.425	0.05
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.20	-0.24	-0.61	0.00	1.17	1.45	3.19	2.31	2.48	2.48	2.41	0.24
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.20	5.08	4.07	3.62	1.95	1.78	4.31	2.82	3.03	3.36	3.26	4.51
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	641.80	551.92	596.93	475.38	37.05	-1.78	0.69	0.00	0.00	0.00	-2.26	398.49
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	419.90	362.05	390.65	311.35	25.35	0.00	3.25	0.00	0.00	0.65	0.65	261.95
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	221.90	189.87	206.28	164.03	11.70	-1.78	-2.56	0.00	0.00	0.00	-2.91	136.54
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	421.90	389.87	406.28	364.03	211.70	198.22	197.44	200.00	200.00	200.00	197.09	336.54
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	641.80	551.92	596.93	475.38	37.05	-1.78	0.69	0.00	0.00	0.00	-2.26	398.49
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	98.84	85.00	91.93	73.21	5.71	-0.27	0.11	0.00	0.00	0.00	-0.35	61.37
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	25.20	21.67	23.44	18.67	1.46	-0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	-0.09	15.65
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	41.75	31.08	26.71	22.24	11.61	5.65	2.78	1.36	0.67	0.33	0.12
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	85.20	63.42	54.52	45.38	23.69	11.54	5.68	2.78	1.36	0.67	0.24	15.77
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	85.20	-21.78	-8.90	-9.14	-21.69	-12.15	-5.86	-2.90	-1.42	-0.70	-0.43	15.53
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	13.63	106.78	100.83	82.35	27.40	11.88	5.96	2.90	1.42	0.70	0.08	45.84
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	542.96	466.93	505.00	402.17	31.35	-1.50	0.58	0.00	0.00	0.00	-1.91	337.12
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	556.60	573.70	605.83	484.52	58.74	10.37	6.55	2.90	1.42	0.70	-1.83	382.96
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	22236130.04	22919445.73	24202993.23	19356530.4	2346775.996	414476.3762	261623.7538	115757.4348	56721.14307	27793.36	-73004.07392	15299335.6
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	8.302	9.474	9.036	7.468	0.876	0.160	0.098	0.043	0.022	0.010	-0.028	5.712
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	8302.020	9473.977	9036.362	7467.797	876.186	159.906	97.679	43.219	21.883	10.377	-28.165	5712.118
			m ³ /detik	4.02	5.08	4.37	3.73	0.42	0.08	0.05	0.02	0.01	0.01	-0.01	2.76
			m ³ /detik	4.28	4.40	4.66	3.73	0.45	0.08	0.05	0.02	0.01	0.01	-0.01	2.95
			m ³ /detik	8.30	9.47	9.04	7.47	0.88	0.16	0.10	0.04	0.02	0.01	-0.03	5.71
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	5206169.88	6577647.05	5666673.75	4839132.59	549453.28	103619.09	61254.26	27102.42	14180.29	6507.29	-18251.02	3582050.48
			m ³	5923464.40	4940543.79	6447415.47	4839132.59	625155.73	103619.09	69693.74	30836.53	14180.29	7403.85	-18251.02	4075577.44
				717294.5174	818551.6332	780741.7172	645217.679	75702.45148	13815.87921	8439.475928	3734.110801	1890.704769	896.56	-2433.469131	493526.956
				11129634.29	11518190.84	12114089.23	9678265.19	1174609.01	207238.19	130948.00	57938.95	28360.57	13911.14	-36502.04	7657627.93
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2003

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	344	603	478	225	28	3	0	0	31	140	269	531
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	13	21	14	7	4	1	0	0	1	9	11	14
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.125	-0.075	0.1	0.275	0.35	0.425	0.45	0.45	0.425	0.225	0.175	0.1
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.50	-0.36	0.35	0.99	1.09	1.37	3.37	2.31	2.34	1.31	0.99	0.47
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.50	5.20	3.12	2.62	2.03	1.86	4.12	2.82	3.17	4.53	4.67	4.27
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	340.50	597.80	474.88	222.38	25.97	1.14	-4.12	0.00	0.00	0.00	264.33	526.73
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	223.60	391.95	310.70	146.25	18.20	1.95	0.00	0.00	20.15	91.00	174.85	345.15
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	116.90	205.85	164.18	76.13	7.77	-0.81	-4.12	0.00	-20.15	0.00	89.48	181.58
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	316.90	405.85	364.18	276.13	207.77	199.19	195.88	200.00	179.85	200.00	289.48	381.58
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	340.50	597.80	474.88	222.38	25.97	1.14	-4.12	0.00	0.00	0.00	264.33	526.73
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	52.44	92.06	73.13	34.25	4.00	0.18	-0.63	0.00	0.00	0.00	40.71	81.12
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	13.37	23.48	18.65	8.73	1.02	0.04	-0.16	0.00	0.00	0.00	10.38	20.68
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	35.95	29.12	23.41	15.75	8.22	4.05	1.90	0.93	0.46	0.22	5.20
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	73.37	59.43	47.77	32.14	16.77	8.26	3.89	1.90	0.93	0.46	10.60	25.88
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	73.37	-13.94	-11.66	-15.63	-15.37	-8.51	-4.38	-1.98	-0.97	-0.48	10.15	15.28
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-20.93	106.01	84.79	49.88	19.37	8.68	3.74	1.98	0.97	0.48	30.56	65.84
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	288.06	505.74	401.75	188.13	21.97	0.97	-3.49	0.00	0.00	0.00	223.62	445.61
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	267.13	611.75	486.54	238.01	41.35	9.65	0.25	1.98	0.97	0.48	254.18	511.45
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	10671868.93	24439267.67	19437276.96	9508352.05	1651765.58	385438.4459	10115.77358	79178.14148	38797.28933	19010.672	10154494.67	20432424.1
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	3.984	10.102	7.257	3.668	0.617	0.149	0.004	0.030	0.015	0.007	3.918	7.629
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	3984.419	10102.211	7257.048	3668.346	616.699	148.703	3.777	29.562	14.968	7.098	3917.629	7628.593
			m ³ /detik	1.93	5.41	3.51	1.83	0.30	0.07	0.00	0.01	0.01	0.00	1.96	3.69
			m ³ /detik	2.06	4.69	3.75	1.83	0.32	0.07	0.00	0.02	0.01	0.00	1.96	3.94
			m ³ /detik	3.98	10.10	7.26	3.67	0.62	0.15	0.00	0.03	0.01	0.01	3.92	7.63
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	2498616.55	7013820.44	4550871.30	2377088.01	386729.71	96359.61	2368.42	18538.07	9699.32	4450.99	2538623.67	4783866.20
			m ³	2842870.39	5268158.46	5177880.23	2377088.01	440012.48	96359.61	2694.73	21092.20	9699.32	5064.24	2538623.67	5442976.65
				344253.8363	872830.9881	627008.9342	316945.068	53282.76066	12847.9482	32					

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2004

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	143	198	318	125	227	175	0	0	0	0	318	220
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	9	15	15	4	12	3	0	0	0	0	16	14
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.225	0.075	0.075	0.35	0.15	0.375	0.45	0.45	0.45	0.45	0.05	0.1
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.90	0.36	0.26	1.27	0.47	1.21	3.37	2.31	2.48	2.63	0.28	0.47
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.10	4.47	3.21	2.35	2.65	2.02	4.12	2.82	3.03	3.21	5.38	4.27
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	139.90	193.53	314.79	122.65	224.35	172.98	-4.12	0.00	0.00	0.00	312.62	215.73
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	92.95	128.70	206.70	81.25	147.55	113.75	0.00	0.00	0.00	0.00	206.70	143.00
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	46.95	64.83	108.09	41.40	76.80	59.23	-4.12	0.00	0.00	0.00	105.92	72.73
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	246.95	264.83	308.09	241.40	276.80	259.23	195.88	200.00	200.00	200.00	305.92	272.73
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	139.90	193.53	314.79	122.65	224.35	172.98	-4.12	0.00	0.00	0.00	312.62	215.73
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	21.54	29.80	48.48	18.89	34.55	26.64	-0.63	0.00	0.00	0.00	48.14	33.22
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	5.49	7.60	12.36	4.82	8.81	6.79	-0.16	0.00	0.00	0.00	12.28	8.47
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	32.09	19.45	15.59	10.00	9.22	7.84	3.76	1.84	0.90	0.44	6.23
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	65.49	39.69	31.81	20.40	18.81	16.01	7.68	3.76	1.84	0.90	12.72	14.70
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	65.49	-25.80	-7.88	-11.41	-1.60	-2.80	-8.33	-3.92	-1.92	-0.94	11.82	1.98
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-43.95	55.61	56.36	30.30	36.15	29.44	7.69	3.92	1.92	0.94	36.33	31.24
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	118.36	163.72	266.32	103.76	189.80	146.34	-3.49	0.00	0.00	0.00	264.48	182.50
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	74.41	219.33	322.67	134.06	225.95	175.78	4.20	3.92	1.92	0.94	300.80	213.74
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	2972598.071	8762229.556	12890856.27	5355529.36	9026599.157	7022356.873	167970.4375	156526.9268	76698.19412	37582.115	12017096.91	8538979.97
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	1.110	3.622	4.813	2.066	3.370	2.709	0.063	0.058	0.030	0.014	4.636	3.188
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	1109.841	3621.953	4812.894	2066.176	3370.146	2709.243	62.713	58.440	29.590	14.032	4636.226	3188.090
			m ³ /detik	0.54	1.94	2.33	1.03	1.63	1.35	0.03	0.03	0.01	0.01	2.32	1.54
			m ³ /detik	0.57	1.68	2.48	1.03	1.74	1.35	0.03	0.03	0.01	0.01	2.32	1.65
			m ³ /detik	1.11	3.62	4.81	2.07	3.37	2.71	0.06	0.06	0.03	0.01	4.64	3.19
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	695977.70	2514670.47	3018150.53	1338882.34	2113407.71	1755589.22	39327.11	36647.82	19174.55	8799.14	3004274.23	1999240.89
			m ³	791867.96	1888796.93	3433984.60	1338882.34	2404588.33	1755589.22	44745.51	41697.08	19174.55	10011.47	3004274.23	2274691.85
				95890.26034	312936.7699	415834.0731	178517.645	291180.618	234078.5624	5418.401208	5049.255703	2556.606471	1212.3263	400569.8969	275450.967
				1487845.65	4403467.40	6452135.13	2677764.68	4517996.04	3511178.44	84072.61	78344.90	38349.10	18810.61	6008548.45	4273932.74
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2005

