



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - VC181819

**PENGEMBANGAN PEMANFAATAN WADUK LOGUNG
KABUPATEN KUDUS JAWA TENGAH
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH)**

Disusun Oleh :
BRAMARA DWI MAHAYANA
NRP. 10111815000021

Dosen Pembimbing:
Ir. EDY SUMIRMAN, MT
NIP. 19581212 198701 1 001

DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC181819

**PENGEMBANGAN PEMANFAATAN WADUK LOGUNG
KABUPATEN KUDUS JAWA TENGAH
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH)**

Disusun Oleh :
BRAMARA DWI MAHAYANA
NRP. 1011181500021

Dosen Pembimbing:
Ir. EDY SUMIRMAN, MT
NIP. 19581212 198701 1 001

DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019



FINAL PROJECT - VC181819

**DEVELOPMENT OF UTILIZING LOGUNG RESERVOIR
IN KUDUS DISTRICT CENTRAL JAVA
FOR MICRO HYDRO POWER (PLTMH)**

By :
BRAMARA DWI MAHAYANA
NRP. 10111815000021

Final Project Supervisor:
Ir. EDY SUMIRMAN, MT
NIP. 19581212 198701 1 001

DIPLOMA IV
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2019

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN PEMANFAATAN WADUK LOGUNG KABUPATEN KUDUS JAWA TENGAH UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

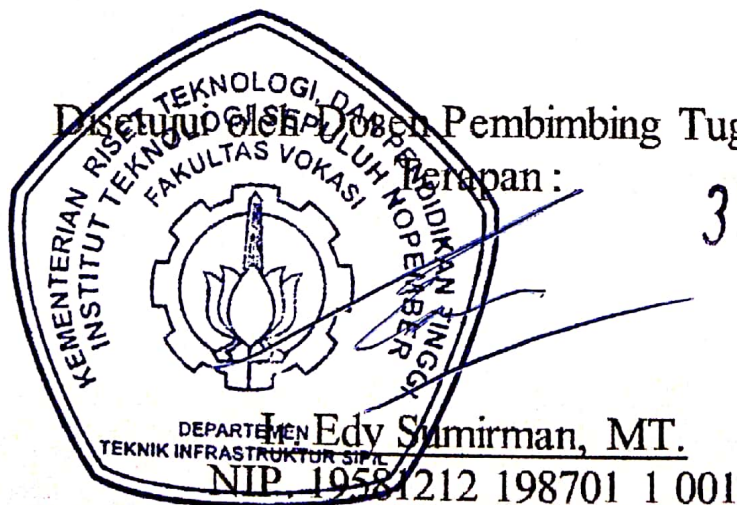
Surabaya, 29 Juli 2019

Disusun Oleh :

Mahasiswa 1



Bramara Dwi Mahayana
NRP.10111815000021





BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM SARJANA TERAPAN LANJUT JENJANG
 TEKNOLOGI SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 44852/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2019

Tanggal :
 27-6-2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Pengembangan Pemanfaatan Waduk Logung Kabupaten Kudus Jawa Tengah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)		
Nama Mahasiswa 1	Bramara Dwi Mahayana	NRP	1011181500021
Nama Mahasiswa 2	-	NRP	-
Dosen Pembimbing 1	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. Cek topografi, untuk menentukan flow PLTA, head head, pipa, dan 2. Berapa (Bagaaimana) kebutuhan storage (optimasi, debit, outflow, outflow, storage.) 3. Cek di Kap waduk, Bagaaimana operasi	 Dr. Ir. Suharjoko, M.T. NIP 19560119 198403 1 001
1. Perbaiki konsep berpikir pada diagram Alir, optimasi irigasi keliru - fungsi 2. f diagram dan tempo 2. skema pada layout harus jelas, perbaiki hitungan debit inflow/outflow 3. hidrograf tampungan belum jelas	 M. Hafizh Imaaduddin, S.T., M.T. NIP 19860212 201504 1 001
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Dr. Ir. Suharjoko, M.T. NIP 19560119 198403 1 001	M. Hafizh Imaaduddin, S.T., M.T. NIP 19860212 201504 1 001	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001	NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Bramara P.M. 2
NRP : 1 10111815000021. 2
Judul Tugas Akhir : Pengembangan Pemanfaatan Waduk Logung Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
Dosen Pembimbing : Ir. Edi Samman, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
1.	15-03-2019.	- Cari Skema Optimasi. - Untuk frekwy menyesuaikan kondisi lapangan.	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	10-06-2019	- Cari Pipa Tailrace. (Bahan). - Design Water Surge Tank. Perhatikan Tata Letak Surge Tank.	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	11-06-2019	- Penempatan Perstack. - Perhatikan Tinggi Surge Tank. - Pesan Tailrace PLTM. - Perhatikan Intake Bendungan. - Tata Letak Power House.	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	12-06-2019.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**PENGEMBANGAN PEMANFAATAN WADUK LOGUNG
KABUPATEN KUDUS JAWA TENGAH
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH)**

Nama Mahasiswa : Bramara Dwi Mahayana
Nrp : 10111815000021
Dosen Pembimbing : Ir. Edy Sumirman, MT.
Nip : 19581212 198701 1 001

ABSTRAK

Pembangunan Waduk Logung merupakan salah satu upaya pemerintah dalam meningkatkan ketahanan air. Pembangunan Waduk Logung diharapkan dapat memenuhi beberapa tujuan ketahanan air diantaranya adalah penyediaan air irigasi dan air baku, perikanan, dan pengendalian banjir . Dari ketiga fungsi tersebut air dapat dimanfaatkan untuk potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menggunakan debit kontinu hasil optimasi yaitu sebesar 1,413 m³/detik dengan menghasilkan daya listrik sebesar 372,1 KW/s atau sebesar 0,3721 MW/s

Kata Kunci : Waduk Logung, PLTMH, Irigasi dan Air Baku

**DEVELOPMENT OF UTILIZING LOGUNG RESERVOIR
IN KUDUS DISTRICT CENTRAL JAVA
FOR MICRO HYDRO POWER (PLTMH)**

Student : Bramara Dwi Mahayana
Nrp : 10111815000021
Counsellor Lecture : Ir. Edy Sumirman, MT.
Nip : 19581212 198701 1 001

ABSTRACT

Construction of the Logung Reservoir is one of the government's efforts to improve water resistance. The construction of the Logung Reservoir is expected to meet several water resistance objectives including the provision of irrigation and raw water, fisheries and flood control. Of the three functions, water can be utilized for the potential of Micro-Hydro Power (PLTMH) using continuous discharge optimization results which are equal to 1.413 m³/sec by generating electric power of 372.1 KW/sec or 0.3721 MW/sec

Keywords : Logung Reservoir, PLTMH, Irrigation and Raw Water

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmad serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan yang berjudul “PENGEMBANGAN PEMANFAATAN WADUK LOGUNG KABUPATEN KUDUS JAWA TENGAH UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)” dengan baik dan dapat mempresentasikan pada Sidang Tugas Akhir Terapan.

Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat akademis pada program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Proyek akhir ini memiliki sebuah tujuan untuk membuat rencana pemanfaatan potensi PLTMH yang akan direalisasikan di lapangan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik di Desa Kandang Mas.

Tersusunnya Laporan Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan orang sekitar. Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, yaitu :

1. Bapak Dr. Machsus, ST. MT. selaku kepala program studi Diploma Teknik Sipil ITS.
2. Bapak Ir. Edy Sumirman, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan.
3. Orang Tua dan Keluarga yang telah memberikan dorongan baik moril maupun materil yang tak terhingga, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
4. Rekan-rekan mahasiswa yang telah banyak membantu penyelesaian Tugas Akhir Terapan ini.

5. Seluruh pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu kami dalam menyelesaikan proyek akhir kami, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Di dalam penulisan Tugas Akhir Terapan ini masih terdapat banyak kekurangan ,oleh karena itu penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak yang bertujuanu untuk kesempurnaan Proyek Akhir ini. Terima kasih.

Wassalamualaikum wr.wb

Surabaya, 15 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	I
ABSTRAK.....	II
ABSTRACT.....	III
KATA PENGANTAR.....	IV
DAFTAR ISI.....	VI
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL.....	XIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	1
1.3 TUJUAN	2
1.4 MANFAAT.....	2
1.5 BATASAN MASALAH.....	2
1.6 LOKASI	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 UMUM	5
2.2 DATA TEKNIS WADUK	5
2.2.1 Daerah Pengaliran Sungai	5
2.2.2 Tampungan Waduk.....	5
2.3 ANALISA EVAPOTRANSPIRASI	6
2.4 ANALISA HIDROLOGI	8
2.3.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata.....	9
2.3.2 Perhitungan Curah Hujan Efektif.....	9
2.3.4 Analisa Debit Andalan	10
2.5 ANALISA KEBUTUHAN AIR UNTUK IRIGASI	11
2.5.1 Pola Tata Tanam	11
2.5.2 Penyiapan Lahan.....	11

2.5.3	Luas Lahan Irigasi.....	13
2.5.4	Perkolasi.....	13
2.5.5	Koefisien Tanaman	14
2.5.6	Kebutuhan Air Untuk Kosumtif Tanaman.....	15
2.5.7	Kebutuhan Air di Sawah (NFR).....	16
2.5.8	Kebutuhan Air Untuk Padi.....	16
2.5.9	Kebutuhan Air Untuk Palawija	16
2.5.10	Efisiensi Irigasi	17
2.5.11	Kebutuhan Air di Intake.....	17
2.6	ANALISA PERTUMBUHAN PENDUDUK	17
2.7	ANALISA KEBUTUHAN AIR BAKU.....	19
2.8	OPTIMASI DENGAN PROGRAM LINIER MICROSOFT EXCEL ADD-INS SOLVER.....	21
2.9	PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH).....	23
2.9.1	Perhitungan Tinggi Jatuh Efektif	23
2.9.2	Perhitungan Diameter Pipa Pesat (Penstock)....	23
2.9.3	Pemilihan Tipe Turbin	24
2.9.4	Perhitungan Daya dan Energi	26
BAB III METODOLOGI.....		29
3.1	PENGUMPULAN DATA	29
3.1.1	Data Hujan	29
3.1.2	Data Debit	29
3.1.3	Data Klimatologi.....	29
3.1.4	Data Spesifikasi Teknis Bendungan.....	30
3.2	ANALISA DATA DAN TAHAPAN PERHITUNGAN	30
3.3	BAGAN ALIR	31
BAB IV PEMBAHASAN.....		33
4.1	PERHITUNGAN EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL	33
4.2	ANALISA HIDROLOGI	39
4.2.1	Hujan Andalan	39

4.2.2	Hujan Efektif.....	41
4.2.3	Debit Andalan	43
4.3	ANALISA KEBUTUHAN AIR UNTUK IRIGASI	47
4.3.1	Pola Tata Tanam	47
4.3.2	Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan	47
4.3.2	Kebutuhan Air Untuk Tanaman	50
4.4	PERHITUNGAN PROYEKSI PERTUMBUHAN PENDUDUK53	
4.4.1	Metode Aritmatika	54
4.4.2	Metode Geometrik	56
4.4.3	Metode Selisih Kuadrat Minimum (Least Square)	58
4.4.4	Nilai Korelasi antara Metode Aritmatika, Metode Geometrik dan Metode Least Square :.....	61
4.5	PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR BAKU	63
4.5.1	Kebutuhan Air Domestik	63
4.5.2	Kebutuhan Air Non Domestik	66
4.6	OPTIMASI IRIGASI DENGAN METODE ADD-INS SOLVER MIC. EXCEL.....	69
4.6.1	Analisa Optimasi Dengan Debit Andalan	69
4.6.2	Analisa Optimasi Dengan Debit Kontinu	74
4.7	PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)	82
4.7.1	Perhitungan Kehilangan Energi	82
4.7.2	Tinggi Jatuh Efektif	86
4.7.3	Jenis Turbin.....	86
4.7.4	Perhitungan Daya.....	87
4.7.5	Perhitungan Diameter Pipa Pesat.....	88
4.7.6	Perhitungan Tebal Pipa Pesat.....	89
4.7.7	Perhitungan Surge Tank.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		93
5.1	KESIMPULAN	93
5.2	SARAN	93

DAFTAR PUSTAKA 95

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Daftar Gambar

Gambar 1. 1	Peta Lokasi Bendungan Logung	3
Gambar 2. 1	Syarat Pemilihan Turbin	26
Gambar 4. 1	Grafik Pertumbuhan Penduduk	54
Gambar 4. 2	Grafik Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatika.....	61
Gambar 4. 3	Grafik Pertumbuhan Penduduk Metode Geometrik.....	62
Gambar 4. 4	Grafik Pertumbuhan Penduduk Metode Least Square.....	62
Gambar 4. 5	Grafik Optimasi Menggunakan Debit Andalan	74
Gambar 4. 6	Sketsa Pola Tanam Hasil Optimasi Dengan Debit Kontinu.....	79
Gambar 4. 7	Grafik Optimasi Degan Debit Kontinu	80
Gambar 4. 8	Grafik Inflow dan Outflow Waduk	81
Gambar 4. 9	Klasifikasi Turbin	87
Gambar 4. 10	Surgetank	91

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan	13
Tabel 2. 2 Tingkat Perkolasi	14
Tabel 2. 3 Koefisien Tanaman Padi	14
Tabel 2. 4 Koefisien Tanaman Tebu.....	15
Tabel 2. 5 Koefisien Tanaman Polowijo.....	15
Tabel 2. 6 Penentuan Tingkat Layanan Air Baku	19
Tabel 2. 7 Kategori Kebutuhan Air Non Domestik	20
Tabel 4. 1 Nilai Faktor Koreksi (C) Untuk Metode Penman Modifikasi.....	37
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial	38
Tabel 4. 3 Hujan Andalan	40
Tabel 4. 4 Hujan Efektif (Reff) Untuk Tanaman Padi dan Palawija.....	42
Tabel 4. 5 Data Debit Sungai Logung 2008 - 2017	45
Tabel 4. 6 Debit Andalan	46
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan	49
Tabel 4. 8 Rencana Pola Tanam dan Kebutuhan Air Untuk Awal Tanam Bulan Januari.....	51
Tabel 4. 9 Data Penduduk Per Desa Kecamatan Jekulo	53
Tabel 4. 10 Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatika	56
Tabel 4. 11 Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Geometrik	58
Tabel 4. 12Jumlah Penduduk Desa Saddang	59
Tabel 4. 13 Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Least Square.....	60
Tabel 4. 14 Nilai Korelasi	63
Tabel 4. 15 Kebutuhan Air Baku Untuk Sarana Domestik... ..	64
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Domestik	65

Tabel 4. 17 Banyaknya Jumlah Fasilitas Peribadatan dan Fasilitas Umum Kecamatan Jekulo Kabupaten Kudus	66
Tabel 4. 18 Banyaknya Murid Menurut Tingkat Pendidikan (Negeri & Swasta) dan Desa di Kecamatan Jekulo Tahun 2017 (Orang).....	67
Tabel 4. 19 Standar Kebutuhan Air Non Domestik	68
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Non Domestik	69
Tabel 4. 21 Hasil Optimasi Menggunakan Debit Andalan ...	72
Tabel 4. 22 Luas Hasil Optimasi Dengan Debit Andalan	73
Tabel 4. 23 Hasil Optimasi Menggunakan Debit Kontinu....	77
Tabel 4. 24 Luas Hasil Optimasi Denga Debit Kontinu	78
Tabel 4. 25 Inflow Waduk	81
Tabel 4. 26 Operasional Waduk.....	82
Tabel 4. 27 Koefisien Sudut Belokan Pipa	86

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan suatu waduk diperlukan untuk memanfaatkan sumber air yang tersedia salah satunya sungai. Pembangunan waduk ini bertujuan untuk menambah distribusi air baku, irigasi dan sebagai pembangkit listrik tenaga air.

Kabupaten Kudus mempunyai potensi sumber daya air permukaan yang bagus. Namun demikian bangunan sarana penunjang pemanfaatan sumber daya air yang masih perlu ditingkatkan kembali. Rencana pembangunan Waduk Logung ini merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan pengembangan sumber daya air, guna memenuhi kebutuhan masyarakat

Pembangkit listrik tenaga mini hidro (PLTMH) merupakan salah satu cara alternatif mendapatkan sumber listrik bagi masyarakat, pembangkit listrik tenaga mikrohidro memberikan banyak keuntungan bagi masyarakat dengan memanfaatkan sumber daya air yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan pola tata tanam yang optimum pada irigasi setelah digunakan sebagai air baku ?
2. Berapakah debit yang dapat digunakan untuk PLTMH setelah dipotimasi ?
3. Berapakah tinggi jatuh efektif yang dapat dikembangkan ?
4. Bagaimana rancangan desain PLTMH yang tepat pada Waduk Logung ?

1.3 Tujuan

1. Menganalisa optimasi pola tata tanam yang optimum pada irigasi setelah digunakan sebagai air baku
2. Menganalisa debit yang dapat digunakan untuk PLTMH setelah dioptimasi
3. Menghitung tinggi jatuh efektif yang dapat dikembangkan
4. Merencanakan desain PLTMH yang tepat pada Waduk Logung

1.4 Manfaat

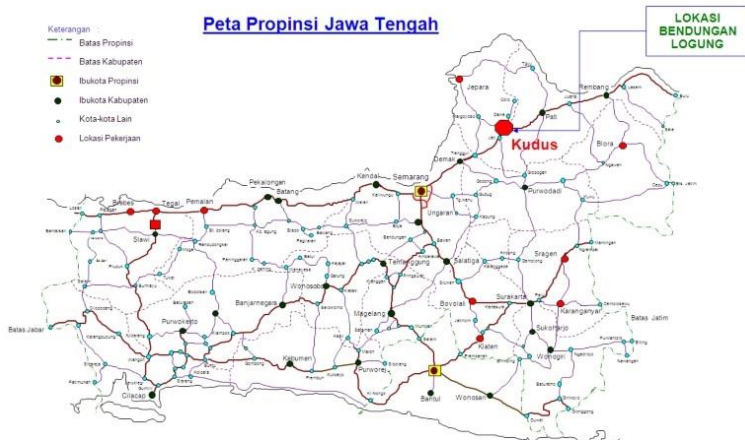
Manfaat dari tujuan penulisan tugas akhir ini adalah mendapatkan desain PLTA yang tepat pada Waduk Logung untuk memenuhi kebutuhan listrik di Dukuh Slalang, Desa Tanjungrejo Kecamatan Jekulo

1.5 Batasan Masalah

1. Merencanakan Desain PLTA yang tepat pada Waduk Logung
2. Tidak membahas rencana anggaran biaya
3. Tidak merencanakan pendistribusian air baku
4. Tidak membahas jadwal kegiatan pekerjaan

1.6 Lokasi

Lokasi pekerjaan adalah pada hilir pertemuan Sungai Logung dengan Sungai Gajah di Dukuh Slalang, Desa Tanjungrejo Kecamatan Jekulo dengan posisi $110^{\circ} 55' 20,27''$ BT dan $06^{\circ} 45' 28,38''$ LS. Sedangkan daerah genangan masuk Wilayah Dukuh Sintru, Desa Kandang Mas, Kecamatan Dawe dan Dukuh Slalang Desa Tanjungrejo, Kecamatan Jekulo yang kesemuanya masuk dalam Wilayah Kabupaten Kudus.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Bendungan Logung

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil dengan menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan termasuk energi yang ramah lingkungan. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro mempunyai daya 0,5 – 100 kW.

2.2 Data Teknis Waduk

Data teknis yang dimiliki Waduk Logung adalah sebagai berikut :

2.2.1 Daerah Pengaliran Sungai

- a. Nama Sungai : Sungai Logung
- b. Luas Daerah Pengaliran Sungai : 43,81 km²
- c. Panjang Sungai : 20,125 km

2.2.2 Tampung Waduk

- a. Elevasi Muka Air Banjir PMF (MAB) : EI. 92,78 m
- b. Elevasi Muka Air Normal (MAN) : EI. 88,50 m
- c. Tampung Normal : 20.150.000 m³
- d. Luas Genangan : 144,06 ha
- e. Elevasi Muka Air Rendah (MAR) : EI. 74,00 m

- f. Tampungannya Mati : 6.430.000 m³
 g. Tampungannya Efektif : 13.720 m³

2.3 Analisa Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah banyaknya air yang dipergunakan untuk proses pertumbuhan tanaman (transpirasi) dan evaporasi dari tanah/air sebagai tempat tumbuhnya tanaman tersebut. (*RSNI T-01-2004, Tata Cara Penghitungan Evapotranspirasi Tanaman*)

Evapotranspirasi tanaman acuan (ET_0) adalah evapotranspirasi yang terjadi pada tanaman acuan yaitu tanaman rumput yang tumbuh pada suatu lahan dengan ketinggian tanaman 12 cm dari permukaan tanah dan kebutuhan airnya tercukupi dengan baik

Penghitungan besarnya evapotranspirasi tanaman acuan diperlukan, misalnya untuk menentukan kebutuhan air bagi tanaman (ET_t). Kebutuhan air bagi tanaman dihitung dari perkalian nilai koefisien tanaman (k_c) dengan besarnya evapotranspirasi tanaman acuan.

