



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

**RENCANA PENGOPERASIAN PINTU AIR
BENDUNG GERAK SEMBAYAT UNTUK
OPTIMASI IRIGASI, AIR BERSIH DAN
PENGENDALI BANJIR**

MUHAMMAD YUSRI MAULANA IKHSAN
1011181500009

DOSEN PEMBIMBING:
Dr. Ir. Suharjoko, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

**RENCANA PENGOPERASIAN PINTU AIR
BENDUNG GERAK SEMBAYAT UNTUK
OPTIMASI IRIGASI, AIR BERSIH DAN
PENGENDALI BANJIR**

**MUHAMMAD YUSRI MAULANA IKHSAN
1011181500009**

**DOSEN PEMBIMBING:
Dr. Ir. Suharjoko, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



FINAL PROJECT - VC 181819

**PLAN OF FLOOD GATE OPERATION FOR
OPTIMAIZE IRRIGATION, RAW WATER AND
FLOOD CONTROLLER**

MUHAMMAD YUSRI MAULANA IKHSAN
1011181500009

COUNSELLOR LECTUER:
Dr. Ir. Suharjoko, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

*CIVIL ENGINEERING DIPLOMA PROGRAM
DEPARTMENT OF ENGINEERING INFRASTRUCTURE CIVIL
FACULTY OF VOCANTIONS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMEBER
SURABAYA 2019*

LEMBAR PENGESAHAN

RENCANA PENGOPERASIAN PINTU AIR BENDUNG GERAK SEMBAYAT UNTUK IRIGASI, AIR BERSIH DAN PENGENDALI BANJIR

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan

Pada

Program Studi D-IV Lanjut Jenjang
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun Oleh:



Muhammad Yusri Maulana Ikhsan

NRP. 10111815000009

Disetujui oleh Pembimbing Proposal Tugas Akhir Terapan:



Dosen Pembimbing

29 JUL 2019

Dr. Ir. Suharjoko, MT

NIP. 19560119 198403 1 001



**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 Mo. Yusri Maulana Ikhsan 2
NRP : 1 101 118 150 0000 9 2
Judul Tugas Akhir : Rencana Pengoperasian pintu Air Bandung gank Sembayat
Untuk optimasi Irigasi, Air Bersih dan pengendali Banjir
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Suhardjoko, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	27-02-2019	- Konsultasi Data. Perkiraan keb Air untuk ^{ada} ada				
2.	26-03-2019	- Lanjut perkiraan keb. Air untuk irigasi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	12-04-2019	- Konfirmasi Data Debit ke lokasi = Buat outline pekerjaan Tugas Akhir		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	30-04-2019	- Analisa Pemasang Sirt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	9-05-2019	- Lanjutha Optimes				
6.	12-06-2019	- Pengoperasian pintu - Laporan		<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 = Tertambat dari jadwal



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 :
 26-6-2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Rencana Pengoperasian Pintu Air Bendung Gerak Sembayat Untuk Optimalisasi Irigasi, Air Bersih dan Pengendali Banjir		
Nama Mahasiswa 1	Muhammad Yusri Maulana Ikhsan	NRP	10111815000009
Nama Mahasiswa 2		NRP	
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Suharjo, M.T. NIP 19560119 198403 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<p>1. Rumus OS a, b, c dan d, buatkan menjadi 9-6 V_{1/2}, b, dan $a = c \cdot b \cdot \frac{1}{2} \cdot V$</p> <p>2. Perhatikan gambar, hitung a dan b, buatkan rumus a dan b dengan hitung a dan b, dan hitung a dan b, dan hitung a dan b rumus a dan b, dan hitung a dan b, dan hitung a dan b</p> <p>3. Buatlah Lay & cross pada gambar tersebut</p>	<p></p> <p>Ir. Ismail Sa'ud, M.MT. NIP 19600517 198903 1 002</p>
<p>Tinjau pengaruh aliran balok pd up-stream bendung pada saat pintu ditutup.</p> <p>perbaiki tabel hal 65, arak tabel hal 92 hrs serok</p>	<p></p> <p>Ir. Didik Haryanto, CES. NIP 19590329 198811 1 001</p>
<p>- Tabel Data Bendung di kumpulkan - Buat sket perisai giran - kerf dan di kumpulkan - make peng serok di kumpulkan jika kalle di kumpulkan (Flardhorit)</p>	<p></p> <p>Dwi Indriyani, S.T., M.T. NIP 19810210 201404 2 001</p>
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
<p></p> <p>Ir. Ismail Sa'ud, M.MT. NIP 19600517 198903 1 002</p>	<p></p> <p>Ir. Didik Haryanto, CES. NIP 19590329 198811 1 001</p>	<p></p> <p>Dwi Indriyani, S.T., M.T. NIP 19810210 201404 2 001</p>	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Dr. Ir. Suharjo, M.T. NIP 19560119 198403 1 001	NIP -

ABSTRAK

RENCANA PENGOPERASIAN PINTU AIR BENDUNG GERAK SEMBAYAT UNTUK OPTIMASI IRIGASI, AIR BERSIH DAN PENGENDALI BANJIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Yusri Maulana Ikhsan
NRP : 101118 15000 009
Jurusan : Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil,
Fakultas Vokasi
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Suharjoko, MT.

Tugas Akhir Terapan ini bertujuan untuk merencanakan pengoperasian bendung gerak Sembayat. Dikarenakan kondisi debit sungai yang melimpah disaat musim hujan dan apabila saat musim kemarau debit nya menurun drastis. Oleh karena itu tujuan dari pengoperasian bendung gerak Sembayat yaitu menampung air saat debit masuk dan membuang debit banjir saat musim penghujan. Air yang ditampung dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi dan air baku.

Metode yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini pertama kali adalah menghitung kebutuhan air untuk tanaman dan kebutuhan air untuk air bersih. Selanjutnya dilakukan analisa optimasi irigasi sehingga dapat direncanakan pola pengoperasian pintu air bendung gerak Sembayat. Langkah berikutnya adalah merencanakan jadwal untuk pengoperasian pintu air bendung.

Hasil dari Tugas Akhir Terapan ini adalah pengoperasian pintu air yang menghasilkan tampungan sebesar 175803.5 m^3 yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan air bersih dan menaikkan intensitas tanam menjadi 300%.

Kata Kunci: Operasi Bendung Gerak, Optimasi Irigasi dan Air Baku

ABSTRACT

PLAN OF FLOOD GATE OPERATION FOR OPTIMIZING IRRIGATION, RAW WATER AND FLOOD CONTROLLER

Student Name : Muhammad Yusri Maulana Ikhsan
NRP : 101118 15000 009
Department : Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil,
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil,
Fakultas Vokasi
Counsellor Lecture : Dr. Ir. Suharjoko, MT.

This Final Project aims to plan the operation of the Sembayat dam. Due to the abundant conditions of the river discharge during the rainy season and dry season the discharge drops dramatically. Therefore the purpose of the Sembayat motion dam is to hold water at the time of incoming discharge and dispose of the flood discharge during the rainy season. The collected water can be used for irrigation and raw water purposes.

The method that is carried out in the implementation of this Final Project is to calculate the water requirements for plants and the need for water for clean water. Furthermore, an optimization analysis of irrigation is carried out, so that it can be planned the operation pattern of the Sembayat weir sluice. The next step is to plan a schedule for the operation of the dam sluice.

The result of this Final Project is the operation of sluice gates which produce a storage of 175803.5 m³ which can be used for clean water purposes and increase the planting intensity to 300%.

Keywords: Motion Dam Operation, Irrigation Optimization and Raw Water

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Rencana Pengoperasian Pintu Air Bendung Gerak Sembayat untuk Optimalisasi Irigasi, Air Baku dan Pengendali Banjir”**. Tugas Akhir Terapan ini disusun dengan tujuan untuk merencanakan pengoperasian pintu air yang ada di bendung gerak Sembayat agar air yang tersimpan bisa dimanfaatkan dengan optimal, serta sebagai salah satu syarat kelulusan mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada program studi Lanjut Jenjang D4 Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.

Kami ucapkan terimakasih atas bimbingan, arahan, serta bantuan dari:

1. Dr. Machus Fawzi, ST., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Dr. Ir. Suharjo, MT selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran, dan keikhlasan membimbing serta meluangkan waktu untuk kami hingga terselesaikannya Tugas Akhir Terapan ini.
3. Keluarga serta Orang Tua yang membantu mendukung hingga terselesaikannya Tugas Akhir Terapan ini
4. Teman-teman Diploma Teknik Infrastruktur Sipil angkatan 2018 dan teman-teman kelas bangunan air lanjut jenjang khususnya atas bantuan, do'a, serta dukungannya.

Kami menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir Terapan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil yang lebih baik.

Surabaya, 26 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Lokasi Studi.....	3
BAB II TINJAUAN PINTU AIR BENDUNG GERAK SEMBAYAT DAN PERUNTUKANNYA.....	5
2.1. Data Teknis Bendung Gerak Sembayat.....	5
2.2. Rencana Pengembangan Irigasi.....	7
2.3. Rencana Pengembangan Air Bersih	7
2.4. Pengendalian Banjir Yang Direncanakan.....	9
BAB III METODOLOGI DAN LANDASAN TEORI.....	11
3.1. Metodologi	11
3.1.1. Studi Literatur dan Survey Pendahuluan.....	11
3.1.2. Pengumpulan Data	11
3.1.3. Analisis Data dan Proses Perhitungan.....	12
3.1.4. Analisis Rencana Pengoperasian Pintu Air	12
3.1.5. Kesimpulan dan Saran.....	12
3.2. Landasan Teori.....	12
3.2.1. Pengembangan Irigasi	12
3.2.2. Pengembangan Air Bersih.....	20

3.2.3.	Optimasi Dengan Program Linier Microsoft Excel Add-ins Solver.....	25
3.3.	Bagan Alir (<i>Flowchart</i>)	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1.	Analisis Debit Sungai.....	29
4.1.1.	Debit Sungai Bengawan Solo Hilir.....	29
4.2.	Analisis Kebutuhan Air Irigasi	30
4.2.1.	Evapotranspirasi	30
4.2.2.	Curah Hujan Efektif.....	33
4.2.3.	Penyiapan Lahan.....	40
4.2.4.	Kebutuhan Air Untuk Tanaman	42
4.3.	Analisis Kebutuhan Air Penduduk	46
4.3.1.	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk.....	46
4.3.2.	Kebutuhan Air untuk Penduduk	52
4.4.	Optimasi Irigasi dan Air Bersih dengan Metoda Add-ins Solver Microsoft Excel.....	53
4.4.1.	Analisa Optimasi Berdasarkan Debit Sungai Kebutuhan Irigasi Optimum	53
4.4.2.	Analisa Optimasi Berdasarkan Debit Kumulatif Hasil Operasi Pintu.....	59
4.5.	Manual Operasi Pintu Air.....	66
4.5.1.	Pintu Bendung	66
4.5.2.	Pengoperasian Pintu Bendung	69
4.5.3.	Analisa <i>Water balance</i> (Keseimbangan air).....	72
4.6.	Tinjauan Aliran Balik (<i>back water</i>) pada up-stream Bendung.....	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		83
5.1.	Kesimpulan.....	83
5.2.	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....		85
BIODATA PENULIS.....		87
LAMPIRAN		89
LAMPIRAN A		90

LAMPIRAN B	96
LAMPIRAN C	99
LAMPIRAN D	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Teknis Bendung Gerak Sembayat.....	5
Tabel 2. 2 Data Teknis Bendung Gerak Sembayat.....	7
Tabel 2. 3 Data Penduduk Kabupaten Gresik	8
Tabel 2. 4 Data Teknis Bendung Gerak Sembayat.....	8
Tabel 3.1 Tingkat Perkolasi.....	17
Tabel 3.2 Koefisien tanaman palawija	17
Tabel 3.3 Koefisien tanaman padi	18
Tabel 3.4 Kategori kebutuhan air non Domestik.....	22
Tabel 3.5 Penentuan tingkat layanan air baku.....	23
Tabel 3.6 Kebutuhan air non Domestik kategori I, II, III, dan IV	24
Tabel 3.7 Kebutuhan air non Domestik kategori V.....	24
Tabel 3.8 Kebutuhan air non Domestik kategori lain.....	25
Tabel 4.1 Data Debit Sungai	29
Tabel 4. 2 Faktor Koreksi.....	32
Tabel 4.3 Perhitungan Evapotranspirasi.....	34
Tabel 4.4 Perhitungan evapotranspirasi	35
Tabel 4.5 Perhitungan Evapotranspirasi.....	36
Tabel 4.6 Data Curah hujan.....	37
Tabel 4.7 Ranging Curah hujan.....	38
Tabel 4.8 Perhitungan Curah Hujan Efektif.....	39
Tabel 4.9 Perhitungan Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan	40
Tabel 4. 10 Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan.....	42
Tabel 4. 11 Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman	44
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Kebutuhan air selama 1 tahun	45
Tabel 4.13 Data Penduduk Kabupaten Gresik	46
Tabel 4.14 Tabel Perhitungan Proyeksi Penduduk.....	49
Tabel 4.15 Tabel Perhitungan Standart Deviasi	51
Tabel 4.16 Kebutuhan Air untuk Penduduk.....	53
Tabel 4.17 Perhitungan Optimasi	56

Tabel 4. 18 Luas Lahan Hasil Optimasi	57
Tabel 4.19 Keterangan Luas Lahan.....	58
Tabel 4.20 Perhitungan Optimasi Debit Kumulatif.....	62
Tabel 4.21 Luas Lahan hasil Optimasi kumulatif.....	63
Tabel 4.22 Keterangan Luas Lahan.....	64
Tabel 4.23 Hubungan antara pembukaan pintu dan debit yang melimpah	67
Tabel 4.24 Rencana Pengoperasian Pintu Air Bendung Gerak ...	71
Tabel 4.25 Analisa Kesetimbangan Air.....	72
Tabel 4.26 Rencana Operasional Bendung.....	77
Tabel 4. 27 Perhitungan Panjang pengaruh Back Water dengan <i>Direct Step Methode</i>	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Bendung Gerak Sembayat	4
Gambar 1. 2 Bendung Gerak Sembayat	4
Gambar 2. 1 Data Debit Sungai Selama 1 Tahun.....	9
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	27
Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Gresik..	47
Gambar 4.2 Grafik Proyeksi Pertumbuhan Metode Aritmatik....	50
Gambar 4.3 Grafik Proyeksi Pertumbuhan Metode Geometrik ..	51
Gambar 4.4 Sketsa pola tata tanam optimasi.....	58
Gambar 4.5 Grafik Optimasi menggunakan debit andalan	59
Gambar 4.6 Sketsa pola tanam optimasi debit kumulatif.....	64
Gambar 4.7 Grafik Optimasi menggunakan debit kumulatif	65
Gambar 4.8 Grafik Kebutuhan Air Irigasi.....	66
Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara pembukaan pintu dengan debit yang melimpah	69
Gambar 4.10 Grafik Kurva Massa Debit Inflow	70
Gambar 4.11 Grafik Kurva Massa Kebutuhan Air Irigasi an Air Baku	70
Gambar 4. 12 Grafik Analisa Keseimbangan Air	76
Gambar 4. 13 Grafik Kurva Tampung	79
Gambar 4. 14 Gambar profil Aliran balik akibat penutupan Pintu	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terpanjang di Jawa dengan panjang 548 km yang berasal dari pegunungan Kidul di daerah Wonogiri Jawa Tengah, dan bermuara di Gresik Jawa Timur. Sungai Bengawan Solo memiliki luas Daerah Aliran Sungai (DAS) sekitar 16.100 km². DAS ini terletak pada 2 propinsi dengan 12 kabupaten yaitu propinsi Jawa Tengah dengan 6 kabupaten dan Jawa Timur dengan 6 kabupaten. DAS Bengawan Solo merupakan DAS terluas di wilayah sungai Bengawan Solo yang meliputi Sub DAS Bengawan Solo hulu dengan luas 6.072 km², Sub DAS Kali Madiun dengan luas ±3.755 km² dan Sub DAS Bengawan Solo hilir dengan luas ±6.273 km².

Sungai Bengawan Solo hilir ini memiliki daerah aliran sepanjang 61.868 km serta mengalir wilayah utara kabupaten Gresik dan beberapa kecamatan di Kabupaten Lamongan dengan debit rata-rata 391,7 m³/det. Akan tetapi, jika musim kemarau, debit tersebut tidak dapat terpenuhi dan mengakibatkan sungai-sungai di sekitarnya mengalami kekeringan. Mengingat bahwa kawasan gresik utara hingga lamongan ini dekat dengan pantai, maka pada musim kemarau, air laut akan mengisi sungai-sungai yang kering tersebut. Sehingga pasokan air bersih dan air tawar menjadi sulit. Oleh sebab itu dibangun bendung gerak Sembayat yang bertujuan menghalang masuknya air laut yang menyebabkan air tawar terkontaminasi air laut sehingga tidak dapat dimanfaatkan, selain itu bertujuan meminimalisir banjir saat musim hujan dan untuk perbaikan sistem irigasi bagi petani.

Bendung Gerak Sembayat berada pada Sub DAS Bengawan Solo Hilir yang terletak di Desa Sidomukti Kecamatan Bungah Kabupaten Gresik. Bendung ini berada pada aliran sungai Bengawan Solo, Bendung Gerak Sembayat memiliki 7 buah pintu

dengan lebar 20 m dan tinggi 6 m. Pada musim kemarau debit sungai Bengawan Solo tidak mencukupi untuk irigasi sehingga perlunya penambahan debit, sedangkan untuk musim hujan air melimpah dan banyak yang terbuang dan tidak jarang menyebabkan banjir di beberapa lokasi sehingga perlu adanya pengontrol debit untuk air agar dapat digunakan untuk musim kemarau. Air di Bendung Gerak Sembayat juga digunakan untuk irigasi dan air baku.

Bendung Gerak Sembayat direncanakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi seluas 4369 Ha. 800 Ha disebalah kanan Bendung dan 3569 Ha di sebelah kiri Bendung. Bendung Gerak Sembayat juga dimanfaatkan untuk keperluan air bersih dengan debit 1.35 m³/detik.

Pengontrolan elevasi muka air sangat diperlukan agar semua kebutuhan dapat terpenuhi, dengan cara tercapainya ketinggian elevasi muka air di hulu Bendung akan bisa dimanfaatkan untuk irigasi dan kebutuhan air baku domestik dan industri. Selain menaikkan elevasi muka air di hulu Bendung, di hilir Bendung dapat meminimalkan intrusi air laut agar tidak bercampur dengan air yg dari hulu sungai. Maka dari itu dibutuhkan **“Rencana pengoperasian pintu air bendung gerak Sembayat untuk irigasi, air bersih dan pengendali banjir”**.

1.2. Rumusan Masalah

Untuk memperoleh pengoperasian pintu air bendung yang tepat. Oleh karena itu dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana optimasi penggunaan air irigasi dan air bersih?
2. Bagaimana proses pengendalian banjir?
3. Bagaimana rencana manual operasi pintu air sesuai dengan optimasi air irigasi, air bersih dan pengendali banjir?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini adalah:

1. Menghitung optimasi kebutuhan penggunaan air untuk irigasi dan air bersih.
2. Menganalisa banjir bngawan solo hilir dan merencanakan proses pengendaliannya.
3. Menyusun rencana manual operasi pintu air hasil perhitungan optimasi air irigasi, air bersih dan pengendali banjir.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam Tugas Akhir Terapan ini meliputi:

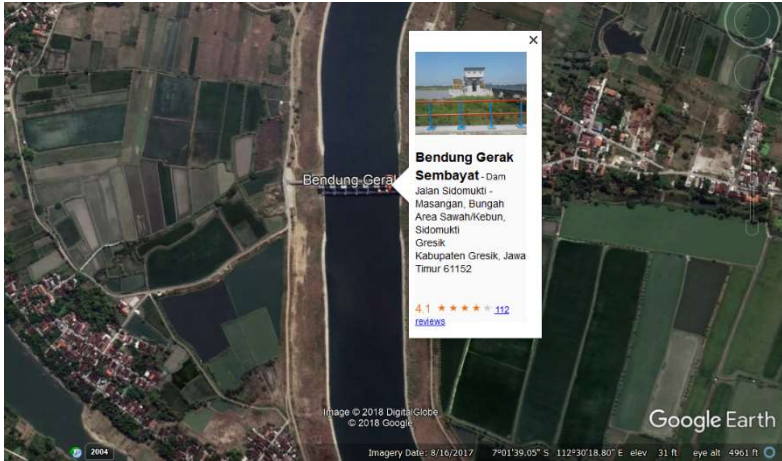
1. Untuk pembahasan bendung hanya membahas pengoperasian pintu, tidak merencanakan dimensi pintu.
2. Pembahasan difokuskan pada pintu air bendung, kondisi pintu air dianggap baik, segala kerusakan pintu tidak termasuk dalam pembahasan.

1.5. Manfaat

Tugas Akhir Terapan ini diharapkan bisa menghasilkan sebuah rencana pengoperasian pintu air yang baik. Sehingga dapat meminimalisir permasalahan seperti banjir dan memenuhi kebutuhan air yang diperlukan masyarakat disekitar Bendung gerak Sembayat.

1.6. Lokasi Studi

Lokasi dari Bendung gerak Sembayat berada di Desa Sidomukti, Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik. Secara geografis, lokasi embung berada pada LS: 07° 01' 39,05" BT: 112° 30' 18,80" seperti pada gambar 1.1. Pada gambar 1.2 menunjukkan kondisi dari bendung gerak Sembayat.



Gambar 1. 1 Lokasi Bendung Gerak Sembayat

(Sumber: Google Earth)



Gambar 1. 2 Bendung Gerak Sembayat

BAB II

TINJAUAN PINTU AIR BENDUNG GERAK SEMBAYAT DAN PERUNTUKANNYA

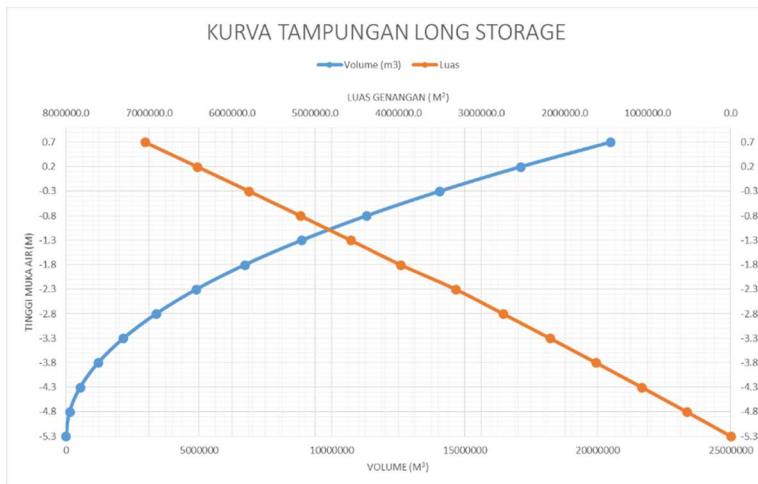
2.1. Data Teknis Bendung Gerak Sembayat

Berikut ini disajikan data teknis Bendung Gerak Sembayat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Data Teknis Bendung Gerak Sembayat

BENDUNG	<p>Daerah Tangkapan Sungai (Catchment Area)</p> <p>Kapasitas Tampungan (Storage Capacity)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tinggi Muka Air di Hulu Bendung <ul style="list-style-type: none"> • Muka Air Tinggi (MAT) • Muka Air Minimum (MAM) • Muka Air Rendah (MAR) • Muka Air Banjir • Debit Air Banjir Q_{50th} • Tinggi Muka Air di Hilir Bendung <ul style="list-style-type: none"> • Muka Air Tertinggi Pasang - Surut • Muka Air Terendah Pasang - Surut • Bendung Pelimpah <ul style="list-style-type: none"> • Type Bendung • Elevasi Dasar Bendung • Lebar Bendung • Panjang 	<p>$\pm 15,700 \text{ Km}^2$</p> <p>10,000,000 m^3 (MAT-MAR) 6,000,000 m^3 (MAT – MAM)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevasi +0.70 • Elevasi -0.35 • Elevasi -1.10 • Elevasi +4.10 (Q_{50th}) • 2,530 m^3/s • Elevasi +0.30 • Elevasi -2.20 • Bendung Gerak (Barrage) • Elevasi -5.30 • 161 m • 30 m (Original contract L = 27m)
PINTU	<ul style="list-style-type: none"> • Pintu Bendung <ul style="list-style-type: none"> • Type Pintu • Jumlah Pintu • Lebar • Tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Pintu Sorong • 7 (Tujuh) Pintu • 20 m (Masing – masing pintu) • 6.30 m (Masing – masing pintu)

Elevasi	Luas Genangan (m ²)	Volume (m ³)	Kumulatif Volume (m ³)
-5.3	0.0	0.0	0.00
-4.8	532666.7	133,166.7	133,166.67
-4.3	1073166.7	401,458.3	534,625.00
-3.8	1621500.0	673,666.7	1,208,291.67
-3.3	2177666.7	949,791.7	2,158,083.33
-2.8	2741666.7	1,229,833.3	3,387,916.67
-2.3	3313500.0	1,513,791.7	4,901,708.33
-1.8	3975416.7	1,822,229.2	6,723,937.50
-1.3	4574666.7	2,137,520.8	8,861,458.33
-0.8	5181750.0	2,439,104.2	11,300,562.50
-0.3	5796666.7	2,744,604.2	14,045,166.67
0.2	6419416.7	3,054,020.8	17,099,187.50
0.7	7050000.0	3,367,354.2	20,466,541.67



2.2. Rencana Pengembangan Irigasi

Bendung gerak Sembayat sangat berpengaruh untuk kehidupan para petani, dikarenakan potensi sebagai long storage yang mampu menyimpan air sebesar 10 juta m³. Dahulu sebelum adanya bendung gerak sembayat proses penanaman hanya mampu belangsung selama 2 kali tanam, dikarenakan pada musim kemarau debit air di sungai bengawan solo berkurang drastis sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk irigasi. Bendung Gerak sembayat akan mengairi irigasi seluas 800 Ha dan irigasi pompa hingga 3.569 Ha. Berikut ini disajikan data teknis Bendung Gerak Sembayat ada tabel 2.2:

Tabel 2. 2 Data Teknis Bendung Gerak Sembayat

<i>Inlet & Outlet Channel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe • Elevasi Dasar • Lebar • Tinggi • Panjang 	<ul style="list-style-type: none"> • Box Culvert • Elevasi -0.90 • 1.75 m x 2 buah • 1.90 m • 106.3 m
<i>Gate</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe • Lebar • Tinggi • Daun Pintu 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Steel made fixed wheel gate</i> • 1.75 m • 1.90 m • 2 sets

2.3. Rencana Pengembangan Air Bersih

Air bersih yang tersedia di bendung gerak sembayat sangat besar dapat dimanfaatkan untuk air bersih, air yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan domestik dan industri. Tampungan air bersih di bendung gerak sembayat dimanfaatkan penduduk kabupaten Gresik. Berikut ini ditampilkan data penduduk kabupaten Gresik pada tabel 2.3 dan data *intake Water Treatment Plant* (WTP) pada tabel 2.4:

Tabel 2. 3 Data Penduduk Kabupaten Gresik

No	Tahun	Kecamatan						Total
		Dukun (jiwa)	Panceng (jiwa)	Ujung Pangkajene (jiwa)	Sidayu (jiwa)	Bungah (jiwa)	Manyar (jiwa)	
1	2007	62174	46214	44301	39593	60051	92681	345014
2	2008	62307	48604	42487	40773	62548	84378	341097
3	2009	64057	49213	47229	40805	62820	100698	364822
4	2010	64251	49815	47670	41072	63116	102364	368288
5	2011	66600	51027	48722	41829	64702	104494	377374
6	2012	68368	51685	50463	42915	66200	108784	388415
7	2013	68954	52437	50971	43444	67123	110165	393094
8	2014	68705	52552	51066	43757	67427	111041	394548
9	2015	67143	52036	50916	43568	67060	111205	391928
10	2016	67744	52519	51236	43847	67176	112862	395384
11	2017	67364	52392	51358	43782	67720	113868	396484

Sumber: BPS Kab. Gresik

Tabel 2. 4 Data Teknis Bendung Gerak Sembayat

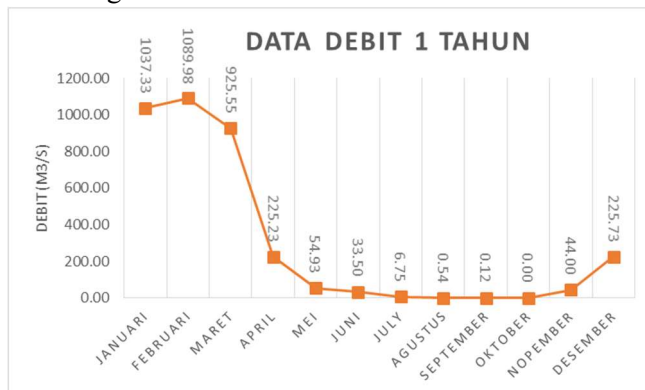
<i>Inlet & Outlet Channel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe • Elevasi Dasar • Lebar • Tinggi • Panjang 	<ul style="list-style-type: none"> • Box Culvert • Elevasi -1.70 • 2.50 m x 2 buah • 2.70 m • 109 m
<i>Gate</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe • Lebar • Tinggi • Daun Pintu 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Steel made fixed wheel gate</i> • 2.50 m • 2.70 m • 2 sets

2.4. Pengendalian Banjir Yang Direncanakan

Kondisi disekitar bendung sembayat rawan dengan banjir terutama daerah kecamatan dukun dan bungah kabupaten Gresik yang memiliki elevasi rendah dan sering terjadi banjir. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu perhitungan agar disetiap akan mendapat kiriman debit yang besar dari hulu sungai Bengawan Solo dapat diatasi peroperasian pintunya agar tidak ada debit yang tertahan sehingga menyebabkan terjadinya banjir tersebut.

- Data Debit Sungai

Data debit sungai didapat dari pengamatan tinggi muka air di hulu bendung selama 1 tahun.



Gambar 2. 1 Data Debit Sungai Selama 1 Tahun

- Data Curah hujan kabupaten Gresik.

Untuk data curah hujan kabupaten Gresik menggunakan beberapa stasiun hujan dengan data tahun 2008-2017:

- Stasiun hujan Panceng
- Stasiun hujan Mentaras
- Stasiun hujan Sidayu
- Stasiun hujan Lowayu
- Stasiun hujan Tambak Ombo
- Stasiun hujan Ujung Pangkah

BAB III

METODOLOGI DAN LANDASAN TEORI

Metode perencanaan disusun untuk mempermudah pelaksanaan studi, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan tujuan studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang sistematis, teratur dan tertib, sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

3.1. Metodologi

3.1.1. Studi Literatur dan Survey Pendahuluan

Survey pendahuluan dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang sedang terjadi dilapangan sehingga dapat mengetahui secara *real* dan dapat mengambil langkah-langkah untuk mendapat solusi dari permasalahan yang terjadi, dan dilakukan pencarian studi terdahulu agar dapat dimanfaatkan untuk mendapat solusi-solusi yang sesuai dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi. Selain itu, survey dilakukan untuk mendapat dokumentasi lapangan sebagai data penunjang untuk pengerjaan Tugas Akhir ini. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data.

3.1.2. Pengumpulan Data

Setelah melakukan identifikasi permasalahan yang ada dilapangan maka langkah selanjutnya adalah mencari data pendukung untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi. Data yang digunakan dalam pengerjaan ini adalah data sekunder yang mana merupakan data secara tidak langsung berupa catatan maupun hasil penelitian dari pihak lain. Adapun data sekunder tersebut meliputi:

- Data sawah
- Data curah hujan
- Data debit sungai
- Data klimatologi

- Data penduduk
- Data teknis bendung gerak Sembayat.

Setelah memperoleh data yang diperlukan data dilanjutkan ke proses perhitungan atau analisis data.

3.1.3. Analisis Data dan Proses Perhitungan

Analisis data dilakukan setelah mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk mendapat solusi dari permasalahan yang terjadi.

- Analisis debit untuk mengetahui seberapa besar debit yang mengalir dan seberapa besar kebutuhannya.
- Analisis klimatologi yang akan membahas perhitungan evapotranspirasi yang terjadi untuk keperluan irigasi.
- Optimasi irigasi dan air bersih untuk mengetahui kebutuhan air yang dimanfaatkan dan mengetahui ketersediaan air yang ada.
- Analisis pengaruh pasang surut air laut.

Setelah semua data sudah diketahui, maka dapat dilanjutkan untuk perencanaan pengoperasian pintu air.

3.1.4. Analisis Rencana Pengoperasian Pintu Air

Proses perencanaan pengoperasian pintu air dilakukan setelah proses perhitungan optimasi untuk irigasi dan air bersih, sehingga dapat diketahui kapan pintu air dioperasikan.

3.1.5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan Saran merupakan hasil dari analisa dan jawaban akan permasalahan yang ada.