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	252	228	428	299	0	52	127	0	113	128	163	522
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	15	13	20	15	0	4	9	0	10	10	8	23
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.075	0.125	-0.05	0.075	0.45	0.35	0.225	0.45	0.2	0.2	0.25	-0.125
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.30	0.60	-0.17	0.27	1.40	1.13	1.69	2.31	1.10	1.17	1.42	-0.59
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.70	4.23	3.64	3.35	1.71	2.10	5.81	2.82	4.41	4.67	4.25	5.34
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	248.30	223.77	424.36	295.65	-1.71	49.90	121.19	0.00	0.00	0.00	158.75	516.66
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	163.80	148.20	278.20	194.35	0.00	33.80	82.55	0.00	73.45	83.20	105.95	339.30
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	84.50	75.57	146.16	101.30	-1.71	16.10	38.64	0.00	-73.45	0.00	52.80	177.36
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	284.50	275.57	346.16	301.30	198.29	216.10	238.64	200.00	126.55	200.00	252.80	377.36
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	248.30	223.77	424.36	295.65	-1.71	49.90	121.19	0.00	0.00	0.00	158.75	516.66
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	38.24	34.46	65.35	45.53	-0.26	7.68	18.66	0.00	0.00	0.00	24.45	79.57
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	9.75	8.79	16.66	11.61	-0.07	1.96	4.76	0.00	0.00	0.00	6.23	20.29
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	34.18	21.05	18.48	14.75	7.19	4.48	4.53	2.22	1.09	0.53	3.32
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	69.75	42.97	37.72	30.09	14.68	9.15	9.24	4.53	2.22	1.09	6.77	23.61
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	69.75	-26.79	-5.25	-7.63	-15.41	-5.53	0.09	-4.71	-2.31	-1.13	5.68	16.84
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-31.51	61.25	70.60	53.16	15.15	13.21	18.57	4.71	2.31	1.13	18.77	62.73
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	210.06	189.31	359.01	250.12	-1.45	42.21	102.53	0.00	0.00	0.00	134.30	437.09
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	178.55	250.56	429.61	303.28	13.70	55.42	121.10	4.71	2.31	1.13	153.07	499.82
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	7133130.381	10009674.54	17162850.31	12116015.4	547340.664	2214217.339	4837945.501	188331.7487	92282.55687	45218.453	6115238.018	19967807.7
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	2.663	4.138	6.408	4.674	0.204	0.854	1.806	0.070	0.036	0.017	2.359	7.455
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	2663.206	4137.597	6407.874	4674.389	204.354	854.251	1806.282	70.315	35.603	16.883	2359.274	7455.125
			m ³ /detik	1.29	2.22	3.10	2.34	0.10	0.43	0.87	0.03	0.02	0.01	1.18	3.61
			m ³ /detik	1.37	1.92	3.31	2.34	0.11	0.43	0.93	0.04	0.02	0.01	1.18	3.85
			m ³ /detik	2.66	4.14	6.41	4.67	0.20	0.85	1.81	0.07	0.04	0.02	2.36	7.46
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	1670087.76	2872674.45	4018357.25	3029003.85	128149.48	553554.33	1132713.57	44094.32	23070.64	10587.05	1528809.50	4675085.05
			m ³	1900188.74	2157697.70	4571997.59	3029003.85	145805.63	553554.33	1288776.33	50169.54	23070.64	12045.71	1528809.50	5319207.88
				230100.98	357488.3766	553640.3327	403867.18	17							

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2006

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	295	400	131	667	185	22	0	0	0	0	0	442
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	20	13	13	24	20	2	0	0	0	0	0	18
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.05	0.125	0.125	-0.15	-0.05	0.4	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.20	0.60	0.43	-0.54	-0.16	1.29	3.37	2.31	2.48	2.63	2.55	0.00
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.20	4.23	3.03	4.16	3.27	1.94	4.12	2.82	3.03	3.21	3.12	4.75
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	290.80	395.77	127.97	662.84	181.73	20.06	-4.12	0.00	0.00	0.00	-3.12	437.25
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	191.75	260.00	85.15	433.55	120.25	14.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	287.30
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	99.05	135.77	42.82	229.29	61.48	5.76	-4.12	0.00	0.00	0.00	-3.12	149.95
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	299.05	335.77	242.82	429.29	261.48	205.76	195.88	200.00	200.00	200.00	196.88	349.95
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	290.80	395.77	127.97	662.84	181.73	20.06	-4.12	0.00	0.00	0.00	-3.12	437.25
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	44.78	60.95	19.71	102.08	27.99	3.09	-0.63	0.00	0.00	0.00	-0.48	67.34
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	11.42	15.54	5.03	26.03	7.14	0.79	-0.16	0.00	0.00	0.00	-0.12	17.17
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	35.00	24.76	14.60	19.91	13.25	6.88	3.29	1.61	0.79	0.39	0.13
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	71.42	50.54	29.79	40.63	27.04	14.04	6.72	3.29	1.61	0.79	0.26	17.30
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	71.42	-20.88	-20.75	10.84	-13.58	-13.00	-7.32	-3.43	-1.68	-0.82	-0.53	17.04
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-26.64	81.83	40.46	91.24	41.57	16.09	6.69	3.43	1.68	0.82	0.05	50.30
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	246.02	334.82	108.26	560.76	153.74	16.97	-3.49	0.00	0.00	0.00	-2.64	369.91
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	219.38	416.65	148.72	652.00	195.31	33.06	3.20	3.43	1.68	0.82	-2.59	420.22
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	8764341.651	16645239.44	5941206.256	26047494.8	7802695.621	1320928.288	127834.5681	136860.3508	67061.57189	32860.17	-103467.5446	16787618.1
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	3.272	6.880	2.218	10.049	2.913	0.510	0.048	0.051	0.026	0.012	-0.040	6.268
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	3272.230	6880.473	2218.192	10049.188	2913.193	509.617	47.728	51.098	25.873	12.269	-39.918	6267.779
			m ³ /detik	1.58	3.69	1.07	5.02	1.41	0.25	0.02	0.02	0.01	0.01	-0.02	3.03
			m ³ /detik	1.69	3.19	1.14	5.02	1.50	0.25	0.02	0.03	0.01	0.01	-0.02	3.23
			m ³ /detik	3.27	6.88	2.22	10.05	2.91	0.51	0.05	0.05	0.03	0.01	-0.04	6.27
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	2052005.07	4777013.87	1391021.24	6511873.70	1826853.81	330232.07	29930.05	32043.27	16765.39	7693.59	-25866.89	3930503.71
			m ³	2334725.77	3588068.20	1582673.05	6511873.70	2078553.67	330232.07	34053.75	36458.12	16765.39	8753.59	-25866.89	4472039.78
				282720.6984	594472.8373	191651.8147	868249.827	251699.8587	44030.94294	4123.695746	4414.850026	2235.38573	1060.0055	-3448.918155	541536.067
				4386730.84	8365082.07	2973694.29	13023747.40	3905407.49	660464.14	63983.80	68501.38	33530.79	16447.18	-51733.77	8402543.49
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2007

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	200	0	276	0	7	0	17	10	0	110	0	785
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	11	17	14	19	2	13	3	3	2	6	11	20
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.175	0.025	0.1	-0.025	0.4	0.125	0.375	0.375	0.4	0.3	0.175	-0.05
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.70	0.12	0.35	-0.09	1.25	0.40	2.81	1.92	2.20	1.75	0.99	-0.24
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.30	4.71	3.12	3.71	1.87	2.83	4.68	3.20	3.30	4.09	4.67	4.99
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	196.70	-4.71	272.88	-3.71	5.13	-2.83	12.32	0.00	0.00	0.00	-4.67	780.01
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	130.00	0.00	179.40	0.00	4.55	0.00	11.05	6.50	0.00	71.50	0.00	510.25
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	66.70	-4.71	93.48	-3.71	0.58	-2.83	1.27	-6.50	0.00	0.00	-4.67	269.76
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	266.70	195.29	293.48	196.29	200.58	197.17	201.27	193.50	200.00	200.00	195.33	469.76
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	196.70	-4.71	272.88	-3.71	5.13	-2.83	12.32	0.00	0.00	0.00	-4.67	780.01
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	30.29	-0.73	42.02	-0.57	0.79	-0.44	1.90	0.00	0.00	0.00	-0.72	120.12
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	7.72	-0.19	10.72	-0.15	0.20	-0.11	0.48	0.00	0.00	0.00	-0.18	30.63
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	33.18	16.17	13.17	6.38	3.23	1.53	0.99	0.48	0.24	0.12	-0.03
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	67.72	33.00	26.89	13.03	6.59	3.12	2.01	0.99	0.48	0.24	-0.07	30.60
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	67.72	-34.72	-6.11	-13.86	-6.44	-3.47	-1.11	-1.03	-0.50	-0.25	-0.30	30.67
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-37.43	34.00	48.14	13.29	7.23	3.03	3.00	1.03	0.50	0.25	-0.42	89.46
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	166.41	-3.99	230.86	-3.14	4.34	-2.39	10.42	0.00	0.00	0.00	-3.95	659.89
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	128.98	30.01	278.99	10.15	11.57	0.64	13.42	1.03	0.50	0.25	-4.37	749.35
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	5152652.886	1198927.107	11145827.32	405472.706	462370.2717	25600.51829	536186.3935	40960.56743	20070.67804	9834.6322	-174534.5723	29936469.8
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	1.924	0.496	4.161	0.156	0.173	0.010	0.200	0.015	0.008	0.004	-0.067	11.177
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	1923.780	495.588	4161.375	156.432	172.629	9.877	200.189	15.293	7.743	3.672	-67.336	11176.997
			m ³ /detik	0.93	0.27	2.01	0.08	0.08	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	-0.03	5.41
			m ³ /detik	0.99	0.23	2.15	0.08	0.09	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	-0.03	5.77
			m ³ /detik	1.92	0.50	4.16	0.16	0.17	0.01	0.20	0.02	0.01	0.00	-0.07	11.18
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	1206396.36	344079.85	2609584.96	101368.18	108255.27	6400.13	125537.92	9590.14	5017.67	2302.59	-43633.64	7009059.00
			m ³	1372610.97	258442.20	2969127.78	101368.18	123170.44	6400.13	142834.25	10911.45	5017.67	2619.84	-43633.64	7974751.57
				166214.6092	42818.82526	359542.8167	13515.7569	14915.17005	853.3506097	17296.33527	1321.308627	669.0226014	317.2		