Dalam menghitung evapotranspirasi (ET_0) diperlukan data penunjang diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Temperatur Udara

Temperatur udara pada permukaan evaporasi sangat berpengaruh terhadap evaporasi. Semakin tinggi temperatur semakin besar kemampuan udara untuk menyerap uap air. [Triatmodjo,2008:52]

2. Kecepatan Angin

Penguapan yang terjadi menyebabkan udara di atas permukaan evaporasi menjadi lebih lembab, sampai akhirnya udara menjadi jenuh terhadap uap air dan evaporasi terhenti. Agar proses penguapan dapat berjalan terus, lapisan udara yang telah jenuh harus diganti dengan udara kering. Penggantian tersebut dapat terjadi apabila ada angin. Oleh karena itu kecepatan angin sangat penting dalam evaporasi. [Triatmodjo,2008:53]

3. Kelembaban Udara

Udara lembab merupakan campuran dari udara kering dan uap air. Banyaknya uap air yang terkandung dalam udara dapat dinyatakan dalam beberapa cara yaitu kelembaban mutlak, kelembaban spesifik, dan kelembaban relatif. Dari ketiga cara tersebut, kelembaban relatif yang paling banyak digunakan.

4. Penyinaran Matahari

Pada setiap perubahan bentuk zat; dari es menjadi air (mencair), dari zat cair menjadi gas (penguapan), dan dari es langsung menjadi uap air (penyubliman) diperlukan panas laten. Panas laten untuk penguapan berasal dari radiasi matahari dan tanah. Radiasi matahari merupakan sumber utama panas dan mempengaruhi jumlah evaporasi di atas permukaan bumi. [Triatmodjo,2008:51]

Perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode *Penman* dengan rumus sebagai berikut :

$$ET_o = c \{W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)\}$$

Dengan :

C = faktor pergantian kondisi cuaca akibat siang dan malam

W = faktor berat yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial. (mengacu pada tabel penman hubungan antara temperature dengan ketinggian)

(1 - W) = factor berat sebagai pengaruh angin dan kelembaban pada ETo

(ea - ed) = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata

Ed = ea x RH

R_n = Radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari bersih (mm/hr)

R_n = R_{ns} - R_{n1}

R_{ns} = R_s (1 - α)
(α = Koefisien pemantulan = 0.25)

R_s = (0.25 + 0.5 (n/N)) R_a

R_{n1} = 2.01 x 10⁹ . T₄(0.34 - 0.44 ed^{0.5}) (0.1 + 0.9 n/N)

f(u) = Fungsi pengaruh angina pata ETo
= 0.27 x (1+U₂/100)

Dimana u merupakan kecepatan angin rata-rata di siang hari dalam m/dt di ketinggian 2 m.

2.4 Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya distribusi juga pergerakan air, baik itu diatas maupun di bawah permukaan bumi, menyangkut reaksi

sifat fisika maupun kimia air terhadap kehidupan serta lingkungan (Marta dan Adidarma , 1983).

2.3.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata

Perhitungan curah hujan rata-rata adalah metode menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran. Metode ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n}{n}$$

Dengan :

\bar{R} = Curah Hujan rata-rata (mm)

$R_1 \dots R_n$ = Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

(Sumber: Harto, 1993)

2.3.2 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Setelah didapat curah hujan rata-rata, analisa curah hujan efektif dapat dilakukan dengan mengurutkan curah hujan rata-rata dari yang terbesar ke yang terkecil terlebih dahulu, baru kemudian didapat besarnya curah hujan efektif dengan tingkat keandalan 80 %. Analisa curah hujan efektif ini dilakukan dengan maksud untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Curah hujan efektif (*Reff*) ditentukan berdasarkan besarnya R80 yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebanyak 80% atau dilampauinya 8 kali kejadian dari 10 kali kejadian. Dengan kata lain bahwa besarnya curah hujan yang terjadi lebih kecil dari R80 mempunyai kemungkinan hanya 20%. Dalam perhitungan curah

hujan efektif metode yang digunakan adalah metode *Metode California* dengan rumus :

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

Dimana :

P = Peluang terjadi (%)

n = Jumlah data

m = No urut kejadian

Curah hujan efektif masing – masing tanaman ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (SPI KP 1 : 1986) :

- $R_{e\ padi} = \frac{(R_{80} \times 70\%)}{15}$ mm/hari
- $R_{e\ tebu} = \frac{(R_{80} \times 60\%)}{15}$ mm/hari
- $R_{e\ polowijo} = \frac{(R_{80} \times 50\%)}{15}$ mm/hari

2.3.4 Analisa Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi dan pengendalian banjir. Debit minimum sungai dianalisis atas dasar data debit harian sungai. Agar analisisnya cukup akurat, catatan data yang diperlukan minimal 20 tahun. Jika persyaratan ini tidak bisa dipenuhi, maka metode hidrologi analitis dan empiris bisa dipakai. Dalam menghitung debit andalan, harus dipertimbangkan air yang diperlukan dari sungai di hilir pengambilan. (Direktorat Jendral Pengairan, 1986).

Untuk menghitung probabilitas debit andalan dengan peluang 80 % (Q_{80}) metode yang digunakan adalah metode Weibull dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

P = besarnya probabilitas (%)

m = nomor urut data

n = jumlah data

2.5 Analisa Kebutuhan Air Untuk Irigasi

Untuk menganalisa kebutuhan air irigasi, tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

2.5.1 Pola Tata Tanam

Tata tanam adalah ketentuan tentang lokasi, jenis, dan luas pertanaman untuk satu musim atau lebih berdasarkan ketersediaan air dalam suatu daftar atau bagan. Rencana tata tanam perlu dipersiapkan atau disusun seteliti mungkin agar terhindar dari penyimpangan yang mencolok dalam realisasinya. Penyusunan rencana tata tanam didasarkan pada dua faktor utama, yaitu faktor ketersediaan air dan faktor lingkungan.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan suatu pola tanam:

- a. Pola tanam harus membawa keuntungan semaksimal mungkin bagi petani.
- b. Pola tanam harus bisa mengatur pemakaian air yang optimal dari sumber air yang tersedia.
- c. Pola tanam harus praktis berdasarkan kemampuan yang ada seperti tenaga kerja dan keadaan tanah.
- d. Pola tanam harus sesuai dengan tradisi dan dapat diterima oleh masyarakat.

2.5.2 Penyiapan Lahan

Metode yang dapat digunakan untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan salah satunya adalah metode yang dikembangkan oleh van de Goor dan Zijlstra (1968). Metode ini didasarkan pada

laju air konstan dalam liter/detik (l/dt) selama penyiapan lahan dan menghasilkan rumus berikut:

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1}$$

Dengan :

- Eo = Evaporasi potensial (mm/hari) = ETo x 1,10
 P = Perkolasi (mm/hari) yang tergantung dari tekstur tanah
 M = Kebutuhan evaporasi dan perkolasi = Eo + P
 T = Waktu Penyiapan Tanah (hari)
 S = Kebutuhan air untuk penjenuhan ditambah 50 mm jadi 250 + 50 = 300 mm
 $k = \frac{M \times T}{S}$
 IR = kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

Bila penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin, jangka waktu 1 bulan dapat dipertimbangkan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (*puddling*) bisa diambil 200 mm. Ini meliputi penjenuhan dan penggenangan sawah. Pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi. Angka 200 mm tersebut mengumpamakan bahwa tanah itu bertekstur berat, cocok digenangi dan bahwa lahan itu belum bero selama lebih dari 2,5 bulan. Jika tanah itu dibiarkan bero lebih lama lagi, ambillah 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian (Departemen PU, 1986a: 31).

Tabel 2. 1 Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Eo + P (mm/ha)	T = 30 ha		T = 45 ha	
	s = 250 mm	s = 300 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
3.0	9.7	11.3		
3.5	10.0	11.7		
4.0	10.3	12.00		
4.5	10.7	12.3		
5.0	11.1	12.7	8.4	9.5
5.5	11.4	13.0	8.8	9.8
6.0	11.7	13.3	9.1	10.1
6.5	12.0	13.6	9.4	10.4
7	12.3	13.9	9.8	10.8
7.5	12.6	14.2	10.1	11.1
8.0	13.0	14.5	10.5	11.4
8.5	13.3	14.8	10.8	11.8
9.0	13.6	15.2	11.2	12.1
9.5	14.0	15.5	11.6	12.5
10	14.3	15.8	12.0	12.9
10.5	14.7	16.2	12.4	13.2
11.0	15.0	16.5	12.8	13.6

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

2.5.3 Luas Lahan Irigasi

Luasan daerah irigasi ditentukan sesuai debit yang mengalir pada jaringan irigasi. Semakin besar debit semakin besar pula luas lahan yang diairi. Namun pada jaringan tersier dibatasi maksimal 150 ha.

2.5.4 Perkolasi

Kehilangan air akibat pergerakan air tanah yang disebabkan oleh penurunan air secara gravitasi kedalam tanah untuk sawah, gejala ini merupakan peristiwa perkolasi atau rembesan, sedangkan untuk palawija gejala ini merupakan penurunan akibat muka air lebih rendah dari permukaan akar. Laju perkolasi sangat bergantung pada sifat-sifat tanah. Dari 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. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan genangan berkisar antara 1 sampai 3 mm/hari. Di daerah dengan kemiringan diatas 5 %, paling tidak akan terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan.

Tabel 2. 2 Tingkat Perkolasi

Jenis Tanah	Angka Perkolasi	
	Padi (mm/hari)	Palawija (mm/hari)
Tekstur Berat	1	2
Tekstur Sedang	2	4
Tekstur Ringan	5	10

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

2.5.5 Koefisien Tanaman

Nilai koefisien tanaman sudah diketahui dan dapat dilihat pada tabel 2.3 sampai tabel 2.5.

Tabel 2. 3 Koefisien Tanaman Padi

Bulan	NEDECO/PROSIDA		FAO	
	varitas biasa	varitas unggul	varitas biasa	varitas unggul
0.5	1.2	1.2	1.1	1.1
1	1.2	1.27	1.1	1.1
1.5	1.32	1.33	1.1	1.05
2	1.4	1.3	1.1	1.05
2.5	1.35	1.3	1.1	0.95
3	1.24	0	1.05	0
3.5	1.12		0.95	
4	0		0	

Sumber: KP – 01, 1986: hal 164

Tabel 2. 4 Koefisien Tanaman Tebu

UMUR TANAMAN		tahap pertumbuhan	RH min <70%		RH min <20%	
12 bln	24 bln		ANGIN			
			kecil/ sedang	kencang	kecil/ sedang	kencang
0 - 1	0 - 2.5	saat tanam sampai 0.25 rimbun	0.65	0.6	0.4	0.45
1 - 2	2 - 3.5	0.25 - 0.5 rimbun	0.8	0.85	0.75	0.8
2 - 2.5	3.5 - 4.5	0.5 - 0.75 rimbun	0.9	0.95	0.95	1
2.5 - 4	4.5 - 6.0	0.75 sampai rimbun	1	1	1.1	1.2
4 - 10	6 - 17	penggunaan air puncak	1.05	1.15	1.25	1.3
10 - 11	17 - 22	awal berbunga	0.8	0.85	0.29	1.01
11 - 12	22 - 24	menjadi masak	0.6	0.65	0.7	0.7

Sumber: KP – 01, 1986: hal 173

Tabel 2. 5 Koefisien Tanaman Polowijo

Jenis Tanaman	Jangka Tumbuh (hari)	1/2 Bulan												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85	0.5	0.75	1	1	0.82	0.45							
Jagung	80	0.5	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95							
Kacang Tanah	130	0.5	0.51	0.66	0.85	0.95	0.95	0.95	0.55	0.55				
Bawang	70	0.5	0.51	0.69	0.9	0.95								
Buncis	75	0.5	0.64	0.89	0.95	0.88								
Kapas	195	0.5	0.5	0.58	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.78	0.65	0.65	0.65

Sumber: KP – 01, 1986: hal 172

2.5.6 Kebutuhan Air Untuk Kosumtif Tanaman

Kebutuhan air untuk kosumtif 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 dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik. Kebutuhan air untuk tanaman ini didekati dengan persamaan sebagai berikut,

$$Etc = kc \times Eto$$

Dimana:

Etc = Kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

Eto = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
 Kc = Koefisien tanaman
 (Departemen PU, 1986.a: 36)

2.5.7 Kebutuhan Air di Sawah (NFR)

Perhitungan netto kebutuhan air tanaman padi, palawija, dan tebu di jaringan irigasi dihitung dengan persamaan,

NFR Padi = Etc + WLR + P – RE Padi

NFR Palawija = Etc – RE Palawija

NFR Tebu = Etc – RE Tebu

Dimana:

NFR = Kebutuhan air untuk persiapan lahan (mm/hari)

Etc = Kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

WLR = Kebutuhan air untuk pergantian lapisan air (mm/hari)

P = Perlokasi (mm/hari)

RE = Curah hujan efektif (mm/hari)

(Departemen PU, 1986.b: 49)

2.5.8 Kebutuhan Air Untuk Padi

$$IR = \frac{NFR}{C}$$

Dengan :

NFR = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

C = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

2.5.9 Kebutuhan Air Untuk Palawija

$$IR = \frac{ETc - Re}{C}$$

Dengan :

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

C = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

2.5.10 Efisiensi Irigasi

Efisiensi merupakan persentase perbandingan antara jumlah air yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan dari intake (pintu pengambilan). Biasanya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang diperjalannya dari saluran primer, sekunder dan tersier.

- Saluran Primer : 90%
- Saluran Sekunder : 90%
- Saluran Tersier : 80%

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Irigasi Total (C)} \\ &= 90\% \times 90\% \times 80\% \\ &= 65\% \end{aligned}$$

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

2.5.11 Kebutuhan Air di Intake

Kebutuhan air di intake merupakan jumlah kebutuhan air di sawah dibagi dengan efisiensi irigasinya.

$$DR = NFR/EI$$

Dengan:

DR = Kebutuhan air di Intake (mm/hr/ha)

NFR = Kebutuhan air di sawah (mm/hari)

2.6 Analisa Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan Penduduk mempunyai beberapa metode perhitungan yaitu sebagai berikut :

a. Metode Aritmatika

$$I = \frac{Pt - Po}{t} \qquad Pn = Pt + I (n)$$

Dengan:

Pn =Jumlah penduduk pada tahun ke n

Po =Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I

- P_t =Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir
 t =Jumlah tahun yang diketahui
 n =Jumlah Interval
 I =Konstanta Aritmatik

b. Metode Geometrik

$$r = \left(\frac{P_o}{P_t} \right)^{\left(\frac{1}{n} - 1 \right)} - 1$$

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Dengan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

P_o = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I

r = Laju pertumbuhan penduduk

n = Jumlah Interval

c. Metode selisih kuadrat minimum (*least square*)

Metode ini digunakan untuk garis regresi linier yang berarti bahwa data perkembangan penduduk masa lalu menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah. Rumus yang digunakan :

$$Y = a + [b x n]$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

a, b = koefisien *Least Squere*

$$a = \frac{(\Sigma Y x \Sigma X i^2) - (\Sigma X i x \Sigma X i Y i)}{n x \Sigma X i^2 - (\Sigma X i)^2}$$

$$b = \frac{n x (\Sigma X i Y i) - (\Sigma X i x \Sigma Y i)}{n x \Sigma X i^2 - (\Sigma X i)^2}$$

Untuk memilih salah satu cara perhitungan menggunakan metode korelasi.

2.7 Analisa Kebutuhan Air Baku

Air baku adalah air yang diperlukan oleh manusia setiap harinya. Data yang mempengaruhi neraca air baku ialah :

- Hubungan debit andalan 20% terkering dengan jumlah penduduk yang dapat dilayani
- Kebutuhan air baku untuk penduduk/liter/hari
- Kebutuhan air baku untuk penduduk dan atau hewan

Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya 2007 standar kebutuhan air ada 2 macam, antara lain:

1. Standart kebutuhan air domestik

Standart kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari – hari.

Tabel 2. 6 Penentuan Tingkat Layanan Air Baku

Jumlah Penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (liter/orang/hari)
> 1.000.000	120
500.000 - 1.000.000	100
100.000 - 500.000	90
20.000 - 100.000	80
10.000 - 20.000	60
< 10.000	30

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2007

2. Standar kebutuhan air non domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih diluar kebutuhan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik untuk kota dapat dibagi dalam berbagai kategori, antara lain:

- Kota kategori I (Metro)
- Kota kategori II (Kota Besar)

- Kota kategori III (Kota Sedang)
- Kota kategori IV (Kota Kecil)
- Kota Kategori V (Desa)

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2007

Tabel 2. 7 Kategori Kebutuhan Air Non Domestik

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
	Konsumsi unit					
1	sambungan rumah (SR) I/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) I/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik I/o/h (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
6	Faktor jam puncak	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume reservoir (% max day demant)	20	20	20	20	20
12	SR : HR	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan pelayanan (%)	*) 90	90	90	90	***) 70

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2007

*) 60% perpipaan , 30% non perpipaan

***) 25% perpipaan , 45% non perpipaan

2.8 Optimasi dengan Program Linier Microsoft Excel Add-ins Solver

Optimasi linier merupakan suatu model matematis yang mempunyai dua fungsi utama, yaitu fungsi tujuan dan fungsi kendala atau pembatas. Optimasi linier bertujuan untuk mencapai nilai maksimum atau minimum dari suatu fungsi tujuan. Solver adalah program tambahan Microsoft Excel yang digunakan untuk analisa nilai agar mencapai hasil yang optimum (maksimum atau minimum) dan dituangkan menjadi suatu rumus didalam suatu sel yang disebut sel tujuan, tetapi memiliki batasan pada nilai dari sel rumusan lain pada lembar kerja.

Solver bekerja dengan group sel, yang disebut variabel keputusan atau sel variabel sederhana yang digunakan dalam perhitungan rumus di dalam sel tujuan atau batasan. Solver juga menyesuaikan nilai di dalam sel variabel keputusan untuk memenuhi batas pada sel batasan dan memberikan hasil yang diinginkan untuk sel tujuan.

Adapun model matematika optimasi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Optimasi ditinjau dari Intensitas Tanam

Maksimumkan nilai:

$$OF = \Sigma Luas \text{ tan. padi} + \Sigma Luas \text{ tan. palawija}$$

Dimana OF adalah nilai yaitu maksimum intensitas tanam (Ha).

$$X_{1\text{padi}} = \text{luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 1 (Ha)}$$

$$X_{2\text{padi}} = \text{luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 2 (Ha)}$$

$$X_{3\text{padi}} = \text{luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 3 (Ha)}$$

$X_{4\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 4 (Ha)

$X_{5\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 5 (Ha)

$X_{6\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 6 (Ha)

$X_{7\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 7 (Ha)

$X_{8\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 8 (Ha)

$X_{9\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 9 (Ha)

$X_{10\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 10 (Ha)

$X_{11\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 11 (Ha)

$X_{12\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 12 (Ha)

P_1 = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 1 (Ha)

P_2 = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 2 (Ha)

P_3 = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 3 (Ha)

$X_{1\text{padi}}, X_{2\text{padi}}, X_{3\text{padi}}, X_{4\text{padi}}, X_{5\text{padi}}, X_{6\text{padi}}, X_{7\text{padi}}, X_{8\text{padi}}, X_{9\text{padi}}, X_{10\text{padi}}, X_{11\text{padi}}, X_{12\text{padi}}, P_1, P_2, P_3 \geq 0$

Fungsi Kendala

Luasan Maksimum

$X_{\text{padi}} + P \leq \text{Luasan Total}$

Volume Andalan

$V_{\text{padi}} \cdot X_{\text{padi}} + V_{\text{pal}} \cdot X_{\text{pal}} \leq V_{i1}$

$V_{i1} = \text{volume andalan pada bulan 1}$

Tanaman Palawija

$$P1 \geq P_t$$

P_t = Luas tanaman palawija yang diisyaratkan

2.9 Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) meliputi tahapan – tahapan sebagai berikut :

2.9.1 Perhitungan Tinggi Jatuh Efektif

Tinggi jatuh efektif diperoleh dengan mengurangi tinggi jatuh air yang ada di lapangan dengan kehilangan tinggi akibat saluran air. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

H_{eff} = Tinggi Jatuh Efektif

H_{bruto} = Elevasi Muka Air Normal (N.W.L) – Elevasi Downstream

H_{losses} = kehilangan energi

2.9.2 Perhitungan Diameter Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat adalah pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang menuju turbin air. Perencanaan pipa pesat mencakup pemilihan material, diameter *penstock*, tebal dan jenis sambungan. Diameter pipa pesat dipilih dengan pertimbangan keamanan, kemudahan proses pembuatan dan ketersediaan material. Ketebalan *penstock* dipilih untuk menahan tekanan hidrolik dan *surgepressure* yang dapat terjadi.

Kriteria perancangan pipa pesat adalah sebagai berikut :

1. *Penstock* terbuat dari *mild steel*, HDPPF, atau PVC harus dalam kondisi baru dan baik

2. *Penstock* harus dicegah terjadinya korosi sehingga keamanan menjadi faktor yang sangat penting
3. *Penstock* dari bahan plastic (HDPE atau PVC) harus di tanam di dalam tanah atau dilindungi dari sinar matahari
4. Tingkat tekanan yang dapat diterima oleh *penstock* harus mempertimbangkan tekanan tiba-tiba (*surgepressure*), tekanan static dan tekanan yang dihasilkan karena penutupan guide vane. Spesifikasi tekanan ini harus bisa diaplikasikan di seuruh bagian *penstock*
5. *Penstock* harus mampu menahan tekanan akibat *water hammer*
6. Jika diperlukan katub udara (*air release valve*) dipasang pada titik-titik dimana ada perubahan arah *penstock* yang signifikan seperti pada belokan
7. Spesifikasi katub udara disesuaikan dengan tingkat tekanan yang kemungkinn diterima di titik tersebut

Untuk menghitung diameter pipa pesat digunakan rumus sebagai berikut :

$$d = 2,69 \left(\frac{n^2 x Q^2 x L}{H} \right)^{0,1875}$$

Dimana :

d = diameter pipa pesat (meter)

n = koefisien kekasaran pipa

Q = Debit rencana (m³/det)

L = Panjang pipa pesat (meter)

H = Tinggi jatuh bruto (meter)

2.9.3 Pemilihan Tipe Turbin

Turbin - turbin hidrolik, berhubungan erat dengan generator, fungsi utamanya adalah mengubah energi air menjadi energi listrik (Dandekar, 1991). Air yang mengalir melalui turbin pada penggerak (*runner*) dan

turbin dan membuatnya berputar (energi mekanis). Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik.