3.2. Landasan Teori

3.2.1. Pengembangan Irigasi

a. 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. (SPI KP-01:1986)

Dalam menentukan debit andalan dengan peluang 80% maka dapat digunakan probabilitas metode Weibull dengan rumus persamaan 3.1:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan:

P = Peluang (%)

m = No urut data

n = Jumlah data

Dari data debit yang diperoleh untuk studi ini akan diketahui berapa debit yang mengalir sehingga dapat dimanfaatkan untuk perhitungan kebutuhan air untuk irigasi, kebutuhan air bersih dan debit banjir.

b. Curah Hujan Rencana

Curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan cara menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan seperti pada persamaan 3.2:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan :

R = Curah Hujan rata-rata (mm)

R₁, R₂, R_n = Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

c. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh selama masa tumbuh tanaman, yang dapat digunakan untuk memenuhi air konsumtif tanaman. Besarnya curah hujan ditentukan dengan 70% dari curah hujan rata-rata tengah bulanan dengan kemungkinan kegagalan 20% (curah hujan R_{80}). Dengan menggunakan basic year dengan rumus pada persamaan 3.3:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1 \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan:

R_{80} = Hujan Efektif 80%

n = Periode lama pengamatan.

Curah hujan efektif diperoleh dari 70% x R_{80} per periode waktu pengamatan. Apabila data hujan yang digunakan 10 harian maka persamaannya menjadi:

$$R_{e \text{ padi}} = \frac{(R_{80} \times 70 \%)}{10} \text{ mm/hari}$$

$$R_{e \text{ tebu}} = \frac{(R_{80} \times 60 \%)}{10} \text{ mm/hari}$$

$$R_{e \text{ polowijo}} = \frac{(R_{80} \times 50 \%)}{10} \text{ mm/hari}$$

d. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah peristiwa evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersamaan. Evaporasi merupakan pergerakan air ke udara dari berbagai sumber seperti tanah, atap dan badan air. Sedangkan transpirasi ialah pergerakan air di dalam tumbuhan yang hilang melalui stomata akibat diupkan oleh daun. Di dalam perhitungan dikenal ada dua istilah evapotranspirasi yaitu:

- Evapotranspirasi potensial, terjadi apabila tersedia cukup air untuk memenuhi pertumbuhan optimum.
- Evapotranspirasi actual, terjadi dengan kondisi pemberian air seadanya untuk memenuhi pertumbuhan.

Banyak rumus tersedia untuk menghitung besarnya evapotranspirasi yang terjadi, salah satunya adalah Metode Penman modifikasi FAO pada persamaan 3.4:

$$E_{to} = c (W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d)) \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana:

E_{to} = Evaporasi potensial (mm/hari)

W = bobot faktor

R_n = Radial netto

$e_a - e_d$ = Perubahan tekanan air jenuh dengan kekuatan uap nyata

c = Faktor penyesuaian untuk mengimbangi

(Sumber: Triatmojo, 2008: 76)

e. **Perencanaan Pola 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.

f. **Penyiapan Lahan**

Pada standar perencanaan irigasi disebutkan bahwa kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan

kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek irigasi. Ada 2 (dua) faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan ialah:

- a. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan.
- b. Jumlah air yang diperlukan untuk 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 pada persamaan 3.5:

$$LP = M \cdot ek / (ek - 1) \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana:

- LP = Kebutuhan air irigasi untuk pengolahan tanah (mm/hari)
- M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan (= $E_0 + P$)
- E_0 = Evaporasi air terbuka (mm/hari) (= $ET_0 \times 1,10$)
- P = Perkolasi (mm/hari) (= Tergantung tekstur tanah)
- K = $M \times T/S$
- T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)
- S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50mm, yakni $250 + 50 = 300$ mm.

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)

g. Perkolasi

Istilah perkolasi kurang mempunyai arti penting pada kondisi alam, tetapi dalam kondisi buatan, perkolasi mempunyai arti penting dimana karena alasan teknis dibutuhkan proses infiltrasi yang terus menerus. Besarnya perkolasi dinyatakan dalam mm/hari (Soemarto, CD: 1987).

Tabel 3.1 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: KP – 01, 1986

h. Pergantian Lapisan Air

Pergantian lapisan air dilakukan pada sistem budaya padi sawah, pergantian lapisan air dilakukan dua kali, masing-masing 50 mm (2,5 mm/hari sebulan) selama 20 hari pada sebulan dan dua bulan setelah pergantian tanaman. (Departemen PU, 1986a: 36).

i. Koefisien Tanaman

Besarnya nilai suatu koefisien tanaman tergantung dari umur dan jenis tanaman yang ada. Koefisien tanaman juga merupakan faktor yang dapat digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman pada masa pertumbuhannya.

Tabel 3.2 Koefisien tanaman palawija

Jenis Tanaman	Jangka Tumbuh (hari)	1/2 Bulan								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
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				

Sumber: KP – 01, 1986

Tabel 3.3 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

j. Penggunaan Konsumtif Tanaman

Kebutuhan air untuk tanaman (*crop water requirement*) merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di areal pertanian pada kondisi cukup air dari kesuburan tanah dengan potensi dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik. Kebutuhan air untuk tanaman ini didekati dengan persamaan 3.6:

$$Etc = kc \times Eto \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana:

Etc = Kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

Et0 = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Kc = Koefisien tanaman

(Sumber: Departemen PU, 1986.a: 36)

k. Kebutuhan air disawah

Kebutuhan air irigasi ialah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Suatu pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh ketersediaan air yang di dalam tanah. Kekurangan air akan mengakibatkan terjadinya gangguan aktifitas fisiologis tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman akan terhenti. Kebutuhan air untuk tanaman pada suatu jaringan irigasi

merupakan air yang dibutuhkan untuk tanaman untuk pertumbuhan yang optimal tanpa kekurangan air yang dinyatakan dalam Netto Kebutuhan Air Lapang (*Net Field Requirement*, NFR).

Besarnya kebutuhan air untuk tanaman di sawah ditentukan oleh beberapa faktor, yakni penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air dan curah hujan. Faktor lain yang juga perlu diperhatikan adalah efisiensi irigasi karena faktor tersebut dapat mengurangi jumlah air irigasi pada tingkat penyaluran air. Berikut ini adalah rumusan yang digunakan dalam mencari besaran kebutuhan air di sawah untuk beberapa jenis tanaman.

Perhitungan netto kebutuhan air tanaman padi, palawija, dan tebu di jaringan irigasi dihitung dengan persamaan 3.7 sampai 3.9:

$$\text{NFR Padi} = \text{Etc} + \text{WLR} + \text{P} - \text{RE Padi} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\text{NFR Palawija} = \text{Etc} - \text{RE Palawija} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\text{NFR Tebu} = \text{Etc} - \text{RE Tebu} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana:

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

WLR = Kebutuhan air untuk pergantian lapisan air

P = Perkolasi atau rembesan

RE = Curah hujan efektif (mm/hari)

(Sumber: Departemen PU, 1986.b: 49)

1. Kebutuhan air dipintu pengambilan

Kebutuhan air di pintu pengambilan merupakan jumlah kebutuhan air di sawah dibagi dengan efisiensi irigasinya. Kebutuhan air di pintu pengambilan dapat dihitung dengan rumus pada persamaa 3.11:

$$\text{DR} = \frac{\text{NFR}}{e \times 8,64} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana:

DR = Kebutuhan air irigasi (lt/dt/ha)

NFR = Kebutuhan air di sawah (mm/hari)

e = Efisiensi saluran

8.64 = Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt

m. 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%

Efisiensi Irigasi Total (C)

= 90% x 90% x 80%

= 65%

3.2.2. Pengembangan Air Bersih

a. Perkiraan jumlah penduduk

Proyeksi jumlah penduduk adalah menentukan perkiraan jumlah penduduk pada beberapa tahun mendatang, sesuai dengan periode perencanaan yang diinginkan. Data yang diperlukan adalah jumlah penduduk maupun presentase kenaikan jumlah penduduk rata-rata pertahun yang diperoleh dari analisis data jumlah penduduk selama 5 tahun terakhir, serta rata-rata kenaikan jumlah penduduk selama 5 tahun terkakhir. Ada 2 rumus untuk menentukan proyeksi jumlah penduduk yang dipakai, yaitu metode aritmatik dan geometrik, sesuai dengan “Petunjuk Teknis Perencanaan, Rencana Induk Sistem, Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan”. Kedua metode tersebut adalah sebagai berikut:

1. Metode Aritmatik

Metode Ini biasanya disebut juga dengan rata-rata hilang. Metode ini digunakan apabila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relative sama setiap tahun. Hal ini terjadi pada

kota dengan luas wilayah yang kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi rendah dan perkembangan kota tidak terlalu pesat. Rumus metode Aritmatika persamaan 3.13:

$$I = \frac{Pt - Po}{t} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$Pn = Pt + I (n) \dots\dots\dots (3.13)$$

Dimana:

- Pn = Jumlah Penduduk pada tahun ke n
- Pt = Jumlah Penduduk yang diketahui pada tahun terakhir
- I = Konstanta Aritmatik
- n = Jumlah Interval
- Po = Jumlah Penduduk yang diketahui pada tahun ke i
- t = Jumlah Tahun yang diketahui

2. Metode Geometrik

Untuk Keperluan proyeksi penduduk, metode ini digunakan bila data menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Jadi, Pertumbuhan penduduk dimana angka pertumbuhan adalah sama atau konstan untuk setiap tahun, Rumus metode Geometrik persamaan 3.14:

$$Pn = Po \times (1 + r)^n \dots\dots\dots (3.14)$$

Dimana:

- Pn = Jumlah Penduduk pada tahun ke n
- Po = Jumlah Penduduk yang diketahui pada tahun ke i
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- n = Jumlah interval

b. Standar kebutuhan air bersih

Air bersih adalah air yang dapat dipergunakan oleh masyarakat untuk memenuhi keperluan sehari-hari dengan kualitas yang memenuhi ketentuan baku mutu air bersih yang diterapkan. Kebutuhan air bersih merupakan jumlah air bersih yang

dibutuhkan dalam suatu sistem. Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya 2007 standar kebutuhan air ada 2 macam, antara lain:

1. Standart kebutuhan air domestik

Air bersih yang dibutuhkan untuk aktivitas sehari-hari disebut sebagai kebutuhan domestik (*domestic demand*) dalam hal ini termasuk air untuk minum, masak, membersihkan toilet dan sebagainya.

Untuk memperkirakan jumlah kebutuhan air domestik saat ini dan dimasa datang dihitung berdasarkan jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air perkapita. Kebutuhan air perkapita dipengaruhi oleh aktifitas fisik dan kebiasaan atau tingkat kesejahteraan. Oleh karena itu, dalam memperkirakan besarnya kebutuhan domestik perlu dibedakan antara kebutuhan air untuk penduduk daerah perkotaan dan pedesaan. Adanya perbedaan kebutuhan air dilakukan dengan pertimbangan bahwa penduduk di daerah perkotaan lebih banyak menggunakan air secara berlebihan dari pada di daerah pedesaan. Pada tabel 3.4 akan disajikan standar kebutuhan air non domestik menurut peraturan dari Departemen Cipta Karya:

Tabel 3.4 Kategori kebutuhan air non Domestik

No	URAIAN	KATEGORI BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK				
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
		Kota Metropolita n	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) (Liter/orang/hari)	190	170	130	100	80
2	Konsumsi Unit Hidran (HU) (Liter/orang/hari)	30	30	30	30	30
3	Konsumsi Unit Non Domestik (Liter/orang/detik)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30

No	URAIAN	KATEGORI BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK				
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
		Kota Metropolita n	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
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 (jiwa)	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100	100
9	Sisa Tekan di Penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi (Jam)	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir (%) Max Day Demand	20	20	20	20	20
12	SR:HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan Wilayah Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen PU, 1996

Pada tabel 3.5 diketahui tingkat rata-rata kebutuhan setiap orang per hari dalam menggunakan air bersih.

Tabel 3.5 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 Jendral Cipta Karya, 2007

2. Standart kebutuhan air non domestik

Kebutuhan dasar non domestik merupakan kebutuhan air bersih diluar kebutuhan rumah tangga. Untuk kebutuhan air non Domestik dibagi dalam beberapa kategori, antara lain:

1. Kota Kategori I (Metropolitan)
2. Kota Kategori II (Kota Besar)
3. Kota Kategori III (Kota Sedang)
4. Kota Kategori IV (Kota Kecil)
5. Kota Kategori V (Desa)

Kebutuhan air non domestik menurut kriteria perencanaan pada dinas PU dapat dilihat dalam Tabel 3.6 sampai dengan Tabel 3.8 dimana akan ditampilkan standart yang dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan air perkotaan apabila data rinci mengenai fasilitas kota dapat diperoleh.

Tabel 3.6 Kebutuhan air non Domestik kategori I, II, III, dan IV

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	2000	Liter/unit/hari
Masjid	3000	Liter/unit/hari
Kantor	10	Liter/pegawai/hari
Pasar	1200	Liter/hektar/hari
Hotel	150	Liter/bed/hari
Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	Liter/orang/hari
Kawasan Industri	0,2 - 0,8	Liter/detik/hektar
Kawasan Pariwisata	0,1 - 0,3	Liter/detik/hektar

Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya, 1996

Tabel 3.7 Kebutuhan air non Domestik kategori V

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/unit/hari
Masjid	3000	Liter/unit/hari
Mushola	2000	Liter/unit/hari
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Industri/Komersial	10	Liter/hari

Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya, 1996

Tabel 3.8 Kebutuhan air non Domestik kategori lain

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Lapangan Terbang	10	Liter/orang/detik
Pelabuhan	50	Liter/orang/detik
Stasiun KA dan Terminal Bus	10	Liter/orang/detik
Kawasan Industri	0.75	Liter/orang/hektar

Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya, 1996

3.2.3. 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:

- 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).

$X1_{\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 1 (Ha)

$X2_{\text{padi}}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 2 (Ha)

$X3_{\text{padi}}$ = 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)
 $X_{1\text{padi}}, X_{2\text{padi}}, X_{3\text{padi}}, X_{4\text{padi}}, X_{5\text{padi}}, X_{6\text{padi}}, X_{7\text{padi}}, X_{8\text{padi}}, X_{9\text{padi}}, X_{10\text{padi}}, X_{11\text{padi}}, X_{12\text{padi}}, P_1, P_2, P_3 \geq 0$

a. Fungsi Kendala

Luasan Maksimum

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

b. Volume Andalan

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

Dimana:

V_{i1} = volume andalan pada bulan 1

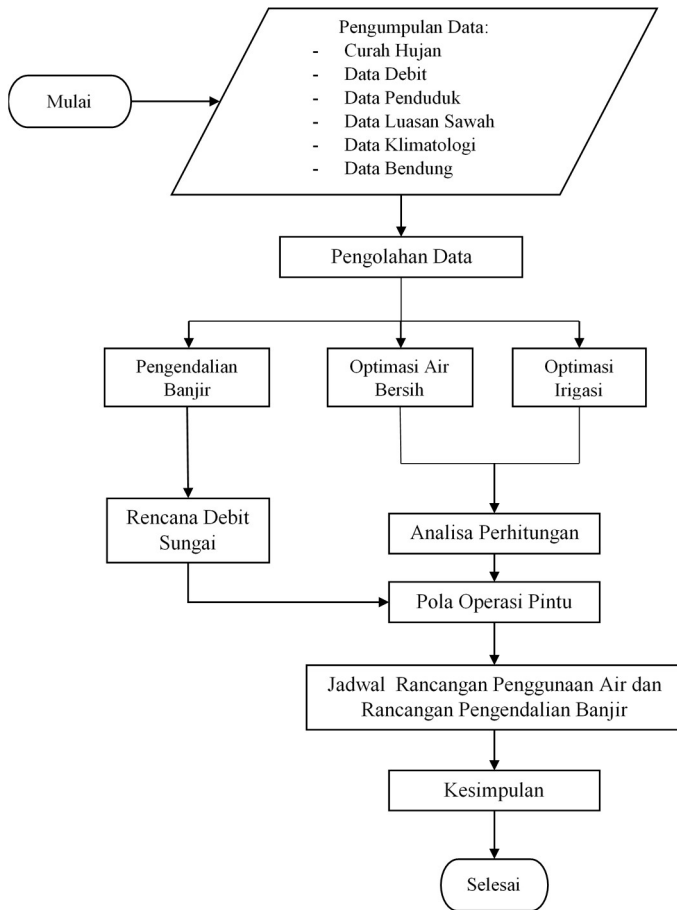
c. Tanaman Palawija

$$P_1 \geq P_t$$

Dimana:

P_t = Luas tanaman palawija yang diisyaratkan

3.3. Bagan Alir (*Flowchart*)



Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Debit Sungai

4.1.1. Debit Sungai Bengawan Solo Hilir

Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini, Debit yang digunakan berasal dari sungai Bengawan solo. Data didapat dari pengamatan yang dilakukan instansi terkait. Data debit yang diperoleh selama 1 tahun diasumsikan sebagai debit andalan. Tabel 4.1 merupakan Data Debit Selama 1 Tahun.

Tabel 4.1 Data Debit Sungai

Bulan	Debit (m ³ /s)	Bulan	Debit (m ³ /s)		
Januari	1	1013.28	Juli	1	15.14
	2	992.80		2	2.98
	3	1099.69		3	2.54
Februari	1	869.35	Agustus	1	0.88
	2	1100.26		2	0.34
	3	1352.91		3	0.40
Maret	1	1105.58	September	1	0.37
	2	1281.60		2	0.00
	3	438.21		3	0.00
April	1	255.56	Oktober	1	0.00
	2	163.18		2	0.00
	3	256.96		3	0.00
Mei	1	39.29	Nopember	1	0.00
	2	49.36		2	21.56
	3	74.21		3	110.45
Juni	1	26.78	Desember	1	194.24
	2	16.24		2	222.31
	3	57.50		3	257.46

Sumber: Perum Jasa Tirta 1, 2018

4.2. Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah kebutuhan air yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan tanaman dari awal tanam sampai dengan panen. Sehingga perlu diperhitungkan berapa banyak kebutuhan air yang diperlukan tanaman dan kehilangan air di saluran sehingga dapat di tentukan debit yang di perlukan di pintu pengambilan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi perhitungan kebutuhan air irigasi antara lain (Standar perencanaan irigasi KP-03):

4.2.1. Evapotranspirasi

Perhitungan klimatologi ini meliputi kelembaban relatif, temperatur udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari yang berguna untuk menghitung evapotranspirasi. Karakteristik data klimatologi sebagai berikut:

- a) Suhu udara terendah terjadi pada bulan Maret sebesar 27.62 °C dan suhu tertinggi terjadi pada bulan Mei sebesar 30.09 °C
- b) Kelembaban udara relatif terendah terjadi pada bulan September sebesar 67.50 % dan tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 83.22 %
- c) Lama penyinaran matahari terendah terjadi pada bulan Desember sebesar 31.6 % dan tertinggi terjadi pada bulan September sebesar 90.80 %
- d) Kecepatan Angin terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 1.50 km/jam dan tertinggi pada bulan Agustus sebesar 8.00 km/jam.

Data rata rata klimatologi dari stasiun Agroklimatologi Perak selengkapnya disajikan pada tabel 2.4, berikut merupakan contoh perhitungan Evapotranspirasi pada bulan Januari sebagai berikut:

Lokasi	= 7° Lintang Selatan
Suhu rata-rata (T) °C	= 29.81 °C
Kelembaban Relatif (%)	= 74.5 %
Lama penyinaran matahari (%)	= 59.9 %
Kecepatan Angin (U)	= 1.5 km/jam
	= 36.0 km/hari

- Langkah 1 = Mencari harga Tekanan Uap Jenuh (e_a)(mbar)
Dari data $T = 29.81^\circ\text{C}$, didapat $e_a = 41.96$ mbar
- Langkah 2 = Mencari harga Tekanan Uap Nyata (e_d)(mbar)
 $E_d = e_a \times RH = 41.96 \times 74.5\% = 31.26$ mbar
- Langkah 3 = Mencari harga perbedaan Tekanan Uap Air ($e_a - e_d$)
 $(e_a - e_d) = 41.96 - 31.26 = 10.7$ mbar
- Langkah 4 = Mencari harga fungsi Angin $f(U)$
 $f(U) = 0.27 \times (1 + U/100)$
 $f(U) = 0.27 \times (1 + 1.50/100)$
 $f(U) = 0.27$ km/hari
- Langkah 5 = Mencari harga faktor (W) dan $(1 - W)$
Dari data $T = 29.81^\circ\text{C}$ dan ketinggian rata-rata air laut = 0 m, maka didapat $(1 - W) = 0.22$
- Langkah 6 = Mencari harga $(1 - W) \times f(U) \times (e_a - e_d)$
 $= 0.22 \times 0.27 \times 10.7 = 0.33$
- Langkah 7 = Mencari harga Radiasi extra terekstrial (R_a) (mm/hari)
Lokasi berada di 7° Lintang Selatan, maka $R_a = 16.1$ mm/hari
- Langkah 8 = Mencari harga Radiasi gel. Pendek (R_s)
 $= (0.25 + 0.5 (n/N)) \times R_a$
 $= (0.25 + 0.5 (59.9\%)) \times 16.1$
 $= 8.85$ mm/hari
- Langkah 9 = Mencari harga $f(T)$ koreksi akibat temperatur dari data T
 $= 29.81^\circ\text{C}$, maka didapat $f(T) = 16.66$
- Langkah 10 = Mencari harga $f_{(ed)}$ koreksi akibat tekanan uap nyata
 $= 0.34 - 0.044\sqrt{e_d}$
 $= 0.34 - 0.044\sqrt{31.26}$
 $= 0.09$
- Langkah 11 = Mencari harga $f(n/N)$
 $= (0.1 + 0.9 \times (n/N))$

$$\begin{aligned}
 &= (0.1 + 0.9 \times (59.9\%)) \\
 &= 0.64 \\
 \text{Langkah 12} &= \text{Mencari harga Radiasi netto Gelombang Panjang (Rn1)} \\
 &= f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \\
 &= 16.66 \times 0.09 \times 0.64 \\
 &= 1.00 \\
 \text{Langkah 13} &= \text{Mencari harga netto Gelombang Pendek (Rns)} \\
 &= R_s (1 - \alpha) \\
 &= 8.85 \times (1 - 0.25) \\
 &= 2.21 \text{ mm/hari} \\
 \text{Langkah 14} &= \text{Mencari harga Radiasi netto (Rn)} \\
 &= R_{ns} - R_{n1} \\
 &= 2.21 - 1.00 \\
 &= 1.21 \text{ mm/hari} \\
 \text{Langkah 15} &= \text{Mencari harga Faktor koreksi (c)} \\
 &= 1.10 \\
 \text{Eto} &= c \{W \times R_n + (1-w) \times f(u) \times (ea-ed)\} \\
 &= 1.10 \{0.78 \times 1.21 + (0.22) \times (0.27) \times (10.7)\} \\
 &= 2.81 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 2 Faktor Koreksi

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

Sumber: Suhardjono, 1989:49

4.2.2. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Curah hujan juga dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat *evapotranspirasi* tanaman, perkolasi dan lain-lain. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman bergantung pada jenis tanaman, Selanjutnya dilakukan perhitungan curah hujan rata-rata. Perhitungan curah hujan rata-rata dihimpun dari 6 stasiun hujan, Stasiun hujan Tambak Ombo, Stasiun hujan Lowayu, Stasiun hujan Sidayu, Stasiun hujan Ujung Pangkah, Stasiun hujan Panceng, dan Stasiun hujan Mentaras. Curah hujan rata-rata didapat dengan cara Aljabar. Seperti pada Tabel 4.2:

Tabel 4.3 Perhitungan Evapotranspirasi

NO	URAIAN	LAMBANG	SATUAN	Januari			Februari			Maret			April		
				I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Temperatur	t	°C	29.81	30.03	28.43	28.14	28.77	28.04	27.62	28.26	29.31	29.47	28.99	29.75
2	Kelembapan Relatif	RH	%	74.50	72.80	79.82	82.20	79.40	83.22	80.90	79.60	75.82	80.40	81.10	82.80
3	Kecepatan Angin	U	km/Jam	1.50	2.40	2.00	2.10	2.00	2.33	5.90	5.70	5.27	3.80	4.30	4.80
4	Penyinaran Matahari	n/N	%	59.90	75.10	44.27	33.90	42.40	64.00	47.40	54.20	74.82	61.70	64.50	46.90
5	Tekanan Uap Jenuh	ea	mbar	41.96	42.48	38.78	38.12	39.57	37.90	37.00	38.40	40.81	41.18	40.08	41.83
6	Tekanan Uap Nyata	ed	mbar	31.26	30.92	30.96	31.34	31.42	31.54	29.93	30.56	30.94	33.11	32.50	34.63
7	Fungsi Angin	f(U)		0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28
8	W			0.78	0.78	0.77	0.77	0.78	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78
9	Faktor Pembobotan	(1-W)		0.22	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22
10	Radiasi Ekstra Tereksterial	Ra	mm/hari	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	15.50	15.50	15.50	14.40	14.40	14.40
11	Radiasi Gelombang Pendek	Rs	mm/hari	8.85	10.07	7.59	6.75	7.44	9.18	7.55	8.08	9.67	8.04	8.24	6.98
12	Radiasi Netto Gelombang Pendek	Rns	mm/hari	2.21	2.52	1.90	1.69	1.86	2.29	1.89	2.02	2.42	2.01	2.06	1.74
13	Fungsi Tekanan Uap Nyata	f(ed)		0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08
14	Fungsi Penyinaran Matahari	f(n/N)		0.64	0.78	0.50	0.41	0.48	0.68	0.53	0.59	0.77	0.66	0.68	0.52
15	Fungsi Suhu	f(t)		16.66	16.71	16.39	16.33	16.45	16.31	16.22	16.35	16.56	16.59	16.50	16.65
16	Radiasi Netto Gelombang Panjang	RnI	mm/hari	1.00	1.24	0.78	0.62	0.74	1.02	0.85	0.93	1.22	0.94	1.00	0.70
17	Radiasi Netto	Rn	mm/hari	1.21	1.28	1.12	1.07	1.12	1.27	1.04	1.09	1.20	1.07	1.06	1.04
18	Faktor Koreksi	c		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
19	Evapotranspirasi Potensial	Eto	mm/hari	2.81	3.05	2.11	1.86	2.19	1.81	1.97	2.17	2.70	2.20	2.09	2.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 Perhitungan evapotranspirasi

NO	URAIAN	LAMBANG	SATUAN	Mei			Juni			Juli			Agustus		
				I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Temperatur	t	°C	29.99	30.09	28.98	29.46	28.33	28.20	28.95	28.25	28.26	28.56	28.52	28.75
2	Kelembapan Relatif	RH	%	75.70	75.40	79.73	76.10	81.40	80.60	75.50	81.00	76.09	74.00	73.40	71.18
3	Kecepatan Angin	U	km/Jam	2.10	3.00	3.09	2.50	2.30	2.50	4.10	2.50	3.36	8.00	3.70	4.09
4	Penyinaran Matahari	n/N	%	77.20	82.50	59.45	78.50	58.80	61.10	83.10	63.00	81.45	84.70	81.70	90.73
5	Tekanan Uap Jenuh	ea	mbar	42.38	42.63	40.06	41.16	38.56	38.26	39.99	38.38	38.41	39.09	39.00	39.51
6	Tekanan Uap Nyata	ed	mbar	32.08	32.14	31.94	31.32	31.39	30.84	30.19	31.08	29.22	28.93	28.62	28.13
7	Fungsi Angin	f(U)		0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28
8	W			0.78	0.78	0.78	0.78	0.77	0.77	0.78	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78
9	Faktor Pembobotan	(1-W)		0.22	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22
10	Radiasi Ekstra Tereksterial	Ra	mm/hari	13.10	13.10	13.10	12.40	12.40	12.40	12.70	12.70	12.70	13.70	13.70	13.70
11	Radiasi Gelombang Pendek	Rs	mm/hari	8.33	8.68	7.17	7.97	6.75	6.89	8.45	7.18	8.35	9.23	9.02	9.64
12	Radiasi Netto Gelombang Pendek	Rns	mm/hari	2.08	2.17	1.79	1.99	1.69	1.72	2.11	1.79	2.09	2.31	2.26	2.41
13	Fungsi Tekanan Uap Nyata	f(ed)		0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11
14	Fungsi Penyinaran Matahari	f(n/N)		0.79	0.84	0.64	0.81	0.63	0.65	0.85	0.67	0.83	0.86	0.84	0.92
15	Fungsi Suhu	f(t)		16.70	16.73	16.50	16.59	16.37	16.34	16.49	16.35	16.35	16.41	16.40	16.45
16	Radiasi Netto Gelombang Panjang	RnI	mm/hari	1.20	1.28	0.96	1.25	0.96	1.02	1.37	1.03	1.39	1.46	1.43	1.61
17	Radiasi Netto	Rn	mm/hari	0.88	0.89	0.84	0.74	0.72	0.71	0.74	0.76	0.70	0.84	0.82	0.80
18	Faktor Koreksi	c		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
19	Evapotranspirasi Potensial	Eto	mm/hari	2.65	2.72	2.14	2.51	1.87	1.92	2.54	1.91	2.35	2.74	2.68	2.93

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Perhitungan Evapotranspirasi

NO	URAIAN	LAMBANG	SATUAN	September			Oktober			Nopember			Desember		
				I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Temperatur	t	°C	29.67	29.88	28.62	28.64	29.65	28.57	29.59	28.77	28.62	30.06	28.69	29.34
2	Kelembapan Relatif	RH	%	69.70	67.50	79.00	79.40	71.90	77.73	74.50	77.90	80.90	73.00	76.90	75.82
3	Kecepatan Angin	U	km/Jam	3.50	3.70	1.50	2.70	3.50	2.00	1.70	1.60	1.60	3.50	3.40	2.64
4	Penyinaran Matahari	n/N	%	87.10	90.80	56.00	47.90	72.90	49.91	61.60	38.80	44.20	66.00	31.60	66.91
5	Tekanan Uap Jenuh	ea	mbar	41.64	42.12	39.23	39.27	41.60	39.12	41.46	39.57	39.23	42.55	39.39	40.87
6	Tekanan Uap Nyata	ed	mbar	29.02	28.43	30.99	31.18	29.91	30.40	30.89	30.83	31.73	31.06	30.29	30.99
7	Fungsi Angin	f(U)		0.28	0.28	0.27	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28
8	W			0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
9	Faktor Pembobotan	(1-W)		0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
10	Radiasi Ekstra Tereksterial	Ra	mm/hari	14.90	14.90	14.90	15.80	15.80	15.80	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
11	Radiasi Gelombang Pendek	Rs	mm/hari	10.21	10.49	7.90	7.73	9.71	7.89	8.93	7.10	7.54	9.28	6.53	9.35
12	Radiasi Netto Gelombang Pendek	Rns	mm/hari	2.55	2.62	1.97	1.93	2.43	1.97	2.23	1.78	1.88	2.32	1.63	2.34
13	Fungsi Tekanan Uap Nyata	f(ed)		0.10	0.11	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10
14	Fungsi Penyinaran Matahari	f(n/N)		0.88	0.92	0.60	0.53	0.76	0.55	0.65	0.45	0.50	0.69	0.38	0.70
15	Fungsi Suhu	f(t)		16.63	16.68	16.42	16.43	16.63	16.41	16.62	16.45	16.42	16.72	16.44	16.57
16	Radiasi Netto Gelombang Panjang	RnI	mm/hari	1.51	1.61	0.94	0.82	1.25	0.88	1.04	0.71	0.75	1.10	0.62	1.11
17	Radiasi Netto	Rn	mm/hari	1.04	1.01	1.03	1.11	1.18	1.10	1.19	1.07	1.13	1.22	1.01	1.23
18	Faktor Koreksi	c		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
19	Evapotranspirasi Potensial	Eto	mm/hari	3.28	3.53	2.18	2.19	3.09	2.32	2.78	2.31	2.03	3.05	2.42	2.65

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 Data Curah hujan

Bulan	Periode	Tahun									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	I	77,33	66,83	66,50	75,17	174,17	108,83	120,50	60,33	26,00	33,50
	II	80,17	83,33	55,33	58,83	135,83	52,00	69,67	50,67	24,83	37,83
	III	33,67	41,00	105,00	39,33	142,67	108,50	126,00	98,67	94,17	97,83
Februari	I	28,33	104,67	59,67	55,33	61,67	16,33	70,50	103,00	138,33	129,67
	II	60,17	47,17	130,83	44,00	52,67	67,83	102,17	63,00	60,67	81,00
	III	32,67	32,33	41,33	42,83	54,67	39,83	24,00	77,00	85,67	39,50
Maret	I	59,50	88,50	48,17	62,00	96,67	31,67	25,17	59,50	27,33	22,33
	II	37,17	42,50	48,83	39,00	86,17	150,33	72,67	68,83	34,00	130,00
	III	99,83	63,83	98,33	86,67	67,67	10,83	27,00	39,00	40,83	18,33
April	I	5,00	31,67	114,67	27,17	60,33	58,17	40,83	59,83	46,17	61,50
	II	3,83	16,50	63,83	46,00	27,67	92,67	79,67	90,00	22,33	24,33
	III	6,00	4,33	55,00	111,50	13,33	66,83	41,50	50,00	26,67	18,83
Mei	I	46,17	7,17	43,50	121,50	56,33	19,33	37,67	52,00	40,50	31,67
	II	3,17	43,17	80,17	14,83	73,33	85,83	34,00	15,67	9,50	7,50
	III	17,17	32,17	128,33	23,67	41,33	51,67	3,33	10,00	103,50	26,50
Juni	I	4,17	32,50	35,50	11,67	57,50	50,33	1,67	5,83	9,83	37,33
	II	2,17	0,00	43,50	0,00	27,50	59,33	21,00	0,00	19,67	9,00
	III	0,83	0,00	3,00	0,00	4,17	37,33	17,33	0,00	0,00	42,83
July	I	0,00	4,50	11,00	0,00	11,67	45,83	0,00	0,00	0,00	4,50
	II	0,00	0,00	20,67	0,00	2,50	40,67	7,33	0,00	0,00	9,17
	III	0,00	5,00	139,17	0,00	5,83	14,17	0,00	0,00	1,67	10,67
Agustus	I	0,00	0,00	6,17	0,00	5,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,00	8,33	31,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
September	I	0,00	6,67	33,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	11,50	80,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,00	9,17	31,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oktober	I	30,67	12,50	70,50	7,00	0,00	0,00	0,00	13,33	62,67	14,17
	II	2,00	10,83	91,67	4,17	7,00	0,00	0,00	5,00	57,17	11,17
	III	35,50	0,00	56,50	0,00	2,17	15,00	0,00	5,00	29,50	6,17
Nopember	I	77,67	20,33	107,67	58,67	5,33	14,50	4,83	1,67	18,83	5,33
	II	43,50	14,17	54,33	34,67	33,00	51,33	28,17	8,17	41,50	78,83
	III	22,33	31,50	25,83	56,67	9,33	27,00	33,83	31,67	40,67	93,50
Desember	I	26,17	17,17	86,33	78,67	27,50	63,83	66,67	46,00	88,33	46,00
	II	85,67	26,83	64,50	77,50	75,33	128,83	66,67	76,17	51,67	91,33
	III	34,17	36,00	115,83	134,67	95,83	55,17	63,50	15,00	46,83	84,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah didapat curah hujan rata-rata, analisa curah hujan efektif dapat dilakukan dengan menjumlahkan selama 1 tahun setelah itu mengurutkan curah hujan rata-rata dari yang terbesar ke yang terkecil, 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%.