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2008

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	572	185	681	288	150	0	0	32	0	429	582	247
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	13	20	24	16	11	0	0	6	0	14	16	13
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.125	-0.05	-0.15	0.05	0.175	0.45	0.45	0.3	0.45	0.1	0.05	0.125
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.50	-0.24	-0.52	0.18	0.55	1.45	3.37	1.54	2.48	0.58	0.28	0.59
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.50	5.08	3.99	3.44	2.57	1.78	4.12	3.59	3.03	5.26	5.38	4.15
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	568.50	179.92	677.01	284.56	147.43	-1.78	-4.12	0.00	0.00	0.00	576.62	242.85
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	371.80	120.25	442.65	187.20	97.50	0.00	0.00	20.80	0.00	278.85	378.30	160.55
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	196.70	59.67	234.36	97.36	49.93	-1.78	-4.12	-20.80	0.00	0.00	198.32	82.30
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	396.70	259.67	434.36	297.36	249.93	198.22	195.88	179.20	200.00	200.00	398.32	282.30
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	568.50	179.92	677.01	284.56	147.43	-1.78	-4.12	0.00	0.00	0.00	576.62	242.85
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	87.55	27.71	104.26	43.82	22.70	-0.27	-0.63	0.00	0.00	0.00	88.80	37.40
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	22.33	7.07	26.59	11.17	5.79	-0.07	-0.16	0.00	0.00	0.00	22.64	9.54
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	40.34	23.23	24.41	17.44	11.38	5.54	2.64	1.29	0.63	0.31	11.25
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	82.33	47.40	49.81	35.58	23.23	11.31	5.38	2.64	1.29	0.63	22.95	20.78
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	82.33	-34.92	2.41	-14.23	-12.36	-11.91	-5.93	-2.74	-1.34	-0.66	22.32	-2.17
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	5.22	62.63	101.85	58.05	35.06	11.64	5.30	2.74	1.34	0.66	66.48	39.57
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	480.95	152.22	572.75	240.74	124.73	-1.50	-3.49	0.00	0.00	0.00	487.82	205.45
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	486.18	214.84	674.60	298.79	159.79	10.14	1.81	2.74	1.34	0.66	554.30	245.02
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	19422774.2	8583004.747	26950434.89	11936823.4	6383528.725	404965.7255	72248.75272	109623.3013	53715.41762	26320.555	22144205.91	9788351.96
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	7.252	3.548	10.062	4.605	2.383	0.156	0.027	0.041	0.021	0.010	8.543	3.655
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	7251.633	3547.869	10062.140	4605.256	2383.337	156.237	26.975	40.929	20.724	9.827	8543.289	3654.552
			m ³ /detik	3.51	1.90	4.87	2.30	1.15	0.08	0.01	0.02	0.01	0.00	4.27	1.77
			m ³ /detik	3.74	1.65	5.19	2.30	1.23	0.08	0.01	0.02	0.01	0.01	4.27	1.89
			m ³ /detik	7.25	3.55	10.06	4.61	2.38	0.16	0.03	0.04	0.02	0.01	8.54	3.65
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	4547475.75	2463234.78	6309935.33	2984205.84	1494582.69	101241.43	16915.68	25666.23	13428.85	6162.46	5536051.48	2291757.74
			m ³	5174016.85	1850163.01	7179304.19	2984205.84	1700502.97	101241.43	19246.29	29202.46	13428.85	7011.51	5536051.48	2607511.03
				626541.1034	306535.8838	869368.8673	397894.112	205920.2815	13498.85752	2330.604926	3536.235524	1790.513921	849.05015	738140.1969	315753.289
				9721492.60	4313397.79	13489239.52	5968411.68	3195085.66	202482.86	36161.97	54868.69	26857.71	13173.97	11072102.95	4899268.78
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2009

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	247	333	85	396	246	38	25	0	21	86	289	462
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	19	19	2	18	16	4	4	0	4	7	12	14
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.025	-0.025	0.4	0	0.05	0.35	0.35	0.45	0.35	0.275	0.15	0.1
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.10	-0.12	1.39	0.00	0.16	1.13	2.62	2.31	1.93	1.61	0.85	0.47
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.10	4.96	2.08	3.62	2.96	2.10	4.87	2.82	3.58	4.24	4.81	4.27
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	242.90	328.04	82.92	392.38	243.04	35.90	20.13	0.00	0.00	0.00	284.19	457.73
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	160.55	216.45	55.25	257.40	159.90	24.70	16.25	0.00	13.65	55.90	187.85	300.30
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	82.35	111.59	27.67	134.98	83.14	11.20	3.88	0.00	-13.65	0.00	96.34	157.43
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	282.35	311.59	227.67	334.98	283.14	211.20	203.88	200.00	186.35	200.00	296.34	357.43
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	242.90	328.04	82.92	392.38	243.04	35.90	20.13	0.00	0.00	0.00	284.19	457.73
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	37.41	50.52	12.77	60.43	37.43	5.53	3.10	0.00	0.00	0.00	43.76	70.49
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	9.54	12.88	3.26	15.41	9.54	1.41	0.79	0.00	0.00	0.00	11.16	17.97
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	34.07	23.01	12.87	13.86	11.47	6.31	3.48	1.70	0.84	0.41	5.67
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	69.54	46.96	26.26	28.28	23.40	12.88	7.10	3.48	1.70	0.84	11.57	23.64
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	69.54	-22.58	-20.69	2.01	-4.88	-10.52	-5.78	-3.62	-1.77	-0.87	10.73	12.07
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-32.13	73.10	33.46	58.41	42.31	16.05	8.88	3.62	1.77	0.87	33.03	58.42
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	205.50	277.53	70.15	331.96	205.61	30.37	17.03	0.00	0.00	0.00	240.42	387.24
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	173.36	350.63	103.61	390.37	247.92	46.42	25.91	3.62	1.77	0.87	273.45	445.65
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	6925881.555	14007541.64	4139290.165	15595230.2	9904329.718	1854606.786	1034906.119	144653.6256	70880.27655	34731.336	10924386.11	17803787.2
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	2.586	5.790	1.545	6.017	3.698	0.716	0.386	0.054	0.027	0.013	4.215	6.647
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	2585.828	5790.154	1545.434	6016.678	3697.853	715.512	386.390	54.007	27.346	12.967	4214.655	6647.173
			m ³ /detik	1.25	3.10	0.75	3.01	1.79	0.36	0.19	0.03	0.01	0.01	2.11	3.22
			m ³ /detik	1.33	2.69	0.80	3.01	1.91	0.36	0.20	0.03	0.01	0.01	2.11	3.43
			m ³ /detik	2.59	5.79	1.55	6.02	3.70	0.72	0.39	0.05	0.03	0.01	4.21	6.65
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	1621564.36	4020021.52	969136.62	3898807.54	2318911.74	463651.70	242303.72	33867.91	17720.07	8131.69	2731096.53	4168420.51
			m ³	1844979.89	3019482.83	1102662.10	3898807.54	2638406.25	463651.70	275687.79	38534.16	17720.07	9252.05	2731096.53	4742736.23
				223415.534	500269.3444	133525.									