Adapun tipe penggunaan head yang berlaku pada beberapa macam turbin diantaranya:

- Kaplan dan Propeller : $2 < H < 40$
- Francis : $10 < H < 350$
- Pelton : $50 < H < 1000$
- Turgo : $50 < H < 250$
- Crossflow : $6 < H < 100$

Kecepatan spesifik setiap turbin memiliki kisaran, antara lain sebagai berikut:

- Turbin pelton $12 < N_s < 25$
- Turbin francis $60 < N_s < 300$
- Turbin *crossflow* $40 < N_s < 200$
- Turbin *propeller* $250 < N_s < 1000$

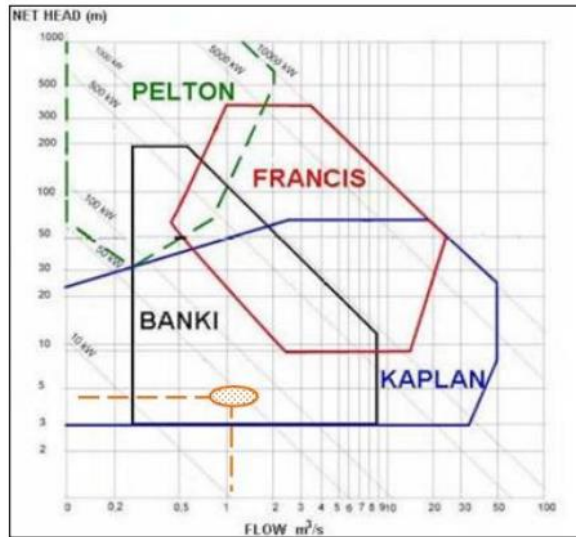
Dengan mengetahui N_s turbin maka perencanaan dan pemilihan jenis turbin akan lebih mudah. Untuk estimasi perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$N = 2145 P N_s \times H$$

dengan:

- N = kecepatan pada turbin (rpm)
- N_s = kecepatan spesifik (rpm)
- H = tinggi jatuh efektif (m)

P = daya yang dihasilkan (kW)



Gambar 2. 1 Syarat Pemilihan Turbin

2.9.4 Perhitungan Daya dan Energi

1. Perhitungan daya yang dihasilkan dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$P = g \times Q \times H_{eff} \times \eta$$

Dimana :

P = Daya yang dihasilkan (kW)

Q = Debit yang masuk (m³/detik)

H = Tinggi air jatuh efektif (meter)

η = Efisiensi Turbin

g = Percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s²)

2. Perhitungan energi yang dihasilkan dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$E = P \times t$$

Dimana :

E = Energi (Watt.hour)

P = Daya (watt)

t = Waktu (365 hari x 24 jam)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

Dalam penentuan suatu pola operasi PLTMH dari suatu waduk, data-data penting sangat diperlukan untuk mendukung suatu hasil yang optimal dan sesuai dengan yang diharapkan. Dalam tugas akhir ini data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

3.1.1 Data Hujan

Data curah hujan di ambil dari stasiun-stasiun penakar hujan yang berpengaruh terhadap daerah studi. Data curah hujan tersebut digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata.

3.1.2 Data Debit

Data debit ini diperlukan untuk mengetahui besarnya debit inflow yang nantinya akan dibuat debit andalan sebagai dasar debit outflow untuk PLTMH.

3.1.3 Data Klimatologi

Data klimatologi sangat penting dalam analisa hidrologi pada suatu daerah aliran, karena klimatologi berhubungan erat dengan karakteristik daerah aliran. Yang termasuk dalam data klimatologi adalah temperatur, kelembapan udara, kecepatan angin, dan evaporasi.

3.1.4 Data Spesifikasi Teknis Bendungan

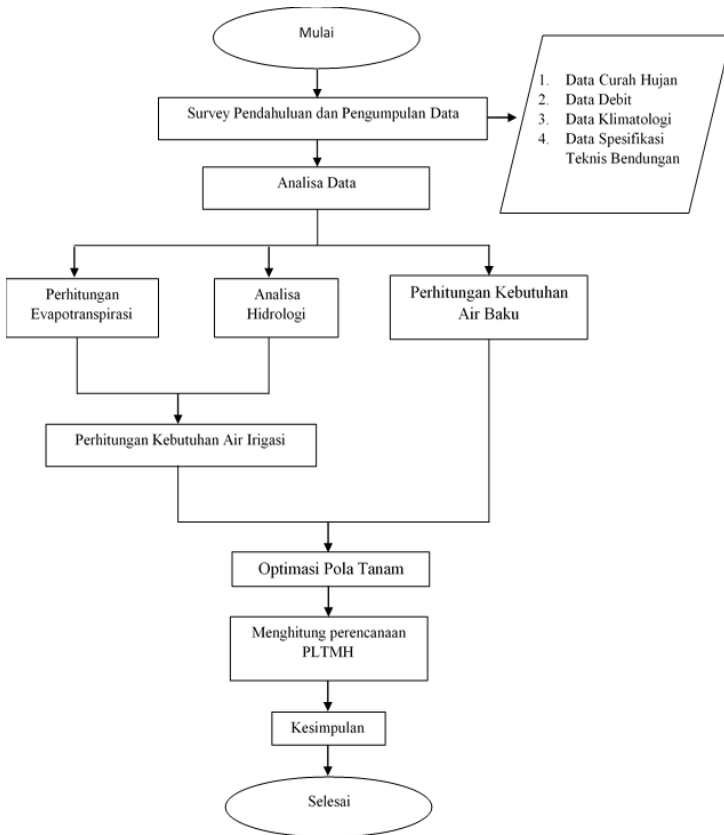
Meliputi data teknis Bendungan Logung dan data bangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Data-data tersebut digunakan untuk menunjang dalam perhitungan-perhitungan yang akan dilakukan.

3.2 Analisa Data dan Tahapan Perhitungan

Adapun analisa data dan tahap perhitungan yang dimaksud meliputi :

1. Perhitungan Evapotraspirasi
2. Analisa Hidrologi meliputi :
 - Analisa Curah Hujan Rata – Rata
 - Analisa Curah Hujan Efektif
 - Analisa Debit Andalan
3. Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Irigasi
4. Perhitungan Kebutuhan Air Baku
5. Perhitungan Optimasi Pola Tanam
6. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

3.3 Bagan Alir



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial dihitung menggunakan data klimatologi yaitu temperatur udara, kecepatan angin, kelembapan udara, dan penyinaran matahari.

Metode yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi potensial ini adalah metode Penman modifikasi. Berikut ini adalah contoh perhitungan evapotranspirasi pada bulan Januari :

1. Data klimatologi pada bulan Januari :

- a. Temperatur rata-rata (T) : 26,42 °C
- b. Kelembaban rata-rata (Rh) : 77,72 %
- c. Kecepatan angin (U) : 98,12 km/hari
- d. Lama penyinaran matahari (n/N) : 43,08 %

Langkah 1

Mencari harga tekanan uap air jenuh (ea), dalam satuan (mbar)

Diketahui $T = 26,42 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Dari tabel yang disajikan pada lampiran, maka didapatkan nilai $ea = 34,48 \text{ mbar}$

Langkah 2

Mencari harga tekanan uap nyata (e_d), dalam satuan (mbar)

$$e_d = e_a \times R_h/100 = 34,48 \times 77,72/100 = 26,80 \text{ mbar}$$

Langkah 3

Mencari harga perbedaan tekanan uap air ($e_a - e_d$), dalam satuan (mbar)

$$e_a - e_d = 34,48 - 26,80 = 7,68 \text{ mbar}$$

Langkah 4

Mencari harga fungsi angin ($f(U)$), dalam satuan (km/hari)

Diketahui $U = 98,12 \text{ km/hari}$

Dengan rumus $f(U) = 0,27 \times (1 + U/100)$

Maka didapatkan nilai $f(U) = 0,54 \text{ km/hari}$

Langkah 5

Mencari harga faktor pemberat (W)

Diketahui $T = 26,42 \text{ }^\circ\text{C}$

Dari tabel yang disajikan pada lampiran, maka didapatkan nilai $W = 0,75$

Selanjutnya mencari nilai $1 - W = 1 - 0,75 = 0,25$

Langkah 6

Mencari harga radiasi extra terrestrial (R_a), dalam satuan (mm/hari)

Lokasi Waduk berada pada $06^\circ 45' 28,38'' \text{ LS}$

Dari tabel yang disajikan pada lampiran, maka didapatkan nilai $R_a = 15,91 \text{ mm/hari}$

Langkah 7

Mencari harga radiasi gelombang pendek (R_s), dalam satuan (mm/hari)

$$R_s = (0,25 + 0,5 \{ (n/N)/100 \}) \times R_a$$

$$R_s = (0,25 + 0,5(0,78)) \times 15,91 = 7,41 \text{ mm/hari}$$

Langkah 8

Mencari harga radiasi netto gelombang pendek (R_{ns}), dalam satuan (mm/hari)

$$R_{ns} = R_s (1 - \alpha) ; \alpha = 0,75 \text{ (koefisien pamantulan)}$$

$$R_{ns} = 7,41 (1 - 0,75) = 1,85 \text{ mm/hari}$$

Langkah 9

Mencari harga koreksi akibat tekanan uap nyata ($f(ed)$), dalam satuan (mm/hari)

$$\text{Diketahui } ed = 26,80 \text{ mbar}$$

$$\text{Dengan rumus } f(ed) = 0,34 - 0,044\sqrt{ed}$$

$$\text{Maka didapatkan nilai } f(ed) = 0,11$$

Langkah 10

Mencari harga fungsi penyinaran, $f(n/N)$

$$\text{Diketahui } n/N = 43,08 \%$$

$$\text{Dengan rumus } f(n/N) = (0,1 + 0,9 \times \{ (n/N)/100 \})$$

$$\text{Maka didapatkan nilai } f(n/N) = 0,49$$

Langkah 11

Mencari harga koreksi akibat suhu $f(T)$

$$\text{Diketahui } T = 26,42 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dari tabel yang disajikan pada lampiran, maka didapatkan nilai $f(T) = 15,98$

Langkah 12

Mencari harga radiasi netto gelombang panjang (R_{nl}), dalam satuan (mm/hari)

$$R_{nl} = f(T) \times f(e_d) \times f(n/N)$$

$$R_{nl} = 15,98 \times 0,11 \times 0,49 = 0,87$$

Langkah 13

Mencari harga radiasi netto (R_n), dalam satuan (mm/hari)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} =$$

$$R_n = 1,85 - 0,87 = 0,98$$

Langkah 14

Mencari harga faktor koreksi (c)

$c = 1,1$ (harga faktor koreksi dapat dilihat pada tabel 4.1)

Langkah 15

Perhitungan Evapotranspirasi potensial (E_{To}), dalam satuan (mm/hari)

$$E_{To} = c \{ W \times R_s + (1-W) \times f(U) \times (e_a - e_d) \}$$

$$E_{To} = 1,11 \{ 0,75 \times 7,41 + (0,25) \times (34,48 - 26,80) \}$$

$$E_{To} = 1,92 \text{ mm/hari}$$

Tabel 4. 1 Nilai Faktor Koreksi (C) Untuk Metode Penman Modifikasi

Bulan	C	Bulan	C
Januari	1.10	Juli	0.9
Februari	1.10	Agustus	1.0
Maret	1.00	September	1.1
April	0.90	Oktober	1.1
Mei	0.90	November	1.1
Juni	0.90	Desember	1.1

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

NO	URAIAN	LAMBANG	SATUAN	PERHITUNGAN	Bulan											
					Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	Temperatur	t	°C	Data	26.42	27.20	27.84	28.32	28.32	27.44	27.72	28.30	29.20	29.60	29.34	27.68
2	Kelembapan Relatif	RH	%	Data	77.72	77.29	76.34	75.90	74.66	75.14	76.91	75.81	74.22	73.47	73.59	76.33
3	Kecepatan Angin	U	km/hari	Data	98.19	82.50	76.80	57.80	55.80	65.20	101.68	94.10	97.68	91.90	55.80	55.48
4	Penyinaran Matahari	n/N	%	Data	43.08	41.92	48.84	56.60	68.00	73.93	77.63	83.40	76.56	71.60	51.00	62.50
5	Tekanan Uap Jenuh	ea	mbar	Tabel (lampiran)	34.48	36.12	37.46	38.54	38.54	36.62	37.21	38.49	40.56	41.48	40.88	37.13
6	Tekanan Uap Nyata	ed	mbar	ea.RH	26.80	27.92	28.60	29.25	28.77	27.52	28.62	29.18	30.10	30.48	30.08	28.34
7	Fungsi Angin	f(U)		$0,27.(1+(U/100))$	0.54	0.41	0.40	0.36	0.35	0.38	0.46	0.44	0.45	0.44	0.35	0.35
8	W			Tabel (lampiran)	0.75	0.76	0.77	0.77	0.77	0.76	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78	0.77
9	Faktor Pembobotan	(1-W)		Tabel (lampiran)	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.23
10	Radiasi Ekstra Terekerstial	Ra	mm/hari	Tabel (lampiran)	15.91	16.04	15.56	14.59	13.29	12.65	12.95	13.89	14.96	15.74	15.88	15.81
11	Radiasi Gelombang Pendek	Rs	mm/hari	$Ra.(0,25+(0,5.(n/N)))$	7.41	7.37	7.69	7.77	7.84	7.84	8.26	9.26	9.47	9.57	8.02	8.90
12	Radiasi Netto Gelombang Pendek	Rns	mm/hari	$Rs.(1-0,75)$	1.85	1.84	1.92	1.94	1.96	1.96	2.07	2.32	2.37	2.39	2.00	2.22
13	Fungsi Tekanan Uap Nyata	f(ed)		$0,34 - 0,044(ed)^{0,5}$	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11
14	Fungsi Penyinaran Matahari	f(n/N)		Tabel (lampiran)	0.49	0.48	0.54	0.61	0.71	0.77	0.80	0.85	0.79	0.74	0.56	0.66
15	Fungsi Suhu	f(t)		Tabel (lampiran)	15.98	16.14	16.27	16.36	16.36	16.19	16.24	16.36	16.54	16.62	16.57	16.24
16	Radiasi Netto Gelombang Panjang	Rnl	mm/hari	$f(t).f(n/N).f(ed)$	0.87	0.83	0.92	1.02	1.21	1.35	1.36	1.42	1.29	1.20	0.91	1.14
17	Radiasi Netto	Rn	mm/hari	$Rns-Rnl$	0.98	1.01	1.00	0.93	0.75	0.61	0.71	0.89	1.08	1.19	1.09	1.09
18	Faktor Koreksi	c			1.10	1.10	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
19	Evapotranspirasi Potensial	Eto	mm/hari	$c[W.Rn + (1-W).f(u).(ea - ed)]$	1.92	1.74	1.60	1.32	1.23	1.14	1.31	1.78	2.06	2.18	1.86	1.71

4.2 Analisa Hidrologi

Analisa Hidrologi bertujuan untuk mengetahui jumlah hujan andalan, hujan efektif untuk tanaman, dan debit andalan.

4.2.1 Hujan Andalan

Curah hujan Andalan adalah curah hujan yang jatuh selama masa tumbuh tanaman, yang dapat digunakan untuk memenuhi air konsumtif tanaman. Besarnya curah hujan ditentukan dengan 80% dari curah hujan rata – rata tengah bulanan dengan kemungkinan kegagalan 20% (curah hujan R80).

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

Dimana :

P = Peluang terjadi (%)

n = Jumlah data

m = No urut kejadian

Dengan peluang 80 % maka perhitungan adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

$$80 \% = \frac{m}{10} \times 100\%$$

$$m = 8$$

Maka hujan andalan dapat dilihat pada data dengan no urut ke 8 dimana hasilnya disajikan pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hujan Andalan

No	m/mx100%	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	10.00	761	665	530	332	303	218	208	162	232	108	107	66	159	105	50	80	34	78	175	228	206	234	295	357
2	20.00	498	338	380	256	301	189	186	158	218	93	102	55	91	60	42	62	11	50	85	146	102	123	220	336
3	30.00	444	276	294	192	218	129	185	106	149	74	98	48	91	39	26	36	11	41	54	93	72	116	207	251
4	40.00	319	249	204	177	216	129	148	73	141	58	74	20	77	28	21	10	7	36	20	74	68	107	197	224
5	50.00	317	243	200	174	150	105	118	68	91	52	66	20	64	27	6	10	0	34	15	44	50	95	128	166
6	60.00	296	211	188	150	142	74	112	66	70	18	65	13	52	8	0	7	0	32	8	36	35	70	119	154
7	70.00	258	162	148	108	138	70	101	57	67	16	33	7	7	0	0	0	0	9	6	32	31	66	112	146
8	80.00	218	144	132	85	118	68	101	33	58	13	16	3	6	0	0	0	0	5	6	24	30	61	105	119
9	90.00	82	129	128	64	115	51	89	30	36	11	8	0	5	0	0	0	0	0	0	16	21	56	80	103
10	100.00	68	44	28	46	107	41	72	26	17	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	47	92
Re 80 %		218	144	132	85	118	68	101	33	58	13	16	3	6	0	0	0	0	5	6	24	30	61	105	119
Jumlah		3261	2461	2232	1584	1808	1074	1320	779	1079	448	574	232	552	267	145	205	63	285	369	693	615	981	1510	1948
Rata-rata		326	246	223	158	181	107	132	78	108	45	57	23	55	27	15	21	6	29	37	69	62	98	151	195

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2 Hujan Efektif

Perhitungan curah hujan efektif ini dilakukan dengan maksud untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Curah hujan efektif masing – masing tanaman ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- $R_{e\ padi} = \frac{(R_{80} \times 70\ \%)}{15}$ mm/hari
- $R_{e\ polowijo} = \frac{(R_{80} \times 50\ \%)}{15}$ mm/hari

Contoh perhitungan hujan efektif pada bulan Januari periode I :

$$R_{80} = 218 \text{ mm/15 hari}$$

$$R_{e\ padi} = \frac{(218 \times 70\ \%)}{15} \text{ mm/hari}$$

$$= 10,17 \text{ mm/hari}$$

Hasil perhitungan curah hujan efektif akan disajikan pada tabel 4.4

Tabel 4. 4 Hujan Efektif (Reff) Untuk Tanaman Padi dan Palawija

		R eff (mm/hari)		
		R 80	Padi (0,7 x R80)/15	Polowijo (0,5 x R80)/15
Januari	1	218	10.17	7.27
	2	144	6.72	4.80
Februari	1	132	6.16	4.40
	2	85	3.97	2.83
Maret	1	118	5.51	3.93
	2	68	3.17	2.27
April	1	101	4.71	3.37
	2	33	1.54	1.10
Mei	1	58	2.71	1.93
	2	13	0.61	0.43
Juni	1	16	0.75	0.53
	2	3	0.14	0.10
Juli	1	6	0.28	0.20
	2	0	0.00	0.00
Agustus	1	0	0.00	0.00
	2	0	0.00	0.00
September	1	0	0.00	0.00
	2	5	0.23	0.17
Oktober	1	6	0.28	0.20
	2	24	1.12	0.80
Nopember	1	30	1.40	1.00
	2	61	2.85	2.03
Desember	1	105	4.90	3.50
	2	119	5.55	3.97

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.3 Debit Andalan

Data debit yang tersedia merupakan pengukuran debit di Sungai Logung melalui Pos AWLR Logung yang diperoleh dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2017. Untuk keperluan air irigasi akan dicari debit andalan bulanan dengan tingkat keandalan sebesar 80%. Dengan demikian diharapkan debit tersebut cukup layak untuk keperluan penyediaan air untuk irigasi.

Debit andalan 80% ialah debit dengan kemungkinan terpenuhi 80% atau tidak terpenuhi 20% dari periode waktu tertentu. Untuk menentukan kemungkinan terpenuhi atau tidak terpenuhi, debit yang sudah diamati disusun dengan urutan dari terbesar menuju terkecil. Catatan n tahun sehingga debit dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, dapat dihitung volume andalan dengan menggunakan metode kalifornia.

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

Peluang yang dibutuhkan dalam debit andalan adalah 80%. Maka,

Contoh perhitungan untuk bulan Januari periode pertama:

1. Meranking data debit sungai tahunan dari terbesar sampai terkecil dari tahun 1998 sampai dengan 2017.

2. Menghitung $P = \frac{m}{n} \times 100\%$

$$= \frac{8}{10} \times 100\%$$

$$= 80\%$$

- Dari 20 data debit sungai yang telah diurutkan tersebut diambil urutan ke-3 dari urutan terkecil sebagai Q_{80} nya.