Tabel 4.7 Rangkings Curah hujan

Bulan	Periode	Tahun									
		2010	2013	2012	2011	2017	2016	2014	2015	2008	2009
Januari	I	66.5	108.8	174.2	75.2	33.5	26.0	120.5	60.3	77.3	66.8
	II	55.3	52.0	135.8	58.8	37.8	24.8	69.7	50.7	80.2	83.3
	III	105.0	108.5	142.7	39.3	97.8	94.2	126.0	98.7	33.7	41.0
Februari	I	59.7	16.3	61.7	55.3	129.7	138.3	70.5	103.0	28.3	104.7
	II	130.8	67.8	52.7	44.0	81.0	60.7	102.2	63.0	60.2	47.2
	III	41.3	39.8	54.7	42.8	39.5	85.7	24.0	77.0	32.7	32.3
Maret	I	48.2	31.7	96.7	62.0	22.3	27.3	25.2	59.5	59.5	88.5
	II	48.8	150.3	86.2	39.0	130.0	34.0	72.7	68.8	37.2	42.5
	III	98.3	10.8	67.7	86.7	18.3	40.8	27.0	39.0	99.8	63.8
April	I	114.7	58.2	60.3	27.2	61.5	46.2	40.8	59.8	5.0	31.7
	II	63.8	92.7	27.7	46.0	24.3	22.3	79.7	90.0	3.8	16.5
	III	55.0	66.8	13.3	111.5	18.8	26.7	41.5	50.0	6.0	4.3
Mei	I	43.5	19.3	56.3	121.5	31.7	40.5	37.7	52.0	46.2	7.2
	II	80.2	85.8	73.3	14.8	7.5	9.5	34.0	15.7	3.2	43.2
	III	128.3	51.7	41.3	23.7	26.5	103.5	3.3	10.0	17.2	32.2
Juni	I	35.5	50.3	57.5	11.7	37.3	9.8	1.7	5.8	4.2	32.5
	II	43.5	59.3	27.5	0.0	9.0	19.7	21.0	0.0	2.2	0.0
	III	3.0	37.3	4.2	0.0	42.8	0.0	17.3	0.0	0.8	0.0
July	I	11.0	45.8	11.7	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
	II	20.7	40.7	2.5	0.0	9.2	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0
	III	139.2	14.2	5.8	0.0	10.7	1.7	0.0	0.0	0.0	5.0
Agustus	I	6.2	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	II	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	III	31.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
September	I	33.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
	II	80.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5
	III	31.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2
Oktober	I	70.5	0.0	0.0	7.0	14.2	62.7	0.0	13.3	30.7	12.5
	II	91.7	0.0	7.0	4.2	11.2	57.2	0.0	5.0	2.0	10.8
	III	56.5	15.0	2.2	0.0	6.2	29.5	0.0	5.0	35.5	0.0
Nopember	I	107.7	14.5	5.3	58.7	5.3	18.8	4.8	1.7	77.7	20.3
	II	54.3	51.3	33.0	34.7	78.8	41.5	28.2	8.2	43.5	14.2
	III	25.8	27.0	9.3	56.7	93.5	40.7	33.8	31.7	22.3	31.5
Desember	I	86.3	63.8	27.5	78.7	46.0	88.3	66.7	46.0	26.2	17.2
	II	64.5	128.8	75.3	77.5	91.3	51.7	66.7	76.2	85.7	26.8
	III	115.8	55.2	95.8	134.7	84.0	46.8	63.5	15.0	34.2	36.0
Total		2256.8	1564.0	1515.0	1311.5	1304.3	1248.8	1185.7	1105.3	955.0	952.2
Max		139.2	150.3	174.2	134.7	130.0	138.3	126.0	103.0	99.8	104.7
Min		3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rangkings (%)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Sumber: Hasil perhitungan

Setelah didapat R 80% maka selanjutnya adalah menghitung curah hujan efektif (*Reff*) untuk tanaman Padi dan Palawija seperti pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Bulan	Periode	R80%	Re	
			Padi	Polowijo
Januari	I	60.3	4.22	3.02
	II	50.7	3.55	2.53
	III	98.7	6.91	4.93
Februari	I	103.0	7.21	5.15
	II	63.0	4.41	3.15
	III	77.0	5.39	3.85
Maret	I	59.5	4.17	2.98
	II	68.8	4.82	3.44
	III	39.0	2.73	1.95
April	I	59.8	4.19	2.99
	II	90.0	6.30	4.50
	III	50.0	3.50	2.50
Mei	I	52.0	3.64	2.60
	II	15.7	1.10	0.78
	III	10.0	0.70	0.50
Juni	I	5.8	0.41	0.29
	II	0.0	0.00	0.00
	III	0.0	0.00	0.00
July	I	0.0	0.00	0.00
	II	0.0	0.00	0.00
	III	0.0	0.00	0.00
Agustus	I	0.0	0.00	0.00
	II	0.0	0.00	0.00
	III	0.0	0.00	0.00
September	I	0.0	0.00	0.00
	II	0.0	0.00	0.00
	III	0.0	0.00	0.00
Oktober	I	13.3	0.93	0.67
	II	5.0	0.35	0.25
	III	5.0	0.35	0.25
Nopember	I	1.7	0.12	0.08
	II	8.2	0.57	0.41
	III	31.7	2.22	1.58
Desember	I	46.0	3.22	2.30
	II	76.2	5.33	3.81
	III	15.0	1.05	0.75

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut ini adalah cara Perhitungan untuk Hujan efektif Padi dan Palawija:

$$\text{Padi} \rightarrow \text{Re} = 0,7 \times R_{80}/_{15} \quad \text{Palawija} \rightarrow \text{Re} = 0,5 \times R_{80}/_{15}$$

Contoh Perhitungan Hujan efektif untuk padi dan palawija pada Januari-1:

$$\begin{aligned} \text{Padi} \rightarrow \text{Re} &= 0,7 \times 60,3/_{10} & \text{Palawija} \rightarrow \text{Re} &= 0,5 \times 60,3/_{10} \\ &= 4,22 \text{ mm/hari} & &= 3,02 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4.2.3. Penyiapan Lahan

Faktor ini merupakan langkah pertama yang dibutuhkan oleh tanaman dalam mempersiapkan tanahnya untuk penanaman. Setiap jenis tanaman membutuhkan pengelolaan tanah yang berbeda-beda. Pengelolaan tanah untuk padi membutuhkan air irigasi yang lebih banyak, karena padi akan memerlukan tanah dengan tingkat kejenuhan yang baik dan dalam keadaan tanah yang lunak dan gembur. Pengelolaan tanah ini dilakukan antara 20 sampai dengan 30 hari sebelum masa tanam. Minggu pertama sebelum kegiatan penanaman dimulai, petak sawah diberi air secukupnya untuk melunakkan tanahnya. Biasanya dilakukan dengan membajak atau mencangkul sawah. Kebutuhan air untuk pengelolaan tanah dipengaruhi oleh proses evapotranspirasi potensial yang terjadi. Dengan nilai perkolasi = 2 mm/hari. Berikut disajikan perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan pada tabel 4.9:

Tabel 4.9 Perhitungan Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan

Bulan	Periode	Et0	$E0 = Et0 \times 1.1$	$M = E0 + P$	T	S	LP
			(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	
Januari	I	2,81	3,09	5,09	30	250	11,15
	II	3,05	3,36	5,36			11,31
	III	2,11	2,33	4,33			10,56
Februari	I	1,86	2,04	4,04			10,33
	II	2,19	2,41	4,41			10,63
	III	1,81	1,99	3,99			10,29
Maret	I	1,97	2,17	4,17	10,43		
	II	2,17	2,39	4,39	10,61		

	III	2,70	2,97	4,97			11,07
April	I	2,20	2,42	4,42			10,64
	II	2,09	2,30	4,30			10,54
	III	2,00	2,20	4,20			10,46
	I	2,65	2,91	4,91			11,03
Mei	II	2,72	2,99	4,99			11,09
	III	2,14	2,36	4,36			10,58
	I	2,51	2,77	4,77			10,91
Juni	II	1,87	2,05	4,05			10,34
	III	1,92	2,11	4,11			10,39
	I	2,54	2,79	4,79			10,94
July	II	1,91	2,10	4,10			10,38
	III	2,35	2,59	4,59			10,77
	I	2,74	3,01	5,01			11,11
Agustus	II	2,68	2,95	4,95			11,06
	III	2,93	3,23	5,23			11,24
	I	3,28	3,60	5,60			11,46
September	II	3,53	3,89	5,89			11,63
	III	2,18	2,40	4,40			10,62
	I	2,19	2,41	4,41			10,63
Oktober	II	3,09	3,40	5,40			11,34
	III	2,32	2,55	4,55			10,74
	I	2,78	3,06	5,06			11,13
Nopember	II	2,31	2,54	4,54			10,74
	III	2,03	2,24	4,24			10,49
	I	3,05	3,36	5,36			11,31
Desember	II	2,42	2,66	4,66			10,83
	III	2,65	2,91	4,91			11,03

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh Perhitungan LP pada Januari 1:

$$E_o = E_{to} \times 1,10 = 2,81 \times 1,10 = 3,09 \text{ mm/hari}$$

$$P = 2 \text{ mm/hari}$$

$$M = E_o + P = 3,96 \text{ mm/hari}$$

$$T = 30 \text{ hari}$$

$$S = \text{Kebutuhan air untuk penjemuran } 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 LP &= \text{Interpolasi dari tabel 9 kebutuhan air selama} \\
 &\quad \text{penyiapan lahan} \\
 &= 10 + (3,96 - 3,5)/(4 - 3,5) * (10,3 - 10) \\
 &= 10,27
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan

Eo + P mm / hari	T = 30 hari		T = 45 hari	
	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	12,0		
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
7,0	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
10,0	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 Jendral Pengairan (1986)

4.2.4. Kebutuhan Air Untuk Tanaman

Kebutuhan air irigasi bergantung dari jenis tanaman yang akan ditanam. Besarnya kebutuhan air dianalisa yang dipengaruhi faktor curah hujan, evapotranspirasi, perkolasi, penyiapan lahan, koefisien jenis tanaman dan efisiensi dari irigasi yang telah dibahas

sebelumnya. Analisa kebutuhan air yang didasarkan pada kebutuhan tanaman pada masa tanam akan mengoptimalkan hasil produksi dari lahan pertanian tersebut. Dipelukan pengaturan pola tanam karena setiap tanaman memiliki masa tanam dan besaran kebutuhan air yang berbeda-beda, sehingga didapatkan pola tanam yang tepat sesuai ketesediaan air yang ada. Berikut contoh perhitungan kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi dan palawija:

Berikut ini adalah contoh langkah perhitungan awal tanam Nopember 1 untuk padi:

Kolom 1 & 2	: Bulan dan periode
Kolom 3	: Perhitungan evapotranspirasi (Eto) tabel 2.
Kolom 4	: Curah hujan efektif untuk tanaman padi , Re_{padi} (mm/hari) tabel 4.7
Kolom 5	: Perkolasi = 2mm/hari
Kolom 6	: <i>Water Layer Requirement</i> (mm/hari)
Kolom 7, 8, 9	: Koefisien tanaman padi (c_1, c_2, c_3)
Kolom 10	: Koefisien rata-rata tanaman padi (kc)
Kolom 11	: Etc = Eto x kc (mm/hari), untuk nilai koefisien rata-rata tanaman yang LP maka dilihat di tabel 4.8 kebutuhan air selama penyiapan lahan.
Kolom 12	: Kebutuhan air untuk tanaman padi, $NFR = Etc + P - Re_{padi} + WLR$: NFR (mm/hari) = $11,13 + 2 - 0,37 = 12,76$ mm/hari
Kolom 13	: Kebutuhan air untuk irigasi di intake DR (l/dt/Ha) : $DR = NFR/e \times 8,64 \rightarrow DR = 12,76/0.65 \times 8,64 = 2,27$ l/dt/ha

Untuk tabel perhitungan kebutuhan air di pintu pengambilan pada awal bulan yang lain akan ditampilkan dilampiran.

Tabel 4. 11 Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman

Bulan	Periode	E0	Tanaman Padi										Tanaman Polowijo										
			Re padi		P	WLR	Koefisien Tanaman				Etc	NFR	DR	Re Pol		P	Koefisien Tanaman				Etc	NFR	DR
			(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	Kc1	Kc2	Kc3	Kc	(mm/hari)	(mm/hari)	(l/dtk/ha)	(mm/hari)	(mm/hari)	Kc1	Kc2	Kc3	Kc	(mm/hari)	(mm/hari)	(l/dtk/ha)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Januari	I		2.81	4.22	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.95	2.39	0.42	3.02	2								
	II		3.05	3.55	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	3.10	3.22	0.57	2.53	2								
	III		2.11	6.91	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.08	0.00	0.00	4.93	2								
Februari	I		1.86	7.21	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.18	0.00	0.00	5.15	2								
	II		2.19	4.41	2	1.66	0	0.95	0.48	1.04	0.29	0.05	3.15	2									
	III		1.81	5.39	2	0.83			0	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85	2								
Maret	I		1.97	4.17	2	0	LP	LP	LP	LP	10.43	8.27	1.47	2.98	2								
	II		2.17	4.82	2	0	1.1	LP	LP	LP	10.61	7.79	1.39	3.44	2								
	III		2.70	2.73	2	0	1.1	1.1	LP	LP	11.07	10.34	1.84	1.95	2								
April	I		2.20	4.19	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.10	2.42	1.06	0.19	2.99	2								
	II		2.09	6.30	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.26	0.00	0.00	4.50	2								
	III		2.00	3.50	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	2.13	2.29	0.41	2.50	2								
Mei	I		2.65	3.64	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.78	2.80	0.50	2.60	2								
	II		2.72	1.10	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	2.77	5.33	0.95	0.78	2								
	III		2.14	0.70	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.11	5.07	0.90	0.50	2								
Juni	I		2.51	0.41	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.59	4.84	0.86	0.29	2	0.50	0.00	0.00	0.17	0.42	2.13	0.38	
	II		1.87	0.00	2	1.66	0	0.95	0.48	0.89	4.55	0.81	0.00	0.00	2	0.59	0.50	0.00	0.36	0.68	2.68	0.48	
	III		1.92	0.00	2	0.83			0	0.00	0.00	2.83	0.50	0.00	2	0.59	0.59	0.50	0.56	1.08	3.08	0.55	
Juli	I		2.54	0.00	2								0.00	2	0.96	0.59	0.59	0.71	1.81	3.81	0.68		
	II		1.91	0.00	2								0.00	2	1.05	0.96	0.59	0.87	1.65	3.65	0.65		
	III		2.35	0.00	2								0.00	2	1.05	1.05	0.96	1.02	2.40	4.40	0.78		
Agustus	I		2.74	0.00	2								0.00	2	1.02	1.05	1.05	1.04	2.85	4.85	0.86		
	II		2.68	0.00	2								0.00	2	1.02	1.02	1.05	1.03	2.76	4.76	0.85		
	III		2.93	0.00	2								0.00	2	0.95	1.02	1.02	1.00	2.92	4.92	0.88		
September	I		3.28	0.00	2								0.00	2	0.00	0.95	1.02	0.66	2.15	4.15	0.74		
	II		3.53	0.00	2								0.00	2	0.00	0.00	0.95	0.32	1.12	3.12	0.56		
	III		2.18	0.00	2								0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.36		
Oktober	I		2.19	0.93	2								0.67	2									
	II		3.09	0.35	2								0.25	2									
	III		2.32	0.35	2								0.25	2									
Nopember	I		2.78	0.12	2	0	LP	LP	LP	LP	11.13	13.02	2.32	0.08	2								
	II		2.31	0.57	2	0	1.1	LP	LP	LP	10.74	12.16	2.17	0.41	2								
	III		2.03	2.22	2	0	1.1	1.1	LP	LP	10.49	10.27	1.83	1.58	2								
Desember	I		3.05	3.22	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.1	3.36	2.97	0.53	2.30	2								
	II		2.42	5.33	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.62	0.95	0.17	3.81	2								
	III		2.65	0.00	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	2.82	6.48	1.15	0.75	2								

Berikut merupakan contoh langkah perhitungan awal tanam Juni 1 untuk palawija:

- Kolom 1 & 2 : Bulan dan periode
 Kolom 3 : Perhitungan evapotranspirasi (Eto) tabel 2
 Kolom 14 : Curah hujan efektif untuk tanaman palawija, Re_{palawija} (mm/hari) tabel 7.
 Kolom 15 : Perkolasi = 2mm/hari
 Kolom 16,17,18 : Koefisien tanaman palawija (c1,c2,c3)
 Kolom 19 : Koefisien rata-rata tanaman palawija (kc)
 Kolom 20 : Etc = Eto x kc (mm/hari)
 $Etc = 2,51 \times 0,17$
 $Etc = 0,42$ mm/hari
 Kolom 21 : Kebutuhan air untuk tanaman palawija,
 $NFR = Etc + P - Re_{\text{palawija}}$
 NFR (mm/hari) = $0,42 + 2 - 0,29 = 2,13$ mm/hari
 Kolom 22 : Kebutuhan air untuk irigasi di intake DR (l/dt/Ha)
 $DR = NFR/e \times 8,64 \rightarrow DR = 2,13/0,65 \times 8,64 = 0,38$ l/dt/ha

Setelah mengetahui kebutuhan air tiap bulan maka dapat direkapitulasi perhitungannya. Agar dapat memudahkan dalam perhitungan optimasi selanjutnya.

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Kebutuhan air selama 1 tahun

	Nop	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt
	2.10	0.62	0.33	0.02								
		1.82	0.30	0.09	0.05							
			1.45	0.11	0.37	0.05						
				1.20	0.35	0.23	0.46					
					1.57	0.20	0.78	0.73				
PADI						1.40	1.03	1.01	0.75			
							1.97	0.98	1.06	0.78		
								2.21	1.04	1.16	0.83	
									2.26	0.57	1.07	0.67
	0.60									2.34	1.18	1.01
	0.91	0.25									2.36	0.99
	0.89	0.57	0.16									2.20
								0.47	0.70	0.86		
PALAWIJA									0.50	0.79	0.90	
										0.54	0.81	0.75

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3. Analisis Kebutuhan Air Penduduk

4.3.1. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

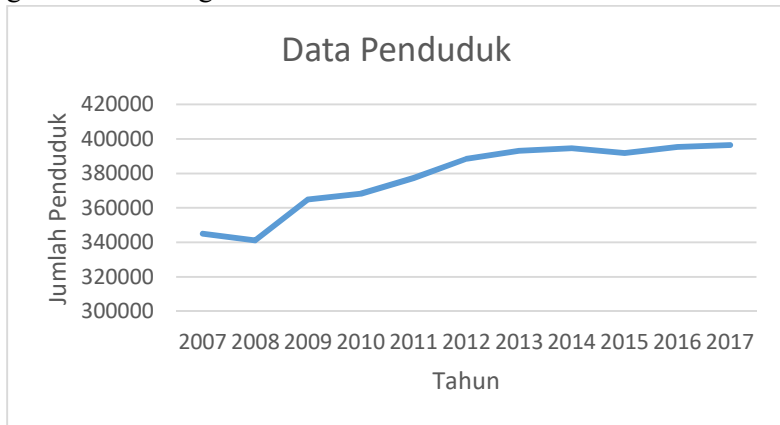
Tujuan dari proyeksi pertumbuhan penduduk ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pertumbuhan penduduk yang akan berkaitan dengan jumlah kebutuhan air baku yang dibutuhkan. rencana pengembangan penyediaan air hingga tahun 2043. Oleh karena itu dibutuhkan suatu model proyeksi penduduk, yang dapat mengetahui kebutuhan air minum penduduk hingga tahun perencanaan. Karena seiring dengan perkembangan penduduk, maka pola hidup masyarakatnya juga akan berubah, dalam hal ini adalah mengenai meningkatnya jumlah kebutuhan air bersih dan air minum penduduk tiap tahunnya. Perhitungan proyeksi penduduk tersebut berdasarkan pada perkembangan penduduk tujuh tahun ke belakang mulai dari tahun yang sedang berjalan. Berikut ini adalah Tabel 4.13 yang merupakan data perkembangan penduduk:

Tabel 4.13 Data Penduduk Kabupaten Gresik

No	Tahun	Kecamatan						Total (jiwa)
		Dukun (jiwa)	Panceng (jiwa)	Ujung Pangkah (jiwa)	Sidayu (jiwa)	Bungah (jiwa)	Manyar (jiwa)	
1	2007	62174	46214	44301	39593	60051	92681	345014
2	2008	62307	48604	42487	40773	62548	84378	341097
3	2009	64057	49213	47229	40805	62820	100698	364822
4	2010	64251	49815	47670	41072	63116	102364	368288
5	2011	66600	51027	48722	41829	64702	104494	377374
6	2012	68368	51685	50463	42915	66200	108784	388415
7	2013	68954	52437	50971	43444	67123	110165	393094
8	2014	68705	52552	51066	43757	67427	111041	394548
9	2015	67143	52036	50916	43568	67060	111205	391928
10	2016	67744	52519	51236	43847	67176	112862	395384
11	2017	67364	52392	51358	43782	67720	113868	396484

Sumber: Data BPS kab. Gresik

Dengan data pertumbuhan penduduk, maka dapat direncanakan jumlah penduduk untuk tahun yang akan datang. Perencanaan jumlah penduduk dapat menggunakan tiga metode yaitu Metode Aritmatika dan Metode Geometrik. Grafik pertumbuhan Penduduk pada kabupaten Gresik dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Gresik
Sumber: Badan Pusat Statistik

a. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika

Perhitungan perkembangan penduduk dengan metode ini digunakan apabila pertumbuhan penduduk meningkat secara konstan, dan persamaan yang digunakan adalah:

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

Keterangan:

- 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 pada 6 kecamatan di kabupaten Gresik 2043:

Tahun 2017 = 396484 jiwa

Tahun 2007 = 345014 jiwa

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

$$I = \frac{396484 - 345014}{2017 - 2007}$$

$$I = 5.147$$

$$P_n = P_t + I(n)$$

$$= 396484 + 5.147 (2043 - 2017)$$

$$= 530306$$

Jadi jumlah proyeksi penduduk tahun 2043 adalah 530306 jiwa. Untuk hasil perhitungannya akan disajikan berdasarkan tabel 4.14.

b. Prediksi Jumlah Penduduk (Metode Geometrik)

Perhitungan perkembangan populasi berdasarkan pada angka kenaikan penduduk rata-rata, yang digunakan apabila pertumbuhan penduduk secara berganda, dan persamaan yang digunakan adalah:

$$r = \left(\frac{P_t}{P_o}\right)^{\left(\frac{1}{10}\right)} - 1$$

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

Keterangan:

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:

Prediksi pertumbuhan penduduk pada 6 kecamatan di kabupaten Gresik 2043:

$$r = \left(\frac{396484}{345014} \right)^{\left(\frac{1}{10} \right)} - 1$$

$$= 0.014$$

$$P_n = 396484 (1 + 0.014)^{25}$$

$$P_n = 569163 \text{ jiwa}$$

Jadi, jumlah proyeksi penduduk tahun 2043 yakni 569163 jiwa. Untuk hasil perhitungannya akan disajikan berdasarkan tabel 4.14.

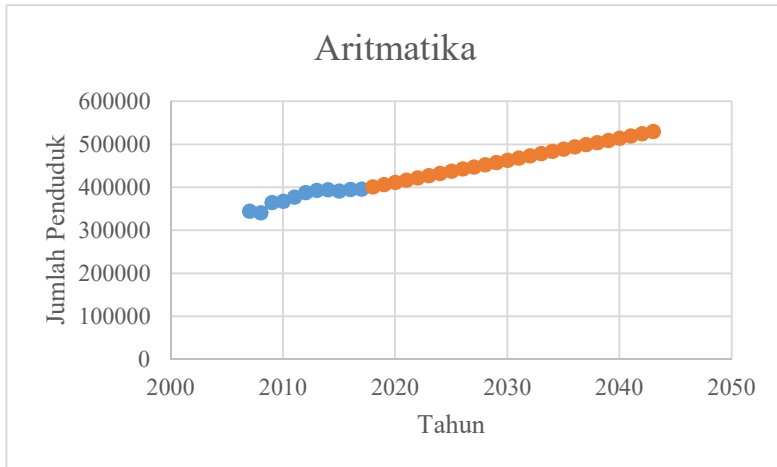
Tabel 4.14 Tabel Perhitungan Proyeksi Penduduk

Tahun	Data	Aritmatik	Geometrik
		(Jiwa)	(Jiwa)
2007	345014		
2008	341097		
2009	364822		
2010	368288		
2011	377374		
2012	388415		
2013	393094		
2014	394548		
2015	391928		
2016	395384		
2017	396484	396484	396484
2018		401631	402036
2019		406778	407665
2020		411925	413373
2021		417072	419161
2022		422219	425031
2023		427366	430982
2024		432513	437017
2025		437660	443136
2026		442807	449341
2027		447954	455632
2028		453101	462012
2029		458248	468481
2030		463395	475041
2031		468542	481693
2032		473689	488438
2033		478836	495277
2034		483983	502212
2035		489130	509244
2036		494277	516374

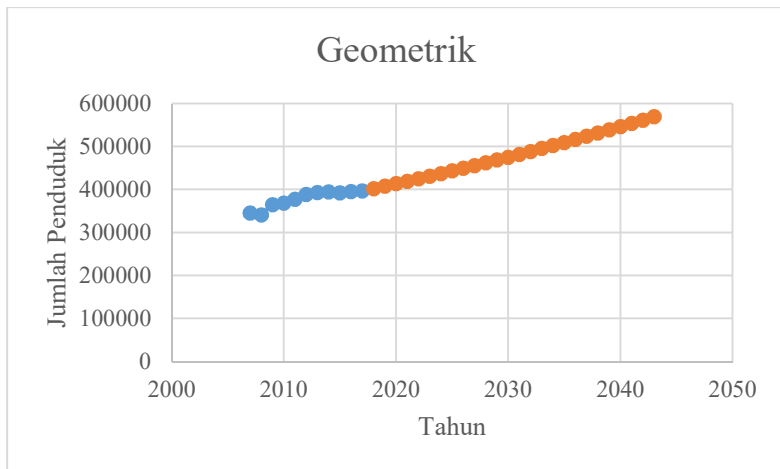
Tahun	Data	Aritmatik	Geometrik
		(Jiwa)	(Jiwa)
2037		499424	523605
2038		504571	530936
2039		509718	538371
2040		514865	545909
2041		520012	553553
2042		525159	561304
2043		530306	569163

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Perhitungan ditabel 4.14 didapat 2 hasil yang berbeda dari perhitungan aritmatik dan geometrik. Pada tahun 2043 didapat jumlah populasi penduduk sebanyak 530.306 jiwa pada perhitungan proyeksi aritmatik sedangkan pada perhitungan geometrik didapat jumlah populasi sebanyak 569.163 jiwa. Berikut grafik proyeksi pertumbuhan Metode aritmatik (gambar 4.2) dan Metode geometric (gambar4.3):



Gambar 4.2 Grafik Proyeksi Pertumbuhan Metode Aritmatik
Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.3 Grafik Proyeksi Pertumbuhan Metode Geometrik
Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk memilih hasil proyeksi yang akan digunakan maka dilakukan perhitungan koreksi, hasil yang perhitungan yang mendapat standart deviasi paling kecil yang akan digunakan datanya.

Tabel 4.15 Tabel Perhitungan Standart Deviasi

Tahun	Hasil Perhitungan (Yi)		Yi - Yrata"		(Yi - Yrata)" ²	
	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik
2007	345014	345014				
2008	341097	341097				
2009	364822	364822				
2010	368288	368288				
2011	377374	377374				
2012	388415	388415				
2013	393094	393094				
2014	394548	394548				
2015	391928	391928				
2016	395384	395384				
2017	396484	396484				
2018	401631	402036	-64338	-78925	4139313906	6229212297
2019	406778	407665	-59191	-73296	3503515290	5372300363
2020	411925	413373	-54044	-67588	2920699892	4568107047
2021	417072	419161	-48897	-61800	2390867712	3819195580

Tahun	Hasil Perhitungan (Yi)		Yi - Yrata"		(Yi - Yrata") ²	
	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik
2022	422219	425031	-43750	-55930	1914018750	3128216553
2023	427366	430982	-38603	-49979	1490153006	2497910590
2024	432513	437017	-33456	-43944	1119270480	1931111100
2025	437660	443136	-28309	-37825	801371172	1430747112
2026	442807	449341	-23162	-31620	536455082	999846190
2027	447954	455632	-18015	-25329	324522210	641537438
2028	453101	462012	-12868	-18949	165572556	359054587
2029	458248	468481	-7721	-12480	59606120	155739174
2030	463395	475041	-2574	-5920	6622902	35043818
2031	468542	481693	2574	732	6622902	535586
2032	473689	488438	7721	7477	59606120	55899463
2033	478836	495277	12868	14316	165572556	204941915
2034	483983	502212	18015	21251	324522210	451594564
2035	489130	509244	23162	28283	536455082	799917966
2036	494277	516374	28309	35413	801371172	1254105501
2037	499424	523605	33456	42644	1119270480	1818487374
2038	504571	530936	38603	49975	1490153006	2497534731
2039	509718	538371	43750	57410	1914018750	3295863905
2040	514865	545909	48897	64948	2390867712	4218240767
2041	520012	553553	54044	72592	2920699892	5269585225
2042	525159	561304	59191	80343	3503515290	6454975835
2043	530306	569163	64338	88202	4139313906	7779654556
Jumlah	12115181	12504986			38743978163	65269359238
Rata-rata	465969	480961				
STDEV					39367	51096

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada perhitungan standart deviasi didapat nilai yang lebih kecil pada data proyeksi aritmatika, yaitu sebesar 39367. Sedangkan pada data proyeksi geometric didapat nilai sebesar 51096. Jadi, data jumlah penduduk pada tahun 2043 sebanyak 530306.

4.3.2. Kebutuhan Air untuk Penduduk

Kebutuhan air dihitung berdasarkan proyeksi penduduk yang telah dihitung yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya.

Contoh perhitungan kebutuhan air:

Jumlah penduduk = 530306 Jiwa

Domestik	= 530306 Jiwa x 170	= 90152020 lt/hari
Non Domestik	= 530306 Jiwa x 30	= 15909180 lt/hari
Kehilangan Air	= 530306 Jiwa x 20	= 10606120 lt/hari
Jumlah	= 116667320 lt/hari	= 1.35 m ³ /detik

Tabel 4.16 Kebutuhan Air untuk Penduduk

Zona	Jumlah Penduduk (jiwa)	Domestik (liter/hr)	Non Domestik (liter/hr)	Kehilangan Air (liter/hr)	Jumlah (liter/hr)	Jumlah (m ³ /dt)	Jumlah (lt/dt)
Kabupaten Gresik	530306	90152020	15909180	10606120	116667320	1.35	1350.32

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan prediksi data jumlah penduduk kabupaten Gresik tahun 2043 tabel 4.13 dikali dengan standar kebutuhan air menurut Dinas Cipta Karya maka didapat $Q = 1.35 \text{ m}^3/\text{dt}$ seperti tabel 4.16.

4.4. Optimasi Irigasi dan Air Bersih dengan Metoda Add-ins Solver Microsoft Excel

4.4.1. Analisa Optimasi Berdasarkan Debit Sungai Kebutuhan Irigasi Optimum

Saat proses optimasi langkah yang dilakukan seperti pada Sub-bab 3.2.3. Fungsi yang harus diisi dalam kolom solver:

- Set Objective

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

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).