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2010

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	304	461	387	301	451	315	59	108	301	653	465	392
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	19	20	19	16	23	18	3	8	19	18	19	25
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.025	-0.05	-0.025	0.05	-0.125	0	0.375	0.25	-0.025	0	-0.025	-0.175
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.10	-0.24	-0.09	0.18	-0.39	0.00	2.81	1.28	-0.14	0.00	-0.14	-0.83
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.10	5.08	3.55	3.44	3.51	3.23	4.68	3.84	5.64	5.84	5.81	5.58
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	299.90	455.92	383.45	297.56	447.49	311.77	54.32	0.00	0.00	0.00	459.19	386.42
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	197.60	299.65	251.55	195.65	293.15	204.75	38.35	70.20	195.65	424.45	302.25	254.80
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	102.30	156.27	131.90	101.91	154.34	107.02	15.97	-70.20	-195.65	0.00	156.94	131.62
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	302.30	356.27	331.90	301.91	354.34	307.02	215.97	129.80	4.35	200.00	356.94	331.62
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	299.90	455.92	383.45	297.56	447.49	311.77	54.32	0.00	0.00	0.00	459.19	386.42
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	46.18	70.21	59.05	45.82	68.91	48.01	8.36	0.00	0.00	0.00	70.72	59.51
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	11.78	17.90	15.06	11.69	17.57	12.24	2.13	0.00	0.00	0.00	18.03	15.17
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	35.17	26.01	20.12	15.59	16.25	13.96	7.89	3.86	1.89	0.93	9.29
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	71.78	53.07	41.06	31.81	33.16	28.49	16.09	7.89	3.86	1.89	18.96	24.47
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	71.78	-18.70	-12.01	-9.26	1.35	-4.67	-12.40	-8.21	-4.02	-1.97	17.07	5.50
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-25.59	88.91	71.06	55.08	67.56	52.68	20.76	8.21	4.02	1.97	53.65	54.00
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	253.72	385.71	324.40	251.74	378.58	263.75	45.95	0.00	0.00	0.00	388.48	326.91
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	228.13	474.63	395.46	306.82	446.14	316.43	66.71	8.21	4.02	1.97	442.13	380.92
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	9113607.875	18961297.53	15798526.32	12257500.7	17823430.6	12641570.23	2665198.309	327896.5389	160669.304	78727.959	17662984.54	15217575.3
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	3.403	7.838	5.898	4.729	6.655	4.877	0.995	0.122	0.062	0.029	6.814	5.682
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	3402.631	7837.838	5898.494	4728.974	6654.507	4877.149	995.071	122.423	61.987	29.394	6814.423	5681.592
			m ³ /detik	1.65	4.20	2.85	2.36	3.22	2.44	0.48	0.06	0.03	0.01	3.41	2.75
			m ³ /detik	1.76	3.64	3.04	2.36	3.43	2.44	0.51	0.06	0.03	0.02	3.41	2.93
			m ³ /detik	3.40	7.84	5.90	4.73	6.65	4.88	1.00	0.12	0.06	0.03	6.81	5.68
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	2133779.16	5441698.91	3698926.56	3064375.18	4173019.65	3160392.56	624005.85	76770.78	40167.33	18432.66	4415746.13	3562907.85
			m ³	2427766.51	4087320.51	4208556.44	3064375.18	4747969.03	3160392.56	709979.99	87348.09	40167.33	20972.28	4415746.13	4053797.38
				293987.3508	677189.1976	509629.8812	408583.358	574949.3742	421385.6743	85974.13899	10577.30771	5355.643468	2539.6116	588766.1513	490889.526
				4561545.67	9529019.42	7907482.99	6128750.36	8920988.68	6320785.12	1333985.83	164118.87	80334.65	39404.94	8831492.27	7616705.23
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2011

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	230	131	259	204	192	38	0	8	0	29	468	163
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	17	14	21	15	15	4	0	1	0	5	17	16
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.025	0.1	-0.075	0.075	0.075	0.35	0.45	0.425	0.45	0.325	0.025	0.05
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.10	0.48	-0.26	0.27	0.23	1.13	3.37	2.18	2.48	1.90	0.14	0.24
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.90	4.35	3.73	3.35	2.88	2.10	4.12	2.95	3.03	3.94	5.52	4.51
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	226.10	126.65	255.27	200.65	189.12	35.90	-4.12	0.00	0.00	0.00	462.48	158.49
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	149.50	85.15	168.35	132.60	124.80	24.70	0.00	5.20	0.00	18.85	304.20	105.95
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	76.60	41.50	86.92	68.05	64.32	11.20	-4.12	-5.20	0.00	0.00	158.28	52.54
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	276.60	241.50	286.92	268.05	264.32	211.20	195.88	194.80	200.00	200.00	358.28	252.54
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	226.10	126.65	255.27	200.65	189.12	35.90	-4.12	0.00	0.00	0.00	462.48	158.49
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	34.82	19.50	39.31	30.90	29.12	5.53	-0.63	0.00	0.00	0.00	71.22	24.41
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	8.88	4.97	10.02	7.88	7.43	1.41	-0.16	0.00	0.00	0.00	18.16	6.22
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	33.75	18.97	14.21	10.82	8.94	5.07	2.41	1.18	0.58	0.28	9.04
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	68.88	38.72	29.00	22.09	18.25	10.35	4.91	2.41	1.18	0.58	18.44	15.26
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	68.88	-30.15	-9.72	-6.91	-3.84	-7.90	-5.44	-2.50	-1.23	-0.60	17.87	-3.18
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-34.06	49.66	49.04	37.81	32.96	13.43	4.81	2.50	1.23	0.60	53.35	27.59
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	191.28	107.14	215.96	169.75	159.99	30.37	-3.49	0.00	0.00	0.00	391.26	134.08
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	157.22	156.80	265.00	207.56	192.96	43.80	1.32	2.50	1.23	0.60	444.61	161.67
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	6281073.28	6264300.301	10586697.29	8292176.33	7708633.924	1749673.156	52723.69425	100056.0226	49027.45108	24023.451	17762192.73	6458788.24
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	2.345	2.589	3.953	3.199	2.878	0.675	0.020	0.037	0.019	0.009	6.853	2.411
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	2345.084	2589.410	3952.620	3199.142	2878.074	675.028	19.685	37.357	18.915	8.969	6852.698	2411.435
			m ³ /detik	1.13	1.39	1.91	1.60	1.39	0.34	0.01	0.02	0.01	0.00	3.43	1.17
			m ³ /detik	1.21	1.20	2.04	1.60	1.49	0.34	0.01	0.02	0.01	0.00	3.43	1.24
			m ³ /detik	2.35	2.59	3.95	3.20	2.88	0.68	0.02	0.04	0.02	0.01	6.85	2.41
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	1470594.68	1797790.27	2478675.22	2073044.08	1804831.04	437418.29	12344.26	23426.23	12256.86	5624.64	4440548.18	1512203.28
			m ³	1673209.95	1350340.24	2820181.59	2073044.08	2053496.65	437418.29	14045.02	26653.84	12256.86	6399.59	4440548.18	1720551.29
				202											

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2012

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	402	367	251	286	228	7	46	0	5	163	303	597
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	21	16	18	18	11	1	5	0	1	7	17	25
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.075	0.05	0	0	0.175	0.425	0.325	0.45	0.425	0.275	0.025	-0.175
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.30	0.24	0.00	0.00	0.55	1.37	2.44	2.31	2.34	1.61	0.14	-0.83
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.30	4.59	3.47	3.62	2.57	1.86	5.06	2.82	3.17	4.24	5.52	5.58
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	397.70	362.41	247.53	282.38	225.43	5.14	40.94	0.00	0.00	0.00	297.48	591.42
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	261.30	238.55	163.15	185.90	148.20	4.55	29.90	0.00	3.25	105.95	196.95	388.05
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	136.40	123.86	84.38	96.48	77.23	0.59	11.04	0.00	-3.25	0.00	100.53	203.37
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	336.40	323.86	284.38	296.48	277.23	200.59	211.04	200.00	196.75	200.00	300.53	403.37
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	397.70	362.41	247.53	282.38	225.43	5.14	40.94	0.00	0.00	0.00	297.48	591.42
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	61.25	55.81	38.12	43.49	34.72	0.79	6.30	0.00	0.00	0.00	45.81	91.08
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	15.62	14.23	9.72	11.09	8.85	0.20	1.61	0.00	0.00	0.00	11.68	23.23
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	37.05	25.13	17.08	13.80	11.10	5.54	3.50	1.72	0.84	0.41	5.93
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	75.62	51.28	34.85	28.17	22.65	11.30	7.15	3.50	1.72	0.84	12.09	29.15
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	75.62	-24.33	-16.43	-6.68	-5.51	-11.35	-4.16	-3.64	-1.79	-0.88	11.25	17.06
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-14.37	80.14	54.55	50.17	40.23	12.14	10.46	3.64	1.79	0.88	34.56	74.02
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	336.46	306.60	209.41	238.90	190.71	4.35	34.64	0.00	0.00	0.00	251.67	500.34
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	322.08	386.74	263.97	289.07	230.94	16.49	45.10	3.64	1.79	0.88	286.22	574.36
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	12867290.39	15450275.15	10545533.48	11548220.5	9226114.358	658878.9414	1801653.307	145593.5146	71340.82216	34957.003	11434658.19	22945813.7
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	4.804	6.387	3.937	4.455	3.445	0.254	0.673	0.054	0.028	0.013	4.412	8.567
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	4804.096	6386.522	3937.251	4455.332	3444.636	254.197	672.660	54.358	27.523	13.051	4411.519	8566.985
			m ³ /detik	2.32	3.42	1.91	2.23	1.67	0.13	0.33	0.03	0.01	0.01	2.21	4.15
			m ³ /detik	2.48	2.97	2.03	2.23	1.78	0.13	0.35	0.03	0.01	0.01	2.21	4.42
			m ³ /detik	4.80	6.39	3.94	4.46	3.44	0.25	0.67	0.05	0.03	0.01	4.41	8.57
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	3012633.03	4434071.31	2469037.50	2887055.12	2160120.43	164719.74	421823.09	34087.97	17835.21	8184.52	2858664.55	5372328.92
			m ³	3427706.91	3330480.23	2809216.00	2887055.12	2457737.02	164719.74	479940.94	38784.54	17835.21	9312.17	2858664.55	6112516.46
				415073.8837	551795.541	340178.4994	384940.683	297616.5922	21962.63138	58117.84861	4696.564988	2378.027405	1127.6453	381155.2732	740187.54
				6440339.94	7764551.54	5278253.49	5774110.24	4617857.45	329439.47	901764.04	72872.51	35670.41	17496.69	5717329.10	11484845.38
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2013

