



**TUGAS AKHIR TERAPAN – RC 146599**

**RENCANA PEMANFAATAN WADUK PROMENADE  
UNTUK AIR BAKU TANAMAN DAN PENGENDALIAN BANJIR  
DI KAWASAN CITRALAND, KOTA SURABAYA**

**ADITYA EKA SURYA NUGRAHA  
NRP. 3116.040.533**

**Dosen Pembimbing  
IR. ISMAIL SAUD, MMT.  
NIP. 19600517 198903 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG  
TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA  
2018**



## **TUGAS AKHIR TERAPAN – RC 145501**

# **RENCANA PEMANFAATAN WADUK PROMENADE UNTUK AIR BAKU TANAMAN DAN PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN CITRALAND, KOTA SURABAYA**

ADITYA EKA SURYA NUGRAHA  
NRP. 3116.040.533

Dosen Pembimbing  
IR. ISMAIL SAUD, MMT.  
NIP. 19600517 198903 1 002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV  
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**



**FINAL PROJECT APPLIED – RC 145501**

**THE PLAN OF UTILIZATION OF PROMENADE  
RESERVOIR FOR RAW WATER OF PLANTS AND  
FLOOD CONTROL IN CITRALAND, SURABAYA  
CITY**

ADITYA EKA SURYA NUGRAHA  
NRP. 3116.040.533

Counsellor Lecturer  
IR. ISMAIL SAUD, MMT.  
NIP. 19600517 198903 1 002

**DIPLOMA IV  
INFRASTRUCTUR CIVIL ENGINEERING PROGRAM  
FACULTY OF VOCATION  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2018**

**RENCANA PEMANFAATAN WADUK PROMENADE  
UNTUK AIR BAKU TANAMAN DAN PENGENDALIAN  
BANJIR DI KAWASAN CITRALAND, KOTA SURABAYA**

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Terapan  
Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
Disusun oleh:

**Mahasiswa I**



**ADITYA EKA SURYA NUGRAHA**

NRP. 3116.040.533

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir Terapan:

24 JAN 2018



**IR ISMAIL SAUD, MMT**

NIP. 19600517 198903 1 002



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG  
 TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 000090/IT2.VI.8.1/PP-05.02/2018

Tanggal : 9 Januari 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Rencana Pemanfaatan Waduk Promenade untuk Air Baku Tanaman dan Pengendalian Banjir di Kawasan Promenade Citraland Kota Surabaya		
Nama Mahasiswa	Aditya Eka SM.	NRP	10111615000033
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ismail Sa'ud, MMT NIP 19600517 198903 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Pengaji
.....	.....
.....	.....
.....	.....
- Data dasar waduk saluran yg berada berada di dasar tanah - operasi waduk yg menyebabkan	Ir. Ismail Sa'ud, MMT NIP 19600517 198903 1 002
- Data hujan & update sampai 2016	Dr. Ir. Kuntjoro, MT NIP 19580629 198703 1 002
- Smirnov Karmogorov dibutuhkan	
- Ranting & teknik alir relatif + 16,2 h=1+0,3	
- & cek ke volume tanggul dan rencana pengendalian Banjir	Dr. Ir. Kuntjoro, MT NIP 19580629 198703 1 002
✓ perbaiki penulisan tipe , flowchart (contoh dituliskan)	
✓ hapus dasar kon yg tidak organik dalam analisa	S. Kamilia Aziz, ST. MT NIP 19771231 200604 2 001
✓ perbaiki terlebih dulu tipe v	
	Dwi Indriyani, ST. MT NIP 19810210 201404 2 001

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Pengaji 1	Dosen Pengaji 2	Dosen Pengaji 3	Dosen Pengaji 4
Ir. Ismail Sa'ud, MMT NIP 19600517 198903 1 002	Dr. Ir. Kuntjoro, MT NIP 19580629 198703 1 002	S. Kamilia Aziz, ST. MT NIP 19771231 200604 2 001	Dwi Indriyani, ST. MT NIP 19810210 201404 2 001