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

- Changing Variable

Luas tanam pada tiap bulannya. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}$.

Dan P1-P3.

- Constraints

1. $\sum A_i \leq Areal$

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

Areal = Jumlah luas lahan irigasi (4369 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 $X_3 \geq 0$ dst. X_{12}

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

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

3. Debit Hasil optimasi \leq Debit Andalan setelah air baku.

Q Optimasi Nop \leq Q Andalan Nop

Q Optimasi Des \leq Q Andalan Des

Q Optimasi Jan \leq Q Andalan Jan

..... dst sampai bulan Oktober

- Hasil Optimasi Pola Tanam

Dengan menggunakan rumusan set objective dan constraints 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 4.20 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 X_1 , tanam padi dimulai bulan Desember dengan luas X_2 , dan seterusnya hingga 12 bulan.

Sedangkan palawija dimulai tanam bulan mei dengan luas P1, bulan Juni dengan luas P2 dan seterusnya hingga P3.

Tabel 4.17 Perhitungan Optimasi

		HASIL OPTIMUM TANAM: 4,369.00 HA. INTENSITAS TANAM : 100%												
Luas Lahan ha		KEBUTUHAN AIR DARI SUMBER												
		Nopember	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	
X1	2184.50	2.10	0.62	0.33	0.02									
X2	2184.50		1.82	0.30	0.09	0.05								
X3	0.00			1.45	0.11	0.37	0.05							
X4	0.00				1.20	0.35	0.23	0.46						
X5	0.00					1.57	0.20	0.78	0.73					
X6	0.00						1.40	1.03	1.01	0.75				
X7	0							1.97	0.98	1.06	0.78			
X8	0								2.21	1.04	1.16	0.83		
X9	0									2.26	0.57	1.07	0.67	
X10	0	0.60									2.34	1.18	1.01	
X11	0.00	0.91	0.25									2.36	0.99	
X12	0.00	0.89	0.57	0.16									2.20	
P1	0.00								0.47	0.70	0.86			
P2	0.00									0.50	0.79	0.90		
P3	0										0.54	0.81	0.75	
		Nopember	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	BULAN
		2184.50	4369.00	4369.00	4369.00	2184.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Luas Total
		2184.50	4369.00	4369.00	4369.00	2184.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Luas Tanam padi
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Luas tanam Polowijo
		4597.02	5318.95	1389.65	236.34	109.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Q hasil Optimasi
		42654.57	224381.31	1035981.76	1088627.33	924201.11	223881.50	53578.81	32154.55	5398.45	0.00	0.00	0.00	Q Andalan
		1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	1350.32	Q Kebutuhan Air Bersih
		44004.891	225731.626	1037332.07	1089977.64	925551.42	225231.82	54929.13	33504.87	6748.76	536.51	123.04	0.00	Q Sungai

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel-solver* tersebut diperoleh solusi optimum sebagai berikut:

a. Luas lahan yang dihasilkan:

Tabel 4. 18 Luas Lahan Hasil Optimasi

Luas Lahan	
ha	
X1	2184.50
X2	2184.50
X3	0.00
X4	0.00
X5	0.00
X6	0.00
X7	0
X8	0
X9	0
X10	0
X11	0.00
X12	0.00
P1	0.00
P2	0.00
P3	0

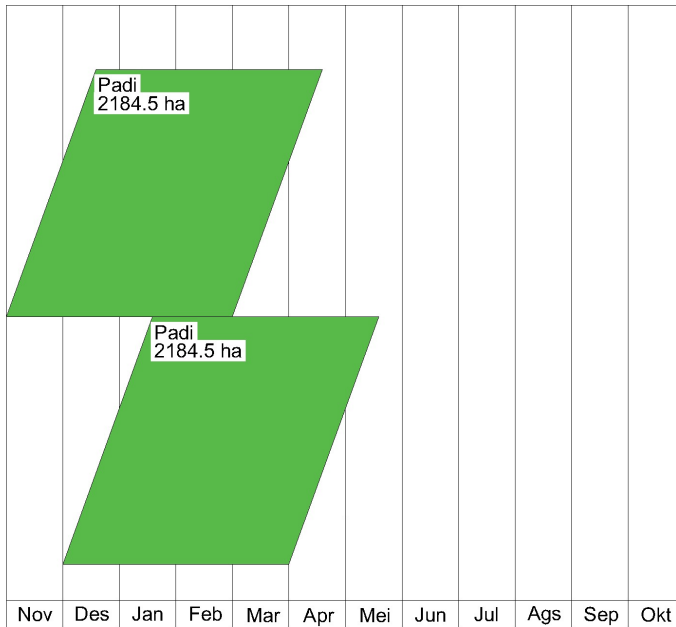
Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

X₁₋₁₂ = Untuk padi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

P₁₋₃ = 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.



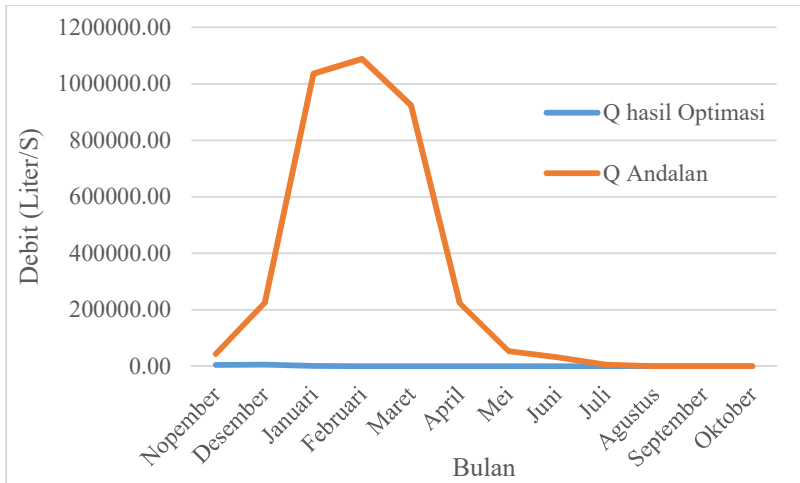
Gambar 4.4 Sketsa pola tata tanam optimasi
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.19 Keterangan Luas Lahan

Luas Lahan Ha	Nama Blok	Tanaman	Awal Tanam
2184.5	BLOK 1	Padi	Nopember
2184.5	BLOK 2	Padi	Desember

Sumber: Hasil perhitungan

Dari hasil optimasi didapatkan pola tanam seperti tergambar pada gambar 4.4 dan tiap bloknya dapat diketahui pola tanamnya dapat dilihat pada tabel 4.19.



Gambar 4.5 Grafik Optimasi menggunakan debit andalan
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari gambar 4.5 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit andalan. Ketika musim hujan dan kemarau I yaitu bulan Nopember, Desember, Januari, Februari, Maret, April, Mei, dan Juni mengalami kelebihan air sedangkan saat musim kemarau II yaitu bulan Juli, Agustus, September, dan Oktober mengalami kekurangan air sehingga tidak add air yang digunakan untuk mencukupi kebutuhan air. Sehingga intensitas tanamnya hanya 100% dengan luas lahan 4369 ha.

Karena banyak debit yang terbuang maka dilakukan penampungan air supaya bisa mengairi pada musim kemarau dengan cara menghitung optimasi menggunakan debit kumulatif.

4.4.2. Analisa Optimasi Berdasarkan Debit Kumulatif Hasil Operasi Pintu

Saat proses optimasi langkah yang dilakukan seperti pada sub-bab 3.2.3. 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)

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. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}$.

Dan P1-P3.

- Constraints

$$4. \sum A_i \leq \text{Areal}$$

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

Areal = Jumlah luas lahan irigasi (4369 ha)

$$5. X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}, P_1, P_2, P_3 \geq 0$$

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

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

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

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

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

$$6. \text{Komulatif Outflow} \leq \text{Komulatif Inflow setelah air baku.}$$

- Hasil Optimasi Pola Tanam

Dengan menggunakan rumusan set objective dan constraints 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 4.20 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 X_1 , tanam padi dimulai bulan Desember dengan luas X_2 , dan seterusnya hingga 12 bulan. Sedangkan palawija dimulai tanam bulan mei dengan luas P_1 , bulan Juni dengan luas P_2 dan seterusnya hingga P_3 .

Tabel 4.20 Perhitungan Optimasi Debit Kumulatif

		HASIL OPTIMUM TANAM:				13,107.00	HA.	INTENSITAS TANAM :					300%	
Luas Lahan ha		Nopember	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	
X1	1092.3	2.10	0.62	0.33	0.02									
X2	1092.3		1.82	0.30	0.09	0.05								
X3	1092.3			1.45	0.11	0.37	0.05							
X4	1092.3				1.20	0.35	0.23	0.46						
X5	1092.3					1.57	0.20	0.78	0.73					
X6	1092.3						1.40	1.03	1.01	0.75				
X7	468.1							1.97	0.98	1.06	0.78			
X8	468.1								2.21	1.04	1.16	0.83		
X9	468.1									2.26	0.57	1.07	0.67	
X10	1092.3	0.60									2.34	1.18	1.01	
X11	1092.3	0.91	0.25									2.36	0.99	
X12	1092.3	0.89	0.57	0.16									2.20	
P1	624.1								0.47	0.70	0.86			
P2	624.1									0.50	0.79	0.90		
P3	624.1										0.54	0.81	0.75	
		Nopember	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	BULAN
		4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	Luas Total (ha)
		4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	4369.00	3744.86	3120.71	2496.57	2496.57	3120.71	3744.86	Luas Tanam padi (ha)
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	624.14	1248.29	1872.43	1872.43	1248.29	624.14	Luas tanam Polowijo (ha)
		4919.36	3554.03	2453.66	1549.38	2546.38	2059.18	3401.61	3681.33	3614.84	5093.06	5819.05	5377.47	Q hasil Optimasi (lt/dtk)
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77480.8	53578.8	32154.6	5398.4	0.0	0.0	0.0	Q Andalan (ltr/dtk)
		1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	Q Kebutuhan Air Bersih (Liter/dtk)
		1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	78831.1	54929.1	33504.9	6748.8	536.5	123.0	0.0	Q Sungai (Liter/dtk)
		30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	Jml hari dlm Bulan
		16251.0	13135.8	10188.6	7014.9	10436.9	8837.4	12727.6	13042.0	13298.7	17257.9	18583.0	18019.7	Outflow (/10 ⁶ ltr)
		16251.0	29386.8	39575.4	46590.3	57027.3	65864.7	78592.2	91634.2	104932.9	122190.8	140773.8	158793.5	Kumulatif Outflow (ltr)
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200830.3	143505.5	83344.6	14459.2	0.0	0.0	0.0	Inflow (/10 ⁶ ltr)
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200830.3	344335.8	427680.4	442139.6	442139.6	442139.6	442139.6	Kumulatif Inflow (ltr)
		1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	1350.3	76130.5	52228.5	30804.2	4048.1	0.0	0.0	0.0	Inflow setelah Air bersih (/10 ⁶ ltr)
		1350.3	2700.6	4050.9	5401.3	6751.6	82882.1	135110.6	165914.8	169962.9	169962.9	169962.9	169962.9	Kumulatif Inflow setelah air bersih (ltr)

Sumber: Hasil Perhitungan

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

b. Luas lahan yang dihasilkan:

Tabel 4.21 Luas Lahan hasil Optimasi kumulatif

Luas Lahan	
ha	
X1	1092.3
X2	1092.3
X3	1092.3
X4	1092.3
X5	1092.3
X6	1092.3
X7	468.1
X8	468.1
X9	468.1
X10	1092.3
X11	1092.3
X12	1092.3
P1	624.1
P2	624.1
P3	624.1

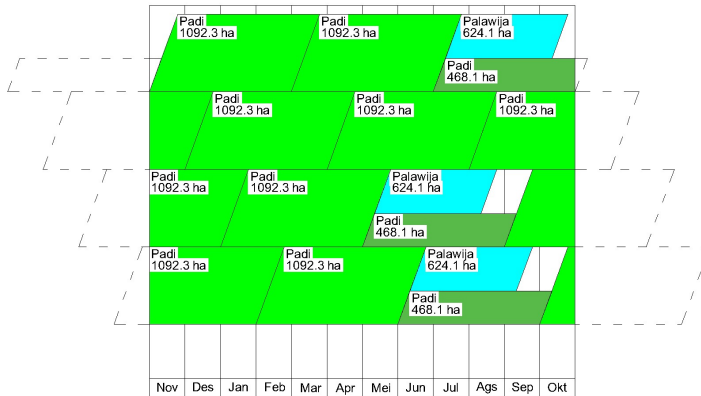
Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

X₁₋₁₂ = Untuk padi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

P₁₋₃ = 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.



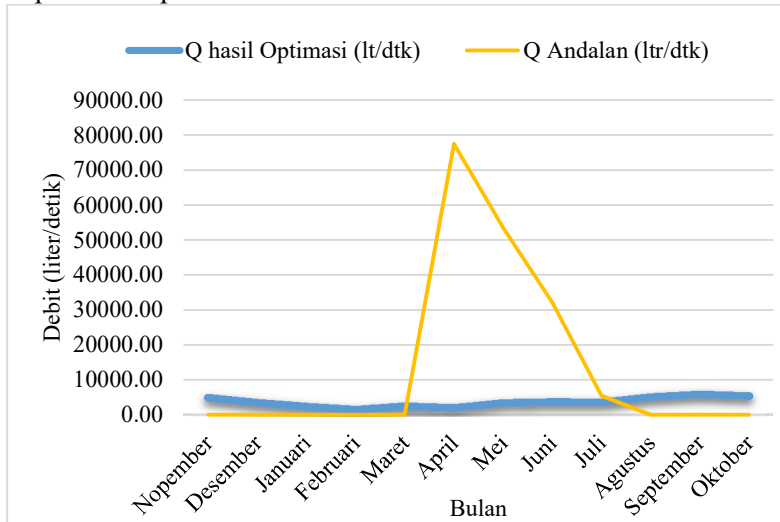
Gambar 4.6 Sketsa pola tanam optimasi debit kumulatif
Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.22 Keterangan Luas Lahan

Luas Lahan Ha	Nama Blok	Tanaman	Awal Tanam
1092.3	BLOK 1	Padi 1	Nop
		Padi 2	Mar
		Padi 3	Jul
		Palawija	Jul
1092.3	BLOK 2	Padi 1	Des
		Padi 2	Apr
		Padi 3	Ags
		Padi 1	Sep
1092.3	BLOK 3	Padi 2	Jan
		Padi 3	Mei
		Palawija	Mei
		Padi 1	Okt
1092.3	BLOK 4	Padi 2	Feb
		Padi 3	Jun
		Palawija	Jun

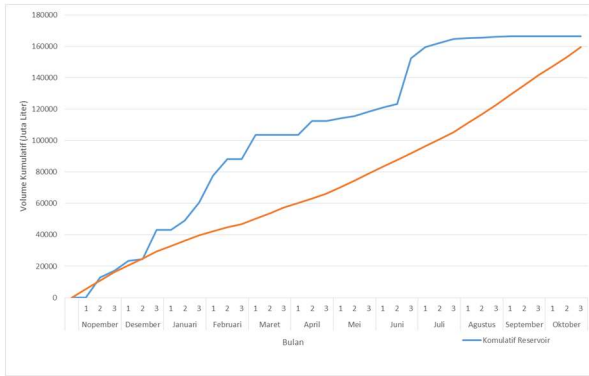
Sumber: Hasil perhitungan

Dari hasil optimasi didapatkan pola tanam, seperti tergambar pada gambar 4.7 dan tiap bloknya dapat diketahui pola tanamnya dapat dilihat pada tabel 4.22.



Gambar 4.7 Grafik Optimasi menggunakan debit kumulatif
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.7 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit andalan. Ketika musim hujan dan kemarau I yaitu bulan Nopember, Desember, Januari, Februari, Maret, April, Mei, dan Juni mengalami kelebihan air sedangkan saat musim kemarau II yaitu bulan Juli, Agustus, September, dan Oktober mengalami kekurangan air sehingga memanfaatkan waduk untuk mencukupi kebutuhan air. Sehingga intensitas tanamnya menjadi 300% dengan luas lahan 13107 ha.



Gambar 4.8 Grafik Kebutuhan Air Irigasi
Sumber: Hasil Perhitungan

4.5. Manual Operasi Pintu Air

Pada rencana pengoperasian pintu air bendung gerak sembayat berdasarkan data debit 1 tahun yang berfungsi menampung air untuk keperluan irigasi, air bersih dan pengendali banjir.

4.5.1. Pintu Bendung

Jumlah pintu banjir (flood gate) pada Bendung Gerak Sembayat adalah sebanyak 7 (tujuh) pintu, tipe pintu berbentuk pintu geser/sorong dan semua pintu dilengkapi dengan pintu pelimpah (Vertical Fixed Roller Gate with Flap). Perkiraan debit yang keluar (outflow discharge) dipergunakan rumus:

- Underflow discharge submerged condition
- Submerged condition (bukaan pintu dari bawah, konsis hilir terisi air)

$$Q_{\text{Submerg}} = C2 \times a \times B \sqrt{2 \times g \times (h1 - h2)}$$

Dimana:

Q = Debit lewat sluice gate (m³/sec)

C2 = Koefisien debit untuk aliran submerged (0,610)

- a = tinggi bukaan pintu (m)
 B = lebar pintu (20m)
 g = gaya gravitasi ($9,8 \text{ m/sec}^2$)
 h_1 = tinggi muka air hulu (m) pada EL +7.00 (FSL)
 $h_1 = 6\text{m}$
 h_2 = tinggi muka air hilir (m) dihitung EL -2.200
 $h_2 = 3,1\text{m}$

Hasil Perhitungan debit yang melewati tiap pintu air akan ditampilkan pada tabel 4.23:

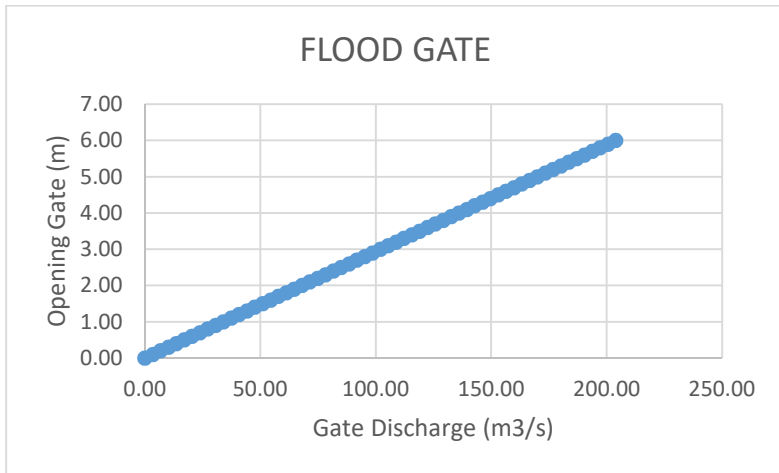
Tabel 4.23 Hubungan antara pembukaan pintu dan debit yang melimpah

No	Tinggi Bukaan Pintu	Elevasi Hulu	h_1	Elevasi Hilir	h_2	Koefisien Debit	Q submerged
1	0.00	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	0.00
2	0.10	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	3.40
3	0.20	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	6.80
4	0.30	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	10.20
5	0.40	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	13.60
6	0.50	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	17.00
7	0.60	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	20.40
8	0.70	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	23.79
9	0.80	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	27.19
10	0.90	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	30.59
11	1.00	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	33.99
12	1.10	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	37.39
13	1.20	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	40.79
14	1.30	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	44.19
15	1.40	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	47.59
16	1.50	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	50.99
17	1.60	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	54.39
18	1.70	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	57.79
19	1.80	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	61.19
20	1.90	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	64.58
21	2.00	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	67.98
22	2.10	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	71.38
23	2.20	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	74.78
24	2.30	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	78.18

No	Tinggi Bukaan Pintu	Elevasi Hulu	h1	Elevasi Hilir	h2	Koefisien Debit	Q submerged
25	2.40	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	81.58
26	2.50	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	84.98
27	2.60	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	88.38
28	2.70	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	91.78
29	2.80	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	95.18
30	2.90	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	98.58
31	3.00	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	101.98
32	3.10	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	105.38
33	3.20	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	108.77
34	3.30	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	112.17
35	3.40	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	115.57
36	3.50	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	118.97
37	3.60	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	122.37
38	3.70	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	125.77
39	3.80	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	129.17
40	3.90	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	132.57
41	4.00	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	135.97
42	4.10	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	139.37
43	4.20	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	142.77
44	4.30	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	146.17
45	4.40	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	149.56
46	4.50	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	152.96
47	4.60	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	156.36
48	4.70	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	159.76
49	4.80	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	163.16
50	4.90	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	166.56
51	5.00	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	169.96
52	5.10	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	173.36
53	5.20	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	176.76
54	5.30	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	180.16
55	5.40	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	183.56
56	5.50	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	186.96
57	5.60	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	190.36
58	5.70	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	193.75
59	5.80	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	197.15
60	5.90	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	200.55
61	6.00	0.70	6.00	0.30	5.60	0.607	203.95

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel 4.23 dapat digambarkan grafiknya seperti pada gambar 4.9:



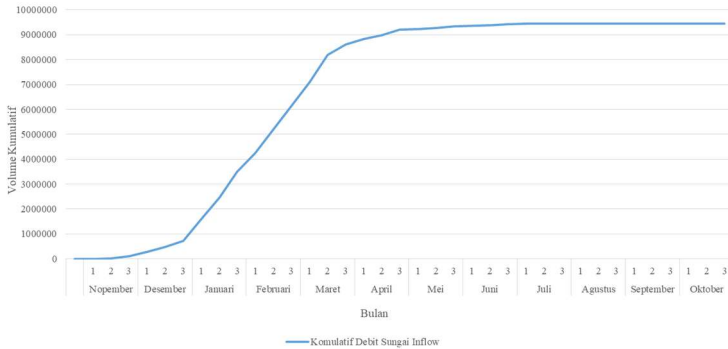
Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara pembukaan pintu dengan debit yang melimpah
Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diketahui debit yang mengalir pada tiap bukaan pintu dilakukan pengoperasian pintu sesuai dengan pemenuhan kebutuhan tampungan.

4.5.2. Pengoperasian Pintu Bendung

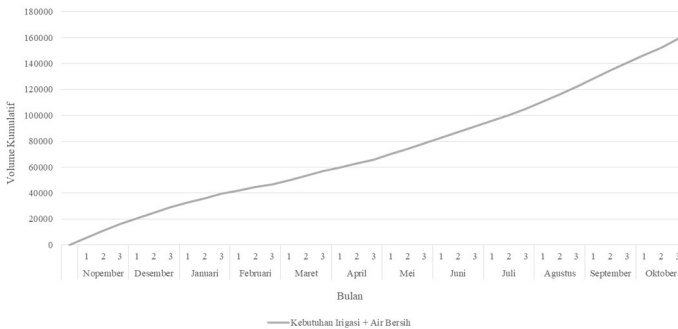
Berdasarkan kurva massa air selama 1 tahun dilakukan pengoperasian pintu bendung dimana saat memasuki kondisi musim penghujan debit menjadi besar/ debit banjir oleh karena itu kondisi pintu dibuka total agar tidak terjadi banjir di sekitar sungai. Sedangkan saat memasuki musim kemarau debit sungai menurun drastis sehingga diperlukan pengoperasian pintu agar dapat menjaga kuantitas air sehingga dapat mencukupi kebutuhan selama musim kemarau. Kurva massa debit Inflow sungai akan ditampilkan pada gambar 4.10. Setelah diketahui kebutuhan untuk irigasi akan didapat volume air yang dibuang dengan cara

dioperasikan pintu airnya, nanti akan menghasilkan kurva massa tampungan untuk reservoir.



Gambar 4.10 Grafik Kurva Massa Debit Inflow
Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diketahui kurva massa debit inflow sungai maka dicari kurva massa kebutuhan air untuk irigasi dan air baku seperti pada gambar 4.11:



Gambar 4.11 Grafik Kurva Massa Kebutuhan Air Irigasi an Air Baku
Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diketahui debit yang tersedia dan kebutuhan irigasi ditambah air baku maka sisa air yang tidak dibutuhkan di alirkan ke hilir. Dari peninjauan kebutuhan dan debit yang tersedia dilakukan pengoperasian pintu air bendung untuk menampung dan

mengalirkan debit. Dan didapat pengoperasian pintu air seperti pada tabel 4.24:

Tabel 4.24 Rencana Pengoperasian Pintu Air Bendung Gerak

Bulan	periode	Debit Sungai (m ³ /s)	Debit Pintu (m ³ /s)	Selisih	Tinggi Pembukaan Pintu (m)						
					Pintu 1	Pintu 2	Pintu 3	Pintu 4	Pintu 5	Pintu 6	Pintu 7
Nopember	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	21.56	6.80	14.77	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
	3	110.45	105.38	5.07	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.10
Desember	1	194.24	186.96	7.28	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
	2	222.31	220.95	1.36	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50
	3	257.46	237.94	19.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Januari	1	1013.28	1019.76	0.00	4.00	4.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00
	2	992.80	985.77	7.03	4.00	4.00	4.00	5.00	4.00	4.00	4.00
	3	1099.69	1087.74	11.95	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00
Februari	1	869.35	849.80	19.55	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00
	2	1100.26	1087.74	12.52	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00
	3	1352.91	1359.68	0.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00
Maret	1	1105.58	1087.74	17.84	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00
	2	1281.60	1291.70	0.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00
	3	438.21	441.90	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00
April	1	255.56	271.94	0.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
	2	163.18	152.96	10.21	5.00	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50
	3	256.96	271.94	0.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Mei	1	39.29	37.39	1.90	0.00	0.00	0.10	0.50	0.50	0.00	0.00
	2	49.36	47.59	1.77	0.00	0.00	0.40	0.50	0.50	0.00	0.00
	3	74.21	71.38	2.83	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.10	0.00
Juni	1	26.78	23.79	2.99	0.00	0.00	0.00	0.50	0.20	0.00	0.00
	2	16.24	13.60	2.64	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00
	3	57.50	23.79	33.71	0.00	0.00	0.00	0.50	0.20	0.00	0.00
Juli	1	15.14	6.80	8.34	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
	2	2.98	0.00	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	2.54	0.00	2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agustus	1	0.88	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.34	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
September	1	0.37	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oktober	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5.3. Analisa *Water balance* (Keseimbangan air)

Pada analisis hubungan antara ketersediaan dan kebutuhan ini memperhitungkan jumlah air yang digunakan dan jumlah air yang tersedia, hal ini dilakukan agar diketahui kondisi keadaan jumlah air yang masih tersedia. Pada tabel 4.25 dapat dilihat kondisi ketersediaan airnya.

Tabel 4.25 Analisa Keseimbangan Air

		Nopember			Desember			Januari		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Debit Sungai Inflow	m ³ /s	0.00	21.56	110.45	194.24	222.31	257.46	1013.28	992.80	1099.69
Volume Debit Sungai Inflow	Liter	0.00	18630.90	95429.78	167826.47	192078.51	244694.61	875470.12	857777.87	1045142.24
Kumulatif Debit Sungai Inflow	Liter	0.00	18630.90	114060.68	281887.15	473965.66	718660.26	1594130.38	2451908.25	3497050.49
Debit Outflow Pintu	m ³ /s	0.00	6.80	105.38	186.96	220.95	237.94	1019.76	985.77	1087.74
Volume Debit Outflow Pintu	Liter	0.00	5873.82	91048.32	161533.44	190900.80	226138.18	881072.64	851705.28	1033788.10
Kumulatif Outflow Pintu	Liter	0.00	5873.82	96922.14	258455.58	449356.38	675494.55	1556567.19	2408272.47	3442060.57
Reservoir	m ³ /s	0.00	14.77	5.07	7.28	1.36	19.52	0.00	7.03	11.95
Reservoir	liter/s	0.00	14765.14	5071.13	7283.60	1363.09	19524.86	0.00	7028.46	11946.70
Volume Reservoir	Liter	0.00	12757.08	4381.46	6293.03	1177.71	18556.43	0.00	6072.59	11354.15
Kumulatif Reservoir	Liter	0.00	12757.08	17138.54	23431.57	24609.28	43165.71	43165.71	49238.30	60592.44
Kebutuhan Irigasi + Air Bersih	m ³ /s	6.30	6.30	6.30	4.93	6.30	6.30	3.82	3.82	3.82
Outflow Irigasi + Air bersih	Liter	5443.27	5443.27	5443.27	4256.33	4256.33	4681.97	3299.74	3299.74	3629.71
Kumulatif Kebutuhan	Liter	5443.27	10886.54	16329.81	20586.15	24842.48	29524.45	32824.19	36123.93	39753.64
Tampungan Kebutuhan	m ³	5443270.76	5443270.76	5443270.76	4256334.27	4256334.27	4681967.69	3299738.35	3299738.35	3629712.19
Tampungan Efektif		16228000.47	16228000.47	16228000.47	15041063.98	15041063.98	15466697.41	14084468.06	14084468.06	14414441.90
Deposit		-5443.27	1870.54	808.73	2845.42	-233.20	13641.26	10341.52	13114.37	20838.81

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Analisa Kesenjangan Air (lanjutan)

		Februari			Maret			April		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Debit Sungai Inflow	m ³ /s	869.35	1100.26	1352.91	1105.58	1281.60	438.21	255.56	163.18	256.96
Volume Debit Sungai Inflow	Liter	751120.22	950623.70	935129.99	955219.14	1107306.61	416471.18	220806.59	140984.25	222010.03
Kumulatif Debit Sungai Inflow	Liter	4248170.71	5198794.41	6133924.40	7089143.54	8196450.15	8612921.34	8833727.92	8974712.18	9196722.20
Debit Outflow Pintu	m ³ /s	849.80	1087.74	1359.68	1087.74	1291.70	441.90	271.94	152.96	271.94
Volume Debit Outflow Pintu	Liter	734227.20	939807.36	939810.82	939807.36	1116028.80	419981.76	234956.16	132160.90	234956.16
Kumulatif Outflow Pintu	Liter	4176287.77	5116095.13	6055905.95	6995713.31	8111742.11	8531723.87	8766680.03	8898840.92	9133797.08
Reservoir	m ³ /s	19.55	12.52	0.00	17.84	0.00	0.00	0.00	10.21	0.00
Reservoir	liter/s	19552.11	12518.92	0.00	17837.71	0.00	0.00	0.00	10212.22	0.00
Volume Reservoir	Liter	16893.02	10816.34	0.00	15411.78	0.00	0.00	0.00	8823.36	0.00
Kumulatif Reservoir	Liter	77485.46	88301.81	88301.81	103713.59	103713.59	103713.59	103713.59	112536.95	112536.95
Kebutuhan Irigasi + Air Bersih	m ³ /s	2.91	2.91	2.91	3.91	3.91	3.91	3.42	3.42	3.42
Outflow Irigasi + Air bersih	Liter	2513.61	2513.61	2010.89	3380.34	3380.34	3718.38	2956.80	2956.80	2956.80
Kumulatif Kebutuhan	Liter	42267.25	44780.85	46791.74	50172.08	53552.43	57270.80	60227.60	63184.40	66141.20
Tampungan Kebutuhan	m ³	2513607.62	2513607.62	2010886.09	3380343.92	3380343.92	3718378.32	2956797.44	2956797.44	2956797.44
Tampungan Efektif		13298337.33	13298337.33	12795615.81	14165073.64	14165073.64	14503108.03	13741527.15	13741527.15	13741527.15
Deposit		35218.22	43520.96	41510.07	53541.51	50161.16	46442.78	43485.99	49352.55	46395.75

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Analisa Kesenjangan Air (lanjutan)