Dapat disimpulkan, dari data yang telah diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil, karena 4 peringkat terbawah merupakan debit tak terpenuhi, diambil peringkat 5 terbawah sebagai nilai debit andalannya. Untuk hasil perhitungannya direkap pada Tabel 4.11

Tabel 4. 5 Data Debit Sungai Logung 2008 - 2017

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2008	0.708	0.596	0.531	0.509	0.505	0.481	0.465	0.509	0.638	0.819	1.112	1.501
2009	6.042	8.377	5.448	5.697	5.269	3.757	0.117	1.018	0.123	0.167	0.343	3.450
2010	7.470	7.097	1.277	0.747	0.788	0.153	0.121	0.693	0.677	1.043	5.167	2.087
2011	15.372	17.510	22.694	15.145	13.864	10.128	3.165	0.209	0.166	0.520	8.559	13.060
2012	9.582	1.882	0.709	0.118	0.000	0.395	0.346	0.408	0.406	0.323	2.626	7.578
2013	3.943	1.204	0.608	2.720	6.979	1.257	0.493	8.506	10.655	7.425	5.729	10.856
2014	20.997	10.890	10.377	8.538	9.152	9.773	9.134	10.277	8.891	9.931	10.370	9.096
2015	9.677	8.834	7.179	8.831	9.079	11.031	12.181	12.181	10.829	9.841	9.520	12.100
2016	15.346	11.097	9.689	7.994	7.218	6.364	5.863	6.155	6.035	7.278	11.964	14.374
2017	15.960	10.295	8.934	6.842	6.783	6.364	5.981	6.201	5.162	6.572	11.601	10.771

Sumber : Pusdataru Jateng

Tabel 4. 6 Debit Andalan

No.	P = (m/n) x 100%	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	10%	21.00	17.51	22.69	15.15	13.86	11.03	12.18	12.18	10.83	9.93	11.96	14.37
4	40%	15.35	10.30	8.93	7.99	7.22	6.36	5.86	6.20	6.04	7.28	9.52	10.86
5	50%	9.68	8.83	7.18	6.84	6.98	6.36	3.17	6.15	5.16	6.57	8.56	10.77
6	60%	9.58	8.38	5.45	5.70	6.78	3.76	0.49	1.02	0.68	1.04	5.73	9.10
7	70%	7.47	7.10	1.28	2.72	5.27	1.26	0.46	0.69	0.64	0.82	5.17	7.58
8	80%	6.04	1.88	0.71	0.75	0.79	0.48	0.35	0.51	0.41	0.52	2.63	3.45
9	90%	3.94	1.20	0.61	0.51	0.51	0.39	0.12	0.41	0.17	0.32	1.11	2.09
10	100%	0.71	0.60	0.53	0.12	0.00	0.15	0.12	0.21	0.12	0.17	0.34	1.50
Q 80 % (m ³ /det)		6.04	1.88	0.71	0.75	0.79	0.48	0.35	0.51	0.41	0.52	2.63	3.45
Q 80 % (l/det)		6042.33	1882.00	709.00	746.67	788.00	480.67	345.67	509.33	406.00	519.67	2626.00	3450.00

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3 Analisa Kebutuhan Air Untuk Irigasi

Berikut adalah beberapa tahapan untuk menghitung kebutuhan air untuk irigasi :

4.3.1 Pola Tata Tanam

Penyusunan rencana tata tanam ada tugas akhir ini direncanakan akan ada proses awal tanam padi pada setiap bulannya. Untuk tanaman polowijo direncanakan hanya pada bulan Juli, Agustus, dan September.

4.3.2 Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (lihat tabel 2.1) hanya digunakan pada saat fase penyiapan lahan dengan nilai $T = 30$ hari dan $S = 250$ mm. Langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

Diketahui nilai $E_{t0} = 1,92$

Langkah pertama menghitung nilai E_0 dengan rumus sebagai berikut :

$$E_0 = E_{t0} \times 1,1$$

Dimana :

E_0 = Evaporasi air terbuka (mm/hari)

E_{t0} = Evapotranspirasi Potensial

Contoh perhitungan nilai E_0 pada bulan Januari periode I

$$\begin{aligned} E_0 &= E_{t0} \times 1,1 \\ &= 1,92 \times 1,1 \\ &= 2,11 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Langkah kedua menghitung nilai M dengan rumus sebagai berikut :

$$M = E_0 + P$$

Dimana :

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan

E_0 = Evaporasi air terbuka (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari) lihat tabel 2.2

Contoh perhitungan nilai M pada bulan Januari periode I dengan nilai Perkolasi (P) = 2 yang didapatkan dari tabel 2.2

$$\begin{aligned} M &= E_0 + P \\ &= 2,11 + 2 \\ &= 4,11 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai M , maka dapat dicari kebutuhan air untuk penyiapan lahan (Etc) yang dapat dilihat pada tabel 2.1. Jika nilai yang diperoleh tidak terdapat pada tabel 2.1 maka diperlukan interpolasi dengan rumus sebagai berikut :

X_1	Y_1
X	Y
X_2	Y_2

$$y = y_1 + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)}(y_2 - y_1)$$

Hasil perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Bulan	Periode	E_{t0}	$M = E_{t0} \times I, I$	$M = E_{t0} + P$	T	S	LP/Etc
			(mm/hari)	(mm/hari)			
Januari	1	1.92	2.11	4.11	30	250	10.39
	2	1.92	2.11	4.11			10.39
Februari	1	1.74	1.91	3.91			10.25
	2	1.74	1.91	3.91			10.25
Maret	1	1.60	1.75	3.75			10.15
	2	1.60	1.75	3.75			10.15
April	1	1.32	1.46	3.46			9.97
	2	1.32	1.46	3.46			9.97
Mei	1	1.23	1.35	3.35			9.91
	2	1.23	1.35	3.35			9.91
Juni	1	1.14	1.26	3.26			9.85
	2	1.14	1.26	3.26			9.85
Juli	1	1.31	1.44	3.44			9.97
	2	1.31	1.44	3.44			9.97
Agustus	1	1.78	1.96	3.96			10.28
	2	1.78	1.96	3.96			10.28
September	1	2.06	2.27	4.27			10.51
	2	2.06	2.27	4.27			10.51
Oktober	1	2.18	2.40	4.40			10.62
	2	2.18	2.40	4.40			10.62
Nopember	1	1.86	2.05	4.05			10.34
	2	1.86	2.05	4.05			10.34
Desember	1	1.71	1.88	3.88			10.23
	2	1.71	1.88	3.88			10.23

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.2 Kebutuhan Air Untuk Tanaman

3. Kebutuhan bersih air di sawah (NFR)

Saat fase penyiapan lahan rumus NFR seperti berikut :

$$\text{NFR padi} = \text{Etc} \times \text{Re}$$

Sedangkan saat fase pertumbuhan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{NFR padi} = \text{Etc} + \text{P} - \text{Re} + \text{WLR}$$

$$\text{NFR pol} = \text{Etc} - \text{Re}_{pol}$$

4. Kebutuhan air irigasi di pintu pengambilan

$$\text{DR} = \text{NFR} / e \cdot 8,64$$

$$e = \text{menggunakan } 0,65$$

Dengan menggunakan rumus diatas maka diperoleh hasil perhitungan yang akan disajikan pada tabel 4.8

Tabel 4. 8 Rencana Pola Tanam dan Kebutuhan Air Untuk Awal Tanam Bulan Januari

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Padi						Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija						Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)
				Re (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman						
							C1	C1	Ĉ						C1	C1	Ĉ				
Januari	1	1.92	218.00	10.17	2		LP	LP	LP	10.39	2.22	0.39	7.27	2							
	2	1.92	144.00	6.72	2		1.1	LP	LP	10.39	5.67	1.01	4.80	2							
Februari	1	1.74	132.00	6.16	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.91	0.00	0.00	4.40	2							
	2	1.74	85.00	3.97	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.87	1.57	0.28	2.83	2							
Maret	1	1.60	118.00	5.51	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.67	0.00	0.00	3.93	2							
	2	1.60	68.00	3.17	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.24	1.73	0.31	2.27	2							
April	1	1.32	101.00	4.71	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	0.00	0.00	3.37	2							
	2	1.32	33.00	1.54	2	0.83		0	0	0.00	1.29	0.00	1.10	2							
Mei	1	1.23	58.00	2.71	2		LP	LP	LP	9.91	9.20	1.64	1.93	2							
	2	1.23	13.00	0.61	2		1.1	LP	LP	9.91	11.30	2.01	0.43	2							
Juni	1	1.14	16.00	0.75	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.26	3.34	0.59	0.53	2							
	2	1.14	3.00	0.14	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.23	4.76	0.85	0.10	2							
Juli	1	1.31	6.00	0.28	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.38	4.77	0.85	0.20	2							
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.02	4.69	0.83	0.00	2							
Agustus	1	1.78	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.45	4.12	0.73	0.00	2							
	2	1.78	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2							
September	1	2.06	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5	0	0.25	0.52	2.52	0.45	
	2	2.06	5.00	0.23	2								0.17	2	0.59	0.5	0.545	1.12	2.96	0.53	
Oktober	1	2.18	6.00	0.28	2								0.20	2	0.96	0.59	0.775	1.69	3.49	0.62	
	2	2.18	24.00	1.12	2								0.80	2	1.05	0.96	1.005	2.19	3.39	0.60	
Nopember	1	1.86	30.00	1.40	2								1.00	2	1.02	1.05	1.035	1.92	2.92	0.52	
	2	1.86	61.00	2.85	2								2.03	2	0.95	1.02	0.985	1.83	1.80	0.32	
Desember	1	1.71	105.00	4.90	2								3.50	2	0	0.95	0.475	0.81	0.00	0.00	
	2	1.71	119.00	5.55	2								3.97	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berikut ini adalah penjelasan perhitungan dari tabel 4.7 :

1. Kolom 1 : Bulan
2. Kolom 2 : Periode
3. Kolom 3 : Hasil perhitungan evapotranspirasi (lihat tabel 4.2)
4. Kolom 4 : Curah Hujan Andalan (R 80 %) tabel 4.3
5. Kolom 5 : Curah hujan efektif (Re_{padi}) untuk tanaman padi (lihat tabel 4.4)
6. Kolom 6 : Perkolasi ($P = 2\text{mm/hari}$) lihat tabel 2.2
7. Kolom 7 : *Water Layer Requirement* (mm/hari)
8. Kolom 8,9 : Koefisien tanaman padi c1 dan c2 (lihat tabel 2.3)
9. Kolom 10 : Koefisien rata-rata tanaman padi
10. Kolom 11 : $Etc = Eto \times c$ (mm/hari)
11. Kolom 12 : Kebutuhan air untuk tanaman padi,
 $NFR = Etc + P - Re_{padi} + WLR$
12. Kolom 13 : Kebutuhan air untuk irigasi di intake DR
(l/dt/Ha)
13. Kolom 14 : Curah hujan efektif (Re_{pol}) untuk tanaman polowijo (lihat tabel 4.4)
14. Kolom 15 : Perkolasi ($P = 2\text{mm/hari}$) lihat tabel 2.2
15. Kolom 16,17 : Koefisien tanaman polowijo c1 dan c2 (lihat tabel 2.5)
16. Kolom 18 : Koefisien rata-rata tanaman polowijo
17. Kolom 19 : $Etc = Eto \times c$ (mm/hari)
18. Kolom 20 : Kebutuhan air untuk tanaman padi,
 $NFR = Etc + P - Re_{pol} + WLR$
19. Kolom 21 : Kebutuhan air untuk irigasi di intake DR
(l/dt/Ha)

4.4 Perhitungan Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk bertujuan untuk mengetahui seberapa besar jumlah pertumbuhan penduduk pada waktu yang ditentukan yaitu pada tahun 2037 dan akan digunakan sebagai acuan untuk menghitung kebutuhan air baku. Perhitungan kebutuhan air baku perlu direncanakan seoptimal mungkin sehingga pada pengoperasian dapat memenuhi kebutuhan pemakaian air baku, baik untuk kebutuhan domestik maupun kebutuhan non domestik di Kecamatan Jekulo. Untuk menghitung proyeksi pertumbuhan penduduk dibutuhkan data penduduk yang mana data tersebut akan disajikan pada tabel 4.9

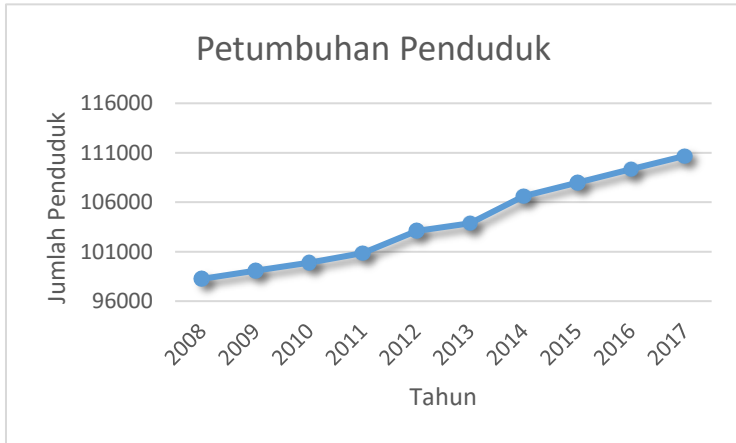
Tabel 4. 9 Data Penduduk Per Desa Kecamatan Jekulo

No.	Desa	Tahun									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Saddang	5163	5245	5300	5390	5424	5485	5444	5503	5575	5655
2	Bulucangkring	12206	12241	12379	12582	12424	12510	12645	12775	12941	13100
3	Bulung Kulon	10370	10451	10509	10575	10285	10324	10499	10582	10721	10859
4	Sidomulyo	2706	2759	2750	2757	2765	2788	2849	2876	2913	2974
5	Gondoharum	6912	7003	7027	7047	7304	7359	7835	7973	8077	8183
6	Terban	7190	7266	7457	7575	7724	7784	8153	8324	8433	8514
7	Pladen	5308	5360	5435	5494	5486	5516	5598	5665	5739	5795
8	Klaling	7860	7914	7947	7982	8356	8471	8671	8790	8904	9016
9	Jekulo	9722	9825	9883	9940	10299	10365	10641	10771	10911	11015
10	Hadipolo	10436	10460	10519	10622	11577	11648	12197	12385	12546	12659
11	Tanjungrejo	10039	10123	10201	10287	10447	10480	10803	10922	11065	11238
12	Honggosoco	8331	8439	8481	8589	8992	9125	9261	9389	9511	9655

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Kudus 2008 - 2017

Dengan data pertumbuhan penduduk tersebut diatas, maka dapat direncanakan jumlah penduduk untuk tahun yang akan datang. Perencanaan jumlah penduduk dapat menggunakan tiga metode yaitu Metode Aritmatika, Metode Geometrik, dan

Metode *Least Square*. Dari perhitungan menggunakan ketiga metode tersebut dipilih salah satu hasil dengan melihat nilai korelasi (R) yang hasilnya mendekati angka 1.



Gambar 4. 1 Grafik Pertumbuhan Penduduk
Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.1 Metode Aritmatika

Rumus yang digunakan untuk metode proyeksi penduduk ini adalah:

$$I = \frac{P_t - P_o}{t} \quad P_n = P_t + I(n)$$

Dengan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

P_o = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I

P_t = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

t = Jumlah tahun yang diketahui

n = Jumlah Interval

I = Konstanta Aritmatik

Contoh perhitungan :

Prediksi pertumbuhan penduduk desa Saddang 2037

Tahun 2008 = 5163

Tahun 2017 = 5655

$$I = \frac{pt - po}{t}$$

$$I = \frac{5655 - 5163}{10}$$

$$I = 49,200$$

$$\begin{aligned} P_n &= P_t + I(n) \\ &= 5655 + 49,200(2037-2017) \\ &= 6639 \end{aligned}$$

Jadi jumlah penduduk di desa Saddang pada tahun 2037 adalah 6748 jiwa. Hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan metode aritmatika akan disajikan pada tabel 4.10

Tabel 4. 10 Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatika

No.	Desa	Po	Pt	t	I	n	Pn
1	Saddang	5163	5655	10	49.2	20	6639
2	Bulucangkring	12206	13100	10	89.4	20	14888
3	Bulung Kulon	10370	10859	10	48.9	20	11837
4	Sidomulyo	2706	2974	10	26.8	20	3510
5	Gondoharum	6912	8183	10	127.1	20	10725
6	Terban	7190	8514	10	132.4	20	11162
7	Pladen	5308	5795	10	48.7	20	6769
8	Klaling	7860	9016	10	115.6	20	11328
9	Jekulo	9722	11015	10	129.3	20	13601
10	Hadipolo	10436	12659	10	222.3	20	17105
11	Tanjungrejo	10039	11238	10	119.9	20	13636
12	Honggosoco	8331	9655	10	132.4	20	12303

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.2 Metode Geometrik

Rumus yang digunakan untuk metode proyeksi penduduk ini adalah:

$$r = \left(\left(\frac{Pt}{Po} \right)^{\frac{1}{n-1}} \right) - 1$$

$$Pn = Po (1 + r)^n$$

Dengan:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

P_o = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I

r = Laju pertumbuhan penduduk

n = Jumlah Interval

Contoh perhitungan :

1. Untuk mencari nilai r

$$\begin{aligned} r &= \left(\left(\frac{5655}{5163} \right)^{\left(\frac{1}{9} - 1 \right)} \right) - 1 \\ &= 0,010165 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai Pn

$$\begin{aligned} P_n &= P_o \times (1 + 0.010165)^{20} \\ &= 6922,742 \end{aligned}$$

Jadi jumlah penduduk di desa Saddang pada tahun 2037 adalah 6923 jiwa. Hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan metode geometrik akan disajikan pada tabel 4.11

Tabel 4. 11 Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Geometrik

No.	Desa	Po	Pt	t	r	n	P
1	Saddang	5163	5655	10	0.009144	20	6784
2	Bulucangkring	12206	13100	10	0.007094	20	15089
3	Bulung Kulon	10370	10859	10	0.004618	20	11907
4	Sidomulyo	2706	2974	10	0.009488	20	3592
5	Gondoharum	6912	8183	10	0.017023	20	11469
6	Terban	7190	8514	10	0.017046	20	11938
7	Pladen	5308	5795	10	0.008817	20	6907
8	Klaling	7860	9016	10	0.013816	20	11863
9	Jekulo	9722	11015	10	0.012565	20	14140
10	Hadipolo	10436	12659	10	0.019498	20	18626
11	Tanjungrejo	10039	11238	10	0.011346	20	14083
12	Honggosoco	8331	9655	10	0.014859	20	12968

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.3 Metode Selisih Kuadrat Minimum (*Least Square*)

Metode ini digunakan untuk garis regresi linier yang berarti bahwa data perkembangan penduduk masa lalu menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah. Rumus yang digunakan adalah :

$$Y = a + [b x n]$$

Keterangan:

Y = Jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

a,b = koefisien *Least Square*

$$a = \frac{(\sum Y x \sum Xi^2) - (\sum Xi x \sum XiYi)}{n x \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}$$

$$b = \frac{n \times (\sum Xi Yi) - (\sum Xi \times \sum Yi)}{n \times \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}$$

Contoh perhitungan dengan menggunakan metode least square untuk desa Saddang akan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4. 12Jumlah Penduduk Desa Saddang

Tahun	Jumlah Penduduk (Yi)	Xi	Xi ²	Xi . Yi
2008	5163	-5	25	-25815
2009	5245	-4	16	-20980
2010	5300	-3	9	-15900
2011	5390	-2	4	-10780
2012	5424	-1	1	-5424
2013	5485	1	1	5485
2014	5444	2	4	10888
2015	5503	3	9	16509
2016	5575	4	16	22300
2017	5655	5	25	28275
Jumlah	54184	0	110	4558

- Perhitungan nilai a

$$\begin{aligned} a &= \frac{(\sum Y \times \sum Xi^2) - (\sum Xi \times \sum Xi Yi)}{n \times \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2} \\ &= \frac{(54184 \times 110) - (0 \times 4558)}{10 \times 110 - (0^2)} \\ &= 5418,4 \end{aligned}$$

- Perhitungan nilai b

$$\begin{aligned} b &= \frac{n \times (\sum Xi Yi) - (\sum Xi \times \sum Yi)}{n \times \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2} \\ &= \frac{(10 \times 4558) - (0 \times 10)}{10 \times 110 - (0^2)} \\ &= 41,436 \end{aligned}$$

Perhitungan proyeksi dengan metode *least square*

$$Y = a + [b x n]$$

$$= 5418,4 + (41,36 \times 20)$$

$$= 6247,127$$

Jadi jumlah penduduk di desa Saddang pada tahun 2037 adalah 6247 jiwa. Hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan metode *least square* akan disajikan pada tabel 4.13

Tabel 4. 13 Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode *Least Square*

No.	Desa	a	b	x	Y
1	Saddang	5418.4	41.436	20	6247
2	Bulucangkring	12580	78.818	20	14157
3	Bulung Kulon	11686	33.009	20	12346
4	Sidomulyo	2813.7	23.100	20	3276
5	Gondoharum	7472	137.455	20	10221
6	Terban	7842	137.318	20	10588
7	Pladen	5539.6	44.355	20	6427
8	Klaling	8391.1	125.109	20	10893
9	Jekulo	10337	135.827	20	13054
10	Hadipolo	11505	257.073	20	16646
11	Tanjungrejo	10561	118.100	20	12923
12	Honggosoco	8977.3	137.355	20	11724