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidann Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Ismail Sa'ud, MMT NIP 19600517 198903 1 002	NIP -



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

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 Aditya Eka Durya M 2

NRP

: 13116040533

Judul Tugas Akhir

: Rencana Pengembangan Waduk Promenade Citak Air Boksi Terapannya dan Pengelolaan Banjir di Kawasan Citealard Kota Surabaya

Dosen Pembimbing

: IR. ISMAIL SAUD, MM.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
		- Data konstruksi / direncanakan dalam awal desain		
		- data kebutuhan air / pengiriman eksisting	X	B C K
	3/5/2017	- data jumlah air yang masuk & pengelolaan banjir	X	
		1. kebutuhan pengiran 2. debit banjir 3. analisis tanah		B C K
	14/6/2017	- peta banjir - akt normalisasi Saluran atau orangutan koperasi waduk	X	B C K
		- informasi pengiran banjir per saat mutasi kurangnya		B C K
	6/11/2017	AKT 1 : Koperasi waduk 700 m <sup>2</sup> , check koperasi Saluran & Val pengiran	X	B C K
		AKT 2 : mempertahankan segerombolan saluran, mengatasi tanah & Val pengiran		

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



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 2  
NRP : 1 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	5/12/2017	- check bimbingan sakurom akt 1 - check tugas - koperasi waduk akt 2.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	6/12/2017	- jambatan rambu osman salam kencana - - jembatan basic osman - parbomis klasen akt 2.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	12/12/2017	- print semua koperasi - parbomis jbr long & cross salam		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	3/1/2018	- revisi fm - perbaikan kideauan koperasi		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket. :

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

# **RENCANA PEMANFAATAN WADUK PROMENADE UNTUK AIR BAKU TANAMAN DAN PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN CITRALAND, KOTA SURABAYA**

**Nama Mahasiswa** : Aditya Eka Surya Nugraha  
**NRP** : 3116.040.533  
**Jurusan** : D IV Teknik Infrastruktur Sipil  
                         FV – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Ismail Saud, MMT.

## **ABSTRAK**

Penilitian ini dilatarbelakangi oleh permasalahan saluran *outlet* Waduk Promenade yang tidak mampu menampung debit limpasan air keluar dari Waduk Promenade yang memiliki debit aliran *outflow* sebesar  $10,325 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan saluran *outlet* hanya mampu menampung tidak lebih dari itu, yaitu rata-rata sebesar  $2 \text{ m}^3/\text{detik}$  sampai  $7 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Sehingga akibat kondisi saluran *outlet* yang tidak dapat menampung ini, mengakibatkan air *outflow* dari Waduk Promenade yang mengalir ke saluran *outlet* ini meluap, menggenangi Kampung Lidah-Kulon. Dan juga kurangnya pemanfaatan dari Waduk Promenade yang memiliki tumpungan yang cukup besar untuk dimanfaatkan keberadaannya lebih jauh, seperti untuk memenuhi kebutuhan air baku untuk penyiraman tanaman pada taman-taman di Kawasan Citraland.

Dalam perencanaan waduk dan saluran drainase di dalam Kawasan Citraland, Kota Surabaya ini dilakukan 2 analisa, yaitu analisa hidrologi dan analisa hidrolik. Dimana analisa hidrologi untuk menghitung curah hujan rencana, dan sementara analisa hidrolik untuk perencanaan lanjutan waduk dan drainase, baik dari perencanaan dimensi *spillway* waduk dan juga saluran *outlet* waduk. Dalam mencari, menemukan dan memberi solusi dari permasalahan di Kawasan Citraland ini adalah dengan melakukan pengolahan data hidrologi dan data hidrolik dengan melakuakn

*routing* waduk dan juga menghitung debit *full bank capacity* dari tiap saluran, kemudian membandingkan debit rencana dengan perhitungan dimensi hidrolik dari tiap-tiap saluran kemudian ditemukan permasalahan dari solusi kurangnya pemanfaatan dari Waduk Promenade dan saluran *outlet*-nya yang mengalami ketidakmampuan menampung debit *outflow* dari Waduk Promenade tersebut.