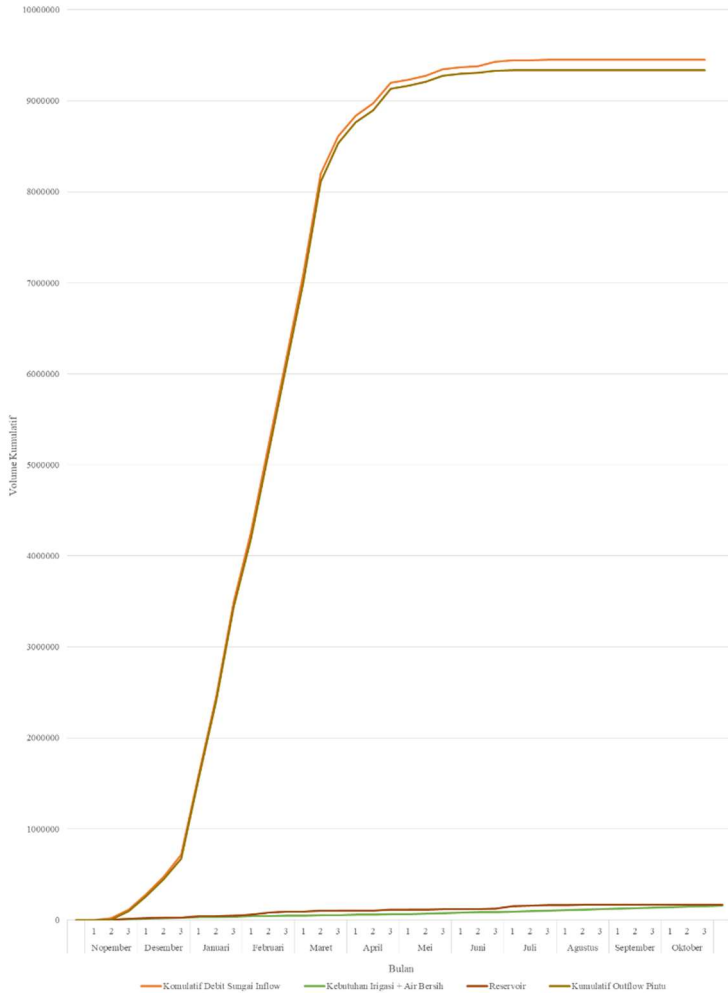
		Mei			Juni			Juli		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Debit Sungai Inflow	m ³ /s	39.29	49.36	74.21	26.78	16.24	57.50	15.14	2.98	2.54
Volume Debit Sungai Inflow	Liter	33947.82	42646.46	70527.89	23137.63	14027.29	49679.69	13082.47	2577.38	2416.03
Kumulatif Debit Sungai Inflow	Liter	9230670.02	9273316.49	9343844.37	9366982.01	9381009.30	9430688.99	9443771.46	9446348.84	9448764.87
Debit Outflow Pintu	m ³ /s	37.39	47.59	71.38	23.79	13.60	23.79	6.80	0.00	0.00
Volume Debit Outflow Pintu	Liter	32306.00	41117.76	67839.55	20558.36	11747.64	20554.56	5873.82	0.00	0.00
Kumulatif Outflow Pintu	Liter	9166103.08	9207220.84	9275060.39	9295618.75	9307366.39	9327920.95	9333794.76	9333794.76	9333794.76
Reservoir	m ³ /s	1.90	1.77	2.83	2.99	2.64	33.71	8.34	2.98	2.54
Reservoir	liter/s	1900.25	1769.33	2828.64	2985.27	2638.49	33709.64	8343.35	2983.08	2542.12
Volume Reservoir	Liter	1641.82	1528.70	2688.34	2579.27	2279.66	29125.13	7208.65	2577.38	2416.03
Kumulatif Reservoir	Liter	114178.77	115707.47	118395.81	120975.08	123254.73	152379.86	159588.52	162165.90	164581.93
Kebutuhan Irigasi + Air Bersih	m ³ /s	4.77	4.77	4.77	5.05	5.05	5.05	4.99	4.99	4.99
Outflow Irigasi + Air bersih	Liter	4123.83	4123.83	4536.21	4367.00	4367.00	4367.00	4309.19	4309.19	4740.11
Kumulatif Kebutuhan	Liter	70265.03	74388.85	78925.06	83292.06	87659.06	92026.06	96335.25	100644.44	105384.56
Tampungan Kebutuhan	m ³	4123827.85	4123827.85	4536210.64	4366998.27	4366998.27	4366998.27	4309193.23	4309193.23	4740112.55
Tampungan Efektif		14908557.56	14908557.56	15320940.35	15151727.99	15151727.99	15151727.99	15093922.94	15093922.94	15524842.27
Deposit		43913.74	41318.62	39470.74	37683.02	35595.67	60353.81	63253.27	61521.46	59197.38

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Analisa Kesenjangan Air (lanjutan)

		Agustus			September			Oktober		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Debit Sungai Inflow	m3/s	0.88	0.34	0.40	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume Debit Sungai Inflow	Liter	761.58	291.56	383.83	318.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kumulatif Debit Sungai Inflow	Liter	9449526.45	9449818.02	9450201.85	9450520.77	9450520.77	9450520.77	9450520.77	9450520.77	9450520.77
Debit Outflow Pintu	m3/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume Debit Outflow Pintu	Liter	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kumulatif Outflow Pintu	Liter	9333794.76	9333794.76	9333794.76	9333794.76	9333794.76	9333794.76	9333794.76	9333794.76	9333794.76
Reservoir	m3/s	0.88	0.34	0.40	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reservoir	liter/s	881.46	337.46	403.86	369.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume Reservoir	Liter	761.58	291.56	383.83	318.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kumulatif Reservoir	Liter	165343.51	165635.08	166018.91	166337.83	166337.83	166337.83	166337.83	166337.83	166337.83
Kebutuhan Irigasi + Air Bersih	m3/s	6.47	6.47	6.47	7.21	7.21	7.21	6.76	6.76	6.76
Outflow Irigasi + Air bersih	Liter	5594.27	5594.27	6153.69	6225.40	6225.40	6225.40	5841.52	5841.52	6425.67
Kumulatif Kebutuhan	Liter	110978.82	116573.09	122726.79	128952.19	135177.60	141403.00	147244.52	153086.03	159511.70
Tampungan Kebutuhan	m3	5594267.45	5594267.45	6153694.19	6225404.94	6225404.94	6225404.94	5841516.13	5841516.13	6425667.74
Tampungan Efektif		16378997.16	16378997.16	16938423.90	17010134.65	17010134.65	17010134.65	16626245.84	16626245.84	17210397.45
Deposit		54364.69	49061.99	43292.12	37385.64	31160.24	24934.83	19093.32	13251.80	6826.13

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. 12 Grafik Analisa Kesetimbangan Air
Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.25 menggambarkan tampungan dari *long storage* dari Bendung Gerak Sembayat setelah optimasi dapat dilihat tampungannya.

Tabel 4.26 Rencana Operasional Bendung

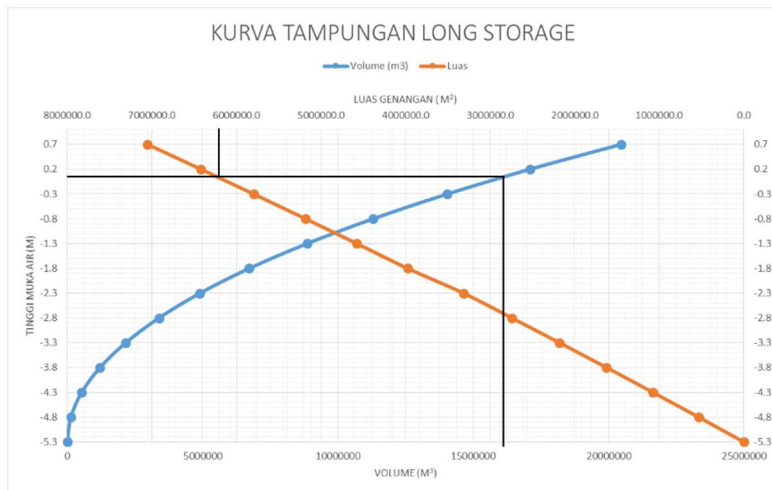
Operasional		Volume		Volume Total	Elevasi	Luas Genangan
		Efektif	Dead Storage			
		m3	m3	m3	m	m2
Nopember	1	5443270.76	10784729.71	16228000.47	0.06	6241771.60
	2	5443270.76	10784729.71	16228000.47	0.06	6241771.60
	3	5443270.76	10784729.71	16228000.47	0.06	6241771.60
Desember	1	4256334.27	10784729.71	15041063.98	-0.14	5999741.59
	2	4256334.27	10784729.71	15041063.98	-0.14	5999741.59
	3	4681967.69	10784729.71	15466697.41	-0.07	6086533.15
Januari	1	3299738.35	10784729.71	14084468.06	-0.29	5804680.68
	2	3299738.35	10784729.71	14084468.06	-0.29	5804680.68
	3	3629712.19	10784729.71	14414441.90	-0.24	5871966.14
Februari	1	2513607.62	10784729.71	13298337.33	-0.46	5608157.86
	2	2513607.62	10784729.71	13298337.33	-0.46	5608157.86
	3	2010886.09	10784729.71	12795615.81	-0.53	5516710.22
Maret	1	3380343.92	10784729.71	14165073.64	-0.28	5821117.08
	2	3380343.92	10784729.71	14165073.64	-0.28	5821117.08
	3	3718378.32	10784729.71	14503108.03	-0.23	5890046.18
April	1	2956797.44	10784729.71	13741527.15	-0.36	5728637.55
	2	2956797.44	10784729.71	13741527.15	-0.36	5728637.55
	3	2956797.44	10784729.71	13741527.15	-0.36	5728637.55
Mei	1	4123827.85	10784729.71	14908557.56	-0.16	5972722.01
	2	4123827.85	10784729.71	14908557.56	-0.16	5972722.01
	3	4536210.64	10784729.71	15320940.35	-0.09	6056811.61
Juni	1	4366998.27	10784729.71	15151727.99	-0.12	6022307.26
	2	4366998.27	10784729.71	15151727.99	-0.12	6022307.26
	3	4366998.27	10784729.71	15151727.99	-0.12	6022307.26
Juli	1	4309193.23	10784729.71	15093922.94	-0.13	6010520.14
	2	4309193.23	10784729.71	15093922.94	-0.13	6010520.14

Operasional	Volume		Volume Total	Elevasi	Luas Genangan	
	Efektif	Dead Storage				
	m3	m3	m3	m	m2	
Agustus	3	4740112.55	10784729.71	15524842.27	-0.06	6098389.55
	1	5594267.45	10784729.71	16378997.16	0.08	6272561.56
	2	5594267.45	10784729.71	16378997.16	0.08	6272561.56
September	3	6153694.19	10784729.71	16938423.90	0.17	6386635.11
	1	6225404.94	10784729.71	17010134.65	0.19	6401257.76
	2	6225404.94	10784729.71	17010134.65	0.19	6401257.76
Oktober	3	6225404.94	10784729.71	17010134.65	0.19	6401257.76
	1	5841516.13	10784729.71	16626245.84	0.12	6322978.41
	2	5841516.13	10784729.71	16626245.84	0.12	6322978.41
	3	6425667.74	10784729.71	17210397.45	0.22	6440242.25

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.26 menunjukkan operasional Bendung Gerak Sembayat selama satu tahun, operasional ini digunakan untuk mengetahui tampungan, elevasi, dan luas genangan selama operasional Bendung Gerak Sembayat. Tabel diatas dapat dihitung menggunakan kurva tampungan, dimana volume ditambah dengan *dead storage* sama dengan volume total. Dari volume total dapat dilihat elevasi dan luas genangannya.

Contoh perhitungan:



Gambar 4. 13 Grafik Kurva Tampung

Contoh perhitungan Tabel 4.26 adalah sebagai berikut:

Contoh pada bulan Nopember 1

Volume = 5443270.76

Dead storage = 10784729.71

Volume total = Volume + *dead storage*

= 16228000.47

Dilihat pada grafik kurva tampungan volume dari reservoir sebesar 16228000.47 m³ dari volume ditarik garis pada gambar 4.13 dapat diketahui elevasi dan luas genangan. Volume 16228000.47 m³ menghasilkan elevasi 0.06 dan luas genangan 6241771.60 m².

4.6. Tinjauan Aliran Balik (*back water*) pada up-stream Bendung

Untuk menghitung dan menentukan panjang pengaruh *back water* pada penampang teratur, diperlukan cara/metode Tahapan Langsung atau Direct Step Methode.

Contoh untuk perhitungan metode tahapan langsung adalah sebagai berikut:

1. Tahap 1

$$\begin{aligned}
 - y &= 5.3 \text{ m} \\
 - A &= (b \times h) \\
 &= 120 \times 5.3 = 636 \text{ m}^2 \\
 - P &= b + 2 \times h \\
 &= 120 + 2 \times 5.3 = 130.60 \text{ m} \\
 - R &= \frac{A}{P} = 4.87 \text{ m} \\
 - R^{4/3} &= 8.25 \text{ m} \\
 - V &= \frac{Q}{A} = \frac{54.93}{636} = 0,09 \text{ m/det} \\
 - \alpha \frac{V^2}{2g} &= \frac{0,09^2}{2(9,8)} = 0,04 \rightarrow E = 5.30 + 0.04 = 5.34 \text{ m} \\
 - I_f &= \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} = \frac{0,025^2 0,09^2}{8.25} = 0,000001
 \end{aligned}$$

2. Tahap 2

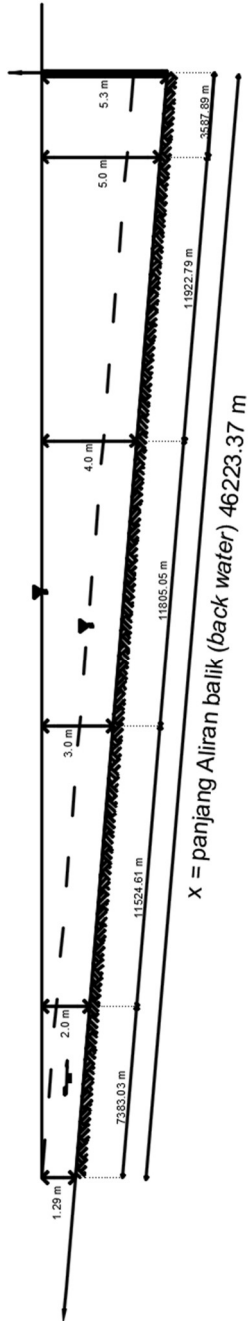
$$\begin{aligned}
 - y &= 5.0 \text{ m} \\
 - A &= (b \times h) \\
 &= 120 \times 5.0 = 600 \text{ m}^2 \\
 - P &= b + 2 \times h \\
 &= 120 + 2 \times 5.0 = 130.00 \text{ m} \\
 - R &= \frac{A}{P} = 4.62 \text{ m} \\
 - R^{4/3} &= 7.68 \text{ m} \\
 - V &= \frac{Q}{A} = \frac{54.93}{600} = 0,09 \text{ m/det} \\
 - \alpha \frac{V^2}{2g} &= \frac{0,09^2}{2(9,8)} = 0,04 \rightarrow E = 5.00 + 0.04 = 5.04 \text{ m} \\
 - I_f &= \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} = \frac{0,025^2 0,09^2}{7.68} = 0,000001
 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk lebih detail dalam menghitung panjang pengaruh back water pada penampang teratur dengan cara/metode Tahapan Langsung atau *Direct Step Methode* dapat dilihat pada tabel 4.27.

Tabel 4. 27 Perhitungan Panjang pengaruh Back Water dengan *Direct Step Methode*

No	y	A	P	R	$R^2(4/3)$	V	$\alpha \cdot v^2/2g$	E	ΔE	If	If rat	Io-Iffrat	ΔX	X
1	5.30	636.00	130.60	4.87	8.25	0.09	0.04	5.34	-	0.000001	-	-	-	-
2	5.00	600.00	130.00	4.62	7.68	0.09	0.04	5.04	0.2955	0.000001	0.000001	0.000008	3587.89	3587.89
3	4.00	480.00	128.00	3.75	5.83	0.11	0.06	4.06	0.9769	0.000001	0.000001	0.000008	11922.79	15510.69
4	3.00	360.00	126.00	2.86	4.05	0.15	0.11	3.11	0.9501	0.000004	0.000002	0.000008	11805.05	27315.73
5	2.00	240.00	124.00	1.94	2.41	0.23	0.26	2.26	0.8574	0.000014	0.000009	0.000007	11524.61	38840.34
6	1.29	154.80	122.58	1.26	1.37	0.35	0.62	1.91	0.3497	0.000058	0.000036	0.000005	7383.03	46223.37

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. 14 Gambar profil Aliran balik akibat penutupan Pintu

Panjang back water = 46223.37 m (dari Bendung Gerak Sembayat ke hulu sungai).

Muka air berubah lambat laun dari tinggi aliran normal ($y=1.29$ m) sampai dengan $y = 5.3$ m (tinggi pintu air bendung).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan Tugas Akhir Terapan ini, dapat disimpulkan beberapa hal mengenai rencana pengoperasian pintu air bendung gerak Sembayat adalah sebagai berikut.

1. Jumlah Kebutuhan air untuk irigasi dan air baku:
 - a. Kebutuhan air baku hasil proyeksi sebesar 1350.32 liter/detik.
 - b. Kebutuhan air maksimum untuk tanaman padi sebesar 2.36 liter/dt/ha pada bulan September. Sedangkan kebutuhan air minimum sebesar 0.02 liter/dt/ha pada bulan Februari.
 - c. Kebutuhan air maksimum untuk tanaman palawija sebesar 0.90 liter/dt/ha pada bulan September. Sedangkan kebutuhan air minimum sebesar 0.47 liter/dt/ha pada bulan Juni.
2. Pengoperasian pada saat pengendalian banjir pintu air dibuka Total untuk mengalirkan debit banjir pada bulan Nopember sampai dengan bulan Maret.
3. Pada bulan April pintu mulai ditutup untuk menampung air agar mencukupi kebutuhan selama musim kemarau.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan Tugas Akhir Terapan, penulis merekomendasikan beberapa saran antara lain:

1. Studi ini hanya gambaran kepada para petani dengan perhitungan yang mempertimbangkan faktor kondisi alam, sehingga petani bisa mempertimbangkan apa yang harus ditanam di sawah mereka.
2. Dalam studi ini kondisi saluran normal, sehingga diperlukan pembangunan jaringan irigasi yang bagus sehingga perhitungan dapat direalisasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraheni, M.Sc.Ir, (2005). *Hidrologi Saluran Terbuka*. Surabaya : Srikandi
- Anwar Nadjaji, Wardoyo Wasis, Aziza Is Mona. 2017. *Simulasi Tampungan Bendung Gerak Sembayat Sebagai Longstorage Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku Dan Irigasi Di Kabupaten Lamongan Dan Wilayah Utara Kabupaten Gresik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Badan Pusat Statistik kabupaten Gresik. 2007-2018. Kabupaten Gresik dalam Angka. Gresik. Badan Pusat Statistik kabupaten Gresik.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Gresik, 2008-2017 Data Hujan Stasiun Tambak Ombo. Gresik. Dinas Pekerjaan Umum Gresik.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Gresik, 2008-2017 Data Hujan Stasiun Sidayu. Gresik. Dinas Pekerjaan Umum Gresik.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Gresik, 2008-2017 Data Hujan Stasiun Mentaras. Gresik. Dinas Pekerjaan Umum Gresik.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Gresik, 2008-2017 Data Hujan Stasiun Panceng. Gresik. Dinas Pekerjaan Umum Gresik.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Gresik, 2008-2017 Data Hujan Stasiun Bungah. Gresik. Dinas Pekerjaan Umum Gresik.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Gresik, 2008-2017 Data Hujan Stasiun Ujung Pangkah. Gresik. Dinas Pekerjaan Umum Gresik.

- Direktorat Jendral Pengaairan Departement Pekerjaan Umum.
1986. *Standart Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*. Jakarta
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya
- Soewarno (1995). *Hidrolog (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Dasar)*. Bandung : NOVA.
- Triatmojo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- Van de Goor G.A.W. dan Zijlstra G. 1968. *Irrigation requirements for double cropping of lowland rice in Malaya*. ILRI Publication 14. Wageningen

BIODATA PENULIS



Muhammad Yusri Maulana Ikhsan, Penulis dilahirkan di Gresik, 03 Februari 1997, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyiah Bustanul Athfal Giri Kebomas, SD Muhammadiyah 1 Giri, SMP Muhammadiyah 4 Giri, SMA Muhammadiyah 1 Gresik. Setelah lulus dari SMA Muhammadiyah 1 Gresik tahun 2014, D3 Teknik Infrastruktur Sipil ITS (2014-2017). Penulis mengikuti Seleksi

Masuk ITS dan diterima di program studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 101118 15000 009. Pada jurusan D-IV Lanjut Jenjang Teknik Infrastruktur Sipil ini, penulis mengambil konsentrasi Bangunan Air. Penulis sempat aktif di beberapa acara kepanitiaan acara kampus. Penulis juga pernah aktif dalam beberapa seminar yang pernah diadakan di kampus. Penulis sempat mengikuti kerja praktek di PT. Rudi Jaya pada proyek Revitalisasi kali Wonokromo dan Kali Surabaya.

Email: yus.mau97@gmail.com

LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA CURAH HUJAN

a. Data Curah Hujan Stasiun Tambak Ombo

Bulan	Periode	Tahun									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	I	51	53	58	70	273	179	134	113	2	43
	II	61	66	28	66	137	30	69	71	33	43
	III	45	68	140	66	146	128	45	93	107	114
Februari	I	0	205	21	77	60	34	30	68	105	98
	II	25	125	127	43	78	38	94	88	98	113
	III	63	78	64	14	11	21	29	122	248	0
Maret	I	107	140	63	79	87	20	12	121	24	61
	II	10	93	35	5	59	201	143	96	14	137
	III	130	34	93	180	161	5	36	19	31	0
April	I	15	79	139	20	44	70	25	32	115	13
	II	5	54	53	94	24	88	144	20	32	3
	III	0	6	52	66	11	42	49	32	26	30
Mei	I	19	0	59	145	58	7	68	90	71	51
	II	0	94	99	5	70	127	52	22	23	0
	III	5	7	38	8	39	14	0	0	147	19
Juni	I	0	75	31	0	16	47	4	0	0	33
	II	7	0	61	0	8	49	42	0	0	20
	III	5	0	3	0	0	79	0	0	0	0
July	I	0	17	9	0	0	34	0	0	0	0
	II	0	0	35	0	0	22	1	0	0	2
	III	0	0	149	0	0	8	0	0	0	8
Agustus	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0
September	I	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	I	8	0	113	0	0	0	0	0	102	9
	II	6	0	122	0	0	0	0	0	76	14
	III	51	0	64	0	12	0	0	0	20	0
Nopember	I	121	37	106	61	15	34	0	0	34	6
	II	36	0	55	13	20	59	2	7	72	121
	III	94	7	12	129	2	65	21	52	49	98
Desember	I	84	14	115	108	22	104	31	15	121	94
	II	135	74	28	76	51	157	21	58	81	141
	III	30	13	70	130	107	78	126	0	22	0

Sumber: Dinas Dinas Pekerjaan Umum Bidang SDA Gresik

b. Data Curah Hujan Stasiun Lowayu

Bulan	Periode	Tahun									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	I	96	92	111	74	114	110	110	58	19	18
	II	64	75	70	46	192	25	59	34	4	30
	III	47	40	123	32	144	108	38	141	100	112
Februari	I	0	177	92	67	103	5	21	143	103	53
	II	63	58	178	43	40	84	117	73	24	46
	III	56	27	31	58	105	44	15	84	82	35
Maret	I	21	66	48	70	108	41	22	40	35	13
	II	26	48	52	50	47	99	71	135	49	121
	III	159	86	102	77	50	8	45	38	31	22
April	I	0	25	152	33	44	44	27	74	20	104
	II	11	16	152	43	42	86	57	191	11	42
	III	8	0	67	143	5	78	32	59	52	18
Mei	I	113	5	23	84	33	37	30	58	77	53
	II	4	66	82	9	97	124	49	0	3	0
	III	23	43	179	27	27	40	0	0	117	30
Juni	I	0	39	57	0	73	22	0	0	10	139
	II	0	0	30	0	30	40	8	0	0	11
	III	0	0	0	0	0	100	28	0	0	131
July	I	0	0	33	0	0	20	0	0	0	3
	II	0	0	15	0	0	78	0	0	0	32
	III	0	0	182	0	0	16	0	0	0	17
Agustus	I	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0
September	I	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	4	75	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	5	57	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	I	55	0	100	0	0	0	0	0	32	0
	II	6	0	77	5	11	0	0	0	67	29
	III	19	0	95	0	1	19	0	0	27	0
Nopember	I	51	0	132	62	7	13	3	0	55	2
	II	33	0	69	64	23	68	77	18	100	76
	III	0	43	95	34	32	11	84	40	15	166
Desember	I	0	7	46	117	11	63	11	62	123	17
	II	68	25	47	69	41	87	38	80	46	88
	III	47	62	124	104	70	21	126	0	65	124

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bidang SDA Gresik

c. Data Curah Hujan Stasiun Sidayu

Bulan	Periode	Tahun									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	I	85	42	55	69	143	146	89	73	11	41
	II	68	40	62	42	192	64	32	47	3	48
	III	0	54	171	81	149	114	64	111	102	51
Februari	I	0	0	90	70	72	111	31	128	155	136
	II	51	0	169	70	66	111	100	57	55	43
	III	20	14	9	25	26	34	9	55	55	55
Maret	I	26	152	71	74	28	19	26	38	15	0
	II	48	47	71	35	81	154	41	64	22	163
	III	80	150	119	102	117	13	13	76	30	52
April	I	0	61	108	31	55	53	44	37	14	41
	II	0	5	45	47	6	123	33	91	12	97
	III	28	15	83	187	17	57	46	66	41	11
Mei	I	85	13	44	125	91	9	28	60	0	24
	II	0	40	29	6	75	85	52	0	16	0
	III	0	10	172	37	43	55	0	0	171	38
Juni	I	10	25	38	0	136	33	0	0	5	18
	II	6	0	56	0	14	85	19	0	0	8
	III	0	0	0	0	0	7	26	0	0	126
July	I	0	0	4	0	0	42	0	0	0	0
	II	0	0	34	0	0	49	22	0	0	0
	III	0	0	181	0	0	14	0	0	0	10
Agustus	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
September	I	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	114	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	I	32	0	69	42	0	0	0	0	43	12
	II	0	0	199	13	20	0	0	0	108	13
	III	70	0	32	0	0	25	0	0	9	30
Nopember	I	84	0	126	64	10	15	9	0	2	7
	II	67	0	54	27	4	56	17	12	5	122
	III	0	62	3	97	0	31	24	19	14	114
Desember	I	35	12	102	60	47	49	94	71	58	29
	II	115	33	63	55	88	142	56	92	34	122
	III	10	41	47	188	223	65	40	0	59	128

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bidang SDA Gresik

d. Data Curah Hujan Stasiun Mentaras

Bulan	Periode	Tahun									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	I	91	67	81	100	175	49	137	43	26	18
	II	76	100	92	32	116	65	57	13	17	18
	III	30	28	99	35	193	108	87	76	99	79
Februari	I	0	156	78	63	35	3	38	91	156	82
	II	64	57	249	72	30	78	144	87	82	64
	III	30	7	65	41	67	48	26	79	66	41
Maret	I	24	123	24	48	123	39	21	79	37	0
	II	31	0	111	60	72	192	67	55	61	65
	III	181	8	127	61	48	12	14	25	87	4
April	I	0	0	121	24	75	48	29	105	30	53
	II	7	24	68	73	39	146	131	106	18	0
	III	0	0	82	147	31	70	35	58	16	54
Mei	I	0	0	29	78	74	19	55	39	29	41
	II	0	0	152	2	127	74	10	0	15	0
	III	5	110	290	15	70	80	0	0	50	52
Juni	I	0	0	34	0	50	13	6	0	6	31
	II	0	0	45	0	28	64	13	0	0	15
	III	0	0	6	0	0	18	21	0	0	0
July	I	0	0	10	0	0	22	0	0	0	24
	II	0	0	19	0	0	62	21	0	0	14
	III	0	0	206	0	0	21	0	0	0	0
Agustus	I	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0
September	I	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	105	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	I	67	0	89	0	0	0	0	0	70	10
	II	0	0	99	7	11	0	0	0	63	11
	III	69	0	122	0	0	40	0	0	27	0
Nopember	I	126	0	117	73	0	3	0	0	12	0
	II	61	0	83	28	30	45	37	0	0	56
	III	10	77	0	34	22	9	12	43	18	99
Desember	I	23	8	47	55	15	102	28	30	114	64
	II	51	23	88	99	56	122	39	0	84	92
	III	55	72	147	123	50	28	50	0	55	137

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bidang SDA Gresik

e. Data Curah Hujan Stasiun Panceng

Bulan	Periode	Tahun									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	I	50	96	34	118	220	104	153	15	33	61
	II	87	88	50	121	123	73	86	89	47	41
	III	65	51	82	22	174	108	467	91	80	99
Februari	I	0	90	41	10	75	10	203	143	156	211
	II	41	8	52	21	17	61	97	73	40	67
	III	27	63	54	49	69	92	0	84	63	55
Maret	I	24	50	63	36	194	51	0	54	38	31
	II	73	47	24	19	93	246	44	63	13	132
	III	9	45	109	55	0	17	9	38	66	3
April	I	0	20	143	30	21	89	55	82	58	158
	II	0	0	30	19	0	73	68	68	36	4
	III	0	0	46	86	16	119	62	85	5	0
Mei	I	20	20	51	177	43	19	0	23	37	21
	II	0	59	107	12	71	105	31	11	0	0
	III	0	23	91	10	9	121	0	0	101	20
Juni	I	0	26	53	0	0	172	0	0	3	3
	II	0	0	69	0	0	48	44	0	113	0
	III	0	0	9	0	0	0	29	0	0	0
July	I	0	0	10	0	0	157	0	0	0	0
	II	0	0	21	0	0	33	0	0	0	7
	III	0	0	117	0	0	26	0	0	0	29
Agustus	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0
September	I	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	79	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	I	22	0	52	0	0	0	0	0	106	4
	II	0	0	53	0	0	0	0	0	14	0
	III	4	0	26	0	0	6	0	0	64	0
Nopember	I	84	0	104	47	0	22	17	0	0	0
	II	54	0	65	31	41	80	36	0	42	13
	III	0	0	0	21	0	36	27	18	78	54
Desember	I	15	16	118	95	0	15	201	4	79	30
	II	140	6	91	81	66	210	246	74	45	35
	III	48	8	232	213	90	85	39	80	25	75

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bidang SDA Gresik

f. Data Curah Hujan Stasiun Ujung Pangkah

Bulan	Periode	Tahun									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	I	91	51	60	20	120	65	100	60	65	20
	II	125	131	30	46	55	55	115	50	45	47
	III	15	5	15	0	50	85	55	80	77	132
Februari	I	170	0	36	45	25	35	100	45	155	198
	II	117	35	10	15	85	35	61	0	65	153
	III	0	5	25	70	50	0	65	38	0	51
Maret	I	155	0	20	65	40	20	70	25	15	29
	II	35	20	0	65	165	10	70	0	45	162
	III	40	60	40	45	30	10	45	38	0	29
April	I	15	5	25	25	123	45	65	29	40	0
	II	0	0	35	0	55	40	45	64	25	0
	III	0	5	0	40	0	35	25	0	20	0
Mei	I	40	5	55	120	39	25	45	42	29	0
	II	15	0	12	55	0	0	10	61	0	45
	III	70	0	0	45	60	0	20	60	35	0
Juni	I	15	30	0	70	70	15	0	35	35	0
	II	0	0	0	0	85	70	0	0	5	0
	III	0	0	0	0	25	20	0	0	0	0
July	I	0	10	0	0	70	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0
	III	0	30	0	0	35	0	0	0	10	0
Agustus	I	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
September	I	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	I	0	75	0	0	0	0	0	80	23	50
	II	0	65	0	0	0	0	0	30	15	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	30	30	7
Nopember	I	0	85	61	45	0	0	0	10	10	17
	II	10	85	0	45	80	0	0	12	30	85
	III	30	0	45	25	0	10	35	18	70	30
Desember	I	0	46	90	37	70	50	35	94	35	42
	II	5	0	70	85	150	55	0	153	20	70
	III	15	20	75	50	35	54	0	10	55	40

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bidang SDA Gresik

LAMPIRAN B
Data Klimatologi dan Tabel Pendukung perhitungan

Data Klimatologi

		RH	Temperature	Penyinaran	Kec Angin	
					(km/jam)	(km/hari)
Januari	I	74.50	29.81	59.90	1.50	36.00
	II	72.80	30.03	75.10	2.40	57.60
	III	79.82	28.43	44.27	2.00	48.00
Februari	I	82.20	28.14	33.90	2.10	50.40
	II	79.40	28.77	42.40	2.00	48.00
	III	83.22	28.04	64.00	2.33	56.00
Maret	I	80.90	27.62	47.40	5.90	141.60
	II	79.60	28.26	54.20	5.70	136.80
	III	75.82	29.31	74.82	5.27	126.55
April	I	80.40	29.47	61.70	3.80	91.20
	II	81.10	28.99	64.50	4.30	103.20
	III	82.80	29.75	46.90	4.80	115.20
Mei	I	75.70	29.99	77.20	2.10	50.40
	II	75.40	30.09	82.50	3.00	72.00
	III	79.73	28.98	59.45	3.09	74.18
Juni	I	76.10	29.46	78.50	2.50	60.00
	II	81.40	28.33	58.80	2.30	55.20
	III	80.60	28.20	61.10	2.50	60.00
Juli	I	75.50	28.95	83.10	4.10	98.40
	II	81.00	28.25	63.00	2.50	60.00
	III	76.09	28.26	81.45	3.36	80.73
Agustus	I	74.00	28.56	84.70	8.00	192.00
	II	73.40	28.52	81.70	3.70	88.80
	III	71.18	28.75	90.73	4.09	98.18
September	I	69.70	29.67	87.10	3.50	84.00
	II	67.50	29.88	90.80	3.70	88.80
	III	79.00	28.62	56.00	1.50	36.00
Oktober	I	79.40	28.64	47.90	2.70	64.80
	II	71.90	29.65	72.90	3.50	84.00
	III	77.73	28.57	49.91	2.00	48.00
Nopember	I	74.50	29.59	61.60	1.70	40.80
	II	77.90	28.77	38.80	1.60	38.40
	III	80.90	28.62	44.20	1.60	38.40
Desember	I	73.00	30.06	66.00	3.50	84.00
	II	76.90	28.69	31.60	3.40	81.60
	III	75.82	29.34	66.91	2.64	63.27