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	381	475	257	391	277	264	146	0	4	98	274	309
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	20	19	16	16	19	15	11	0	1	3	14	16
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.05	-0.025	0.05	0.05	-0.025	0.075	0.175	0.45	0.425	0.375	0.1	0.05
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.20	-0.12	0.17	0.18	-0.08	0.24	1.31	2.31	2.34	2.19	0.57	0.24
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.20	4.96	3.29	3.44	3.19	2.99	6.18	2.82	3.17	3.65	5.10	4.51
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	376.80	470.04	253.71	387.56	273.81	261.01	139.82	0.00	0.00	0.00	268.90	304.49
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	247.65	308.75	167.05	254.15	180.05	171.60	94.90	0.00	2.60	63.70	178.10	200.85
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	129.15	161.29	86.66	133.41	93.76	89.41	44.92	0.00	-2.60	0.00	90.80	103.64
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	329.15	361.29	286.66	333.41	293.76	289.41	244.92	200.00	197.40	200.00	290.80	303.64
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	376.80	470.04	253.71	387.56	273.81	261.01	139.82	0.00	0.00	0.00	268.90	304.49
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	58.03	72.39	39.07	59.68	42.17	40.20	21.53	0.00	0.00	0.00	41.41	46.89
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	14.80	18.46	9.96	15.22	10.75	10.25	5.49	0.00	0.00	0.00	10.56	11.96
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	36.65	27.00	18.11	16.33	13.27	11.53	8.34	4.09	2.00	0.98	5.65
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	74.80	55.11	36.97	33.33	27.09	23.52	17.02	8.34	4.09	2.00	11.54	17.61
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	74.80	-19.69	-18.14	-3.63	-6.25	-3.56	-6.51	-8.68	-4.25	-2.08	9.54	6.07
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-16.77	92.07	57.21	63.32	48.41	43.76	28.04	8.68	4.25	2.08	31.87	40.82
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	318.77	397.66	214.64	327.88	231.64	220.81	118.29	0.00	0.00	0.00	227.49	257.60
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	302.01	489.73	271.85	391.20	280.05	264.57	146.32	8.68	4.25	2.08	259.36	298.42
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	12065121.71	19564801.18	10860399.6	15628308.6	11188162.18	10569705.14	5845591.061	346698.8676	169882.4451	83242.398	10361569.16	11921775.8
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	4.505	8.087	4.055	6.029	4.177	4.078	2.182	0.129	0.066	0.031	3.998	4.451
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	4504.600	8087.302	4054.809	6029.440	4177.181	4077.818	2182.494	129.443	65.541	31.079	3997.519	4451.081
			m ³ /detik	2.18	4.33	1.96	3.01	2.02	2.04	1.06	0.06	0.03	0.02	2.00	2.15
			m ³ /detik	2.32	3.75	2.09	3.01	2.16	2.04	1.13	0.07	0.03	0.02	2.00	2.30
			m ³ /detik	4.50	8.09	4.05	6.03	4.18	4.08	2.18	0.13	0.07	0.03	4.00	4.45
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	2824820.38	5614898.30	2542757.45	3907077.16	2619496.87	2642426.29	1368634.74	81172.99	42470.61	19489.64	2590392.29	2791258.64
			m ³	3214017.85	4217412.50	2893092.92	3907077.16	2980405.33	2642426.29	1557202.20	92356.83	42470.61	22174.87	2590392.29	3175832.05
			</												

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2014

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	180	99	231	265	184	223	157	0	0	0	395	525
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	18	4	13	17	7	8	9	0	0	0	17	21
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0	0.35	0.125	0.025	0.275	0.25	0.225	0.45	0.45	0.45	0.025	-0.075
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.00	1.69	0.43	0.09	0.86	0.81	1.69	2.31	2.48	2.63	0.14	-0.36
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.00	3.14	3.03	3.53	2.26	2.42	5.81	2.82	3.03	3.21	5.52	5.10
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	176.00	95.86	227.97	261.47	181.74	220.58	151.19	0.00	0.00	0.00	389.48	519.90
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	117.00	64.35	150.15	172.25	119.60	144.95	102.05	0.00	0.00	0.00	256.75	341.25
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	59.00	31.51	77.82	89.22	62.14	75.63	49.14	0.00	0.00	0.00	132.73	178.65
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	259.00	231.51	277.82	289.22	262.14	275.63	249.14	200.00	200.00	200.00	332.73	378.65
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	176.00	95.86	227.97	261.47	181.74	220.58	151.19	0.00	0.00	0.00	389.48	519.90
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	27.10	14.76	35.11	40.27	27.99	33.97	23.28	0.00	0.00	0.00	59.98	80.06
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	6.91	3.76	8.95	10.27	7.14	8.66	5.94	0.00	0.00	0.00	15.29	20.42
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	32.79	17.91	13.16	11.48	9.12	8.71	7.18	3.52	1.72	0.84	7.91
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	66.91	36.55	26.86	23.43	18.62	17.78	14.65	7.18	3.52	1.72	16.14	28.32
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	66.91	-30.36	-9.69	-3.43	-4.81	-0.83	-3.13	-7.47	-3.66	-1.79	14.42	12.19
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-39.81	45.12	44.80	43.70	32.80	34.80	26.42	7.47	3.66	1.79	45.56	67.88
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	148.90	81.10	192.86	221.21	153.75	186.61	127.91	0.00	0.00	0.00	329.50	439.83
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	109.09	126.22	237.66	264.90	186.55	221.41	154.32	7.47	3.66	1.79	375.06	507.71
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	4358179.353	5042408.929	9494353.247	10582940.5	7452825.287	8845266.776	6165276.686	298524.124	146276.8208	71675.642	14983717.37	20283021.3
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	1.627	2.084	3.545	4.083	2.783	3.413	2.302	0.111	0.056	0.027	5.781	7.573
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	1627.158	2084.329	3544.785	4082.925	2782.566	3412.526	2301.851	111.456	56.434	26.761	5780.755	7572.813
			m ³ /detik	0.79	1.12	1.72	2.04	1.35	1.71	1.11	0.05	0.03	0.01	2.89	3.66
			m ³ /detik	0.84	0.97	1.83	2.04	1.44	1.71	1.19	0.06	0.03	0.01	2.89	3.91
			m ³ /detik	1.63	2.08	3.54	4.08	2.78	3.41	2.30	0.11	0.06	0.03	5.78	7.57
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	1020385.38	1447119.91	2222923.50	2645735.12	1744938.28	2211316.69	1443483.09	69893.79	36569.21	16781.50	3745929.34	4748886.35
			m ³	1160971.82	1086947.84	2529192.96	2645735.12	1985352.00	2211316.69	1642362.99	79523.60	36569.21	19093.62	3745929.34	5403177.36
				140586.4307	180086.0332	306269.4596	352764.683	240413.7189	294842.2259	198879.8931	9629.810451	4875.894025	2312.1175	499457.2457	654291.009
				2181357.20	2534067.75	4752116.45	5291470.24	3730290.28	4422633.39	3085846.08	149417.38	73138.41	35875.11	7491858.69	10152063.71
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2015

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	191	503	534	523	119	146	0	0	0	0	93	410
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	11	16	20	17	7	6	0	0	0	0	5	18
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.175	0.05	-0.05	0.025	0.275	0.3	0.45	0.45	0.45	0.45	0.325	0
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0.70	0.24	-0.17	0.09	0.86	0.97	3.37	2.31	2.48	2.63	1.84	0.00
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	3.30	4.59	3.64	3.53	2.26	2.26	4.12	2.82	3.03	3.21	3.82	4.75
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	187.70	498.41	530.36	519.47	116.74	143.74	-4.12	0.00	0.00	0.00	89.18	405.25
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	124.15	326.95	347.10	339.95	77.35	94.90	0.00	0.00	0.00	0.00	60.45	266.50
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	63.55	171.46	183.26	179.52	39.39	48.84	-4.12	0.00	0.00	0.00	28.73	138.75
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	263.55	371.46	383.26	379.52	239.39	248.84	195.88	200.00	200.00	200.00	228.73	338.75
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	187.70	498.41	530.36	519.47	116.74	143.74	-4.12	0.00	0.00	0.00	89.18	405.25
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	28.91	76.75	81.68	80.00	17.98	22.14	-0.63	0.00	0.00	0.00	13.73	62.41
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	7.37	19.57	20.83	20.40	4.58	5.64	-0.16	0.00	0.00	0.00	3.50	15.91
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	33.01	25.77	22.83	21.18	12.63	8.95	4.31	2.11	1.03	0.51	1.96
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	67.37	52.58	46.59	43.23	25.77	18.27	8.79	4.31	2.11	1.03	4.01	17.88
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	67.37	-14.79	-5.99	-3.36	-17.46	-7.50	-9.48	-4.48	-2.20	-1.08	2.97	13.87
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-38.46	91.54	87.67	83.36	35.44	29.63	8.85	4.48	2.20	1.08	10.76	48.54
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	158.80	421.65	448.69	439.47	98.76	121.60	-3.49	0.00	0.00	0.00	75.44	342.84
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	120.33	513.19	536.35	522.84	134.20	151.23	5.36	4.48	2.20	1.08	86.20	391.38
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	4807222.415	20502090.5	21427234.38	20887295.7	5361464.515	6041787.807	214050.9719	179106.3886	87762.13044	43003.444	3443776.086	15635699.7
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	1.795	8.475	8.000	8.058	2.002	2.331	0.080	0.067	0.034	0.016	1.329	5.838
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	1794.811	8474.740	8000.013	8058.370	2001.742	2330.937	79.917	66.871	33.859	16.056	1328.617	5837.701
			m ³ /detik	0.87	4.54	3.87	4.03	0.97	1.17	0.04	0.03	0.02	0.01	0.66	2.82
			m ³ /detik	0.93	3.93	4.13	4.03	1.03	1.17	0.04	0.03	0.02	0.01	0.66	3.01
			m ³ /detik	1.79	8.47	8.00	8.06	2.00	2.33	0.08	0.07	0.03	0.02	1.33	5.84
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	1125520.34	5883890.77	5016782.24	5221823.91	1255285.66	1510446.95	50115.99	41934.38	21940.53	10068.44	860944.02	3660803.77
			m ³	1280592.03	4419455.73	5707983.35	5221823.91	1428236.12	1510446.95	57020.86	47712.00	21940.53	11455.65	860944.02	4165181.18
				155071.6908	732217.518	691201.1089									