Sehubungan dengan hal yang melatarbelakangi permasalahan atas kurangnya pemanfaatan dari Waduk Promenade yang bisa digunakan sebagai kawasan penyedia air baku untuk penyiraman tanaman pada taman-taman yang dari hasil pehitungan sangat mampu memenuhi kebutuhan air baku untuk penyiraman tanaman sebesar 632,04 m<sup>3</sup> dengan total luas taman penyiraman sebesar 31.602 m<sup>2</sup>, yang dari penyiraman eksisting sebelumnya menggunakan air PDAM lebih besar yaitu 750 m<sup>3</sup> dengan luasan penyiraman yang sama. Juga permasalahan di saluran *outlet* dari Waduk Promenade di kawasan Citraland, Kota Surabaya ini yang tidak lain dan tidak bukan adalah karena kondisi tidak mampunya saluran *outlet* untuk menampung debit *outflow* dari waduk. Maka perlu dilakukan *redesign* saluran *outlet* Waduk Promenade yang sebelumnya berupa pasangan batu, *box culvert* dan juga saluran tanah diganti dengan *u-ditch* ukuran 200x200. Dan harapannya untuk para *stakeholder* baik dari pihak warga Kampung Lidah-Kulon maupun pihak pengelola Citraland itu sendiri agar selalu memiliki kesadaran diri untuk merawat dan mengelola saluran *outlet* ini demi mencegah terjadinya hal yang tidak diinginkan untuk kedepannya.

Kata kunci: Waduk Promenade, Saluran, *outlet*, *spillway*, *routing*, *u-ditch*, *full bank capacity*, *stakeholder*.

# **THE PLAN OF UTILIZATION OF PROMENADE RESERVOIR FOR RAW WATER OF PLANTS AND FLOOD CONTROL IN CITRALAND, SURABAYA CITY**

Name : Aditya Eka Surya Nugraha  
NRP : 3116.040.533  
Major : D IV Infrastructur Of Civil Engineering  
Faculty Of Vocation – ITS  
Supervisor : Ir. Ismail Saud, MMT.

## **ABSTRACT**

*This research is motivated by the problem of outlet channel of Promenade Reservoir which can not accommodate the discharge water discharge out from Promenade Reservoir which has outflow flow discharge of 10,325 m<sup>3</sup> / sec and outlet channel only floats no more than that, that is average of 2 m<sup>3</sup> / sec up to 7 m<sup>3</sup> / sec. So that due to the condition of outlet channels that can not accommodate this, resulting in outflow water from the Promenade Reservoir that flows into the outlet channel overflows, inundating Kampung Lidah-Kulon. And also the lack of utilization of the Promenade Reservoir that has a large enough to be utilized further existence, such as to meet the needs of raw water for planting plants in the parks in Citraland area.*

*In planning of reservoir and drainage channel inside Citraland area, Surabaya City is done 2 analysis, that is hydrology analysis and hydraulics analysis. Where is the hydrological analysis to calculate the rainfall plan, and while hydraulic analysis for further planning of reservoir and drainage, both from the spillway dimension of the reservoir and also the outlet channel of the reservoir. In searching, finding and solving problems in Citraland area is by doing hydrological data processing and hydraulic data by conducting reservoir routing and also calculating the full bank capacity discharge from each channel, then compare the plan debit by calculating the hydraulic dimension*

*of each channel then found problems from the solution of the lack of utilization of the Promenade Reservoir and its outlet channels that experienced an inability to accommodate the outflow discharge from the Promenade Reservoir.*