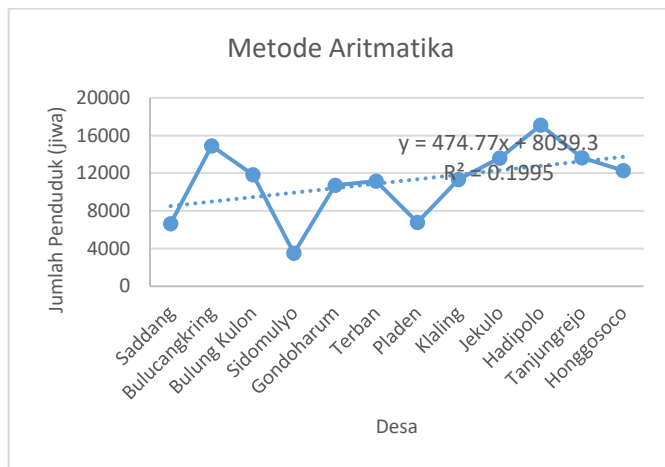
Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.4 Nilai Korelasi antara Metode Aritmatika, Metode Geometrik dan Metode *Least Square* :

Dengan menggunakan trendline pada excel maka didapatkan nilai korelasi sebagai berikut :

1. Metode Aritmatika

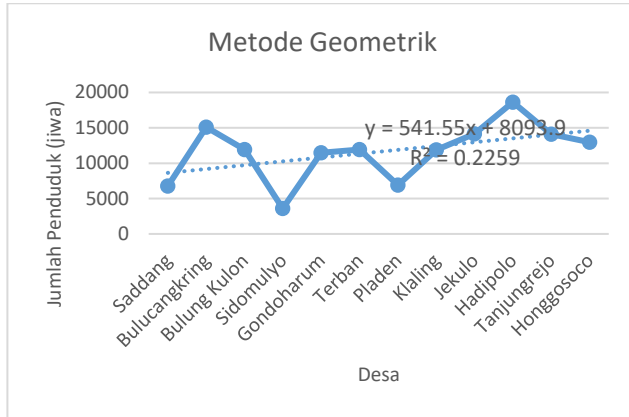
Nilai korelasi = 0.1995



Gambar 4. 2 Grafik Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatika
Sumber : Hasil Perhitungan

2. Metode Geometrik

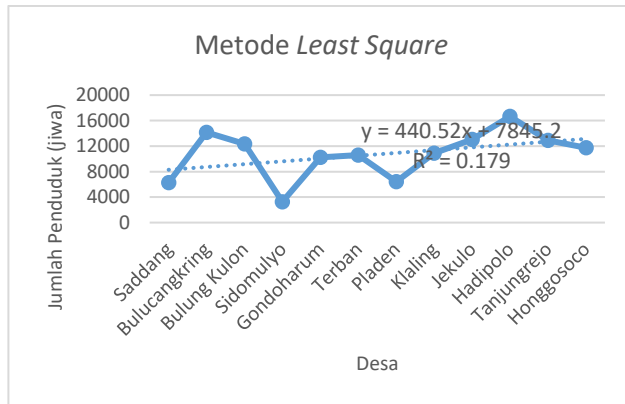
Nilai korelasi = 0.2259



Gambar 4. 3 Grafik Pertumbuhan Penduduk Metode Geometrik
Sumber : Hasil Perhitungan

3. Metode *Least Square*

Nilai korelasi = 0.179



Gambar 4. 4 Grafik Pertumbuhan Penduduk Metode *Least Square*

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari ketiga metode tersebut dipilih dengan nilai koefisien korelasi yang mendekati angka 1. Yang menggambarkan bahwa metode yang digunakan lebih mewakili nilai pendekatan pertumbuhan penduduk secara optimum terhadap pola pertumbuhan penduduk yang terjadi sebenarnya untuk masa yang akan datang.

Tabel 4. 14 Nilai Korelasi

Metode	Nilai Korelasi
Aritmatika	0.1995
Geometrik	0.2259
Least Square	0.179

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari nilai korelasi yang dapat dilihat pada tabel 4.14 , maka metode yang dipilih untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk adalah metode geometrik

4.5 Perhitungan Kebutuhan Air Baku

Perhitungan kebutuhan air baku dibagi menjadi dua yakni kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik

4.5.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air untuk domestik (rumah tangga) yaitu pemakaian air di lingkungan rumah tangga dihitung berdasarkan :

- Jumlah penduduk
- Presentase jumlah penduduk yang akan dilayani
- Pelayanan air
- Konsumsi pemakain air (liter/orang/hari)

Besar kecilnya kebutuhan air baku untuk sarana domestik sangat ditentukan berdasarkan pada jumlah

penduduk yang akan dilayani, jenis sambungan dan tingkat pelayanan yang akan diberikan (lihat tabel 4.15)

Tabel 4. 15 Kebutuhan Air Baku Untuk Sarana Domestik

Jumlah Penduduk (Jiwa)	Jenis	Domestik (lt/org/hr)	Kehilangan Air (%)
Diatas 1.000.000	Metro	190	20-30
100.000 - 500.000	Sedang	130	20-32
20.000 - 100.000	Kecil	100	20-33
Kurang dari 20.000	Desa	80	20-34

Sumber : *Petunjuk Teknis Perencanaan Rancangan Teknik Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, Dept.PU,1998*

Dari tabel diatas maka dapat dihitung kebutuhan air domestik sebagai berikut :

Contoh perhitungan pada desa Saddang

Jumlah penduduk : 6784 jiwa

Kebutuhan Air Domestik : 6784 jiwa x 80 = 542730 lt/hari

Kehilangan Air (20%) : 6784 x 20% = 1657 lt/hari

Jumlah Kebutuhan Domestik= 542730 lt/hari - 1657 lt/hari
 = 541373 lt/hari
 = 0,0063 m³/detik

Hasil perhitungan akan disajikan pada tabel 4.16

Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Domestik

No.	Desa	Jumlah Penduduk (jiwa)	Domestik (liter/hr)	Kehilangan Air (liter/hr)	Jumlah (liter/hr)	Jumlah lt/dt	Jumlah (m3/dt)
1	Saddang	6784	542729.67	1356.82	541372.85	6.266	0.0063
2	Bulucangkring	15089	1207138.61	3017.85	1204120.77	13.937	0.0139
3	Bulung Kulon	11907	952581.129	2381.45	950199.68	10.998	0.0110
4	Sidomulyo	3592	287380.499	718.45	286662.05	3.318	0.0033
5	Gondoharum	11469	917529.807	2293.82	915235.98	10.593	0.0106
6	Terban	11938	955065.47	2387.66	952677.81	11.026	0.0110
7	Pladen	6907	552571.497	1381.43	551190.07	6.380	0.0064
8	Klaling	11863	949044.56	2372.61	946671.95	10.957	0.0110
9	Jekulo	14140	1131181.41	2827.95	1128353.45	13.060	0.0131
10	Hadipolo	18626	1490115.89	3725.29	1486390.60	17.204	0.0172
11	Tanjungrejo	14083	1126616.64	2816.54	1123800.10	13.007	0.0130
12	Honggosoco	12968	1037415.07	2593.54	1034821.53	11.977	0.0120
Jumlah					11121496.8	128.721	0.1287

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Yang dimaksud dengan kebutuhan non-domestik adalah pemakaian air diluar pemakaian untuk keperluan rumah tangga. Adapun kebutuhan air untuk non-domestik adalah :

- Pendidikan dan Peribadatan
- Kesehatan, Perdagangan dan jasa
- Pelayanan umum, rekreasi dan Perkantoran

Data penunjang untuk menghitung kebutuhan air non domestik akan disajikan pada tabel 4.17 dan tabel 4.18

Tabel 4. 17 Banyaknya Jumlah Fasilitas Peribadatan dan Fasilitas Umum Kecamatan Jekulo Kabupaten Kudus

No.	Desa	Masjid	Rumah Sakit	Puskesmas	Pasar
1	Saddang	3	0	0	0
2	Bulucangkring	6	0	0	1
3	Bulung Kulon	5	0	0	0
4	Sidomulyo	1	0	0	0
5	Gondoharum	9	0	0	0
6	Terban	9	0	0	0
7	Pladen	3	0	0	0
8	Klaling	6	1	1	0
9	Jekulo	6	0	0	1
10	Hadipolo	12	0	0	0
11	Tanjungrejo	8	0	0	1
12	Honggosoco	12	0	0	0
Jumlah		80	1	1	3

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Kudus

Tabel 4. 18 Banyaknya Murid Menurut Tingkat Pendidikan (Negeri & Swasta) dan Desa di Kecamatan Jekulo Tahun 2017 (Orang)

No.	Desa	TK	SD	SMP	SMU	SMK	Akademik/PT	MI	MT	MA	Jumlah (jiwa)
1	Saddang	100	476	0	0	0	0	0	0	0	576
2	Bulucangkring	169	1222	0	0	0	0	155	0	0	1546
3	Bulung Kulon	52	745	0	0	0	0	0	231	0	1028
4	Sidomulyo	30	193	0	0	0	0	102	122	135	582
5	Gondoharum	152	614	705	0	539	0	68	166	0	2244
6	Terban	213	786	0	0	0	0	0	0	0	999
7	Pladen	53	438	0	0	0	0	119	0	0	610
8	Klaling	75	558	0	1120	0	0	112	0	0	1865
9	Jekulo	137	1012	62	0	982	0	214	1193	1009	4609
10	Hadipolo	128	944	788	0	0	0	94	0	0	1954
11	Tanjungrejo	70	670	826	0	0	0	355	240	0	2161
12	Honggosoco	49	559	0	0	0	0	289	421	284	1602
Jumlah											19776

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Kudus

Perhitungan kebutuhan air non domestik mengacu pada standart yang telah ditentukan oleh dinas PU (lihat tabel 4.19).

Tabel 4. 19 Standar Kebutuhan Air Non Domestik

No.	Fasilitas	Standar
1	Sekolah	10 L/murid/hari
2	Rumah Sakit	200 L/tt/hari
3	Puskesmas	2 m ³ /hari (2000 L/unit/hari)
4	Masjid	Sampai 2 m ³ /hari (2000 L/unit/hari)
5	Kantor	10 L/peg/hari
6	Pasar	12 m ³ /ha/hari
7	Hotel	150 L/tt/hari
8	Rumah Makan	100 L/td/hari
9	Komplek Militer	60 L/org/hari
10	Kawasan Industri	10 L/kary/hari
11	Kawasan Pariwisata	0.1-0.3 L/ha/hari

Sumber : Petunjuk Teknis Perencanaan Rancangan Teknik Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, Dept.PU, 1998

Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas pendidikan di kecamatan jekulo :

Contoh perhitungan untuk fasilitas pendidikan :

Jumlah penduduk : 19776 jiwa

Kebutuhan Air Domestik : 19776 jiwa x 10

$$= 197760 \text{ lt/hari} = 2,29 \text{ lt/detik}$$

Jadi kebutuhan air untuk fasilitas pendidikan adalah sebesar 2,29 liter/detik. Hasil perhitungan kebutuhan air non domestik akan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Non Domestik

No.	Fasilitas	Jumlah		Kebutuhan Air (l/hari)	Kebutuhan Air Total (l/hari)	Kebutuhan Air Total (l/dt)
1	Sekolah	19776	jiwa	10	197760	2.29
2	Rumah Sakit	1	unit	200	200	0.00
3	Puskesmas	1	unit	2000	2000	0.02
4	Masjid	80	unit	2000	160000	1.85
5	Pasar	3	unit	12000	36000	0.42
Jumlah						4.58

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan total kebutuhan air baku :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total}} &= Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{nondomestik}} \\
 &= 128,721 \text{ l/det} + 4.58 \text{ l/det} \\
 &= 133,304 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan air baku untuk kecamatan Jekulo adalah sebesar 133,304 liter/detik

4.6 Optimasi Irigasi dengan Metode Add-ins Solver Mic. Excel

4.6.1 Analisa Optimasi Dengan Debit Andalan

Saat proses optimasi langkah yang dilakukan seperti pada sub bab 2.4.

Fungsi yang harus diisi dalam kolom solver :

- Set Objective :

$$\text{Max}Z = \sum_1^{12}(DP \cdot Xi) + \sum_1^3(DJ \cdot Pi)$$

Dimana :

Z : Luas tanam dalam setahun (ha)

X_i : Luas areal tanaman untuk jenis padi, golongan bulan ke i_{1-12} (ha).

P_i : Luas areal tanaman untuk jenis palawija, golongan bulan ke i_{1-3} (ha).

DP : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman padi yang ditanam mulai bulan i (lt/dt/ha).

Dj : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman palawija yang ditanam mulai bulan i (lt/dt/ha).

- Changing Variable : Luas tanam pada tiap bulannya. X_1, X_2, \dots, X_{12} . dan P_1-P_3 .

- Constraints

1. $\sum A_i \leq Areal$

$\sum A_i$: Jumlah luas tanam pada bulan i

Areal : Jumlah luas lahan irigasi (2183,55 ha)

2. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}, P_1, P_2, P_3 \geq 0$

Luas tanam padi $X_1 \geq 0$ pada bulan Nop

Luas tanam padi $X_2 \geq 0$ pada bulan Des

Luas tanam padi $X_3 \geq 0 \dots \dots \dots$ dst. X_{12}

Luas tanam palawija $P_1 \geq 0$ pada bulan Mei

Luas tanam palawija $P_2 \geq 0 \dots \dots \dots$ dst. P_3

3. Debit Kebutuhan \leq Debit Ketersediaan

4. Komulatif Outflow \leq Komulatif Inflow setelah air baku.

Hasil Optimasi Pola Tanam

Dengan menggunakan rumusan *set objective* dan constrain kemudian di analisis menggunakan program linier *Microsoft Excel* dan dengan bantuan *add ins*

solver, sehingga diperoleh hasil optimasi dengan debit andalan 80%. Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman ditunjukkan pada tabel 4.9 seperti dibawah ini. Pada tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam padi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam padi dimulai bulan Nopember dengan luas X1, tanam padi dimulai bulan Desember dengan luas X2, dan seterusnya hingga 12 bulan. Sedangkan palawija dimulai tanam bulan mei dengan luas P1, bulan Juni dengan luas P2 dan seterusnya hingga P3.

Tabel 4. 21 Hasil Optimasi Menggunakan Debit Andalan

Luas Lahan (Ha) = 2183.55

INTENSITAS TANAM (%) = 238.56

Luas Tanam MAX (Ha) = 5209.077

Luas Tanam (Ha)	
X 1	1361.16
X 2	625.28
X 3	33.62
X 4	163.49
X 5	482.78
X 6	162.09
X 7	0.00
X 8	0.00
X 9	0.00
X 10	162.09
X 11	33.62
X 12	163.49
P 1	1237.62
P 2	301.06
P 3	482.78

KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN PADI DAN POLOWIJO (MM/HARI/HA)											
Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
1.82	0.00	0.00	0.00								
	1.25	0.00	0.09	0.00							
		0.70	0.14	0.15	0.00						
			1.28	0.20	0.00	0.31					
				1.39	0.32	0.56	0.53				
					1.58	0.52	0.76	0.58			
						1.83	0.72	0.84	0.62		
							2.03	0.81	0.94	0.60	
								2.11	0.92	0.97	0.50
	0.24								2.19	0.96	0.88
	0.58	0.00								2.21	0.88
	0.56	0.05	0.00								2.12
						0.00	0.08	0.12			
							0.01	0.12	0.20		
								0.05	0.20	0.37	

Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	BULAN	
1720.3619	2183.55	2183.55	2183.55	1305.1649	841.97678	2045.9778	2183.55	2183.55	2183.55	979.54895	841.97678	Luas Total	
1720.3619	2183.55	2183.55	2183.55	1305.1649	841.97678	808.35628	644.86358	162.08828	162.08828	195.70878	359.20147	Luas Tanam Padi	
0	0	0	0	0	0	1237.62	1538.69	2021.46	2021.46	783.84	482.78	Luas Tanam Palawija	
2626	787.97643	23.61362	272.43753	709	408.04558	404.50385	480.66667	299.97542	509.33333	406	519.66667	Q optimasi	
2626	3450	6042.3333	1882	709	746.66667	788	480.66667	345.66667	509.33333	406	519.66667	Q eksploitasi	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Faktor Pemberian	
2626	3450	6042.3333	1882	709.0000	746.66667	788	480.66667	345.66667	509.33333	406	519.66667	Q Andalan	
30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	Jumlah Hari dalam se-Bulan	
6806.592	2110.5161	63.246719	659.08087	1898.9856	1057.6542	1083.4231	1245.888	803.45417	1364.1984	1052.352	1391.8752	Outflow (l/dt)	
6806.592	8917.1081	8980.3548	9639.4357	11538.421	12596.075	13679.499	14925.387	15728.841	17093.039	18145.391	19537.266	Kumulatif Outflow	
6806.592	9240.48	16183.786	4552.9344	1898.9856	1935.36	2110.5792	1245.888	925.8336	1364.1984	1052.352	1391.8752	Inflow (l/dt)	
6806.592	16047.072	32230.858	36783.792	38682.778	40618.138	42728.717	43974.605	44900.438	46264.637	47316.989	48708.864	Kumulatif Inflow	
345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	Kebutuhan Air Bersih	
6461.0683	8894.9563	15838.262	4207.4107	1553.4619	1589.8363	1765.0555	900.3643	580.3099	1018.6747	706.8283	1046.3515	Inflow Setelah Air Bersih	
0	6461.0683	15356.025	31194.286	35401.697	36955.159	38544.995	40310.051	41210.415	41790.725	42809.4	43516.228	44562.58	Kumulatif Inflow Setelah Air Bersih

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil optimasi dengan menggunakan *Microsoft Excel – Solver* tersebut diperoleh solusi optimum sebagai berikut :

Tabel 4. 22 Luas Hasil Optimasi Dengan Debit Andalan

Luas Tanam (Ha)	
X 1	1361.16
X 2	625.28
X 3	33.62
X 4	163.49
X 5	482.78
X 6	162.09
X 7	0.00
X 8	0.00
X 9	0.00
X 10	162.09
X 11	33.62
X 12	163.49
P 1	1237.62
P 2	301.06
P 3	482.78

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan dari tabel 4.22 :

X_{1-12} : Untuk padi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

P_{1-3} : Untuk palawija pada bulan Mei s/d Bulan Juli

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tidak ada awal tanam padi pada bulan Mei dan Juni.



Gambar 4. 5 Grafik Optimasi Menggunakan Debit Andalan

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari grafik 4.6 dapat diketahui bahwa ketika musim hujan yaitu pada bulan Nopember, Desember, Januari, Febuari mengalami kelebihan air sehingga kelebihan air tersebut ditampung pada tampungan waduk. Pada saat musim kemarau I dan kemarau II yaitu pada bulan Maret, April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober mengalami kekurangan air. Sehingga instensitas tanamnya 238 % dengan luas lahan 2183,55 ha.

4.6.2 Analisa Optimasi Dengan Debit Kontinu

Optimasi menggunakan debit kontinu bertujuan agar daya yang dihasilkan konstan setiap bulannya dengan mengganti debit andalan menjadi debit kontinu. Debit kontinu dihasilkan dari debit komulatif setelah dikurangi air bersih. Besarnya debit kontinu adalah 1413,070 lt/dt. Fungsi yang harus diisi dalam kolom solver :

- Set Objective :

$$\text{Max}Z = \sum_1^{12}(DP.Xi) + \sum_1^3(DJ.Pi)$$

Dimana :

- Z : Luas tanam dalam setahun (ha)
- Xi : Luas areal tanaman untuk jenis padi, golongan bulan ke i_{1-12} (ha).
- Pi : Luas areal tanaman untuk jenis palawija, golongan bulan ke i_{1-3} (ha).
- DP : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman padi yang ditanam mulai bulan i (lt/dt/ha).
- Dj : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman palawija yang ditanam mulai bulan i (lt/dt/ha).

- Changing Variable : Luas tanam pada tiap bulannya. X_1, X_2, \dots, X_{12} . dan P_1-P_3 .

- Constraints

1. $\sum Ai \leq \text{Areal}$
 $\sum Ai$: Jumlah luas tanam pada bulan i
 Areal : Jumlah luas lahan irigasi (2183,55 ha)
2. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}, P_1, P_2, P_3 \geq 0$
 Luas tanam padi $X_1 \geq 0$ pada bulan Nop
 Luas tanam padi $X_2 \geq 0$ pada bulan Des
 Luas tanam padi $X_3 \geq 0 \dots \dots \dots \text{dst. } X_{12}$
 Luas tanam palawija $P_1 \geq 0$ pada bulan Mei
 Luas tanam palawija $P_2 \geq 0 \dots \dots \dots \text{dst. } P_3$
3. Debit Hasil Optimasi \leq Debit Eksploitasi (setiap bulannya)
 $Q \text{ Optimasi bulan Nop} \leq Q \text{ Eksploitasi bulan Nop}$
 $Q \text{ Optimasi bulan Des} \leq Q \text{ Eksploitasi bulan Des}$
 $Q \text{ Optimasi bulan Jan} \leq Q \text{ Eksploitasi bulan Jan} \dots \dots \dots \text{dst sampai bulan Oktober}$

Hasil Optimasi Pola Tanam

Dengan mengganti debit andalan 80% dengan debit kontinu sebesar 1413,070 lt/dt. Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman ditunjukkan pada tabel 4.23 seperti dibawah ini. Pada tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam padi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam padi dimulai bulan Nopember dengan luas X1, tanam padi dimulai bulan Desember dengan luas X2, dan seterusnya hingga 12 bulan. Sedangkan palawija dimulai tanam bulan mei dengan luas P1, bulan Juni dengan luas P2 dan seterusnya hingga P3.