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2016

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	417	458	527	377	455	440	151	309	313	520	854	210
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	20	19	24	16	16	19	15	7	16	24	24	10
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.05	-0.025	-0.15	0.05	0.05	-0.025	0.075	0.275	0.05	-0.15	-0.15	0.2
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.20	-0.12	-0.52	0.18	0.16	-0.08	0.56	1.41	0.28	-0.88	-0.85	0.95
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.20	4.96	3.99	3.44	2.96	3.31	6.93	3.72	5.23	6.72	6.51	3.80
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	412.80	453.04	523.01	373.56	452.04	436.69	144.07	0.00	0.00	0.00	847.49	206.20
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	271.05	297.70	342.55	245.05	295.75	286.00	98.15	200.85	203.45	338.00	555.10	136.50
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	141.75	155.34	180.46	128.51	156.29	150.69	45.92	-200.85	-203.45	0.00	292.39	69.70
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	341.75	355.34	380.46	328.51	356.29	350.69	245.92	-0.85	-3.45	200.00	492.39	269.70
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	412.80	453.04	523.01	373.56	452.04	436.69	144.07	0.00	0.00	0.00	847.49	206.20
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	63.57	69.77	80.54	57.53	69.61	67.25	22.19	0.00	0.00	0.00	130.51	31.75
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	16.21	17.79	20.54	14.67	17.75	17.15	5.66	0.00	0.00	0.00	33.28	8.10
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	37.34	27.02	23.30	18.61	17.82	17.13	11.17	5.47	2.68	1.31	16.95
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	76.21	55.13	47.55	37.97	36.36	34.96	22.79	11.17	5.47	2.68	34.59	25.05
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	76.21	-21.08	-7.58	-9.58	-1.61	-1.39	-12.17	-11.62	-5.70	-2.79	31.91	-9.55
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-12.64	90.85	88.12	67.11	71.23	68.64	34.36	11.62	5.70	2.79	98.60	41.30
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	349.23	383.28	442.47	316.03	382.43	369.44	121.88	0.00	0.00	0.00	716.97	174.45
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	336.59	474.12	530.59	383.15	453.65	438.08	156.24	11.62	5.70	2.79	815.57	215.75
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	13446843.6	18941125.24	21197219.16	15306697.4	18123481.47	17501294.16	6241860.095	464332.1791	227522.7678	111486.16	32582133.88	8619088.78
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	5.020	7.829	7.914	5.905	6.767	6.752	2.330	0.173	0.088	0.042	12.570	3.218
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	5020.476	7829.500	7914.135	5905.362	6766.533	6752.043	2330.444	173.362	87.779	41.624	12570.268	3217.999
			m ³ /detik	2.43	4.19	3.83	2.95	3.27	3.38	1.13	0.08	0.04	0.02	6.29	1.56
			m ³ /detik	2.59	3.64	4.08	2.95	3.49	3.38	1.20	0.09	0.04	0.02	6.29	1.66
			m ³ /detik	5.02	7.83	7.91	5.91	6.77	6.75	2.33	0.17	0.09	0.04	12.57	3.22
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	3148324.46	5435909.67	4962928.52	3826674.35	4243270.90	4375323.54	1461413.65	108714.61	56880.69	26102.38	8145533.47	2017996.85
			m ³	3582093.61	4082972.15	5646709.79	3826674.35	4827899.33	4375323.54	1662763.98	123693.07	56880.69	29698.71	8145533.47	2296031.98
				433769.1483	676468.7587	683781.2632	510223.246	584628.4345	583376.4721	201350.3257	14978.45739	7584.092259	3596.3276	1086071.129	278035.122
				6730418.08	9518881.82	10609638.31	7653348.69	9071170.23	8750647.08	3124177.63	232407.68	113761.38	55801.08	16291066.94	4314028.83
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Debit Andalan Metode FJ. Mock

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Debit F.J. Mock Pada Tahun 2017

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I Data Hujan															
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	282	424	516	550	307	19	58	0	0	0	0	0
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	21	16	22	24	12	5	8	0	0	0	0	0
II Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	mm/bln	4.00	4.83	3.47	3.62	3.12	3.23	7.49	5.12	5.51	5.84	5.66	4.75
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	ditetapkan	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.075	0.05	-0.1	-0.15	0.15	0.325	0.25	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
6	E = (Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-0.30	0.24	-0.35	-0.54	0.47	1.05	1.87	2.31	2.48	2.63	2.55	2.14
7	Et = (Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	4.30	4.59	3.81	4.16	2.65	2.18	5.62	2.82	3.03	3.21	3.12	2.61
III Keseimbangan Air															
8	Ds = P-Et	(1) - (7)	mm/bln	277.70	419.41	512.19	545.84	304.35	16.82	52.38	0.00	0.00	0.00	-3.12	-2.61
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	183.30	275.60	335.40	357.50	199.55	12.35	37.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Kandungan air tanah	(8) - (9)	mm/bln	94.40	143.81	176.79	188.34	104.80	4.47	14.68	0.00	0.00	0.00	-3.12	-2.61
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	294.40	343.81	376.79	388.34	304.80	204.47	214.68	200.00	200.00	200.00	196.88	197.39
12	Kelebihan air (WS)	8	mm/bln	277.70	419.41	512.19	545.84	304.35	16.82	52.38	0.00	0.00	0.00	-3.12	-2.61
IV Aliran dan Simpanan Air Tanah															
13	Infiltrasi	(12) x In	mm/bln	42.77	64.59	78.88	84.06	46.87	2.59	8.07	0.00	0.00	0.00	-0.48	-0.40
14	0,5 x (1 + k) x Infiltrasi	hitungan	-	10.91	16.47	20.11	21.44	11.95	0.66	2.06	0.00	0.00	0.00	-0.12	-0.10
15	k x V(n-1)	hitungan	-	60	34.74	25.09	22.15	21.36	16.32	8.32	5.09	2.49	1.22	0.60	0.23
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	70.91	51.21	45.21	43.59	33.31	16.98	10.38	5.09	2.49	1.22	0.48	0.13
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	70.91	-19.69	-6.01	-1.62	-10.28	-16.33	-6.60	-5.29	-2.59	-1.27	-0.75	-0.35
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-28.14	84.28	84.88	85.68	57.15	18.92	14.67	5.29	2.59	1.27	0.27	-0.06
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	234.94	354.82	433.31	461.78	257.48	14.23	44.31	0.00	0.00	0.00	-2.64	-2.21
20	Aliran Langsung (R)	(18) + (19)	mm/bln	206.80	439.10	518.19	547.46	314.63	33.15	58.98	5.29	2.59	1.27	-2.37	-2.27
V Debit Aliran Sungai															
21	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	Luas DAS x 10 ³ x (20)	m ³ /bln	8261550.774	17541988.68	20701798.29	21871066.3	12569442.96	1324151.478	2356379.257	211450.37	103610.6813	50769.234	-94692.10347	-90542.2248
23	Debit Aliran Sungai	(22) : [(21) x 24 x 3600]	m ³ /detik	3.085	7.251	7.729	8.438	4.693	0.511	0.880	0.079	0.040	0.019	-0.037	-0.034
24	Debit Aliran Sungai	(23) x 1000	lt/detik	3084.510	7251.153	7729.166	8437.911	4692.892	510.861	879.771	78.947	39.973	18.955	-36.532	-33.805
			m ³ /detik	1.49	3.88	3.74	4.22	2.27	0.26	0.43	0.04	0.02	0.01	-0.02	-0.02
			m ³ /detik	1.59	3.37	3.99	4.22	2.42	0.26	0.45	0.04	0.02	0.01	-0.02	-0.02
			m ³ /detik	3.08	7.25	7.73	8.44	4.69	0.51	0.88	0.08	0.04	0.02	-0.04	-0.03
				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
				16	13	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
			m ³	1934286.08	5034371.75	4846935.08	5467766.56	2942897.67	331037.87	551701.70	49507.11	25902.67	11886.66	-23673.03	-21198.75
			m ³	2200787.72	3781372.56	5514735.03	5467766.56	3348363.58	56328.09	627713.93	56328.09	25902.67	13524.37	-23673.03	-24119.47
				266501.6379	626499.5955	667799.9448	729035.54								