Sumber: BMKG Perak

Tabel 1 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.2 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 3 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 4 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 5 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	7.4	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	16.4	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	12.4	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	15.5	15.5	15.5	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	12.4	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	15.4	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4	
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.1	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1	
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 Hydrology*

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN

a. Kebutuhan Air pada awal Tanam Nopember

Bulan	Peecode	E0 (mm/hari)	Tanaman Padi										Tanaman Polowijo											
			Re padi	P	WLR	Koefisien Tanaman				Etc	NFR	DR	Re Pol	P	Koefisien Tanaman				Etc	NFR	DR			
			(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	Kc1	Kc2	Kc3	Kc	(mm/hari)	(mm/hari)	(t/dtk/ha)	(mm/hari)	(mm/hari)	Kc1	Kc2	Kc3	Kc	(mm/hari)	(mm/hari)	(t/dtk/ha)			
Januari	I	2.81	4.22	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.95	2.39	0.42	3.02	2										
	II	3.05	3.55	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	3.10	3.22	0.57	2.53	2										
	III	2.11	6.91	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.08	0.00	0.00	4.93	2										
Februari	I	1.86	7.21	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.18	0.00	0.00	5.15	2										
	II	2.19	4.41	2	1.66	0	0.95	0.48	1.04	0.29	0.05	3.15	2											
	III	1.81	5.39	2	0.83			0	0.00	0.00	0.00	3.85	2											
Maret	I	1.97	4.17	2	0	LP	LP	LP	LP	10.43	8.27	1.47	2.98	2										
	II	2.17	4.82	2	0	1.1	LP	LP	LP	10.61	7.79	1.39	3.44	2										
	III	2.70	2.73	2	0	1.1	1.1	LP	LP	11.07	10.34	1.84	1.95	2										
April	I	2.20	4.19	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.10	2.42	1.06	0.19	2.99	2										
	II	2.09	6.30	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.26	0.00	0.00	4.50	2										
	III	2.00	3.50	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	2.13	2.29	0.41	2.50	2										
Mei	I	2.65	3.64	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.78	2.80	0.50	2.60	2										
	II	2.72	1.10	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	2.77	5.33	0.95	0.78	2										
	III	2.14	0.70	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.11	5.07	0.90	0.50	2										
Juni	I	2.51	0.41	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.59	4.84	0.86	0.29	2	0.50	0.00	0.00	0.17	0.42	2.13	0.38			
	II	1.87	0.00	2	1.66			0	0.95	0.48	0.89	4.55	0.81	0.00	2	0.59	0.50	0.00	0.36	0.68	2.68	0.48		
	III	1.92	0.00	2	0.83			0	0.00	0.00	2.83	0.50	0.00	2	0.59	0.59	0.50	0.56	1.08	3.08	0.55			
Juli	I	2.54	0.00	2									0.00	2	0.96	0.59	0.59	0.71	1.81	3.81	0.68			
	II	1.91	0.00	2									0.00	2	1.05	0.96	0.59	0.87	1.65	3.65	0.65			
	III	2.35	0.00	2									0.00	2	1.05	1.05	0.96	1.02	2.40	4.40	0.78			
Agustus	I	2.74	0.00	2									0.00	2	1.02	1.05	1.05	1.04	2.85	4.85	0.86			
	II	2.68	0.00	2									0.00	2	1.02	1.02	1.05	1.03	2.76	4.76	0.85			
	III	2.93	0.00	2									0.00	2	0.95	1.02	1.02	1.00	2.92	4.92	0.88			
September	I	3.28	0.00	2									0.00	2	0.00	0.95	1.02	0.66	2.15	4.15	0.74			
	II	3.53	0.00	2									0.00	2	0.00	0.00	0.95	0.32	1.12	3.12	0.56			
	III	2.18	0.00	2									0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.36			
Oktober	I	2.19	0.93	2									0.67	2										
	II	3.09	0.35	2									0.25	2										
	III	2.32	0.35	2									0.25	2										
Nopember	I	2.78	0.12	2	0	LP	LP	LP	LP	11.13	13.02	2.32	0.08	2										
	II	2.31	0.57	2	0	1.1	LP	LP	LP	10.74	12.16	2.17	0.41	2										
	III	2.03	2.22	2	0	1.1	1.1	LP	LP	10.49	10.27	1.83	1.58	2										
Desember	I	3.05	3.22	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.1	3.36	2.97	0.53	2.30	2										
	II	2.42	5.33	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.62	0.95	0.17	3.81	2										
	III	2.65	0.00	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.07	2.82	6.48	1.15	0.75	2										

Sumber: Hasil perhitungan

c. Kebutuhan Air pada awal Tanam Januari

Bulan	Peode	Et0 (mm/hari)	Tanaman Padi										Tanaman Polowijo								
			Re padi			Koefisien Tanaman				Etc			Koefisien Tanaman				Etc			NFR	DR
			(mm/hari)	P	WLR	Kc1	Kc2	Kc3	Kc	(mm/hari)	(mm/hari)	(l/dtk/ha)	(mm/hari)	P	Kc1	Kc2	Kc3	Kc	(mm/hari)	(mm/hari)	(l/dtk/ha)
Januari	I	2.81	4.22	2	0	LP	LP	LP	LP	11.15	8.93	1.59	3.02	2							
	II	3.05	3.55	2	0	1.1	LP	LP	LP	11.31	9.77	1.74	2.53	2							
	III	2.11	6.91	2	0	1.1	1.1	LP	LP	10.56	5.65	1.01	4.93	2							
Februari	I	1.86	7.21	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.10	2.04	0.00	0.00	5.15	2							
	II	2.19	4.41	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.38	1.63	0.29	3.15	2							
	III	1.81	5.39	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	1.93	0.20	0.04	3.85	2							
Maret	I	1.97	4.17	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.07	1.56	0.28	2.98	2							
	II	2.17	4.82	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	2.21	1.05	0.19	3.44	2							
	III	2.70	2.73	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.65	3.58	0.64	1.95	2							
April	I	2.20	4.19	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.39	0.86	0.15	2.99	2							
	II	2.09	6.30	2	1.66	0	0.95	0.48	0.99	0.00	0.00	4.50	2								
	III	2.00	3.50	2	0.83	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	2							
Mei	I	2.65	3.64	2	0	LP	LP	LP	LP	11.03	9.39	1.67	2.60	2							
	II	2.72	1.10	2	0	1.1	LP	LP	LP	11.09	12.00	2.14	0.78	2							
	III	2.14	0.70	2	0	1.1	1.1	LP	LP	10.58	11.88	2.12	0.50	2							
Juni	I	2.51	0.41	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.10	2.77	5.19	0.92	0.29	2							
	II	1.87	0.00	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.02	5.68	1.01	0.00	2							
	III	1.92	0.00	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	2.05	5.71	1.02	0.00	2							
Juli	I	2.54	0.00	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.67	6.33	1.13	0.00	2							
	II	1.91	0.00	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	1.94	5.60	1.00	0.00	2							
	III	2.35	0.00	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.31	5.97	1.06	0.00	2							
Agustus	I	2.74	0.00	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.73	5.39	0.96	0.00	2	0.5	0	0	0.17	0.46	2.46	0.44
	II	2.68	0.00	2	1.66	0	0.95	0.48	1.27	4.93	0.88	0.00	2	0.59	0.5	0	0.36	0.97	2.97	0.53	
	III	2.93	0.00	2	0.83	0	0.00	0.00	0.00	2.83	0.50	0.00	2	0.59	0.59	0.5	0.56	1.64	3.64	0.65	
September	I	3.28	0.00	2									0.00	2	0.96	0.59	0.59	0.71	2.34	4.34	0.77
	II	3.53	0.00	2									0.00	2	1.05	0.96	0.59	0.87	3.06	5.06	0.90
	III	2.18	0.00	2									0.00	2	1.05	1.05	0.96	1.02	2.22	4.22	0.75
Oktober	I	2.19	0.93	2						0.67	1.05	1.05	1.04	2.28	3.61	0.64					
	II	3.09	0.35	2						0.25	1.02	1.05	1.03	3.18	4.93	0.88					
	III	2.32	0.35	2						0.25	0.95	1.02	1.02	1.00	2.31	4.06	0.72				
Nopember	I	2.78	0.12	2						0.08	2	0	0.95	1.02	0.66	1.83	3.74	0.67			
	II	2.31	0.57	2						0.41	2	0	0	0.95	0.32	0.73	2.32	0.41			
	III	2.03	2.22	2						1.58	2	0	0	0	0.00	0.00	0.42	0.07			
Desember	I	3.05	3.22	2									2.30	2							
	II	2.42	5.33	2									3.81	2							
	III	2.65	1.05	2									0.75	2							

Sumber: Hasil Perhitungan

d. Kebutuhan Air pada awal Tanam Februari

Bulan	Peiode	Eto (mm/hari)	Tanaman Padi										Tanaman Polowijo										
			Re padi (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman				Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (l/dik/ha)	Re Pol (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman				Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (l/dik/ha)		
						Kc1	Kc2	Kc3	Kc							Kc1	Kc2	Kc3	Kc				
Januari	I	2.81	4.22	2																		3.02	2
	II	3.05	3.55	2																		2.53	2
	III	2.11	6.91	2																		4.93	2
Februari	I	1.86	7.21	2	0	LP	LP	LP	LP	10.33	5.12	0.91										5.15	2
	II	2.19	4.41	2	0	1.1	LP	LP	LP	10.63	8.22	1.46										3.15	2
	III	1.81	5.39	2	0	1.1	1.1	LP	LP	10.29	6.90	1.23										3.85	2
Maret	I	1.97	4.17	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.10	2.17	0.83	0.15										2.98	2
	II	2.17	4.82	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.35	1.19	0.21										3.44	2
	III	2.70	2.73	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	2.88	3.81	0.68										1.95	2
April	I	2.20	4.19	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.31	1.78	0.32										2.99	2
	II	2.09	6.30	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	2.12	0.00	0.00										4.50	2
	III	2.00	3.50	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	1.96	2.12	0.38										2.50	2
Mei	I	2.65	3.64	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.68	1.70	0.30										2.60	2
	II	2.72	1.10	2	1.66	0	0.95	0.48	1.29	3.86	0.69											0.78	2
	III	2.14	0.70	2	0.83	0	0.00	0.00	2.13	0.38												0.50	2
Juni	I	2.51	0.41	2	0	LP	LP	LP	LP	10.91	12.50	2.23										0.29	2
	II	1.87	0.00	2	0	1.1	LP	LP	LP	10.34	12.34	2.20										0.00	2
	III	1.92	0.00	2	0	1.1	1.1	LP	LP	10.39	12.39	2.21										0.00	2
Juli	I	2.54	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.10	2.79	5.62	1.00										0.00	2
	II	1.91	0.00	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.06	5.72	1.02										0.00	2
	III	2.35	0.00	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	2.51	6.17	1.10										0.00	2
Agustus	I	2.74	0.00	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.87	6.53	1.16										0.00	2
	II	2.68	0.00	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	2.72	6.38	1.14										0.00	2
	III	2.93	0.00	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.88	6.54	1.17										0.00	2
September	I	3.28	0.00	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	2.08	5.74	1.02										0.00	2
	II	3.53	0.00	2	1.66	0	0.95	0.48	1.68	5.34	0.95											0.00	2
	III	2.18	0.00	2	0.83	0	0.00	0.00	2.83	0.50												0.00	2
Oktober	I	2.19	0.93	2																		0.67	2
	II	3.09	0.35	2																		0.25	2
	III	2.32	0.35	2																		0.25	2
Nopember	I	2.78	0.12	2																		0.08	2
	II	2.31	0.57	2																		0.41	2
	III	2.03	2.22	2																		1.58	2
Desember	I	3.05	3.22	2																		2.30	2
	II	2.42	5.33	2																		3.81	2
	III	2.65	1.05	2																		0.75	2

Sumber: Hasil Perhitungan

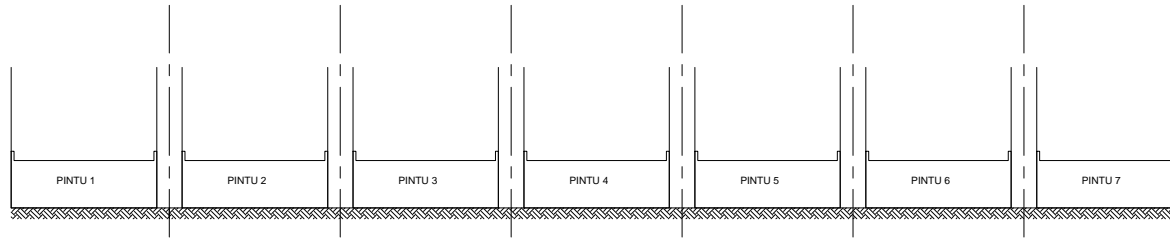
g. Kebutuhan Air pada awal Tanam Mei

Bulan	Peiode	Et0 (mm/hari)	Tanaman Padi										Tanaman Polowijo											
			Re padi (mm/hari)	P (mm/hari)	WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman				EtC (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (l/dik/ha)	Re Pol (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman				EtC (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (l/dik/ha)			
						Kc1	Kc2	Kc3	Kc								Kc1	Kc2	Kc3	Kc				
Janaari	I	2.81	4.22	2																			3.02	2
	II	3.05	3.55	2																			2.53	2
	III	2.11	6.91	2																			4.93	2
Februari	I	1.86	7.21	2																			5.15	2
	II	2.19	4.41	2																			3.15	2
	III	1.81	5.39	2																			3.85	2
Maret	I	1.97	4.17	2																			2.98	2
	II	2.17	4.82	2																			3.44	2
	III	2.70	2.73	2																			1.95	2
April	I	2.20	4.19	2																			2.99	2
	II	2.09	6.30	2																			4.50	2
	III	2.00	3.50	2																			2.50	2
Mei	I	2.65	3.64	2	0	LP	LP	LP	LP	11.03	9.39	1.67											2.60	2
	II	2.72	1.10	2	0	1.1	LP	LP	LP	11.09	12.00	2.14											0.78	2
	III	2.14	0.70	2	0	1.1	1.1	LP	LP	10.58	11.88	2.12											0.50	2
Juni	I	2.51	0.41	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.10	2.77	5.19	0.92											0.29	2
	II	1.87	0.00	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	2.02	5.68	1.01											0.00	2
	III	1.92	0.00	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	2.05	5.71	1.02											0.00	2
Juli	I	2.54	0.00	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.67	6.33	1.13											0.00	2
	II	1.91	0.00	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	1.94	5.60	1.00											0.00	2
	III	2.35	0.00	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.31	5.97	1.06											0.00	2
Agustus	I	2.74	0.00	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.73	5.39	0.96											0.00	2
	II	2.68	0.00	2	1.66	0	0.95	0.48	1.27	4.93	0.88												0.00	2
	III	2.93	0.00	2	0.83	0	0.00	0.00	2.83	0.50	0.00												0.00	2
September	I	3.28	0.00	2	0	LP	LP	LP	LP	11.46	13.46	2.40											0.00	2
	II	3.53	0.00	2	0	1.1	LP	LP	LP	11.63	13.63	2.43											0.00	2
	III	2.18	0.00	2	0	1.1	1.1	LP	LP	10.62	12.62	2.25											0.00	2
Oktober	I	2.19	0.93	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.10	2.41	4.30	0.77											0.67	2
	II	3.09	0.35	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	3.34	6.65	1.18											0.25	2
	III	2.32	0.35	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	2.47	5.78	1.03											0.25	2
Nopember	I	2.78	0.12	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	2.92	6.46	1.15											0.08	2
	II	2.31	0.57	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	2.35	5.44	0.97											0.41	2
	III	2.03	2.22	2	1.66	0.95	0.95	1.05	0.98	2.00	3.44	0.61											1.58	2
Desember	I	3.05	3.22	2	1.66	0	0.95	0.95	0.63	1.93	2.37	0.42											2.30	2
	II	2.42	5.33	2	1.66	0	0.95	0.48	1.15	0.00	0.00												3.81	2
	III	2.65	1.05	2	0.83	0	0.00	0.00	1.78	0.32	0.00												0.75	2

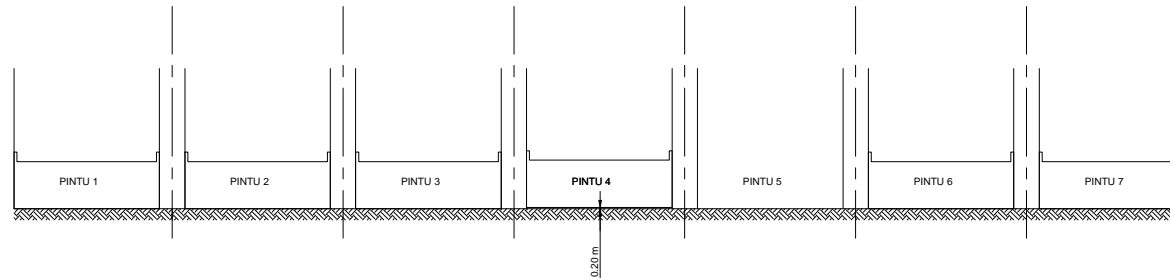
Sumber: Hasil Perhitungan

LAMPIRAN D
GAMBAR

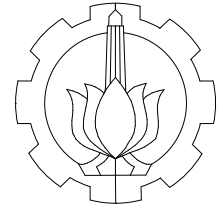
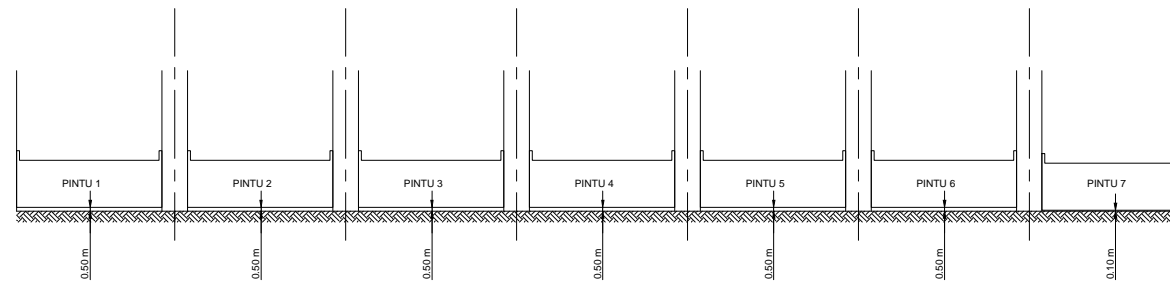
OPERASI PINTU AIR NOPEMBER 1



OPERASI PINTU AIR NOPEMBER 2



OPERASI PINTU AIR NOPEMBER 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

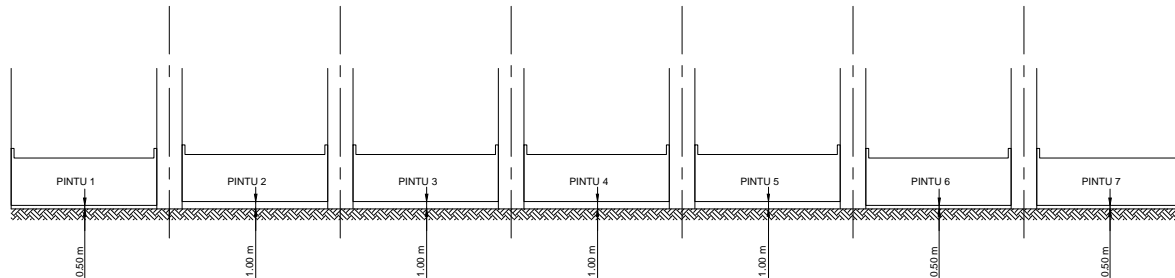
HALAMAN

1

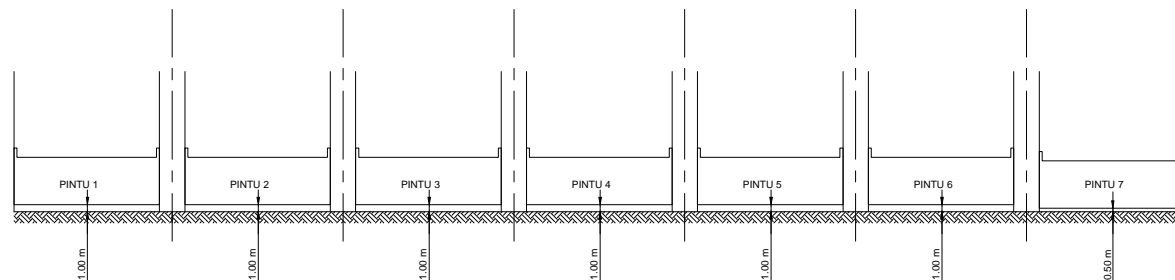
JUMLAH

26

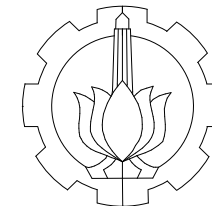
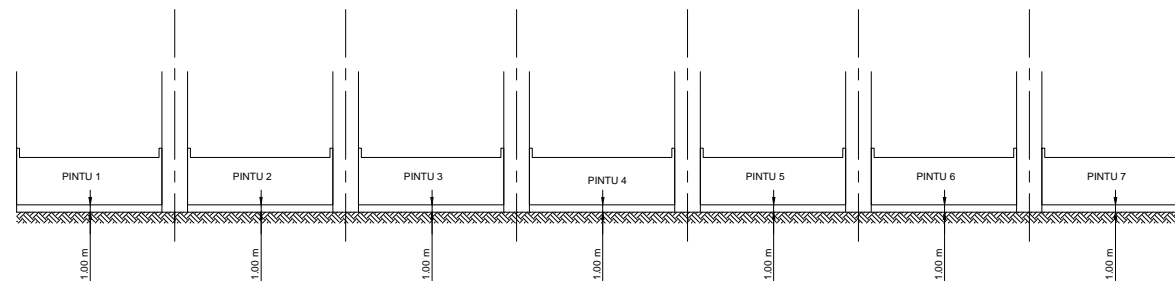
OPERASI PINTU AIR DESEMBER 1



OPERASI PINTU AIR DESEMBER 2



OPERASI PINTU AIR DESEMBER 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

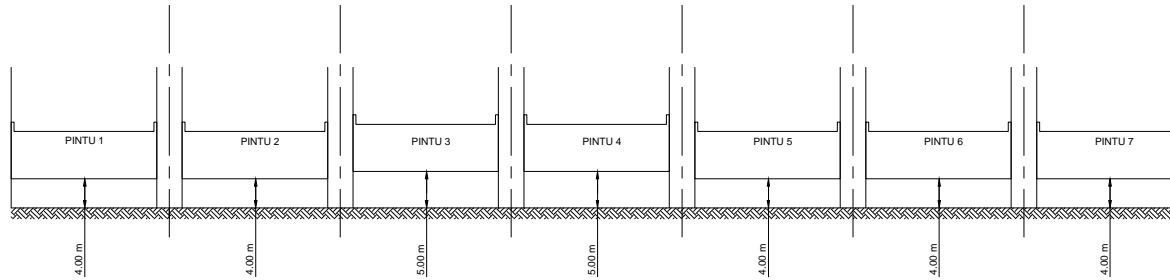
MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

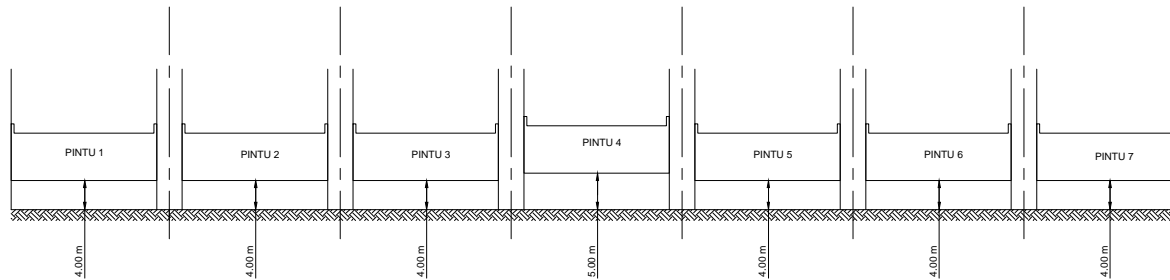
KETERANGAN:

HALAMAN	JUMLAH
2	26

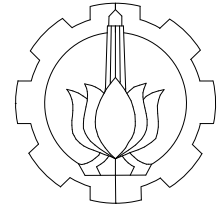
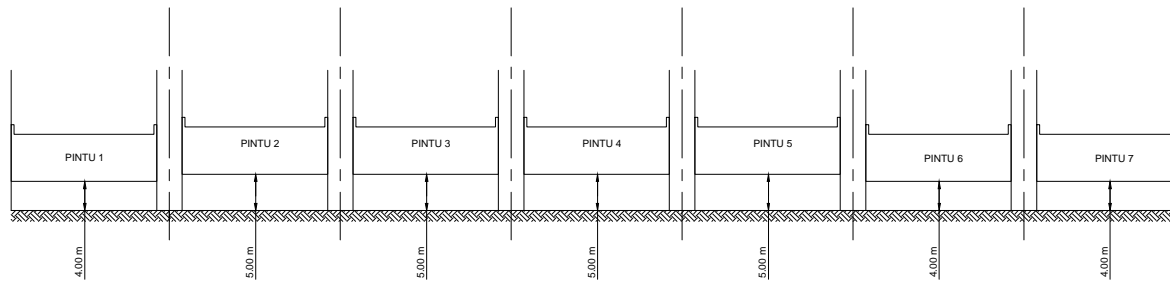
OPERASI PINTU AIR JANUARI 1



OPERASI PINTU AIR JANUARI 2



OPERASI PINTU AIR JANUARI 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

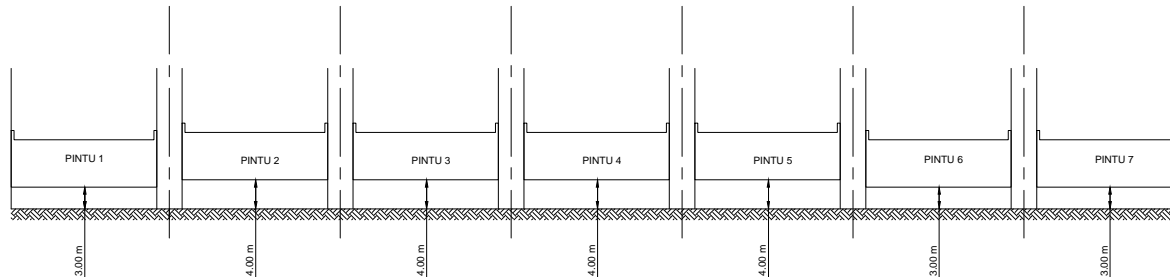
HALAMAN

3

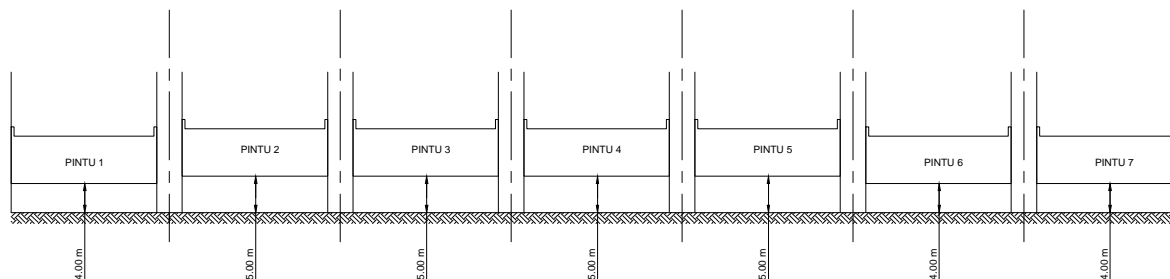
JUMLAH

26

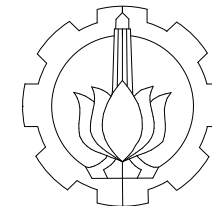
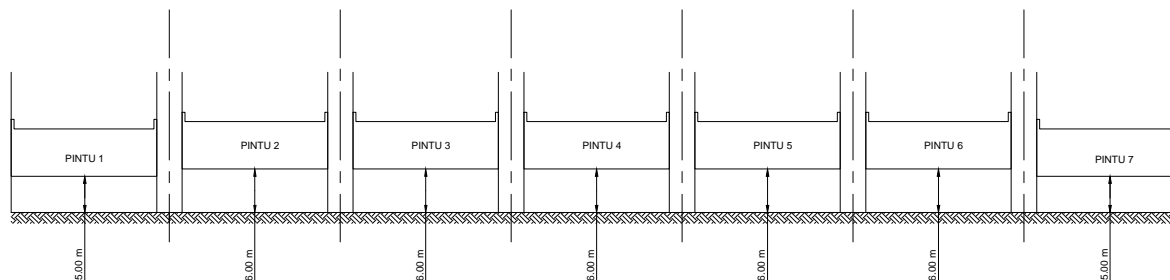
OPERASI PINTU AIR FEBRUARI 1



OPERASI PINTU AIR FEBRUARI 2



OPERASI PINTU AIR FEBRUARI 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

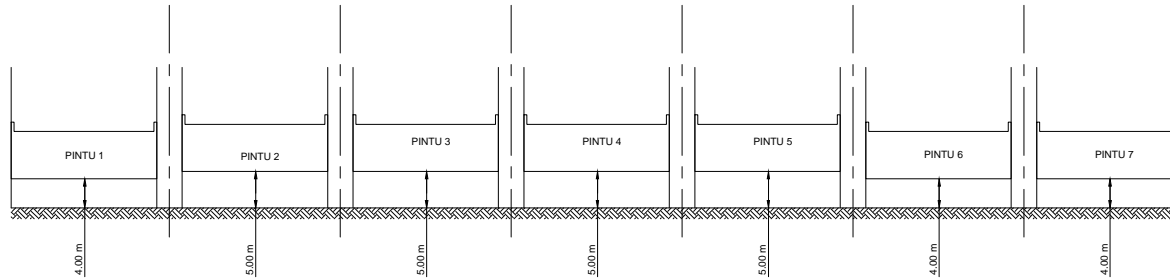
HALAMAN

4

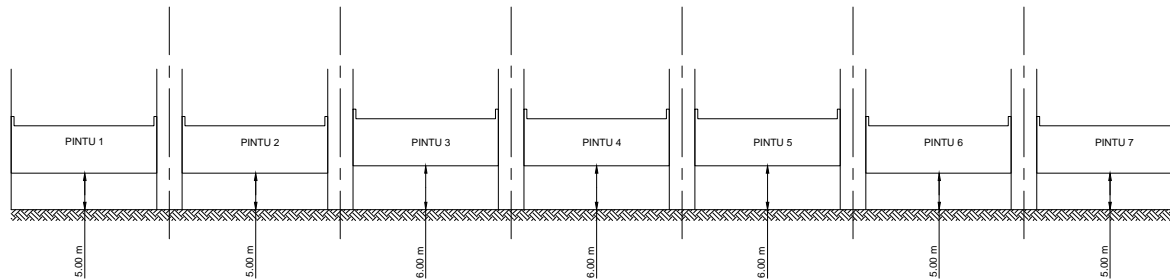
JUMLAH

26

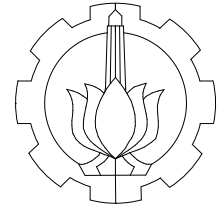
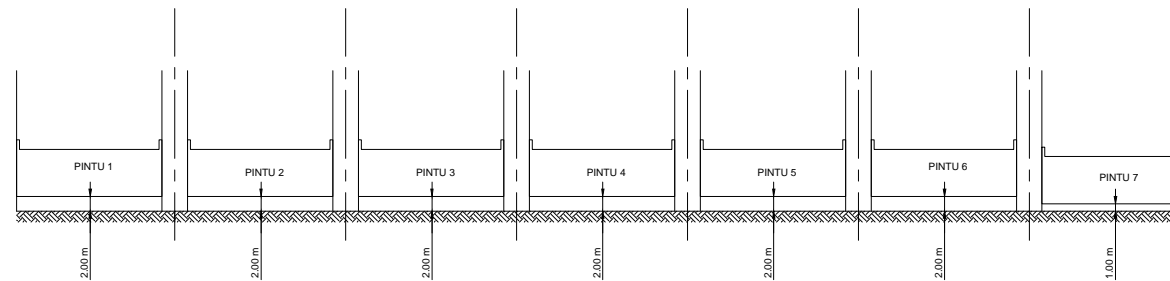
OPERASI PINTU AIR MARET 1