Tabel 4. 23 Hasil Optimasi Menggunakan Debit Kontinu

Luas Lahan (Ha) = 2183.55

INTENSITAS TANAM (%) = 277.4281

Luas Tanam MAX (Ha) = 6057.781

Luas Tanam (Ha)	
X 1	510.11
X 2	794.59
X 3	578.41
X 4	300.44
X 5	510.11
X 6	794.59
X 7	0.00
X 8	0.00
X 9	0.00
X 10	573.09
X 11	307.04
X 12	300.44
P 1	578.41
P 2	300.44
P 3	510.11

KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN PADI DAN POLOWIJO (MM/HARI/HA)											
Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
1.82	0.00	0.00	0.00								
	1.25	0.00	0.09	0.00							
		0.70	0.14	0.15	0.00						
			1.28	0.20	0.00	0.31					
				1.39	0.32	0.56	0.53				
					1.58	0.52	0.76	0.58			
						1.83	0.72	0.84	0.62		
							2.03	0.81	0.94	0.60	
								2.11	0.92	0.97	0.50
0.24									2.19	0.96	0.88
0.58	0.00									2.21	0.88
0.56	0.05	0.00									2.12
						0.00	0.08	0.12			
							0.01	0.12	0.20		
								0.05	0.20	0.37	

Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	BULAN
1690.6806	1912.183	2183.55	2183.55	2183.55	2183.55	2183.55	2183.55	2183.55	1962.0475	1690.6805	1690.6805	Luas Total
1690.6806	1912.183	2183.55	2183.55	2183.55	2183.55	1605.1448	1304.701	794.58863	573.0862	880.12444	1180.5682	Luas Tanam Padi
0	0	0	0	0	0	578.41	878.85	1388.96	1388.96	810.56	510.11	Luas Tanam Palawija
1413.0701	1006.0265	406.24742	539.84335	858.04676	1413.0701	791.88709	921.98624	593.55615	1413.0702	1413.0701	1413.0701	Q optimasi
1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	Q eksploitasi
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Faktor Pemberian
1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	1413.0701	Q Andalan
30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	Jumlah Hari dalam se-Bulan
3662.6778	2694.5413	1088.0931	1305.989	2298.1925	3662.6778	2120.9904	2389.7883	1589.7808	3784.7671	3662.6778	3784.767	Outflow (lt/dt)
3662.6778	6357.2191	7445.3122	8751.3012	11049.494	14712.171	16833.162	19222.95	20812.731	24597.498	28260.176	32044.943	Kumulatif Outflow
3662.6778	3784.767	3784.767	3418.4993	3784.767	3662.6778	3784.767	3662.6778	3784.767	3784.767	3662.6778	3784.767	Inflow (lt/d)
3662.6778	7447.4448	11232.212	14650.711	18435.478	22098.156	25882.923	29545.601	33330.368	37115.135	40777.813	44562.58	Kumulatif Inflow Per 1000000
345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	345.5237	Kebutuhan Air Bersih
4008.2015	4130.2907	4130.2907	3764.023	4130.2907	4008.2015	4130.2907	4008.2015	4130.2907	4130.2907	4008.2015	4130.2907	Inflow Setelah Air Bersih
4008.2015	8138.4922	12268.783	16032.806	20163.097	24171.298	28301.589	32309.79	36440.081	40570.372	44578.573	48708.864	Kumulatif Inflow Setelah Air Bersih

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tabel 4.23 tersebut diperoleh solusi optimum sebagai berikut :

Luas lahan yang dihasilkan dengan intensitas tanam 300 %

Tabel 4. 24 Luas Hasil Optimasi Denga Debit Kontinu

Luas Tanam (Ha)	
X 1	510.11
X 2	794.59
X 3	578.41
X 4	300.44
X 5	510.11
X 6	794.59
X 7	0.00
X 8	0.00
X 9	0.00
X 10	573.09
X 11	307.04
X 12	300.44
P 1	578.41
P 2	300.44
P 3	510.11

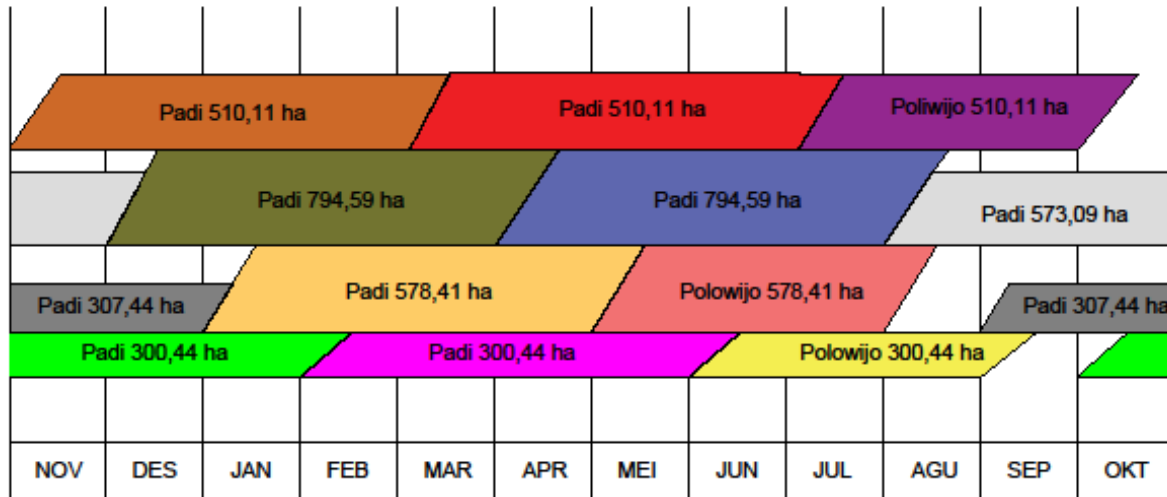
Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan dari tabel 4.24 :

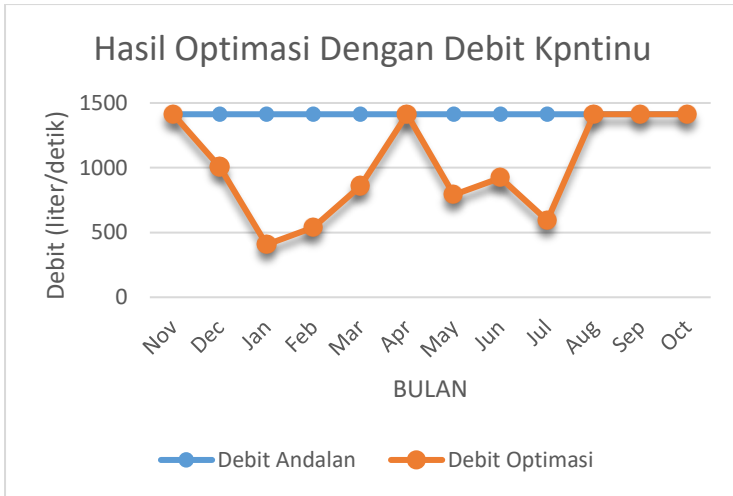
X_{1-12} : Untuk padi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

P_{1-3} : Untuk palawija pada bulan Mei s/d Bulan Juli

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tidak ada awal tanam padi pada bulan April, Mei dan Juli.



Gambar 4. 6 Sketsa Pola Tanam Hasil Optimalisasi Dengan Debit Kontinu

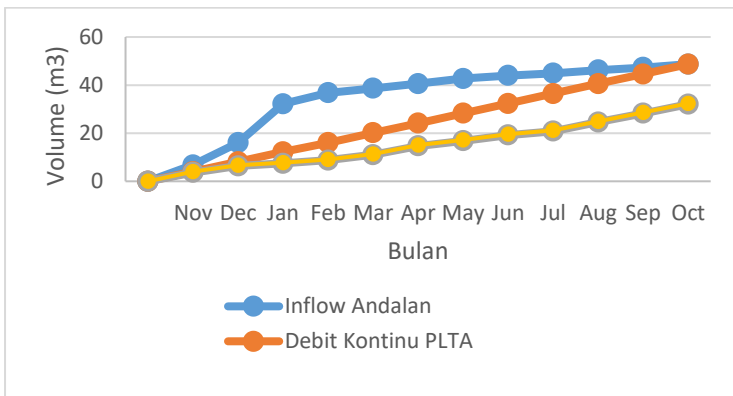


Gambar 4. 7 Grafik Optimasi Degan Debit Kontinu

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa pada saat ketersediaan air dibuat kontinu, kebutuhan air tidak melebihi ketersediaan air namun intensitas tanam yang didapat hanya 277 %. Akan tetapi daya listrik yang dihasilkan tetap pada setiap bulannya

Tabel 4. 25 Inflow Waduk

Bulan	Inflow Andalan	Debit Kontinu PLTA	Outflow Irigasi	Outflow Irigasi + Air Bersih	Sisa Air	Storage
	0	0	0	0		
Nov	6.81	4.01	3.66	4.01	0.00	2.80
Dec	16.05	8.14	6.36	6.70	1.44	7.91
Jan	32.23	12.27	7.45	7.79	4.48	19.96
Feb	36.78	16.03	8.75	9.10	6.94	20.75
Mar	38.68	20.16	11.05	11.40	8.77	18.52
Apr	40.62	24.17	14.71	15.06	9.11	16.45
May	42.73	28.30	16.83	17.18	11.12	14.43
Jun	43.97	32.31	19.22	19.57	12.74	11.66
Jul	44.90	36.44	20.81	21.16	15.28	8.46
Aug	46.26	40.57	24.60	24.94	15.63	5.69
Sep	47.32	44.58	28.26	28.61	15.97	2.74
Oct	48.71	48.71	32.04	32.39	16.32	0.00
				Total	117.80	129.37



Gambar 4. 8 Grafik Inflow dan Outflow Waduk

Tabel 4. 26 Operasional Waduk

Operasional	Volume		Volume Total (10 ⁶ m ³)	Elevasi (m)	Luas Genangan (m ²)	Luas Genangan (ha)
	Volume 10 ⁶ m ³	Dead Storage 10 ⁶ m ³				
Nopember	2.80	6.40	9.20	78.08	750,312.59	75.03
Desember	7.91	6.40	14.31	83.91	1,001,661.10	1,001.66
Januari	19.96	6.40	26.36	93.54	1,530,849.37	1,530.85
Februari	20.75	6.40	27.15	94.06	1,543,653.55	1,543.65
Maret	18.52	6.40	24.92	92.59	1,489,094.55	1,489.09
April	16.45	6.40	22.85	91.15	1,384,752.78	1,384.75
Mei	14.43	6.40	20.83	89.64	1,290,601.98	1,290.60
Juni	11.66	6.40	18.06	87.38	1,160,110.54	1,160.11
Juli	8.46	6.40	14.86	84.45	1,027,289.40	1,027.29
Agustus	5.69	6.40	12.09	81.57	901,976.82	901.98
September	2.74	6.40	9.14	78.00	746,960.36	746.96
Oktober	0.00	6.40	6.40	73.76	552,427.13	552.43

4.7 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

4.7.1 Perhitungan Kehilangan Energi

Perhitungan kehilangan energi meliputi beberapa tahapan perhitungan diantaranya adalah sebagai berikut :

4.7.1.1 Kehilangan Energi Akibat Masukan

Perhitungan kehilangan energi akibat masukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$hm = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

hm : Kehilangan energy akibat masukan (m)

k : Koefisien bentuk ujung pipa

k = 0.5 bentuk persegi

k = 0.05 bentuk bulat

V : Kecepatan aliran (m/dt)

k : Percepatan gravitasi (m/dt²)

Maka :

$$hm = 0.05 \times \frac{1.79^2}{2 \times 9.81}$$

$$= 0.0082 \text{ meter}$$

4.7.1.2 Kehilangan Energi Akibat Gesekan Sepanjang Pipa

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

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

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)

kecepatan air didapat dari persamaan

$$Q = v.A$$

Dimana:

Q = debit air (1,413 m³/detik)

A = luas pipa ($\pi r^2/0,25\pi d^2$)

= $\pi \times 0,5^2$

= 0,79 meter

Maka :

$$\begin{aligned}
 Q &= v \cdot A \\
 1,413 &= v \times 0,79 \\
 v &= 1,80 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

dimana untuk factor gesekan darcy dapat dihitung dengan rumus

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} \left(\frac{Re \sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

Dengan :

$$\begin{aligned}
 Re &= \text{Bilangan Reynold} \\
 v &= \text{Kecepatan Air (1,80 m/detik)} \\
 d &= \text{diameter dalam pipa (1meter)} \\
 \rho &= \text{berat jenis air (1000kg/m}^3\text{)} \\
 \mu &= \text{viskositas absolut fluida dinamis (10}^{-3}\text{ Ns/m}^2\text{ untuk air)}
 \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung untuk bilangan Reynold yaitu

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{1,80 \times 1 \times 1000}{10^{-3}}$$

$$Re = 1799176,766$$

Kemudian didapat persamaan untuk menghitung faktor gesekan yaitu

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} \left(\frac{Re \sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} \left(\frac{1799176,766 \sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log}(716083,49\sqrt{f})$$

Dari persamaan tersebut dilakukan iterasi atau metode uji coba kecocokan. Metode ini dilakukan dengan cara memasukkan nilai f di kedua sisi sampai didapatkan nilai f yang sama. Dari uji iterasi tersebut didapatkan nilai f yaitu sebesar $f = 0,010541133$. Maka dari nilai koefisien darcy (f) yang sudah didapat dari perhitungan sebelumnya dapat dihitung pula *headloss* kekasaran pipa yaitu :

Maka

$$\begin{aligned} hf &= 0.010541133 \times \frac{321.39}{1} \times \frac{1.80^2}{2 \times 9.81} \\ &= 0.05589 \text{ meter} \end{aligned}$$

4.7.1.3 Kehilangan Energi Akibat Belokan Pada Pipa

Perhitungan kehilangan energi akibat belokan pipa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$hb = kb \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

hb : Kehilangan energi akibat belokan pipa (m)

kb : Koefisien sudut belokan pipa (tabel 4.25)

V : Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)

g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

Maka :

$$\begin{aligned} hb &= 0.98 \times \frac{1.79^2}{2 \times 9.81} \\ &= 0.1617 \text{ meter} \end{aligned}$$

Tabel 4. 27 Koefisien Sudut Belokan Pipa

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

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan Energi total} &= 0.0082 \text{ m} + 0.5589 \text{ m} + \\ &0.1617 \text{ m} \\ &= 0.70 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan kehilangan energi total (H_{losses}) adalah 0.70 meter

4.7.2 Tinggi Jatuh Efektif

Perhitungan tinggi jatuh efektif dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

H_{eff} = Tinggi Jatuh Efektif

H_{bruto} = Elevasi Muka Air Normal (N.W.L) – Elevasi Downstream

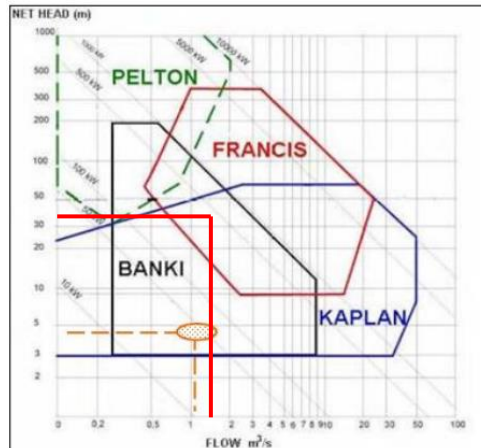
H_{losses} = kehilangan energi

Maka :

$$\begin{aligned} H_{eff} &= 33.10 \text{ m} - 0.70 \text{ m} \\ &= 32.37 \text{ meter} \end{aligned}$$

4.7.3 Jenis Turbin

Berdasarkan debit yang diperoleh yaitu 1,41 m³/detik dan tinggi jatuh efektif 32.37 meter dapat dipilih jenis turbin berdasarkan pada grafik berikut :



Gambar 4. 9 Klasifikasi Turbin
Sumber: *British Hydro Association*

4.7.4 Perhitungan Daya

Perhitungan daya PLTMH dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = g \times Q \times H_{eff} \times \eta$$

Dimana :

P = Daya yang dihasilkan (kW)

Q = Debit yang masuk (m³/detik)

H = Tinggi air jatuh efektif (meter)

η = Efisiensi Turbin (gambar 4.10)

g = Percepatan gravitasi bumi (9,8 m/det²)

Maka :

$$P = 9.81 \text{ m/det}^2 \times 1.41 \text{ m}^3/\text{det} \times 32.37 \text{ meter} \times 0.83$$

$$= 372.1 \text{ KW/det}$$

$$= 0.3721 \text{ MW/det}$$

4.7.5 Perhitungan Diameter Pipa Pesat

Perhitungan diameter pipa pesat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$d = 2,69 \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{H} \right)^{0,1875}$$

Dimana :

d = diameter pipa pesat (meter)

n = koefisien kekasaran pipa

Q = Debit rencana (m³/det)

L = Panjang pipa pesat (meter)

H = Tinggi jatuh bruto (meter)

Maka :

H_{bruto} = Elevasi Upstream – Elevasi Downstream

= 74.00 m – 40.9 m

= 33.10 m

Q = 1.41 m³/det

L = 321.39 m

n = 0.010

$$d = 2,69 \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{H} \right)^{0,1875}$$

$$d = 2,69 \left(\frac{0.010^2 \times 1.41^2 \times 321.39}{33.10} \right)^{0,1875}$$

= 0.834 m

= 1 m (menyesuaikan diameter pipa yang ada dipasaran)

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan diameter pipa pesat (*penstock*) 1 meter

4.7.6 Perhitungan Tebal Pipa Pesat

Perhitungan tebal pipa pisat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t_0 = \frac{P_p \cdot d_p}{2 \cdot \theta \cdot \eta} + \delta_t$$

Dimana

t_0 = tebal minimum pipa (cm)

P_p = Desain tekanan air (1,1 x tekanan hidrostatik)
($\rho \cdot g \cdot h$)

d_p = Diameter Penstock (cm)

θ = tegangan ijin bahan (kg/cm^2)
untuk SS 890 mpa = $9765.08 \text{ kg}/\text{cm}^2$

η = efisiensi pengelasan (0,85 – 0,90)

δ_t = factor korosi (0.15 cm)

Maka

$$t_0 = \frac{(1 \times 9,81 \times 33,10 \times 1,1) \times 100}{2 \times 9765.08 \times 0,9} + 0,15$$

$$t_0 = 6.25 \text{ cm}$$

$$t_0 = 7 \text{ cm}$$

4.7.7 Perhitungan Surge Tank

Surge Tank adalah bangunan yang berfungsi untuk menetralkan *water hammer*. *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 .

Data perencanaan yang dibutuhkan

1. Head gross (H) : 33,10 m
2. Panjang HeadRace (L_K) : 292,31 m

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| 3. Panjang Total (L_{tot}) | : 321,39 m |
| 4. Kecepatan aliran (v) | : 1,80 m/s |
| 5. Diameter Head Race (D_{div}) | : 1 m |
| 6. Luas Headrace (F_{dif}) | : 0,79 m |
| 7. Percepatan Gravitasi (g) | : 9.81 m/s ² |
| 8. Waktu Penutupan (T_e) | : 5 detik |

Dengan data yang sudah ada, selanjutnya adalah pemeriksaan apakah PLTA ini membutuhkan *surge tank* atau tidak.

- Kriteria 1

Jika

$$\frac{L}{H} > 5$$

maka saluran pipa memerlukan instalasi surgetank.

Cek kriteria 1 :

$$\frac{L}{H} > 5$$

$$\frac{292,31}{33,10} > 5$$

$$8,83 > 5$$

Kriteria 1 menunjukkan bahwa PLTA memerlukan *surge tank*

- Kriteria 2

Jika

$$L_{max} > \frac{3.14 \times H \times T_e}{v}$$

Maka saluran pipa memerlukan instalasi *Surgetank*

Cek kriteria 2 :

$$L_{\max} > \frac{3.14 \times H \times T_e}{v}$$

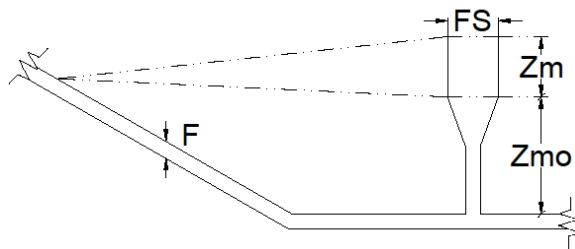
$$321,39 > \frac{3.14 \times 33,10 \times 5}{1,80}$$

$$321,39 > 288,98$$

Kriteria 2 menunjukkan bahwa PLTA tidak memerlukan pemasangan *surgetank*

Dari kedua kriteria tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa PLTA memerlukan *Surgetank*.