Tabel A.2 Hasil Perhitungan Fluktuasi Air Dalam Surge Tank Ketika Pembukaan Turbin

t	V . At . ΔT	Q . ΔT	ΔZ . As =	ΔZ	Z	ΔV	V	h	Z - h	PEIL = Z
0	0	2.79	2.79	9.85	0	1.30	0	0	9.85	0
5	2.50	2.79	0.29	1.01	9.85	1.24	1.30	1.42	9.44	9.85
10	4.89	2.79	-2.11	-7.46	10.86	-0.27	2.54	5.45	-2.05	10.86
15	4.37	2.79	-1.59	-5.62	3.40	-0.87	2.27	4.35	-6.57	3.40
20	2.71	2.79	0.08	0.28	-2.22	-0.48	1.41	1.67	-3.61	-2.22
25	1.79	2.79	0.99	3.52	-1.94	0.11	0.93	0.73	0.84	-1.94
30	2.01	2.79	0.78	2.76	1.57	0.45	1.04	0.91	3.42	1.57
35	2.87	2.79	-0.09	-0.31	4.33	0.28	1.49	1.88	2.15	4.33
40	3.42	2.79	-0.63	-2.24	4.02	-0.11	1.78	2.66	-0.87	4.02
45	3.20	2.79	-0.41	-1.46	1.79	-0.26	1.66	2.33	-1.99	1.79
50	2.69	2.79	0.09	0.33	0.33	-0.13	1.40	1.65	-0.98	0.33
55	2.44	2.79	0.34	1.21	0.66	0.07	1.27	1.36	0.52	0.66
60	2.57	2.79	0.21	0.75	1.88	0.15	1.34	1.51	1.12	1.88
65	2.86	2.79	-0.07	-0.26	2.62	0.07	1.49	1.86	0.51	2.62
70	2.99	2.79	-0.20	-0.71	2.37	-0.05	1.55	2.03	-0.38	2.37
75	2.89	2.79	-0.11	-0.38	1.65	-0.08	1.50	1.90	-0.63	1.65
80	2.73	2.79	0.05	0.18	1.28	-0.03	1.42	1.70	-0.24	1.28
85	2.67	2.79	0.11	0.40	1.46	0.03	1.39	1.63	0.23	1.46
90	2.73	2.79	0.05	0.19	1.86	0.05	1.42	1.70	0.35	1.86
95	2.82	2.79	-0.04	-0.13	2.05	0.01	1.47	1.81	0.11	2.05
100	2.85	2.79	-0.06	-0.23	1.92	-0.02	1.48	1.85	-0.15	1.92
105	2.81	2.79	-0.03	-0.09	1.70	-0.03	1.46	1.80	-0.19	1.70
110	2.76	2.79	0.02	0.08	1.61	-0.01	1.44	1.74	-0.05	1.61
115	2.75	2.79	0.04	0.13	1.69	0.01	1.43	1.72	0.09	1.69
120	2.77	2.79	0.01	0.04	1.81	0.01	1.44	1.75	0.11	1.81
125	2.80	2.79	-0.01	-0.05	1.85	0.00	1.46	1.78	0.02	1.85
130	2.80	2.79	-0.02	-0.07	1.80	-0.01	1.46	1.79	-0.06	1.80
135	2.79	2.79	-0.01	-0.02	1.73	-0.01	1.45	1.77	-0.06	1.73
140	2.78	2.79	0.01	0.03	1.71	0.00	1.44	1.75	-0.01	1.71
145	2.77	2.79	0.01	0.04	1.75	0.00	1.44	1.75	0.03	1.75
150	2.78	2.79	0.00	0.01	1.78	0.00	1.45	1.76	0.03	1.78
155	2.79	2.79	-0.01	-0.02	1.79	0.00	1.45	1.77	0.00	1.79
160	2.79	2.79	-0.01	-0.02	1.77	0.00	1.45	1.77	-0.02	1.77
165	2.79	2.79	0.00	0.00	1.75	0.00	1.45	1.77	-0.02	1.75
170	2.78	2.79	0.00	0.01	1.75	0.00	1.45	1.76	0.00	1.75
175	2.78	2.79	0.00	0.01	1.76	0.00	1.45	1.76	0.01	1.76
180	2.78	2.79	0.00	0.00	1.77	0.00	1.45	1.76	0.01	1.77
185	2.79	2.79	0.00	-0.01	1.77	0.00	1.45	1.77	0.00	1.77

190	2.79	2.79	0.00	-0.01	1.77	0.00	1.45	1.77	-0.01	1.77
195	2.79	2.79	0.00	0.00	1.76	0.00	1.45	1.76	0.00	1.76
200	2.78	2.79	0.00	0.00	1.76	0.00	1.45	1.76	0.00	1.76
205	2.78	2.79	0.00	0.00	1.76	0.00	1.45	1.76	0.00	1.76
210	2.79	2.79	0.00	0.00	1.77	0.00	1.45	1.77	0.00	1.77
215	2.79	2.79	0.00	0.00	1.77	0.00	1.45	1.77	0.00	1.77
220	2.79	2.79	0.00	0.00	1.76	0.00	1.45	1.77	0.00	1.76
225	2.79	2.79	0.00	0.00	1.76	0.00	1.45	1.76	0.00	1.76
230	2.78	2.79	0.00	0.00	1.76	0.00	1.45	1.76	0.00	1.76

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel A.3 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode NPV Alternatif 1

Keterangan	Tahun ke-										
	0	1	2	3	4	5					
Investasi	Rp	(4.049.707.352)									
Pinjam Bank	Rp	2.429.824.411									
Pengembalian Pinjaman	Rp		(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)
Pendapatan	Rp		1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597
Pengeluaran	Rp		(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)
NCF	Rp	(1.619.882.941)	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp
FD		1.000		1.120		1.254		1.405		1.574	
PV	Rp	(1.619.882.941)	Rp	671.546.010	Rp	599.594.652	Rp	535.352.368	Rp	477.993.186	Rp
NPV	Rp	3.998.121.132									

Tabel A.3 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode NPV Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-										
	6	7	8	9	10	11					
Investasi											
Pinjam Bank											
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp
NCF	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp
FD		1.974		2.211		2.476		2.773		3.106	
PV	Rp	381.053.241	Rp	340.226.108	Rp	303.773.311	Rp	271.226.170	Rp	242.166.224	Rp
NPV											216.219.842

Tabel A.3 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode NPV Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-										
	12	13	14	15	16	17					
Investasi											
Pinjam Bank											
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp
NCF	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp
FD		3.896		4.363		4.887		5.474		6.130	
PV	Rp	193.053.431	Rp	172.369.135	Rp	153.901.013	Rp	137.411.619	Rp	122.688.945	Rp
NPV											109.543.701

Tabel A.3 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode NPV Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-		
	18	19	20
Investasi			
Pinjam Bank			
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp
NCF	Rp	752.131.531	Rp
FD		7.690	
PV	Rp	97.806.876	Rp
NPV			

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel A.4 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode NPV Alternatif 2

Keterangan	Tahun ke-										
	0	1	2	3	4	5					
Investasi	Rp	(3.869.369.911)									
Pinjam Bank	Rp	2.321.621.946									
Pengembalian Pinjaman	Rp		(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)
Pendapatan	Rp		1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312
Pengeluaran	Rp		(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)
NCF	Rp	(1.547.747.964)	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp
FD		1.000		1.120		1.254		1.405		1.574	
PV	Rp	(1.547.747.964)	Rp	691.390.364	Rp	617.312.825	Rp	551.172.166	Rp	492.118.005	Rp
NPV	Rp	4.236.269.547									

Tabel A.4 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode NPV Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-										
	6	7	8	9	10	11					
Investasi											
Pinjam Bank											
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp
NCF	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp
FD		1.974		2.211		2.476		2.773		3.106	
PV	Rp	392.313.461	Rp	350.279.876	Rp	312.749.889	Rp	279.240.972	Rp	249.322.297	Rp
NPV											222.609.193

Tabel A.4 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode NPV Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-										
	12	13	14	15	16	17					
Investasi											
Pinjam Bank											
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp
NCF	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp
FD		3.896		4.363		4.887		5.474		6.130	
PV	Rp	198.758.208	Rp	177.462.686	Rp	158.448.827	Rp	141.472.167	Rp	126.314.435	Rp
NPV											112.780.745

Tabel A.4 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode NPV Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-		
	18	19	20
Investasi			
Pinjam Bank			
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp
NCF	Rp	774.357.208	Rp
FD		7.690	
PV	Rp	100.697.094	Rp
NPV			

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel A.5 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=13%) Alternatif 1

Keterangan	Tahun ke-											
	0	1	2	3	4	5						
Investasi	Rp	(4.049.707.352)										
Pinjam Bank	Rp	2.429.824.411										
Pengembalian Pinjaman	Rp		(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	
Pendapatan	Rp		1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	
Pengeluaran	Rp		(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	
NCF	Rp	(1.619.882.941)	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531
FD		1.000		1.130		1.277		1.443		1.630		1.842
PV	Rp	(1.619.882.941)	Rp	665.603.125	Rp	589.029.314	Rp	521.264.880	Rp	461.296.354	Rp	408.226.862
NPV	Rp	3.663.654.222										

Tabel A.5 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=13%) Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-											
	6	7	8	9	10	11						
Investasi												
Pinjam Bank												
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)
NCF	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531
FD		2.082		2.353		2.658		3.004		3.395		3.836
PV	Rp	361.262.710	Rp	319.701.513	Rp	282.921.693	Rp	250.373.180	Rp	221.569.185	Rp	196.078.925
NPV												

Tabel A.5 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=13%) Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-											
	12	13	14	15	16	17						
Investasi												
Pinjam Bank												
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)
NCF	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531
FD		4.335		4.898		5.535		6.254		7.067		7.986
PV	Rp	173.521.173	Rp	153.558.560	Rp	135.892.531	Rp	120.258.877	Rp	106.423.785	Rp	94.180.341
NPV												

Tabel A.5 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=13%) Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-			
	18	19	20	
Investasi				
Pinjam Bank				
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)
NCF	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531
FD		9.024		10.197
PV	Rp	83.345.434	Rp	73.757.021
NPV				11.523

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel A.6 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=47%) Alternatif 1

Keterangan	Tahun ke-										
	0	1	2	3	4	5					
Investasi	Rp	(4.049.707.352)									
Pinjam Bank	Rp	2.429.824.411									
Pengembalian Pinjaman	Rp		(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)
Pendapatan	Rp		1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597
Pengeluaran	Rp		(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)
NCF	Rp	(1.619.882.941)	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp
FD		1.000		1.470		2.161		3.177		4.669	
PV	Rp	(1.619.882.941)	Rp	511.654.103	Rp	348.064.016	Rp	236.778.242	Rp	161.073.634	Rp
NPV	Rp	(19.603.093)									