OPERASI PINTU AIR MARET 2



OPERASI PINTU AIR MARET 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

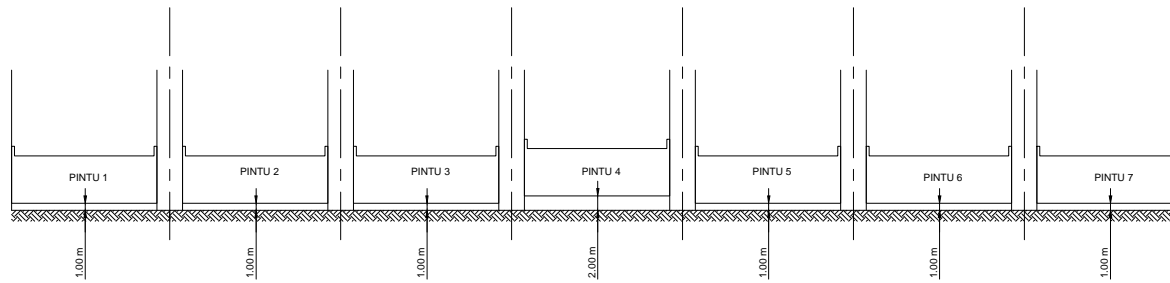
HALAMAN

5

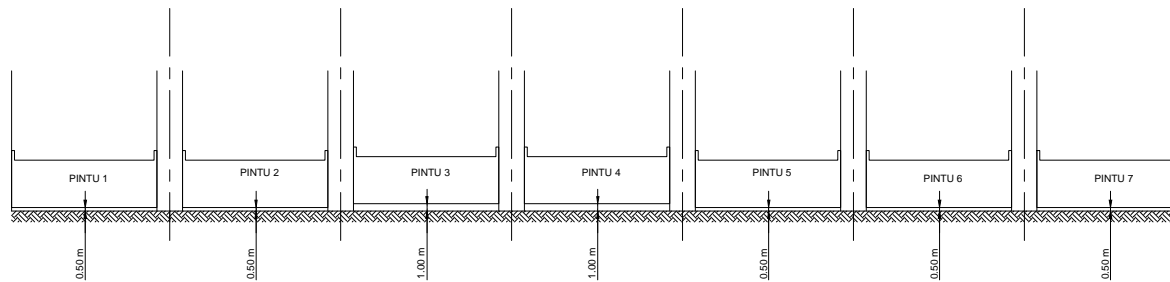
JUMLAH

26

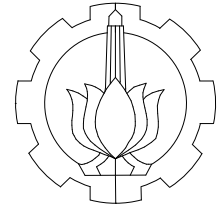
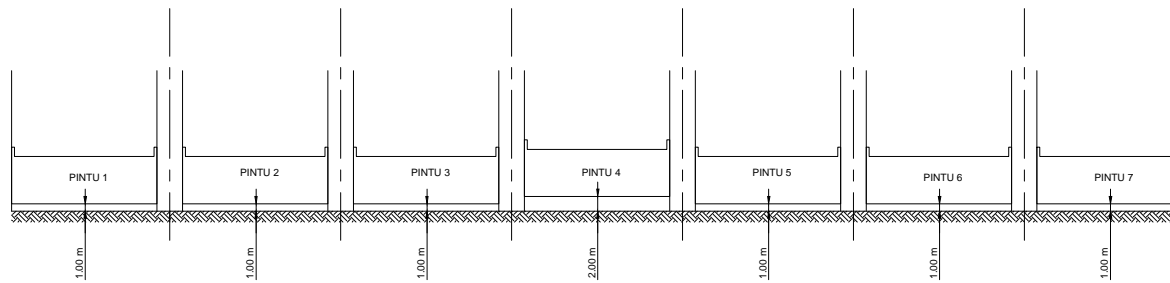
OPERASI PINTU AIR APRIL 1



OPERASI PINTU AIR APRIL 2



OPERASI PINTU AIR APRIL 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

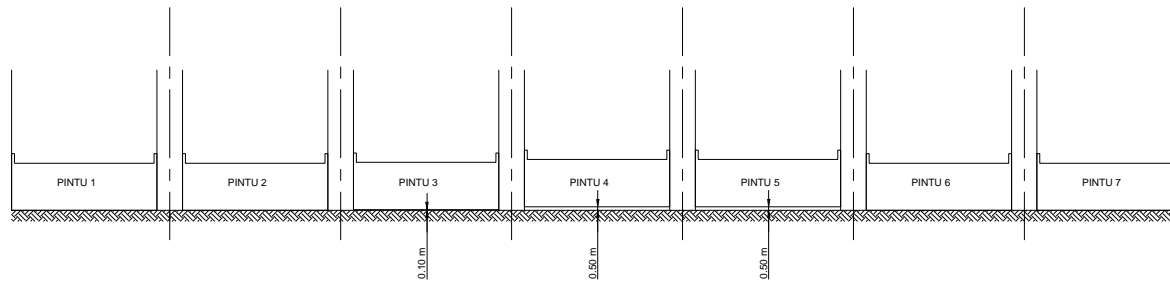
HALAMAN

6

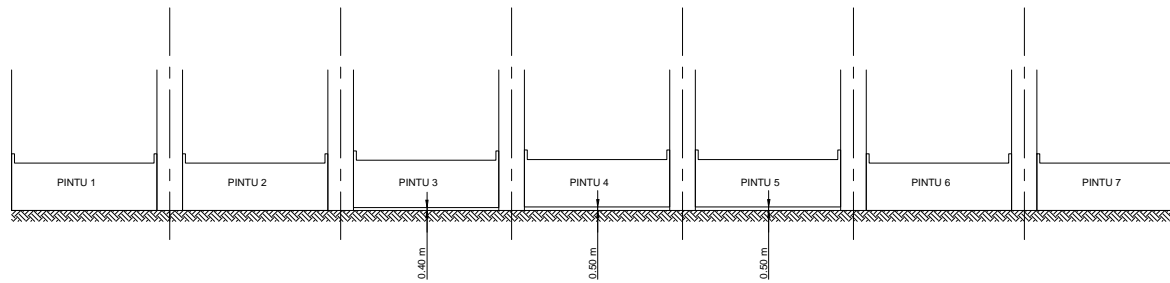
JUMLAH

26

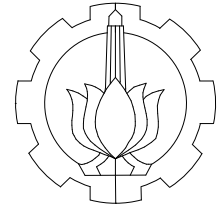
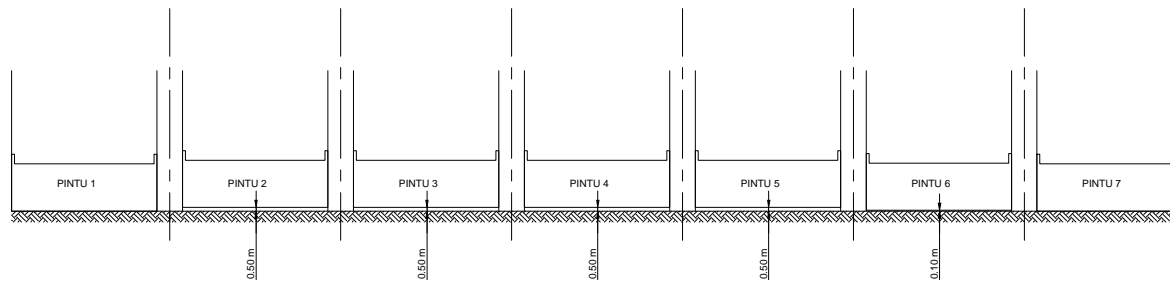
OPERASI PINTU AIR MEI 1



OPERASI PINTU AIR MEI 2



OPERASI PINTU AIR MEI 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

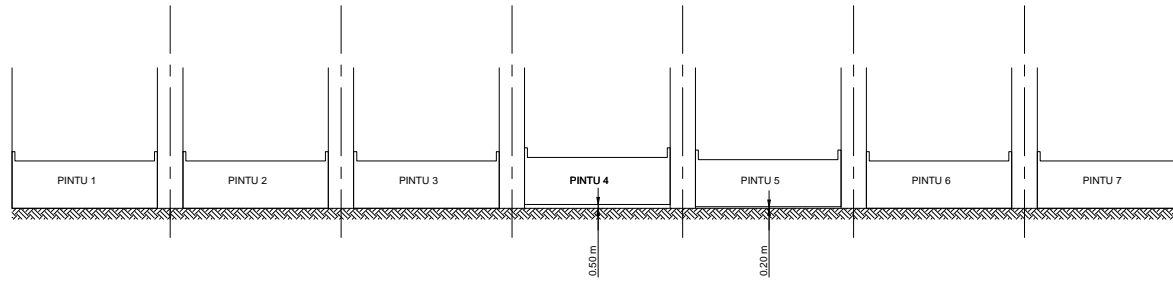
HALAMAN

7

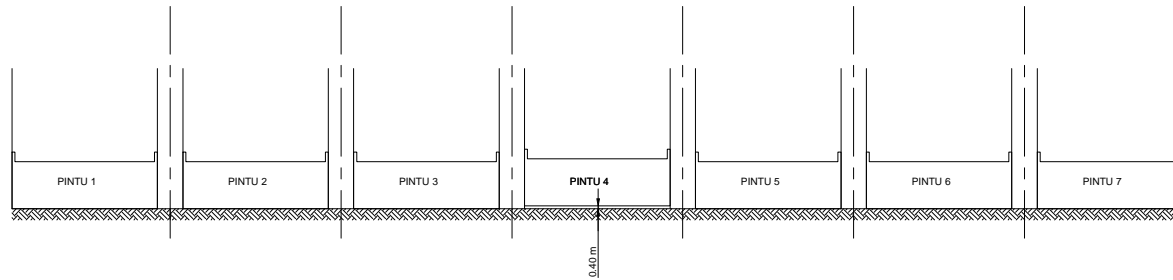
JUMLAH

26

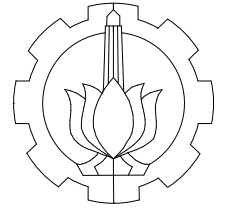
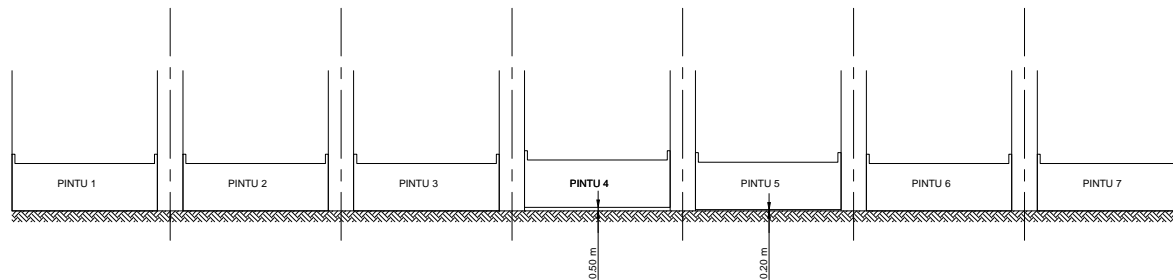
OPERASI PINTU AIR JUNI 1



OPERASI PINTU AIR JUNI 2



OPERASI PINTU AIR JUNI 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

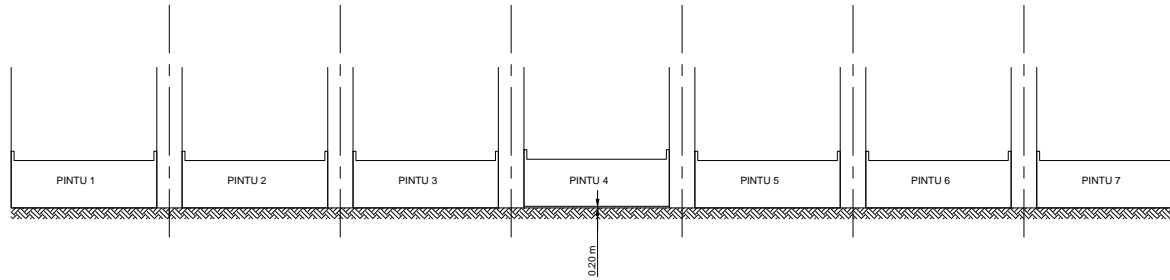
HALAMAN

8

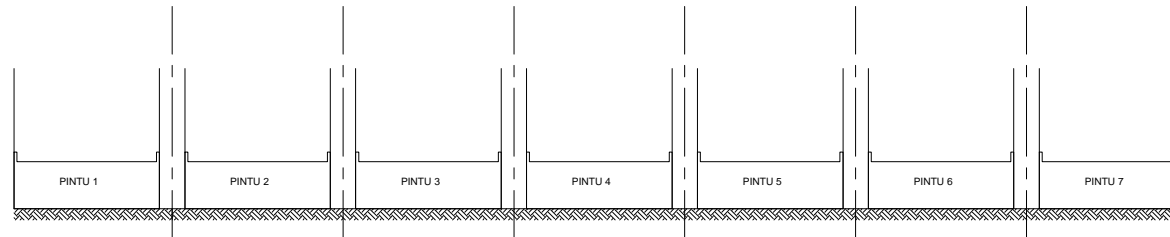
JUMLAH

26

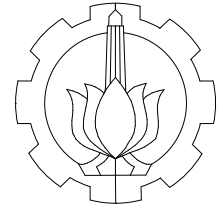
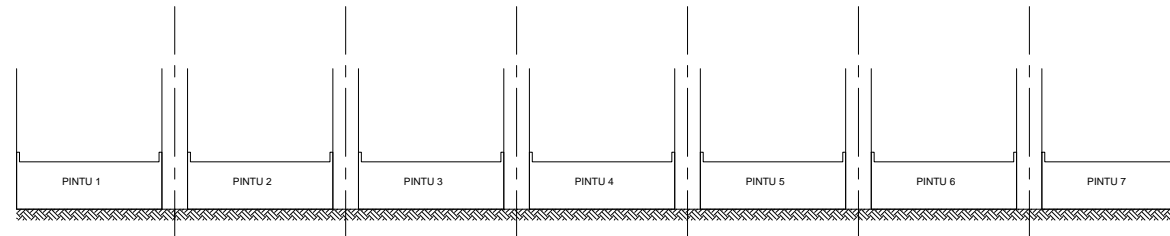
OPERASI PINTU AIR JULI 1



OPERASI PINTU AIR JULI 2



OPERASI PINTU AIR JULI 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

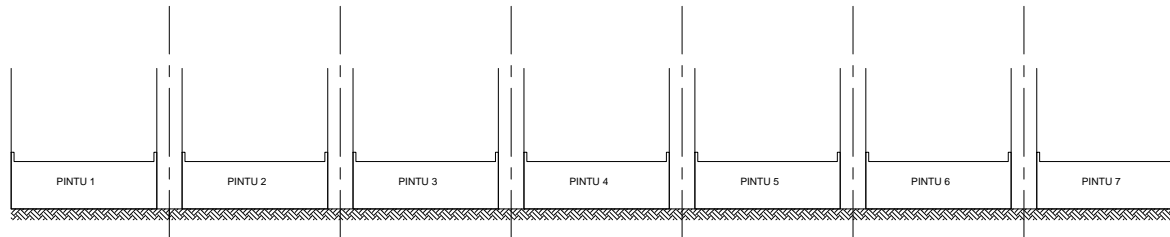
HALAMAN

9

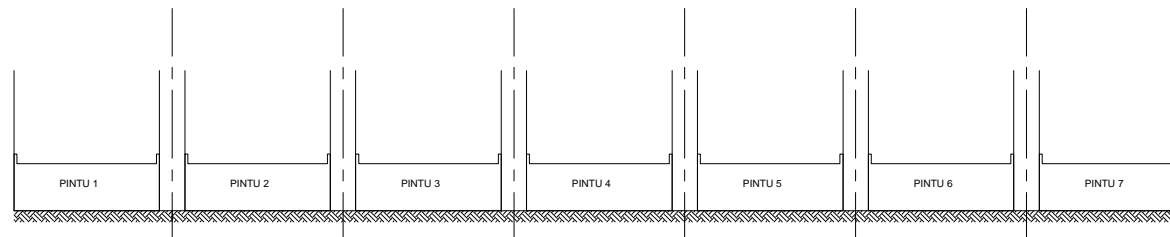
JUMLAH

26

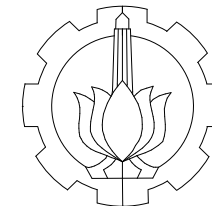
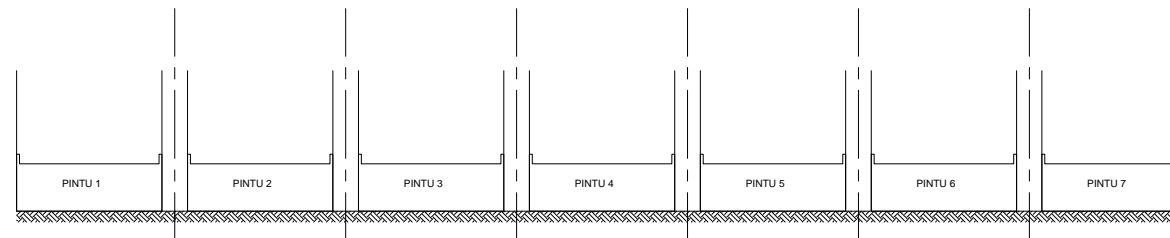
OPERASI PINTU AIR AGUSTUS 1



OPERASI PINTU AIR AGUSTUS 2



OPERASI PINTU AIR AGUSTUS 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

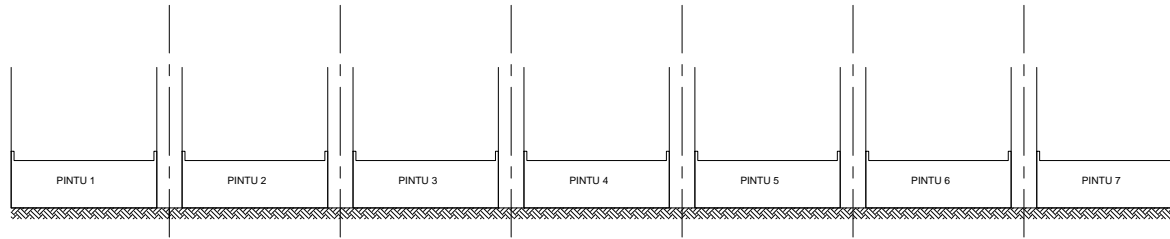
HALAMAN

10

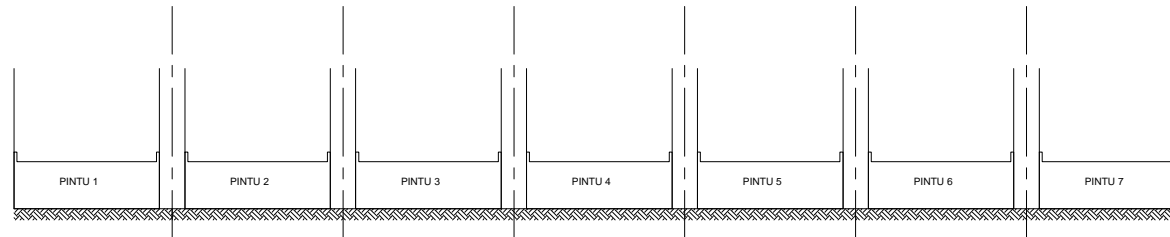
JUMLAH

26

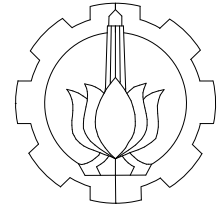
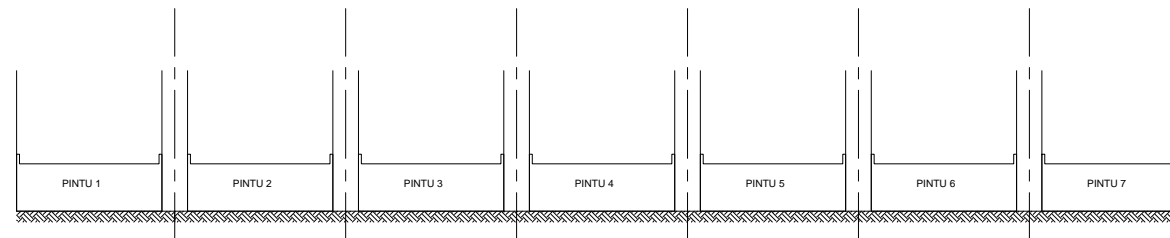
OPERASI PINTU AIR SEPTEMBER 1



OPERASI PINTU AIR SEPTEMBER 2



OPERASI PINTU AIR SEPTEMBER 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

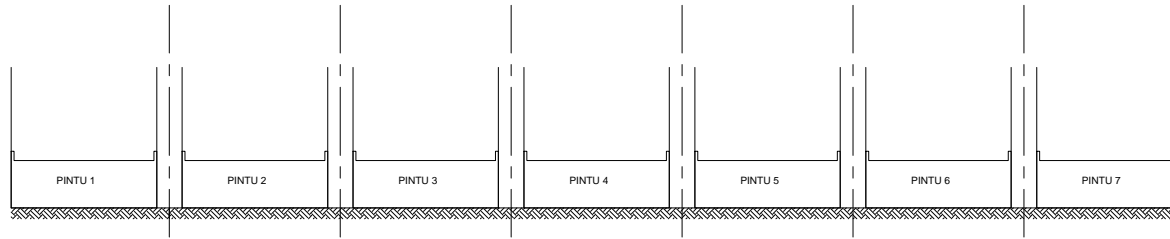
HALAMAN

11

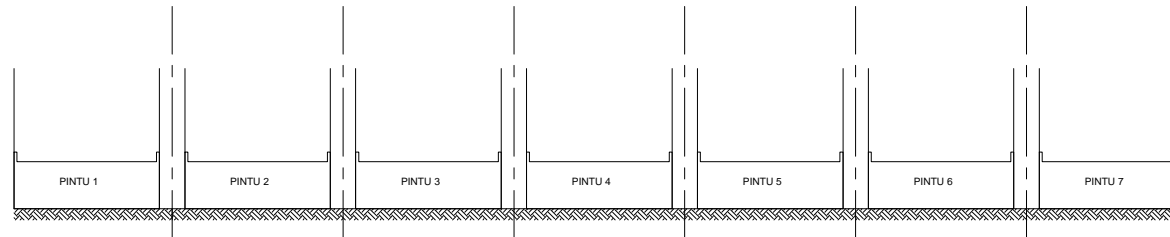
JUMLAH

26

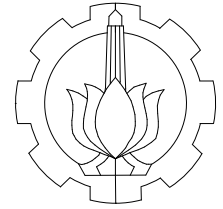
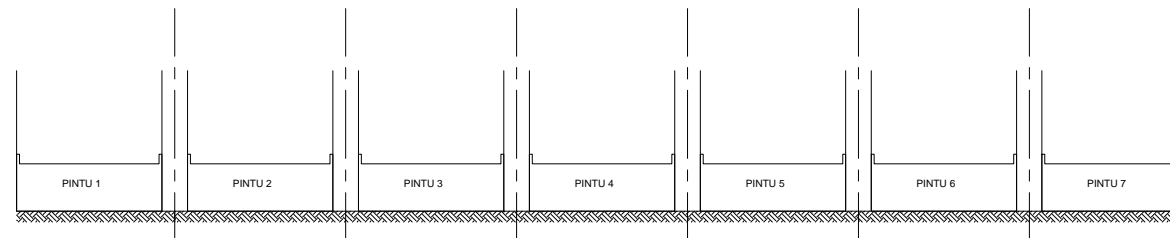
OPERASI PINTU AIR OKTOBER 1



OPERASI PINTU AIR OKTOBER 2



OPERASI PINTU AIR OKTOBER 3



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

OPERASI PINTU AIR

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

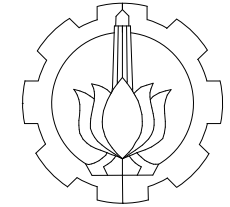
KETERANGAN:

HALAMAN

12

JUMLAH

26



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
 FAKULTAS VOKASI
 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA LONG SECTION

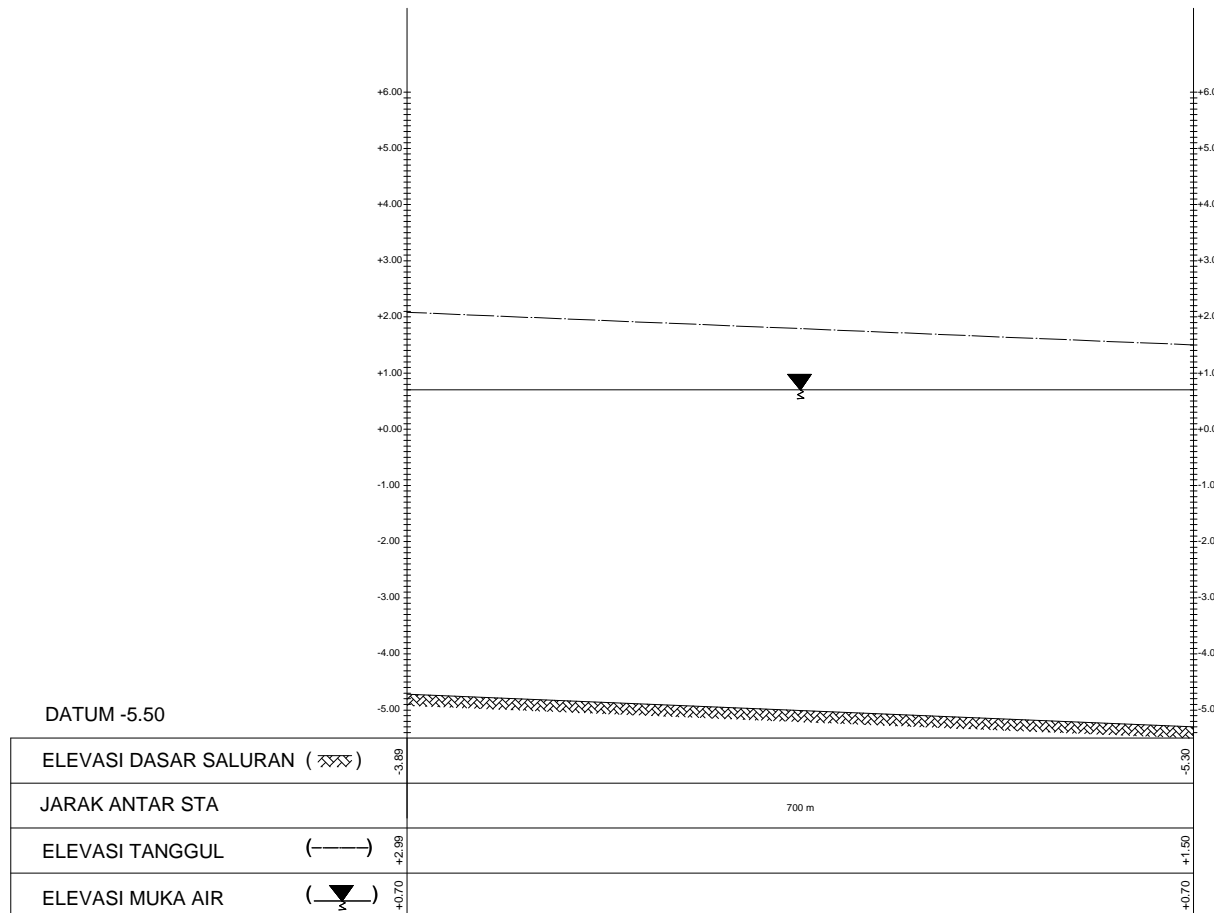
DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

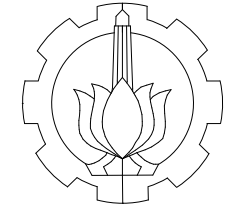


HALAMAN

13

JUMLAH

26



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
 FAKULTAS VOKASI
 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA LONG SECTION

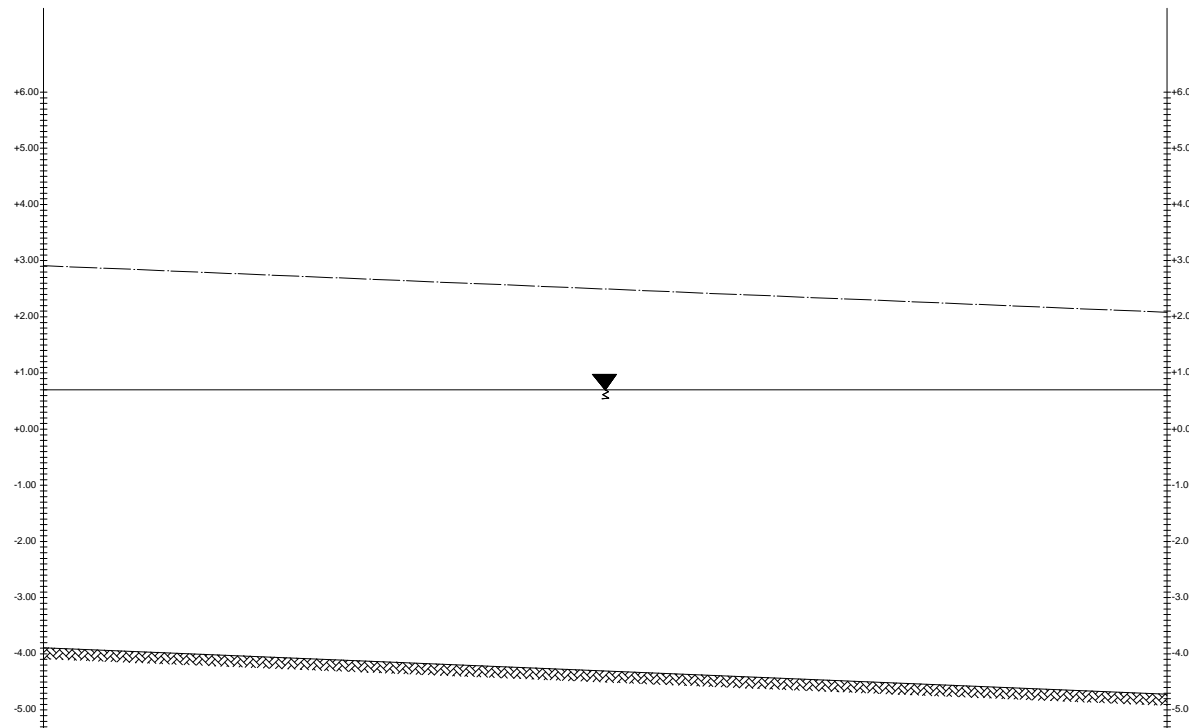
DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001




MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:



DATUM -5.50

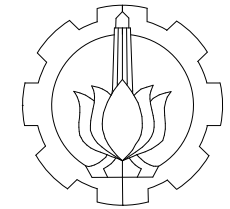
ELEVASI DASAR SALURAN ()	-3.89	-3.89
JARAK ANTAR STA		1000 m
ELEVASI TANGGUL ()	+2.99	+2.99
ELEVASI MUKA AIR ()	+0.70	+0.70

HALAMAN

14

JUMLAH

26



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
 FAKULTAS VOKASI
 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA LONG SECTION

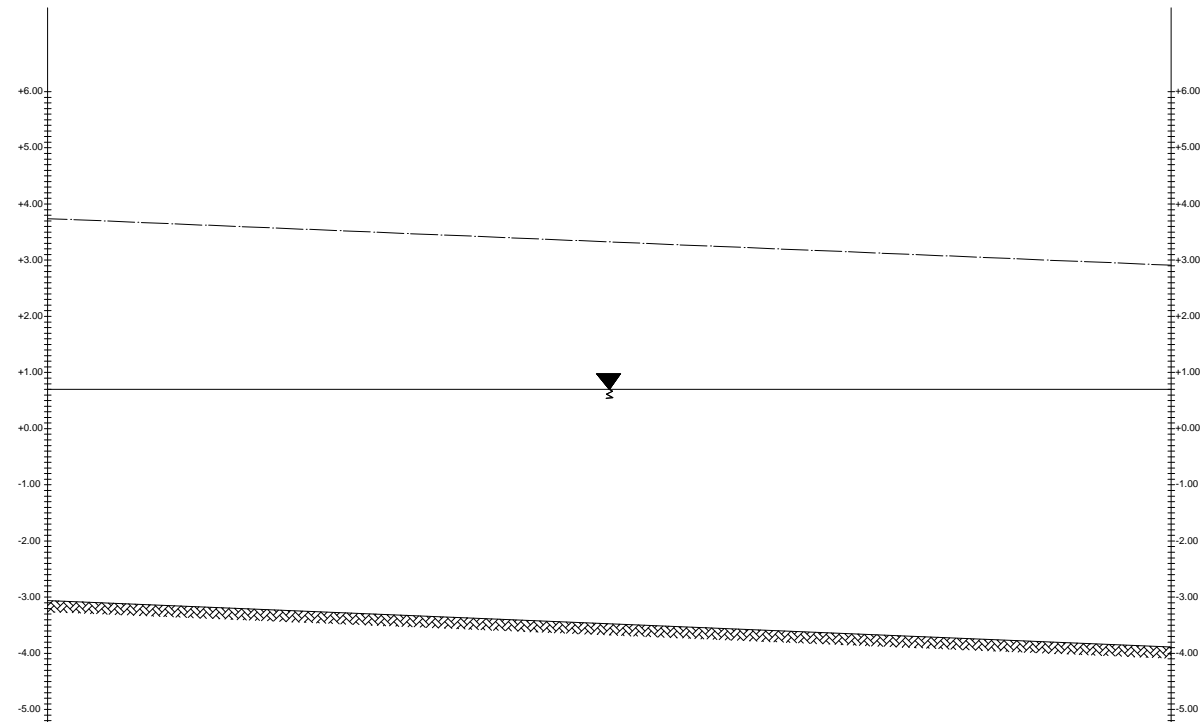
DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001




MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:



DATUM -5.50

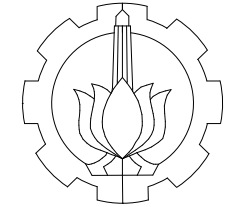
ELEVASI DASAR SALURAN ()	-3.06	-3.89
JARAK ANTAR STA	1000 m	
ELEVASI TANGGUL ()	+3.74	+2.99
ELEVASI MUKA AIR ()	+0.70	+0.70

HALAMAN

15

JUMLAH

26



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
 FAKULTAS VOKASI
 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA LONG SECTION