*In relation to the background of the problem of the lack of utilization of the Promenade Reservoir that can be used as a standard water supply area for the watering of plants in the parks from the calculation result is very able to meet the raw water needs for watering plants of  $632.04 \text{ m}^3$  with the total area of the watering garden of  $31,602 \text{ m}^2$ , which from previous existing watering using water of larger PDAM that is  $750 \text{ m}^3$  with equal watering area. Also problem in outlet channel from Promenade Reservoir in Citraland area, Surabaya City which is none other than is not because of condition of not able to channel outlet to accommodate outflow discharge from reservoir. It is necessary to redesign the outlet channel of the previous Promenade Reservoir in the form of stone pairs, culvert boxes and also ground channels replaced with 200x200 u-ditch sizes. And hope for the stakeholders both from the Kampung Lidah-Kulon residents and the managers of Citraland itself to always have self-awareness to care and manage outlet channels in order to prevent the occurrence of undesirable for the future.*

**Keywords:** *Promenade Reservoir, Channels, outlet, spillway, routing, u-ditch, full bank capacity, stakeholder.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Rencana Pemanfaatan Waduk Promenade Untuk Air Baku Tanaman Dan Pengendalian banjir DI Kawasan Citraland, Kota Surabaya”**.

Proyek akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada Program Studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil FV Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis ucapkan terima kasih atas bimbingan serta arahan dari:

1. Bapak Ir. Ismail Saud, MMT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan.
2. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku dosen wali dan Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil FV Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan dukungan berupa doa, motivasi dan kasih sayang yang tiada henti-hentinya.
4. Teman-teman dan kerabat di DIV Teknik Infrastruktur Sipil FV Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Dan kepada pihak-pihak lain yang telah begitu banyak membantu namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil dan karya yang jauh lebih baik lagi kedepannya.

Surabaya, 19 Januari 2018

Penulis

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR ISI**

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan.....	2
1.5    Lokasi Studi.....	3
BAB II KONDISI WILAYAH.....	5
2.1    Lokasi dan Kondisi Eksisting Sistem Drainase Kawasan Promenade.....	5
2.2    Kondisi Genangan.....	6
2.3    Lokasi Waduk.....	7
2.4    Tata Guna Lahan.....	8
2.5    Data Hujan.....	8

BAB III METODE DAN LANDASAN TEORI.....	11
3.1    Metode.....	11
3.1.1    Survey Pendahuluan.....	11
3.1.2    Studi Literatur.....	11
3.1.3    Pengumpulan Data.....	11
3.1.4    Analisa dan Perhitungan.....	12
3.1.5    Diagram Alur Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Terapan.....	13
3.2    Landasan Teori.....	14
3.2.1    Analisa Hidrologi.....	14
3.2.2    Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	14
3.2.3    Uji Distribusi Data.....	23
3.2.4    Distribusi Curah Hujan Efektif.....	27
3.2.5    Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	28
3.2.6    Koefisien Pengaliran.....	30
3.2.7    Analisa Volume Waduk.....	32
3.2.8    Penelusuran Banjir Lewat Waduk ( <i>Flood Routing</i> )	33
3.2.9    Analisa Hidrolik Saluran <i>Outflow</i> Waduk.....	35
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN.....	41
4.1    Analisa Curah Hujan.....	41
4.1.1    Curah Hujan Rata-rata Wilayah.....	42
4.2    Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	45
4.2.1    Metode Distribusi Log Person Tipe III.....	45