Tabel A.6 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=47%) Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-										
	6	7	8	9	10	11					
Investasi											
Pinjam Bank											
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp
NCF	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp
FD		10.090		14.833		21.804		32.052		47.117	
PV	Rp	74.540.068	Rp	50.707.530	Rp	34.494.918	Rp	23.465.931	Rp	15.963.218	Rp
NPV											10.859.332

Tabel A.6 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=47%) Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-										
	12	13	14	15	16	17					
Investasi											
Pinjam Bank											
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp	(211.843.165)	Rp
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp	1.738.895.597	Rp
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp	(774.920.901)	Rp
NCF	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp	752.131.531	Rp
FD		101.814		149.667		220.010		323.415		475.420	
PV	Rp	7.387.301	Rp	5.025.375	Rp	3.418.622	Rp	2.325.593	Rp	1.582.036	Rp
NPV											1.076.215

Tabel A.6 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=47%) Alternatif 1 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-		
	18	19	20
Investasi			
Pinjam Bank			
Pengembalian Pinjaman	Rp	(211.843.165)	Rp
Pendapatan	Rp	1.738.895.597	Rp
Pengeluaran	Rp	(774.920.901)	Rp
NCF	Rp	752.131.531	Rp
FD		1027.335	
PV	Rp	732.119	Rp
NPV			

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel A.7 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=13%) Alternatif 2

Keterangan	Tahun ke-											
	0	1	2	3	4	5						
Investasi	Rp	(3.869.369.911)										
Pinjam Bank	Rp	2.321.621.946										
Pengembalian Pinjaman	Rp		(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	
Pendapatan	Rp		1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	
Pengeluaran	Rp		(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	
NCF	Rp	(1.547.747.964)	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208
FD		1.000		1.130		1.277		1.443		1.630		1.842
PV	Rp	(1.547.747.964)	Rp	685.271.866	Rp	606.435.279	Rp	536.668.389	Rp	474.927.778	Rp	420.290.069
NPV	Rp	3.891.919.056										

Tabel A.7 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=13%) Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-											
	6	7	8	9	10	11						
Investasi												
Pinjam Bank												
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)
NCF	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208
FD		2.082		2.353		2.658		3.004		3.395		3.836
PV	Rp	371.938.114	Rp	329.148.773	Rp	291.282.100	Rp	257.771.770	Rp	228.116.611	Rp	201.873.107
NPV												

Tabel A.7 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=13%) Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-											
	12	13	14	15	16	17						
Investasi												
Pinjam Bank												
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)
NCF	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208
FD		4.335		4.898		5.535		6.254		7.067		7.986
PV	Rp	178.648.767	Rp	158.096.254	Rp	139.908.190	Rp	123.812.557	Rp	109.568.635	Rp	96.963.393
NPV												

Tabel A.7 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=13%) Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-			
	18	19	20	
Investasi				
Pinjam Bank				
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)
NCF	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208
FD		9.024		10.197
PV	Rp	85.808.313	Rp	75.936.560
NPV				11.523

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel A.8 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=51%) Alternatif 2

Keterangan	Tahun ke-											
	0	1	2	3	4	5						
Investasi	Rp	(3.869.369.911)										
Pinjam Bank	Rp	2.321.621.946										
Pengembalian Pinjaman	Rp		(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	
Pendapatan	Rp		1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	
Pengeluaran	Rp		(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	
NCF	Rp	(1.547.747.964)	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208
FD		1.000		1.510		2.280		3.443		5.199		7.850
PV	Rp	(1.547.747.964)	Rp	512.819.343	Rp	339.615.459	Rp	224.910.900	Rp	148.947.616	Rp	98.640.805
NPV	Rp	(29.800.287)										

Tabel A.8 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=51%) Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-											
	6	7	8	9	10	11						
Investasi												
Pinjam Bank												
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)
NCF	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208
FD		11.854		17.899		27.028		40.812		61.627		93.056
PV	Rp	65.325.037	Rp	43.261.614	Rp	28.650.075	Rp	18.973.560	Rp	12.565.271	Rp	8.321.372
NPV												

Tabel A.8 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=51%) Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-											
	12	13	14	15	16	17						
Investasi												
Pinjam Bank												
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)
NCF	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208
FD		140.515		212.178		320.389		483.787		730.518		1103.083
PV	Rp	5.510.842	Rp	3.649.564	Rp	2.416.930	Rp	1.600.616	Rp	1.060.011	Rp	701.994
NPV												

Tabel A.8 Hasil Perhitungan Cash Flow Metode IRR (i=51%) Alternatif 2 (Lanjutan)

Keterangan	Tahun ke-			
	18	19	20	
Investasi				
Pinjam Bank				
Pengembalian Pinjaman	Rp	(202.409.581)	Rp	(202.409.581)
Pendapatan	Rp	1.729.798.312	Rp	1.729.798.312
Pengeluaran	Rp	(753.031.523)	Rp	(753.031.523)
NCF	Rp	774.357.208	Rp	774.357.208
FD		1665.655		2515.139
PV	Rp	464.897	Rp	307.878
NPV				3797.860
				203.893

(Sumber : Hasil Perhitungan)



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Nodjodji Anwar, MSc
NAMA MAHASISWA	: SITA PERMATA PERTIWI
NRP	: 031194500053
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI BENDUNGAN BAGONG KAB. TRENGGALEK JAWA TIMUR
TANGGAL PROPOSAL	: 3 JANUARI 2019
NO. SP-MMTA	: 14602 /IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	18/3 19	Data Hidrologi dan topo.	- Tentukan PPKTA - Hitung Heft - Cari into angle - etrusion (m)	18/3/19
2.	16/4 19	lampiran desain	- lengkapi gambar - Spele pipa + turbin - perlint buget tur	
3.	16/5 19	lampiran desain	- Turbin 480 kw - kerlu bes - sebalix < 368 km - lampiran listrik ekonom	
4.	20/5 19	desain Turbin dll.	lengkap gambar	
5.	22/5 19	Gambar rencana	lengkap gambar	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: A. A. N. SAKRIA DAMARNEGARA, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: SITA PERMATA PERTIWI
NRP	: 03111745000053
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI BENDUNGAN BABONG KAB. TRENGGALOK JAWA TIMUR
TANGGAL PROPOSAL	: 3 JANUARI 2019
NO. SP-MMTA	: 14602 / IT2.VJ.4.1 / PP.05.02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	29/4/19	→ Bab IV	→ Perbaiki format Laporan → Cek Laporan Keseluruhan	
2.	20/5-19	→ Per Perhitungan dimensi pipa + generator	→ Cek intake untuk MAN → Cek Ceambur pipa → Perbaiki Ceambur dimensi + notasi pd gambar → analisa ekonomi	
3	28/5-19	-	Cek hsp PLTA	

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA (S1) DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS**

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

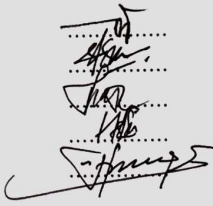
Pada hari ini **Jum'at tanggal 19 Juli 2019** jam **09:00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111745000053	Sita Permata Pertiwi	Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air di Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek Jawa Timur

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

sesuai lampiran

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E
3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :
- Lulus Tanpa Perbaikan Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
- Lulus Dengan Perbaikan Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc (Pembimbing 1)	
A.A.N. Satria Damarnegara, ST. MT (Pembimbing 2)	
Dr. Mahendra Andiek Maulana, ST. MT	
Nastasia Festy Margini, ST. MT	
Mohamad Bagus Ansori, ST. MT. MSc	

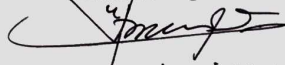
Surabaya, 19 Juli 2019

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc
NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang



(.....Moh. Bagus Ansori, ST. MT.....)
Nama terang

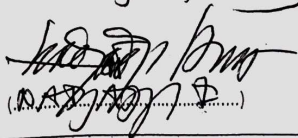
FORM TAMBAHAN PERBAIKAN/PENYEMPURNAAN
SEMINAR & LISAN TUGAS AKHIR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS

Nama Mahasiswa : SITA PERMATA PERTIWI
NRP : 0311174500053

Saran/Masukan :

1. F.J. Model : tidak tercapat ada ✓
sebit
2. kebutuhan air : Somertik dan non ✓
somertik
3. kurupn 10% H total ✓
4. Alternatif design ? (P.लगुस) → ^{longer}
kenapa beda dg. design sebelumnya?
5. gambar terowongan penyalak aslinya.
6. Perhitungan kemiringan (P. Pamar)

Surabaya, 19-7-2009


(SITA PERMATA PERTIWI)

(11/11/2023)
nama terang

- * Persewaan Bernadally ditambahkan pd studi pustaka
- * ~~Persewaan~~ Melibatkan energy akibat perubahan perumahan sebelum di hirang selanjutnya.
- * Gambar rencana diperbaiki

BIODATA PENULIS



Sita Permata Pertiwi,
Penulis dilahirkan di Surabaya, 29 Januari 1996, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Wonorejo VII Surabaya pada tahun 2001, SMP Negeri 33 Surabaya pada tahun 2007, SMA Negeri 3 Surabaya pada tahun 2010 dengan bidang ilmu Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Setelah lulus dari SMA pada tahun 2013, penulis melanjutkan jenjang kuliah dan diterima di jurusan

Diploma III Teknik Sipil FTSP ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 3113 030 064, dengan konsentrasi jurusan Bangunan Air. Selama perkuliahan penulis cukup aktif dalam mengikuti kepanitiaan dan seminar. Kemudian setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil FTSP ITS, penulis mengikuti Ujian Masuk Program S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS dan diterima di Program S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS pada tahun 2017 dan terdaftar dengan NRP 03111745000053.