1) Perencanaan *Surgetank*



Gambar 4. 10 *Surgetank*

Berdasarkan buku *Hydroelectric stations*, halaman 143 -146, terdapat beberapa indikator-indikator yang mengindikasikan dimensi dimensi *surgetank* diantaranya yaitu F_s adalah diameter atas *Surge tank*, Z_m adalah kenaikan elevasi muka air pada saat terjadi penutupan aliran dari *max* menjadi 0, H_f adalah head yang hilang akibat gaya gesek dalam saluran pipa, dan Z_m adalah posisi air ketika tidak ada loncatan air yang diakibatkan oleh *water hammer* dalam pipa. Z_m dan Z_{mo} dapat dihitung dengan rumus

$$Z_m = Z_{m0} - 0.681 \times H_f + 0.154 \times \frac{H_f}{Z_{m0}}$$

$$Z_{m0} = v \times \left(\frac{L \times F_{diff}}{g \times F_s} \right)^{0.5}$$

Dimana :

Z_m = Kenaikan elevasi muka air pada saat terjadi penutupan aliran (m)

Z_{m0} = Energi Potensial (m)

H_f = *Headloss* atau head yang hilang akibat gesekan dalam pipa 0,73 m)

v = Kecepatan air dalam pipa (1,80 m/s)

L = Panjang *Headrace* (292,31 m)

F_{diff} = Diameter Pipa (1 m)

g = percepatan gravitasi (9.81 m/s²)

F_s = Diameter atas surge tank (direncanakan 2 m)

Maka :

$$\bullet Z_{m0} = 1,80 \times \left(\frac{292,31 \times 1}{9.81 \times 2} \right)^{0.5}$$

$$Z_{m0} = 6,945 \text{ m}$$

$$\bullet Z_m = 6,945 - 0.681 \times 0,73 + 0.154 \times \frac{0,73}{6,945}$$

$$Z_m = 6,464 \text{ m}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal mengenai rencana PLTM pada Waduk Logung Kabupaten Kudus sebagai berikut :

1. Kebutuhan air baku di Kecamatan Jekulo setelah dilakukan perhitungan adalah sebesar 133,304 liter/detik.
2. Hasil optimasi menggunakan debit kontinu sebesar 1,413 m³/s menghasilkan intensitas tanam sebesar 277% dimana daya yang dihasilkan konstan pada setiap bulan..
3. Klasifikasi turbin berdasarkan tinggi jatuh efektif 32,37 meter maka PLTM menggunakan Turbin Francis berjumlah satu.
4. Energi PLTM yang dihasilkan adalah sebesar 372,1 KW/s atau sebesar 0,3721 MW/s

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa diberikam berdasarkan hasil perhitungan dan analisa studi ini adalah:

1. Perlu adanya sosialisasi pada masyarakat terkait dengan pola tanam hasil optimasi
2. Perlu ditambahkan elevasi bendung setinggi 2 meter untuk mengoptimalkan ketersediaan air
3. Perlu dilakukan pemeliharaan dan pengelolaan bangunan irigasi seperti saluran irigasi yang sudah ada sehingga meminimalkan kehilangan air akibat rusaknya bangunan irigasi.
4. Melakukan tinjauan terhadap teknologi yang sedang berkembang dalam bidang pembangkitan energi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2014. *Dokumen Spesifikasi Teknis*. Jakarta: Ditjen Sumber Daya Air.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. “*Tata Cara Penghitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan Dengan Metode Penman-Monteith, RSNI T-01-2004*”
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2007. *Buku Panduan Pengembangan Air Minum*. Jakarta: Ditjen Cipta Karya.
- Direktorat Jendral Pengairan. 1986. *Standart Perencanaan Irigasi (KP-01)*. Bandung: Departement Pekerjaan Umum CV. Galang Persada.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Yanuar Agung, Mar’atu Rifatil Jannah. 2017. Tugas Akhir *RENCANA OPERASI PLTM PADA WADUK TUKUL PACITAN DIPERTIMBANGKAN KEBUTUHAN AIR OPTIMUM UNTUK IRIGASI DAN AIR BAKU TAHUN 2042*. Surabaya: Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS.

LAMPIRAN

Tabel tabel yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi

Tabel hubungan tekanan uap jenuh (ea) dalam mbar dan suhu rata-rata dalam °C

Temperature °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ea mbar	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0
Temperature °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ea mbar	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel Faktor Pembobotan (1-W)

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
(1-W) at altitude m																				
0	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15
500	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
1000	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
2000	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
3000	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
4000	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel Faktor Pembobotan (W)

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W at altitude m																				
0	0.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77*	.78	.80	.82	.83	.84	.85
500	.44	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.86	.87
2000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88	.89
4000	.54	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.89	.90	.90

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel Hubungan radiasi ekstra terestrial (ra) dan koordinat lokasi

Northern Hemisphere												Southern Hemisphere												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.6	4.5	3.2	50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.6	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	11.4	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.3	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.9	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.1	14.1	13.5	12.7	12.7	13.5	14.3	15.2	15.5	15.3
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Sumber : Engineering Hidrology

Tabel fungsi suhu (*effect of temperature on longwave radiation*)

T °C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
f(t)	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel Fungsi Penyinaran Matahari

nN	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1.0
f(nN)=0.1+0.9nN	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37	0.42	0.46	0.51	0.55	0.60	0.64	0.69	0.73	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96	1.0

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel NFR dan DR Awal Tanam Bulan Januari

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Padi						Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija					Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)					
				Re (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman										
							C1	C1	C̄						C1	C1	C̄								
Januari	1	1.92	218.00	10.17	2		LP	LP	LP	10.39	2.22	0.39	7.27	2											
	2	1.92	144.00	6.72	2		1.1	LP	LP	10.39	5.67	1.01	4.80	2											
Februari	1	1.74	132.00	6.16	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.91	0.00	0.00	4.40	2											
	2	1.74	85.00	3.97	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.87	1.57	0.28	2.83	2											
Maret	1	1.60	118.00	5.51	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.67	0.00	0.00	3.93	2											
	2	1.60	68.00	3.17	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.24	1.73	0.31	2.27	2											
April	1	1.32	101.00	4.71	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	0.00	0.00	3.37	2											
	2	1.32	33.00	1.54	2	0.83		0	0	0.00	1.29	0.00	1.10	2											
Mei	1	1.23	58.00	2.71	2		LP	LP	LP	9.91	9.20	1.64	1.93	2											
	2	1.23	13.00	0.61	2		1.1	LP	LP	9.91	11.30	2.01	0.43	2											
Juni	1	1.14	16.00	0.75	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.26	3.34	0.59	0.53	2											
	2	1.14	3.00	0.14	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.23	4.76	0.85	0.10	2											
Juli	1	1.31	6.00	0.28	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.38	4.77	0.85	0.20	2											
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.02	4.69	0.83	0.00	2											
Agustus	1	1.78	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.45	4.12	0.73	0.00	2											
	2	1.78	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2											
September	1	2.06	0.00	0.00	2							0.00	2	0.5	0	0.25	0.52	2.52	0.45						
	2	2.06	5.00	0.23	2							0.17	2	0.59	0.5	0.545	1.12	2.96	0.53						
Oktober	1	2.18	6.00	0.28	2							0.20	2	0.96	0.59	0.775	1.69	3.49	0.62						
	2	2.18	24.00	1.12	2							0.80	2	1.05	0.96	1.005	2.19	3.39	0.60						
Nopember	1	1.86	30.00	1.40	2							1.00	2	1.02	1.05	1.035	1.92	2.92	0.52						
	2	1.86	61.00	2.85	2							2.03	2	0.95	1.02	0.985	1.83	1.80	0.32						
Desember	1	1.71	105.00	4.90	2							3.50	2	0	0.95	0.475	0.81	0.00	0.00						
	2	1.71	119.00	5.55	2							3.97	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00						

Tabel NFR dan DR Awal Tanam Bulan Februari

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Padi					Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija					Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	
				Re (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman					Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman						
							C1	C1						C̄	C1	C1				C̄
Januari	1	1.92	218.00	10.17	2							7.27	2	0	0.95	0.475	0.91	0.00	0.00	
	2	1.92	144.00	6.72	2							4.80	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00	
Februari	1	1.74	132.00	6.16	2		LP	LP	LP	10.25	6.09	1.08	4.40	2						
	2	1.74	85.00	3.97	2		1.1	LP	LP	10.25	8.28	1.47	2.83	2						
Maret	1	1.60	118.00	5.51	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.75	0.00	0.00	3.93	2						
	2	1.60	68.00	3.17	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.71	2.21	0.39	2.27	2						
April	1	1.32	101.00	4.71	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.39	0.35	0.00	3.37	2						
	2	1.32	33.00	1.54	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.03	3.16	0.00	1.10	2						
Mei	1	1.23	58.00	2.71	2	1.67	0	0.5	0.25	0.31	1.27	0.23	1.93	2						
	2	1.23	13.00	0.61	2	0.83		0	0	0.00	2.22	0.40	0.43	2						
Juni	1	1.14	16.00	0.75	2		LP	LP	LP	9.85	11.11	1.98	0.53	2						
	2	1.14	3.00	0.14	2		1.1	LP	LP	9.85	11.71	2.09	0.10	2						
Juli	1	1.31	6.00	0.28	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.44	3.99	0.71	0.20	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.41	5.08	0.90	0.00	2						
Agustus	1	1.78	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.87	5.54	0.99	0.00	2						
	2	1.78	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.38	5.05	0.90	0.00	2						
September	1	2.06	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.52	4.19	0.75	0.00	2						
	2	2.06	5.00	0.23	2	0.83		0	0	0.00	2.60	0.46	0.17	2						
Oktober	1	2.18	6.00	0.28	2								0.20	2	0.5	0	0.25	0.55	2.35	0.42
	2	2.18	24.00	1.12	2								0.80	2	0.59	0.5	0.545	1.19	2.39	0.43
Nopember	1	1.86	30.00	1.40	2								1.00	2	0.96	0.59	0.775	1.44	2.44	0.43
	2	1.86	61.00	2.85	2								2.03	2	1.05	0.96	1.005	1.87	1.84	0.33
Desember	1	1.71	105.00	4.90	2								3.50	2	1.02	1.05	1.035	1.77	0.27	0.05
	2	1.71	119.00	5.55	2								3.97	2	0.95	1.02	0.985	1.69	0.00	0.00

Tabel NFR dan DR Awal Tanam Bulan Maret

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Padi						Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija					Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)
				Re (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman					
							C1	C1	C̄						C1	C1	C̄			
Januari	1	1.92	218.00	10.17	2							7.27	2	1.02	1.05	1.035	1.99	0.00	0.00	
	2	1.92	144.00	6.72	2							4.80	2	0.95	1.02	0.985	1.89	0.00	0.00	
Februari	1	1.74	132.00	6.16	2							4.40	2	0	0.95	0.475	0.83	0.00	0.00	
	2	1.74	85.00	3.97	2							2.83	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00	
Maret	1	1.60	118.00	5.51	2		LP	LP	LP	10.15	6.65	1.18	3.93	2						
	2	1.60	68.00	3.17	2		1.1	LP	LP	10.15	8.98	1.60	2.27	2						
April	1	1.32	101.00	4.71	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.46	0.00	0.00	3.37	2						
	2	1.32	33.00	1.54	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.42	3.55	0.63	1.10	2						
Mei	1	1.23	58.00	2.71	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.29	2.25	0.40	1.93	2						
	2	1.23	13.00	0.61	2	1.67	0.5	1.05	0.775	0.95	4.01	0.71	0.43	2						
Juni	1	1.14	16.00	0.75	2	1.67	0	0.5	0.25	0.29	3.21	0.57	0.53	2						
	2	1.14	3.00	0.14	2	0.83		0	0	0.00	2.69	0.48	0.10	2						
Juli	1	1.31	6.00	0.28	2		LP	LP	LP	9.97	11.69	2.08	0.20	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	9.97	11.97	2.13	0.00	2						
Agustus	1	1.78	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.96	4.79	0.85	0.00	2						
	2	1.78	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.92	5.59	0.99	0.00	2						
September	1	2.06	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	2.17	5.84	1.04	0.00	2						
	2	2.06	5.00	0.23	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.60	5.04	0.90	0.17	2						
Oktober	1	2.18	6.00	0.28	2	1.67	0	0.5	0.25	0.55	3.94	0.70	0.20	2						
	2	2.18	24.00	1.12	2	0.83		0	0	0.00	1.71	0.30	0.80	2						
Nopember	1	1.86	30.00	1.40	2							1.00	2	0.5	0	0.25	0.46	1.46	0.17	
	2	1.86	61.00	2.85	2							2.03	2	0.59	0.5	0.545	1.01	0.98	0.17	
Desember	1	1.71	105.00	4.90	2							3.50	2	0.96	0.59	0.775	1.33	0.00	0.00	
	2	1.71	119.00	5.55	2							3.97	2	1.05	0.96	1.005	1.72	0.00	0.00	

Tabel NFR dan DR Awal Tanam Bulan April

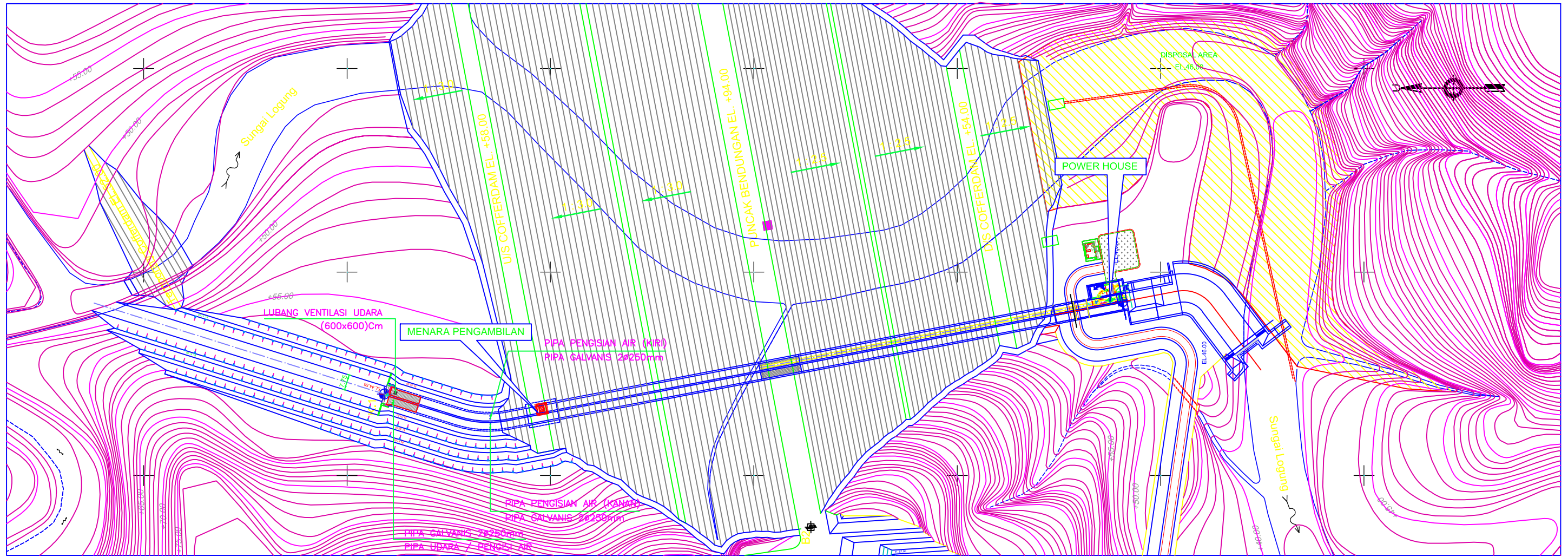
Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Padi						Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija					Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)
				Re (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman					
							C1	C1	C̄						C1	C1	C̄			
Januari	1	1.92	218.00	10.17	2							7.27	2	0.96	0.59	0.775	1.49	0.00	0.00	
	2	1.92	144.00	6.72	2							4.80	2	1.05	0.96	1.005	1.93	0.00	0.00	
Februari	1	1.74	132.00	6.16	2							4.40	2	1.02	1.05	1.035	1.80	0.00	0.00	
	2	1.74	85.00	3.97	2							2.83	2	0.95	1.02	0.985	1.71	0.88	0.16	
Maret	1	1.60	118.00	5.51	2							3.93	2	0	0.95	0.475	0.76	0.00	0.00	
	2	1.60	68.00	3.17	2							2.27	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00	
April	1	1.32	101.00	4.71	2		LP	LP	LP	9.97	7.26	1.29	3.37	2						
	2	1.32	33.00	1.54	2		1.1	LP	LP	9.97	10.43	1.86	1.10	2						
Mei	1	1.23	58.00	2.71	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.35	1.47	0.26	1.93	2						
	2	1.23	13.00	0.61	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.32	4.38	0.78	0.43	2						
Juni	1	1.14	16.00	0.75	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.20	4.12	0.73	0.53	2						
	2	1.14	3.00	0.14	2	1.67	0.5	1.05	0.775	0.88	4.41	0.79	0.10	2						
Juli	1	1.31	6.00	0.28	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	3.72	0.66	0.20	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
Agustus	1	1.78	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.28	12.28	2.19	0.00	2						
	2	1.78	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.28	12.28	2.19	0.00	2						
September	1	2.06	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.27	5.10	0.91	0.00	2						
	2	2.06	5.00	0.23	2	1.67	1.05	1.1	1.075	2.22	5.65	1.01	0.17	2						
Oktober	1	2.18	6.00	0.28	2	1.67	1.05	1.05	1.05	2.29	5.68	1.01	0.20	2						
	2	2.18	24.00	1.12	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.69	4.24	0.76	0.80	2						
Nopember	1	1.86	30.00	1.40	2	1.67	0	0.5	0.25	0.46	2.73	0.49	1.00	2						
	2	1.86	61.00	2.85	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.03	2						
Desember	1	1.71	105.00	4.90	2							3.50	2	0.5	0	0.25	0.43	0.00	0.00	
	2	1.71	119.00	5.55	2							3.97	2	0.59	0.5	0.545	0.93	0.00	0.00	

Tabel NFR dan DR Awal Tanam Bulan Mei

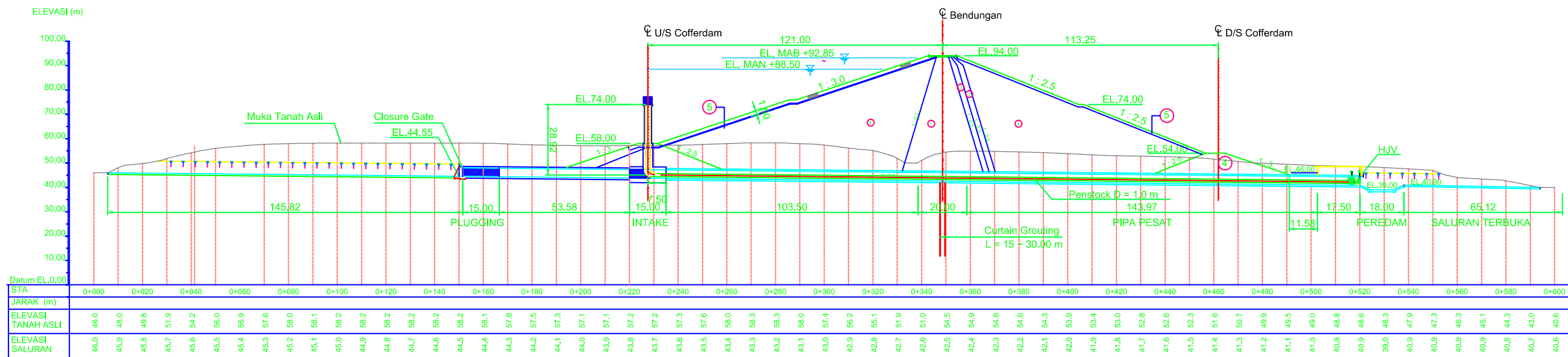
Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Padi						Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija					Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)
				Re (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman					
							C1	C1	C̄						C1	C1	C̄			
Januari	1	1.92	218.00	10.17	2							7.27	2	0.5	0	0.25	0.48	0.00	0.00	
	2	1.92	144.00	6.72	2							4.80	2	0.59	0.5	0.545	1.05	0.00	0.00	
Februari	1	1.74	132.00	6.16	2							4.40	2	0.96	0.59	0.775	1.35	0.00	0.00	
	2	1.74	85.00	3.97	2							2.83	2	1.05	0.96	1.005	1.75	0.92	0.16	
Maret	1	1.60	118.00	5.51	2							3.93	2	1.02	1.05	1.035	1.65	0.00	0.00	
	2	1.60	68.00	3.17	2							2.27	2	0.95	1.02	0.985	1.57	1.30	0.23	
April	1	1.32	101.00	4.71	2							3.37	2	0	0.95	0.475	0.63	0.00	0.00	
	2	1.32	33.00	1.54	2							1.10	2	0	0	0	0.00	0.90	0.16	
Mei	1	1.23	58.00	2.71	2		LP	LP	LP	9.91	9.20	1.64	1.93	2						
	2	1.23	13.00	0.61	2		1.1	LP	LP	9.91	11.30	2.01	0.43	2						
Juni	1	1.14	16.00	0.75	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.26	3.34	0.59	0.53	2						
	2	1.14	3.00	0.14	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.23	4.76	0.85	0.10	2						
Juli	1	1.31	6.00	0.28	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.38	4.77	0.85	0.20	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.02	4.69	0.83	0.00	2						
Agustus	1	1.78	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.45	4.12	0.73	0.00	2						
	2	1.78	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
September	1	2.06	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.51	12.51	2.23	0.00	2						
	2	2.06	5.00	0.23	2		1.1	LP	LP	10.51	12.28	2.19	0.17	2						
Oktober	1	2.18	6.00	0.28	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.40	4.95	0.88	0.20	2						
	2	2.18	24.00	1.12	2	1.67	1.05	1.1	1.075	2.35	4.90	0.87	0.80	2						
Nopember	1	1.86	30.00	1.40	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.95	4.22	0.75	1.00	2						
	2	1.86	61.00	2.85	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.44	2.26	0.40	2.03	2						
Desember	1	1.71	105.00	4.90	2	1.67	0	0.5	0.25	0.43	0.00	0.00	3.50	2						
	2	1.71	119.00	5.55	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	3.97	2						