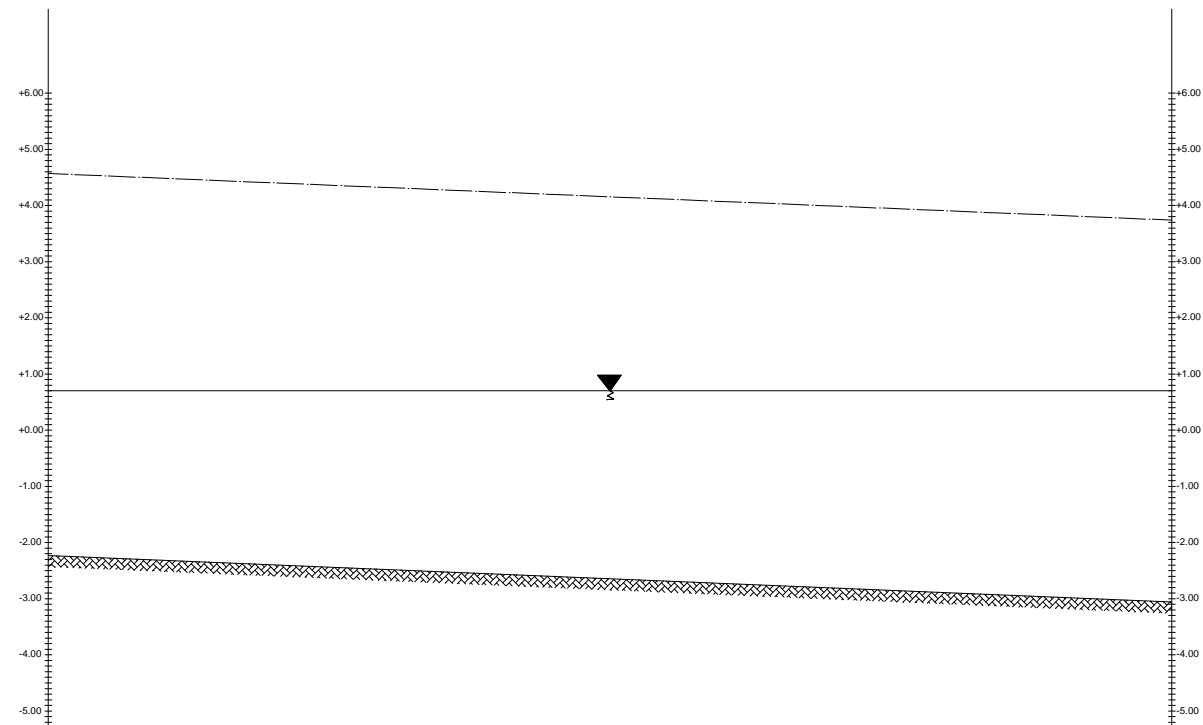
DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:



DATUM -5.50

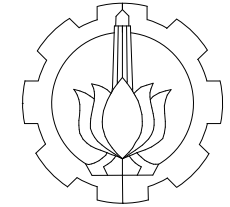
ELEVASI DASAR SALURAN (---)	-2.23	-3.06
JARAK ANTAR STA	1000 m	
ELEVASI TANGGUL (——)	+4.57	+3.74
ELEVASI MUKA AIR (▽)	+0.70	+0.70

HALAMAN

16

JUMLAH

26



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
 FAKULTAS VOKASI
 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA LONG SECTION

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

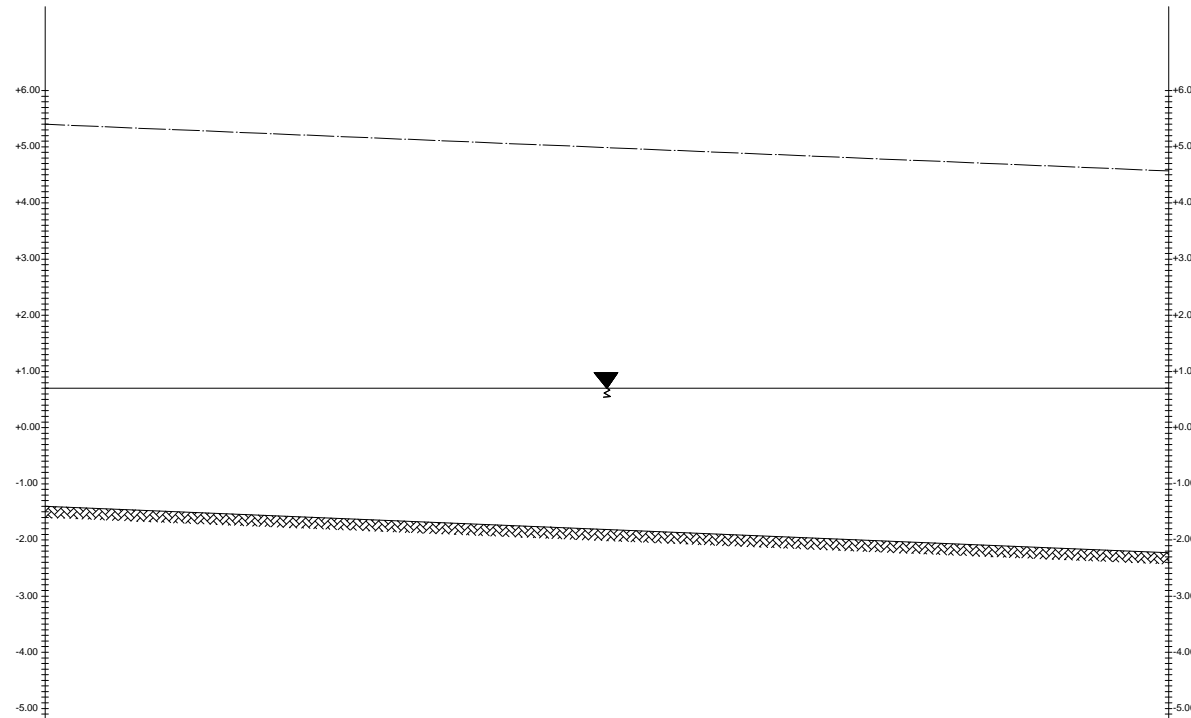
KETERANGAN:

HALAMAN

JUMLAH

17

26



DATUM -5.50

ELEVASI DASAR SALURAN (ㄨㄨ)	-1.40	2.23
JARAK ANTAR STA		1000 m
ELEVASI TANGGUL (———)	+5.40	+4.57
ELEVASI MUKA AIR (—▽—)	+0.70	+0.70

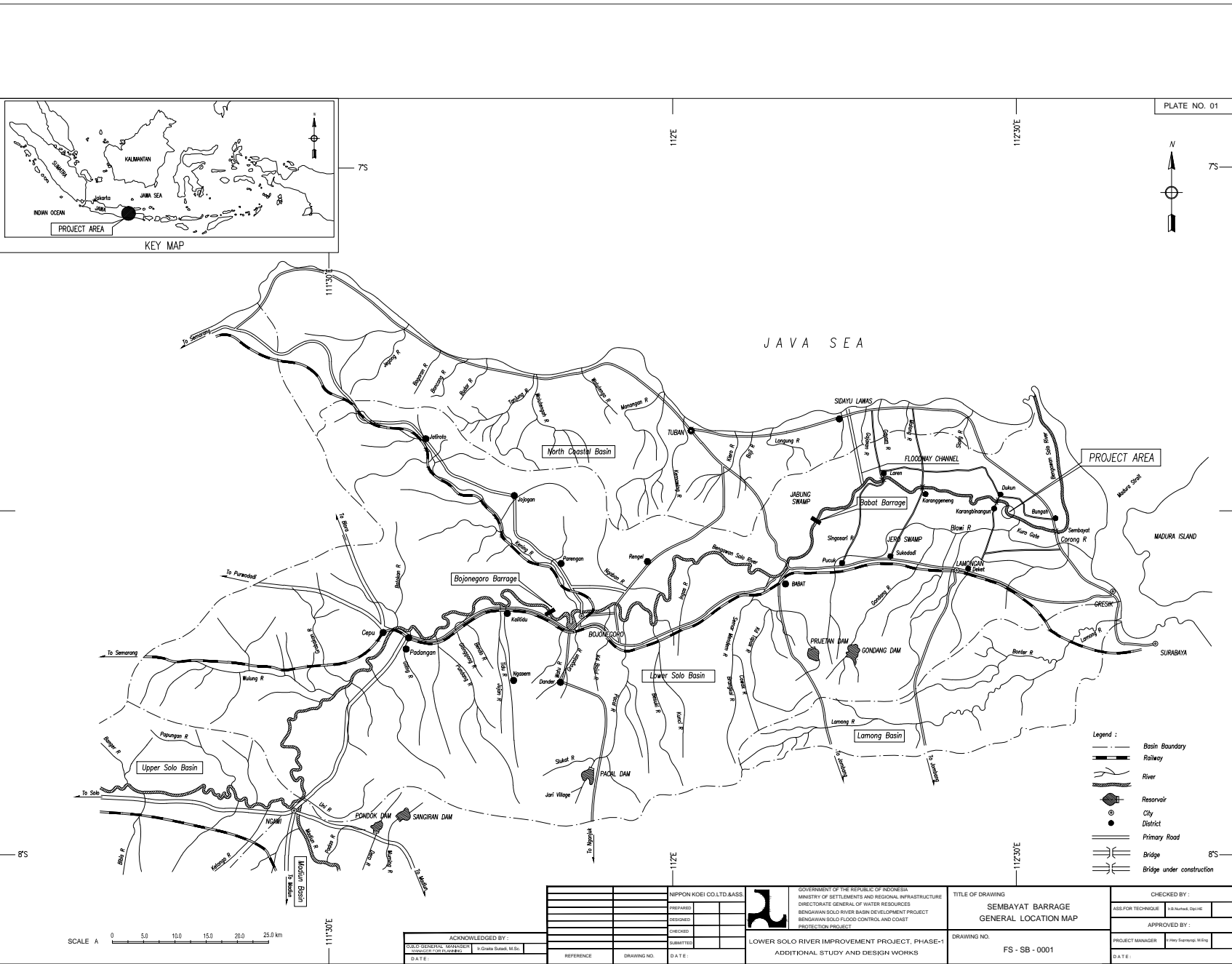
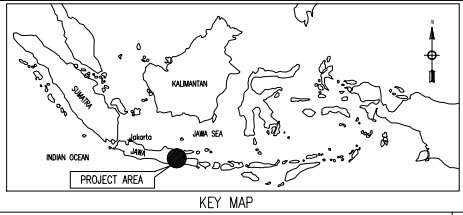
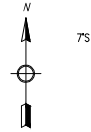
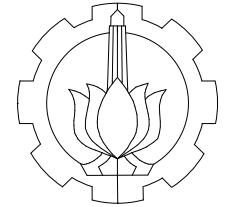


PLATE NO. 01



KEY MAP



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

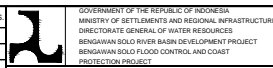
- Legend :
- Basin Boundary
 - Railway
 - River
 - Reservoir
 - City
 - District
 - Primary Road
 - Bridge
 - Bridge under construction

SCALE A 0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 km

ACKNOWLEDGED BY:

U.S.D. GENERAL MANAGER	(Signature)
U.S.D. GENERAL MANAGER	(Signature)

NIPPON KOEI CO.LTD.B.A.S.S.	
PREPARED	
DESIGNED	
CHECKED	
SUBMITTED	
REFERENCE	DRAWING NO.
	DATE:



GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF SETTLEMENTS AND REGIONAL INFRASTRUCTURE
DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES
BENGAWAN SOLO RIVER BASIN DEVELOPMENT PROJECT
BENGAWAN SOLO FLOOD CONTROL AND COAST PROTECTION PROJECT

TITLE OF DRAWING
**SEMBAYAT BARRAGE
GENERAL LOCATION MAP**

DRAWING NO.
FS - SB - 0001

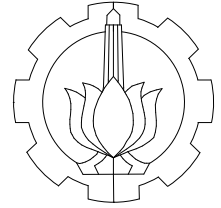
CHECKED BY:	
ASS. FOR TECHNIQUE	(Signature)
APPROVED BY:	
PROJECT MANAGER	(Signature)
	DATE:

HALAMAN

18

JUMLAH

26



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
 FAKULTAS VOKASI
 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA

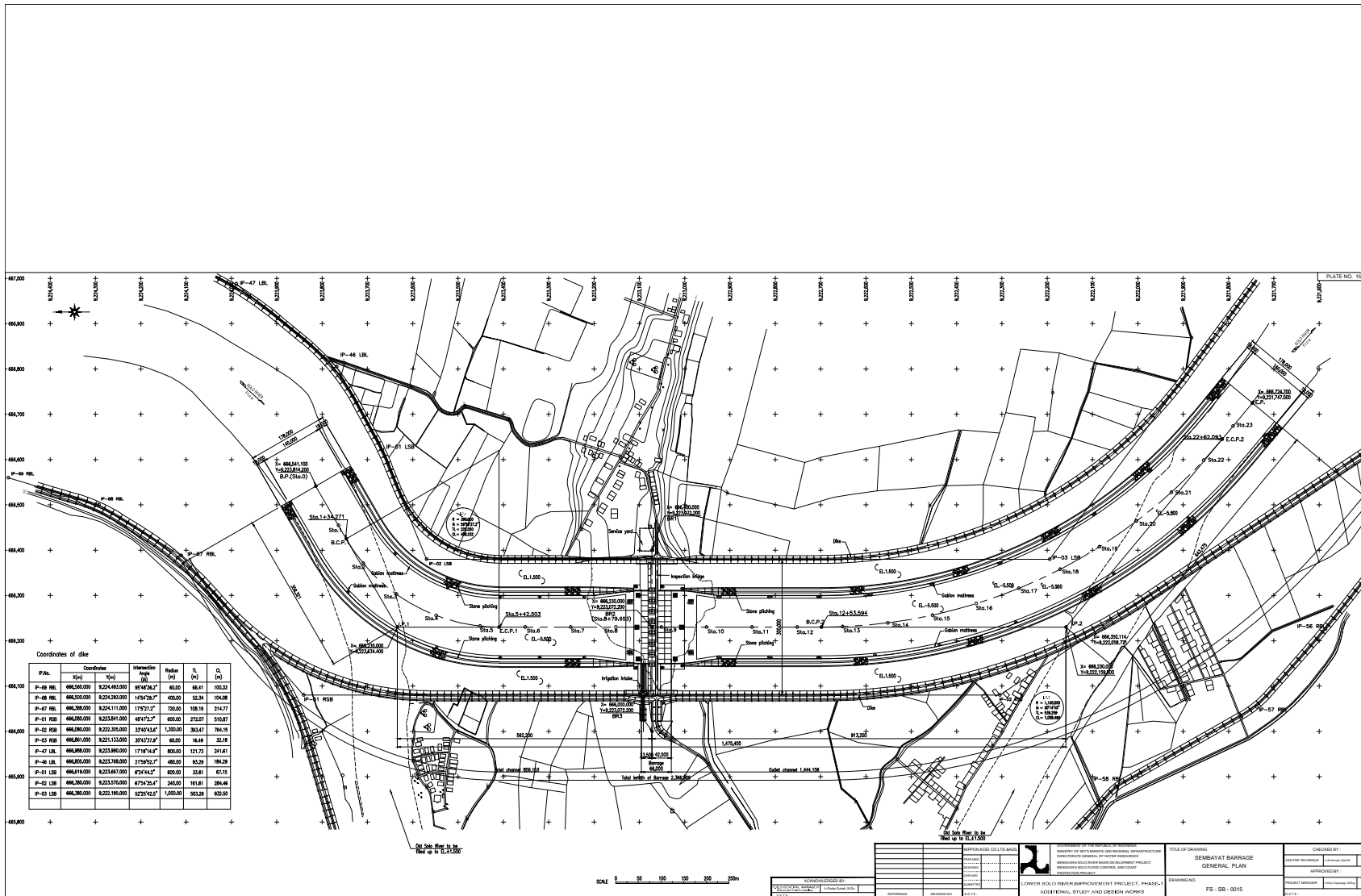
DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:



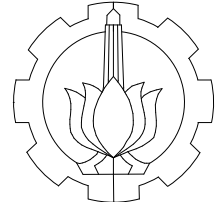
Coordinates of site

#PIL	Coordinate	Intersection	Height	Width	L (m)	L (m)
	(m)	(m)	(m)	(m)		
P-46 RB	666,240,000	8,224,480,000	85'47'28.12"	60,00	66,41	100,23
P-46 RB	666,200,000	8,224,480,000	1'19'29.17"	60,00	52,34	104,08
P-47 RB	666,380,000	8,224,110,000	1'52'21.27"	70,00	58,78	114,77
P-47 RB	666,380,000	8,223,841,000	3'42'42.17"	60,00	22,92	51,87
P-47 RB	666,380,000	8,222,300,000	3'19'43.18"	1,300,00	38,47	764,18
P-47 RB	666,380,000	8,221,130,000	3'17'14.97"	60,00	14,48	32,18
P-47 RB	666,380,000	8,223,990,000	1'17'18'14.97"	60,00	121,73	241,61
P-46 LB	666,000,000	8,223,780,000	2'19'59.17"	60,00	83,29	164,28
P-47 LB	666,380,000	8,223,867,000	0'24'42.17"	60,00	24,81	61,73
P-47 LB	666,380,000	8,223,570,000	4'7'14'35.14"	240,00	101,61	284,48
P-47 LB	666,380,000	8,222,190,000	3'29'42.17"	1,000,00	50,28	602,50



APPROVED BY:	DESIGNED BY:	TITLE OF DRAWING:	CHECKED BY:
DATE:	DATE:	SEMBAYAT BARRAGE	DATE:
		GENERAL PLAN	DATE:
		DRAWING NO.:	DATE:
		FS - SB - 0015	DATE:

HALAMAN	JUMLAH
19	26



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

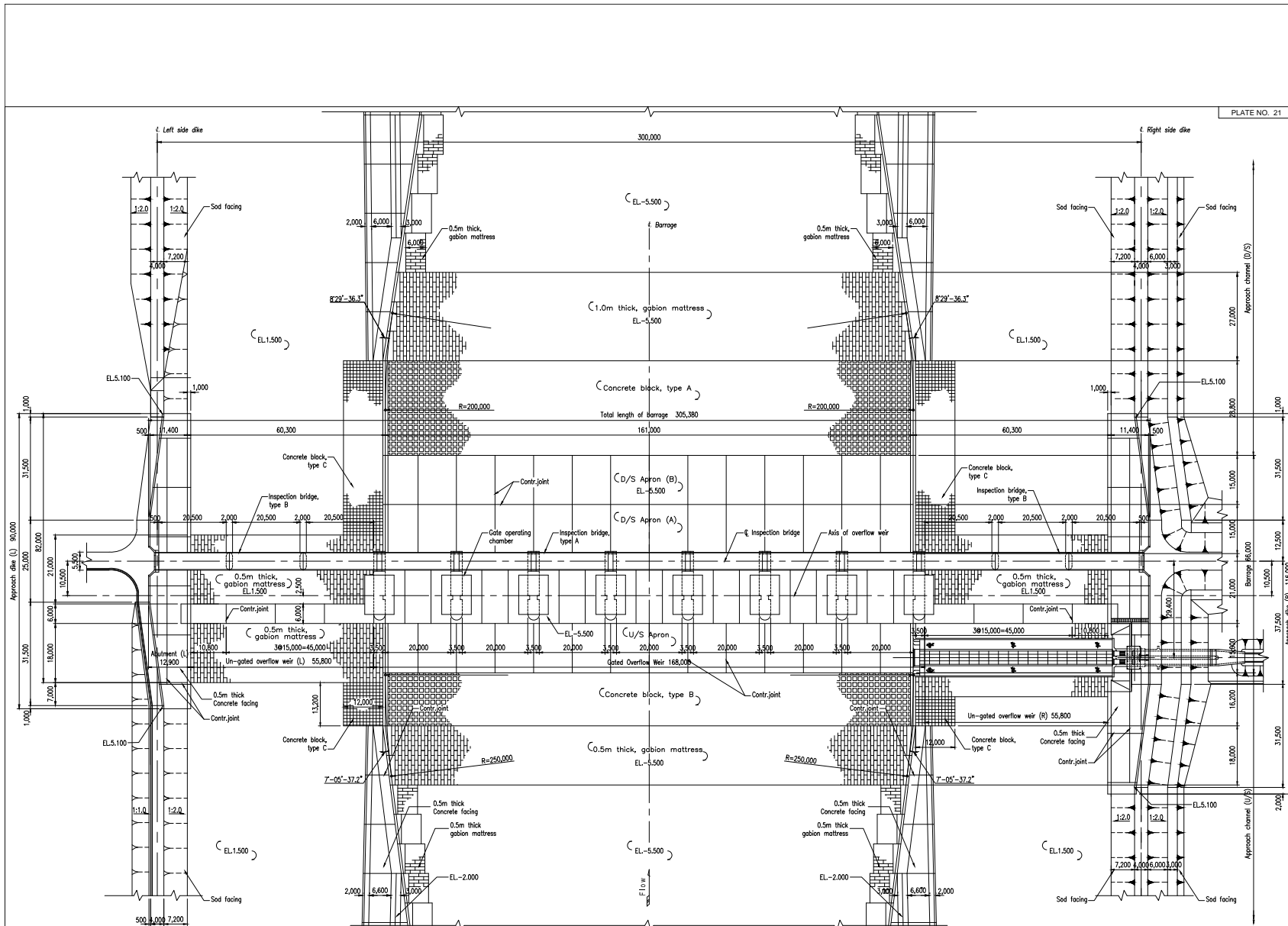
KETERANGAN:

HALAMAN

20

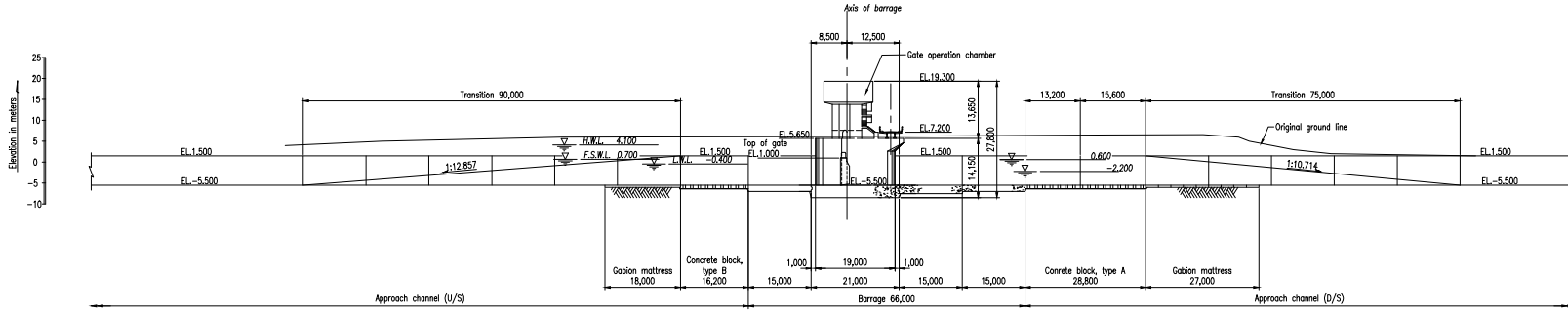
JUMLAH

26

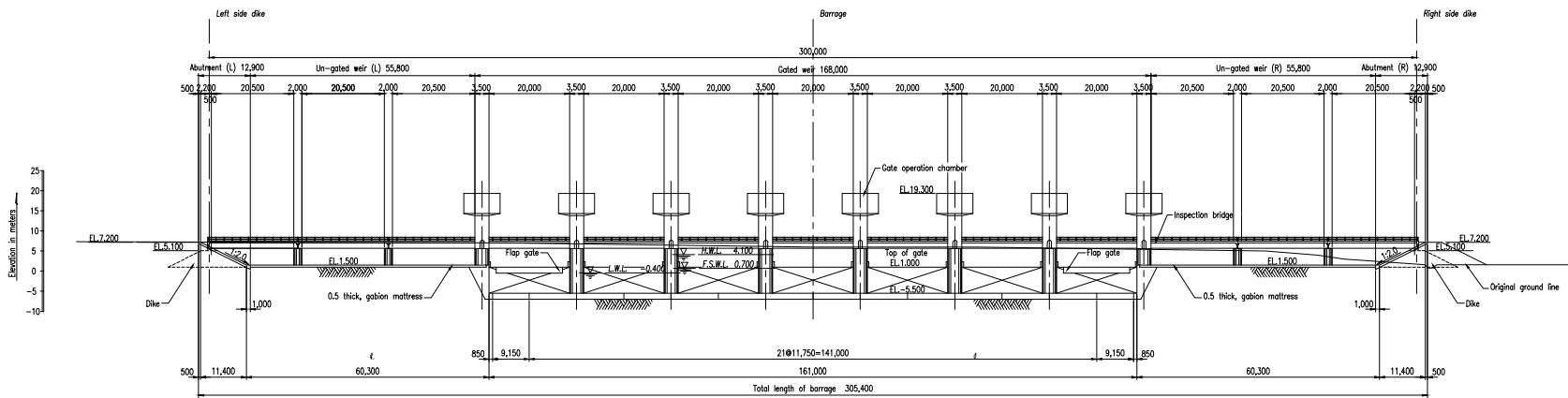


SCALE 0 10 20 30 40 50m

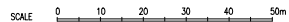
ACKNOWLEDGED BY:		NIPPON KOEI COLTD.&ASS			GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA MINISTRY OF SETTLEMENTS AND REGIONAL INFRASTRUCTURE DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES BENGAWAN SOLO RIVER BASIN DEVELOPMENT PROJECT BENGAWAN SOLO FLOOD CONTROL AND COAST PROTECTION PROJECT	TITLE OF DRAWING	CHECKED BY:	
DESIGNED	PREPARED	DESIGNED	PREPARED			SEMBAAYAT BARRAGE BARRAGE PLAN	ASS FOR TECHNIQUE	ASS FOR TECHNIQUE
CHECKED	CHECKED	CHECKED	CHECKED			DRAWING NO.	PROJECT MANAGER	PROJECT MANAGER
DATE	DATE	DATE	DATE			FS - SB - 0021	DATE	DATE



TRANSVERSAL PROFILE



LONGITUDINAL PROFILE



ACKNOWLEDGED BY:
 TITLE: GENERAL MANAGER
 NAME: (Signature)
 DATE:

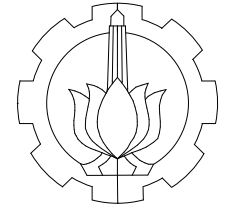
PREPARED BY	NIPPON KOEI CO.LTD.BASIS
DESIGNED BY	
CHECKED BY	
SUBMITTED	
REFERENCE	DRAWING NO.
	DATE:

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA
 MINISTRY OF SETTLEMENTS AND REGIONAL INFRASTRUCTURE
 DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES
 BENGAWAN SOLO RIVER BASIN DEVELOPMENT PROJECT
 BENGAWAN SOLO FLOOD CONTROL AND COAST PROTECTION PROJECT

TITLE OF DRAWING
SEMBAYAT BARRAGE BARRAGE PROFILES

DRAWING NO.
FS - SB - 0022

CHECKED BY:
 ASS FOR TECHNIQUE: (Signature)
 APPROVED BY:
 PROJECT MANAGER: (Signature)
 DATE:



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
 FAKULTAS VOKASI
 TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

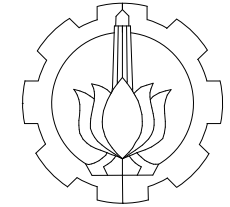
KETERANGAN:

HALAMAN

21

JUMLAH

26



DIPLOMA IV LANJUT JENJANG
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MATA KULIAH:

TUGAS AKHIR

NAMA GAMBAR:

DATA

DOSEN PEMBIMBING:

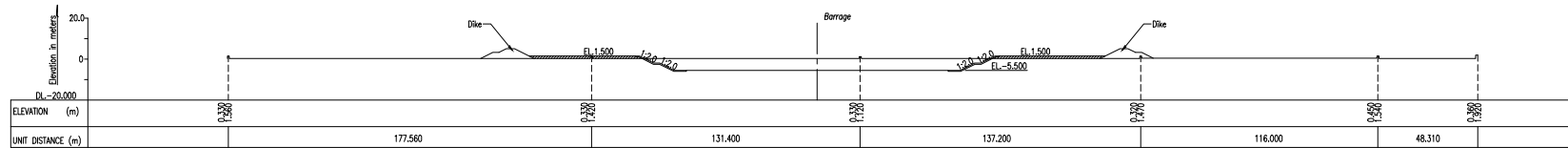
Dr. Ir. Suharjo, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

MAHASISWA:

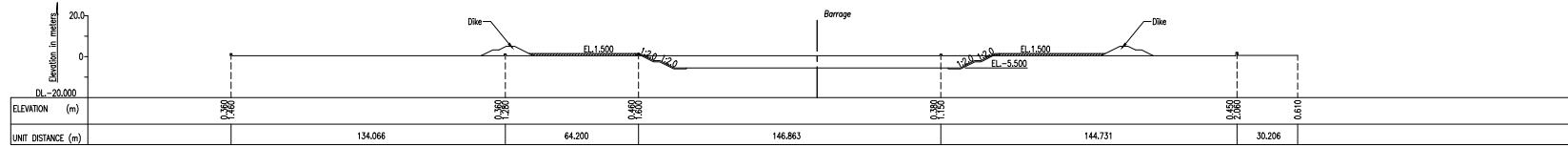
MUHAMMAD YUSRI MAULANA I.
1011181500009

KETERANGAN:

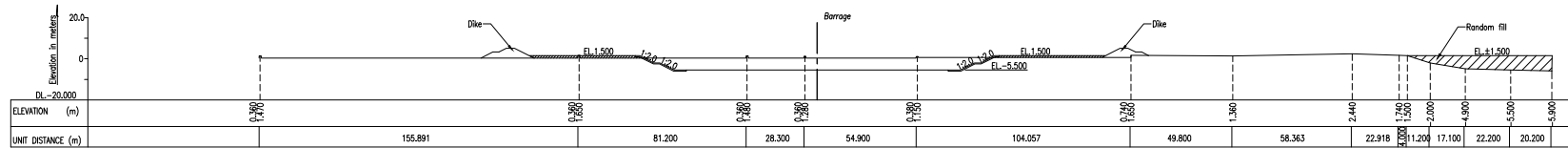
PLATE NO. 19



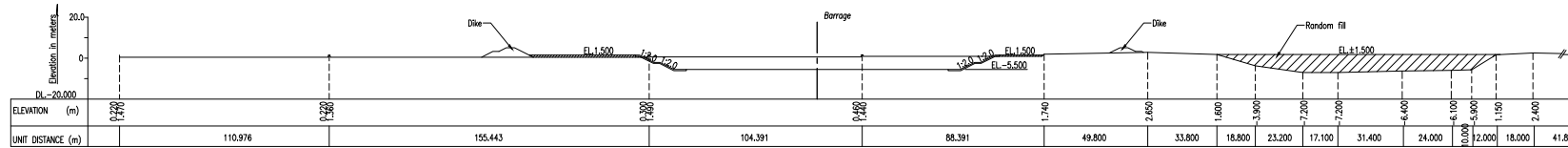
Sta. 14



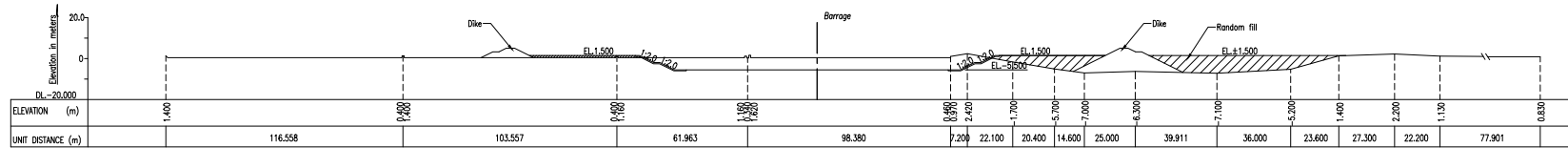
Sta. 15



Sta. 16

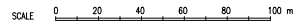


Sta. 17



Sta. 18

Notes :
1) 1 Sta.=100m



ACKNOWLEDGED BY :

DR. GUSRIAN WANGSANTO	Edy Wahid Satrio, M. Sc.
MANAGER (TUGAS AKHIR)	MANAGER (TUGAS AKHIR)
DATE :	DATE :

NIPPON KODI COLTD.&ASS	PREPARED	DESIGNED	CHECKED	SUBMITTED
REFERENCE	DRAWING NO.	DATE :		

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA
 MINISTRY OF SETTLEMENTS AND REGIONAL INFRASTRUCTURE
 DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES
 BENGAWAN SOLO FLOOD CONTROL AND COAST PROTECTION PROJECT
 LOWER SOLO RIVER IMPROVEMENT PROJECT, PHASE-1
 ADDITIONAL STUDY AND DESIGN WORKS

TITLE OF DRAWING
**SEMBAYAT BARRAGE
 CROSS SECTIONS (4/5)**
 DRAWING NO.
FS - SB - 0019

CHECKED BY :
 ASS FOR TECHNIQUE :
 APPROVED BY :
 PROJECT MANAGER :
 DATE :

HALAMAN

25

JUMLAH

26