Tabel NFR dan DR Awal Tanam Bulan Oktober

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Padi						Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija						Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)
				Re (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman						
							C1	C1	C̄						C1	C1	C̄				
Januari	1	1.92	218.00	10.17	2	1.67	0	0.5	0.25	0.48	0.00	0.00	7.27	2							
	2	1.92	144.00	6.72	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	4.80	2							
Februari	1	1.74	132.00	6.16	2		LP	LP	LP	10.25	6.09	1.08	4.40	2							
	2	1.74	85.00	3.97	2		1.1	LP	LP	10.25	8.28	1.47	2.83	2							
Maret	1	1.60	118.00	5.51	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.75	0.00	0.00	3.93	2							
	2	1.60	68.00	3.17	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.71	2.21	0.39	2.27	2							
April	1	1.32	101.00	4.71	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.39	0.35	0.06	3.37	2							
	2	1.32	33.00	1.54	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.03	3.16	0.56	1.10	2							
Mei	1	1.23	58.00	2.71	2	1.67	0	0.5	0.25	0.31	1.27	0.23	1.93	2							
	2	1.23	13.00	0.61	2	0.83		0	0	0.00	2.22	0.40	0.43	2							
Juni	1	1.14	16.00	0.75	2								0.53	2	0.5	0	0.25	0.29	1.75	0.31	
	2	1.14	3.00	0.14	2								0.10	2	0.59	0.5	0.545	0.62	2.52	0.45	
Juli	1	1.31	6.00	0.28	2								0.20	2	0.96	0.59	0.775	1.02	2.82	0.50	
	2	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	1.05	0.96	1.005	1.32	3.32	0.59	
Agustus	1	1.78	0.00	0.00	2								0.00	2	1.02	1.05	1.035	1.84	3.84	0.68	
	2	1.78	0.00	0.00	2								0.00	2	0.95	1.02	0.985	1.76	3.76	0.67	
September	1	2.06	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0.95	0.475	0.98	2.98	0.53	
	2	2.06	5.00	0.23	2								0.17	2	0	0	0	0.00	1.83	0.33	
Oktober	1	2.18	6.00	0.28	2		LP	LP	LP	10.62	12.34	2.20	0.20	2							
	2	2.18	24.00	1.12	2		1.1	LP	LP	10.62	11.50	2.05	0.80	2							
Nopember	1	1.86	30.00	1.40	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.05	3.48	0.62	1.00	2							
	2	1.86	61.00	2.85	2	1.67	1.05	1.1	1.075	2.00	2.82	0.50	2.03	2							
Desember	1	1.71	105.00	4.90	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.80	0.57	0.10	3.50	2							
	2	1.71	119.00	5.55	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.33	0.00	0.00	3.97	2							



DENAH BANGUNAN PENGAMBILAN



POTONGAN MEMANJANG BANGUNAN PENGAMBILAN

Skala 1 : 10,000

NAMA MAHASISWA

DOSEN PEMBIMBING

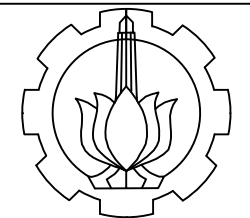
NAMA GAMBAR

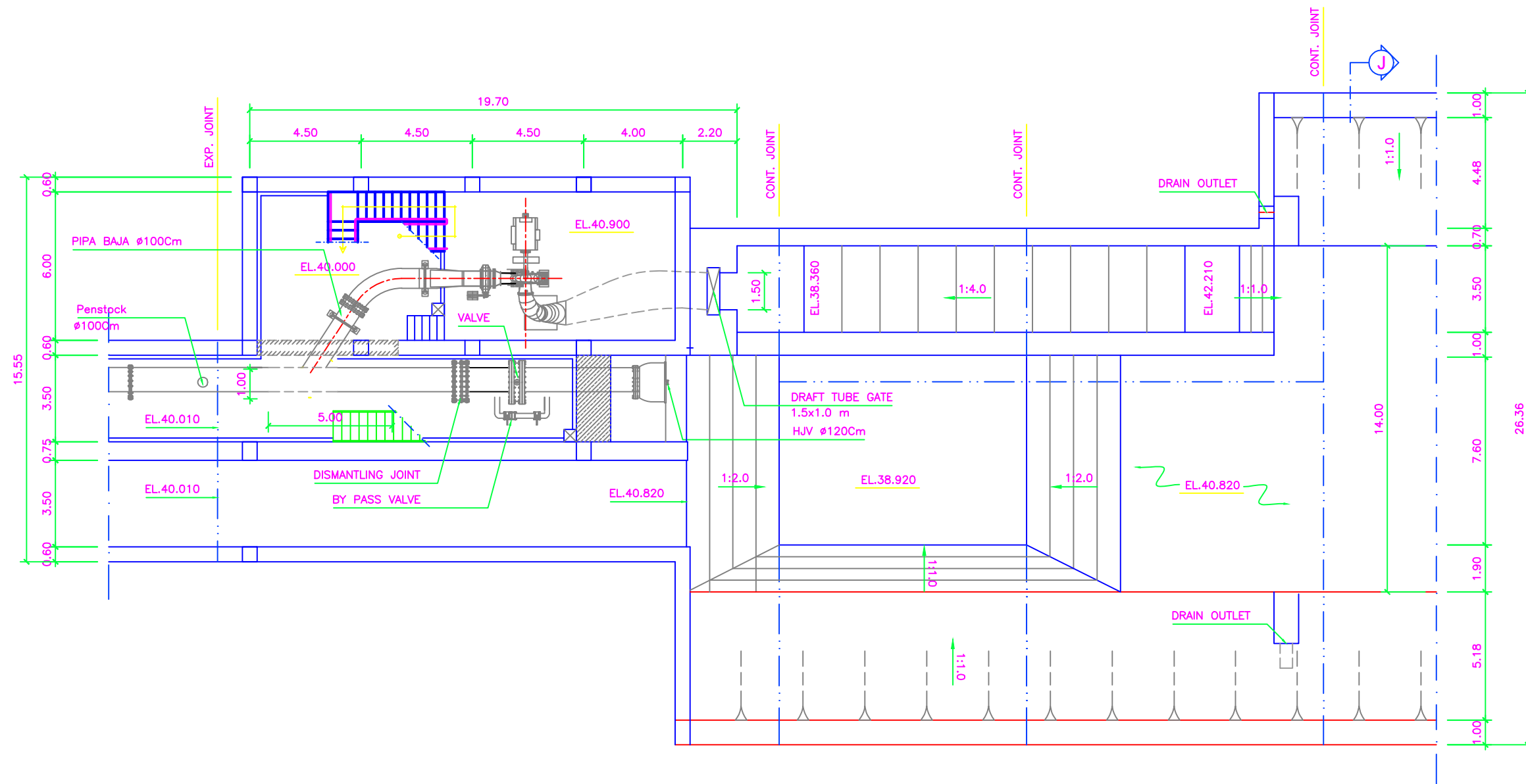
NO. GAMBAR

Bramara Dwi Mahayana
10111815000021

Ir. EDY SUMIRMAN, MT.

1





DENAH POWER HOUSE

SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA

DOSEN PEMBIMBING

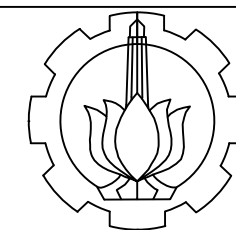
NAMA GAMBAR

NO. GAMBAR

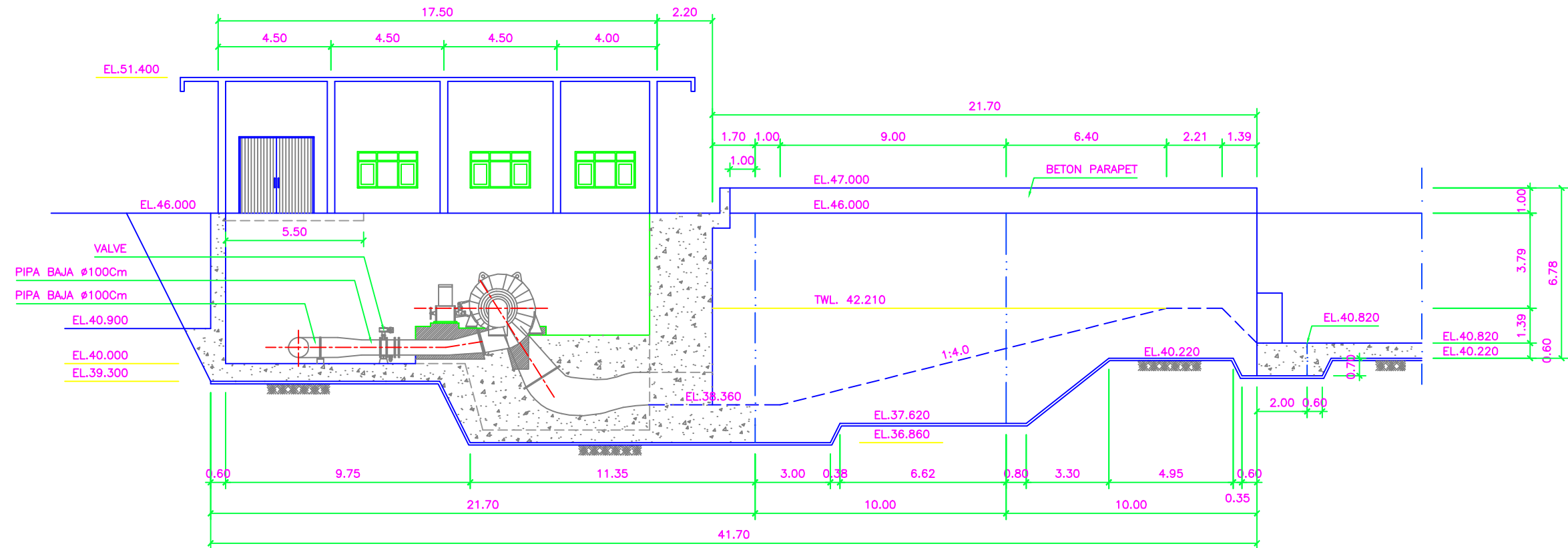
Bramara Dwi Mahayana
1011181500021

Ir. EDY SUMIRMAN, MT.

2



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA



POTONGAN MEMANJANGAN POWER HOUSE

SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA

DOSEN PEMBIMBING

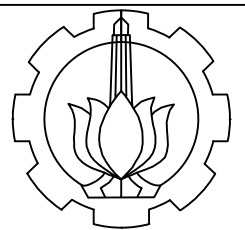
NAMA GAMBAR

NO. GAMBAR

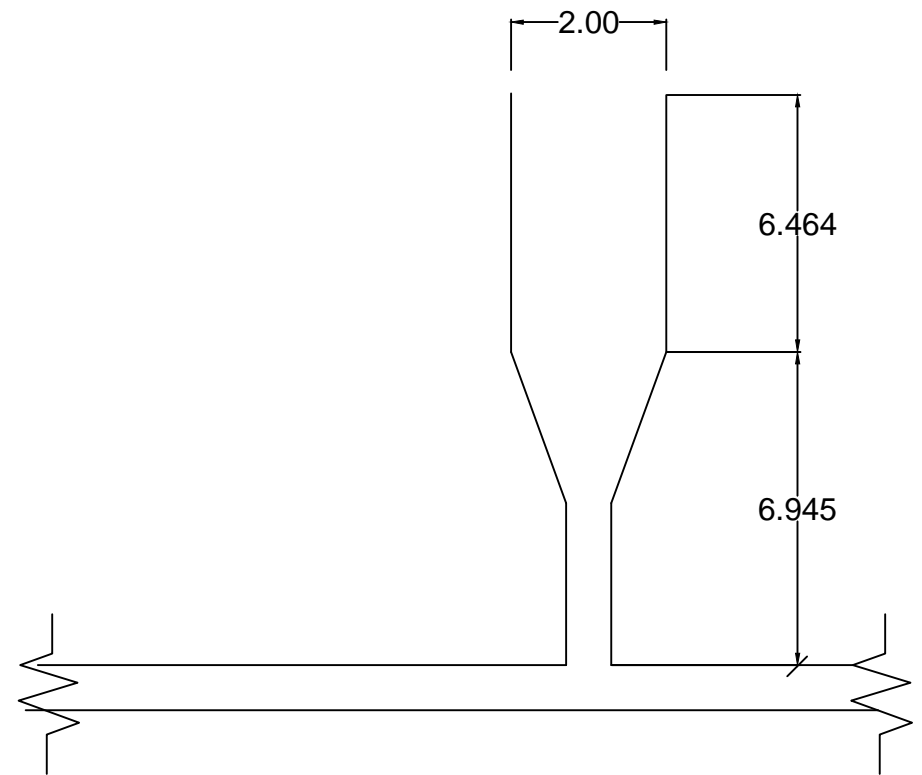
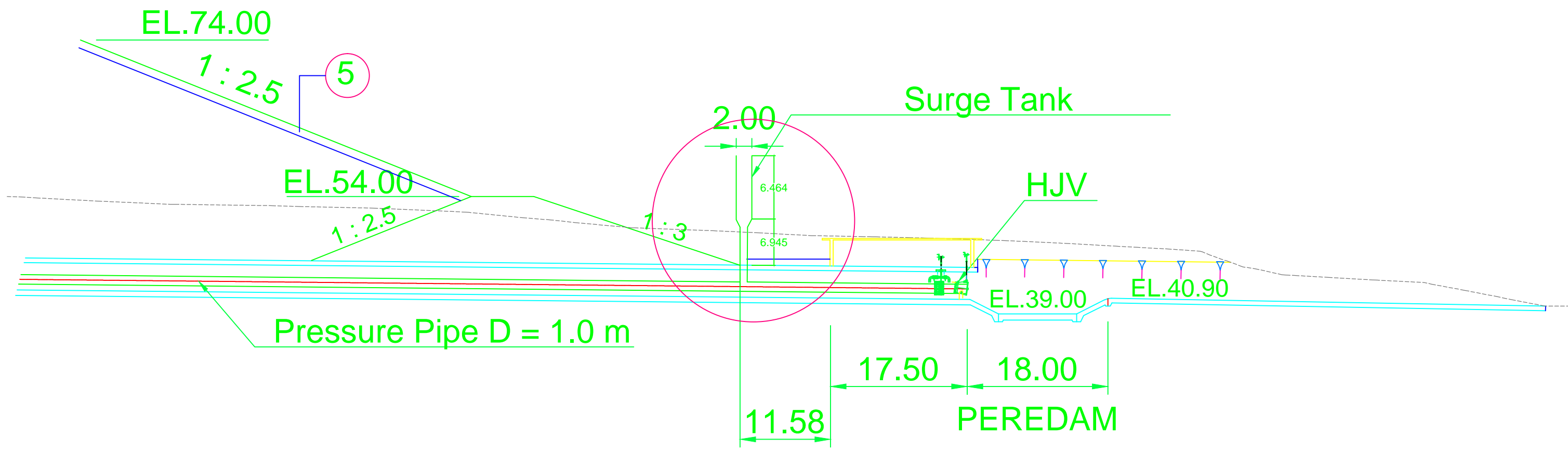
Bramara Dwi Mahayana
1011181500021

Ir. EDY SUMIRMAN, MT.

3



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA



DETAIL SURGETANK
Skala 1 : 10.000

NAMA MAHASISWA

DOSEN PEMBIMBING

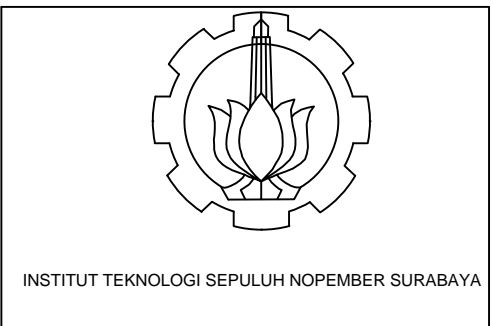
NAMA GAMBAR

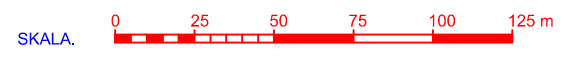
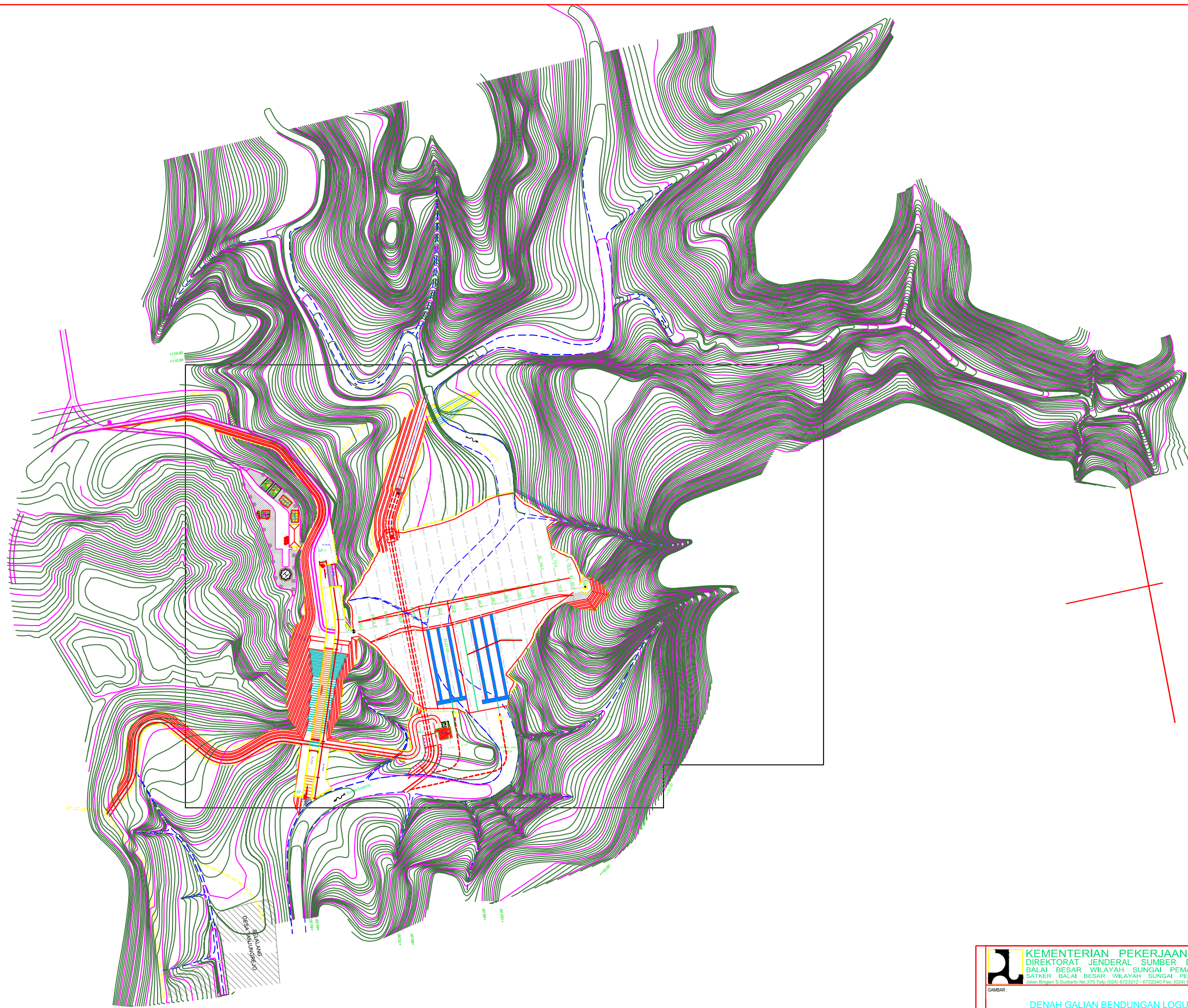
NO. GAMBAR


Bramara Dwi Mahayana
1011181500021

Ir. EDY SUMIRMAN, MT.

4





 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI JUANA SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI JUANA <small>Jalan Brigjen S. Sudarto No.375 Telp. (024) 8723212 - 8722240 Fax. (024) 8731758 SEMARANG</small>	NO. REGISTER : BBWS-PJ-BU-03		PROVINSI : JAWA TENGAH
	NO. LEMBAR : 03/17		PEKERJAAN SERTIFIKASI DESAIN BENDUNGAN LOGUNG
DISETJUI		TANGGAL : 28 Maret 2014	NO. KONTRAK : KU.03.01-Ao.6.2/ PERPROG-BBWS/PJKNT/09
DIRENCANA : Ir. Mudji	DIPERIKSA : Ir. App. Didien T, MT	KABUPATEN : KUDUS	
PPK PERENCANA DAN PROGRAM Ir. Rudi Kristono, MT	KABID. PROGRAM DAN PERENCANAAN UMUM Ir. Jeanne Mieke Wagey, Sp	DIBARANGKANNY DENAH GALIAN BENDUNGAN LOGUNG	

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Bramara Dwi Mahayana merupakan anak kedua dari dua bersaudara, Lahir di Surabaya pada tanggal 14 Januari 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kaliasin III Surabaya, lalu melanjutkan pendidikan di SMPN 6 Surabaya, lalu di SMAN 15 Surabaya. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2013, penulis diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Program Studi Diploma III pada tahun 2014, terdaftar dengan NRP 3114030128. Setelah itu penulis melanjutkan kuliahnya di Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini terdaftar dengan NRP 10111815000021, penulis mengambil bidang studi Bangunan Air. Penulis juga pernah aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan dan berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Penulis bisa dihubungi via email bramarads@gmail.com. Motto hidup : “Berbuatlah baik kepada siapapun”.