4.3	Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi.....	48
4.3.1	Uji Chi-Kuadrat.....	49
4.3.2	Perhitungan Chi Kuadrat untuk Metode Log Person III.....	52
4.3.3	Uji Smirnov-Kolmogorov.....	52
4.3.4	Pemilihan Curah Hujan Rencana.....	56
4.4	Distribusi Curah Hujan Jam-jaman.....	56
4.4.1	Perhitungan Rata-rata Curah Hujan Pada Jam Ke-t.....	56
4.4.2	Perhitungan Rasio Tinggi Hujan Pada Jam Ke-t.....	57
4.5	Perhitungan Debit Banjir Rencana 10 Tahun.....	58
4.5.1	Perhitungan Unit Hidograf Satuan Nakayasu untuk Saluran Ke-1.....	58
4.5.2	Perhitungan Unit Hidograf Satuan Nakayasu untuk Saluran Ke-2.....	62
4.5.3	Perhitungan Unit Hidograf Satuan Nakayasu untuk Saluran Ke-3.....	66
4.5.4	Hasil Hidograf Superposisi Untuk Banjir Rencana 10 Tahun.....	70
4.6	Lengkung Kapasitas Waduk.....	74
BAB V	<i>FLOOD ROUTING WADUK UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DAN KEBUTUHAN AIR BAKU UNTUK PENYIRAMAN TANAMAN.....</i>	77
5.1	Analisis Penelusuran Banjir ( <i>Flood Routing</i> ) Waduk...	77

5.1.1	Gambaran Umum <i>Flood Routing</i> Waduk.....	77
5.1.2	Perhitungan <i>Flood Routing</i> Melalui Waduk Luas $5.038 \text{ m}^2$ .....	77
5.2	Pengendalian Banjir.....	87
5.2.1	Pengendalian Banjir di Saluran <i>Outlet</i> Waduk Promenade.....	87
5.3	Kebutuhan Air Baku Untuk Penyiraman Tanaman....	104
5.3.1	Penyiraman Tanaman dengan Kondisi <i>Storage</i> Waduk Penuh.....	104
5.3.2	Penyiraman Tanaman dengan Sistem Pemakaian Curah Hujan Harian.....	113
BAB VI	PENUTUP.....	131
6.1	Kesimpulan.....	131
6.2	Saran.....	131
DAFTAR	PUSTAKA.....	133
BIODATA	PENULIS DAN UCAPAN TERIMA KASIH.....	135

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Hubungan Periode Ulang (T) Dengan Reduksi Variat Dari Variabel (Y).....	16
Tabel 3.2 Hubungan Periode Ulang (T) Dengan Reduksi Variat Dari Variabel (Y) (Lanjutan).....	17
Tabel 3.3 Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata (Sn) Dengan Jumlah Data (n).....	17
Tabel 3.4 Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata (Sn) Dengan Jumlah Data (n) (Lanjutan).....	18
Tabel 3.5 Deviasi Standar Dari Reduksi Variat (Yn) Dengan Jumlah Data (n) .....	18
Tabel 3.6 Deviasi Standar Dari Reduksi Variat (Yn) Dengan Jumlah Data (n) (Lanjutan).....	19
Tabel 3.7 Nilai K Distribusi Log-Pearson Tipe III.....	21
Tabel 3.8 Nilai K Distribusi Log-Pearson Tipe III (Lanjutan).....	22
Tabel 3.9 Nilai Kritis Do Untuk Uji Chi-Kuadrat.....	24
Tabel 3.10 Nlai Kritis Do Untuk Uji Chi-Kuadrat (Lanjutan)....	25
Tabel 3.11 Wilayah Luas Dibawah Kurva Normal.....	26
Tabel 3.12 Nilai Kritis Do Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov.....	27
Tabel 3.13 Koefisien Nilai C.....	31
Tabel 3.14 Koefisien Kekasaran Manning (n).....	35
Tabel 3.15 Koefisien Kekasaran Manning (n) (Lanjutan).....	36
Tabel 3.16 Kecepatan Maksimum Diizinkan pada Saluran.....	39

Tabel 4.1 Cara yang Digunakan Terhadap Daerah Tangkapan Air.....	41
Tabel 4.2 Curah Hujan Rata-rata Aritmatika Mean.....	42
Tabel 4.3 Perhitungan Parameter Statistik.....	43
Tabel 4.4 Parameter Nilai Distribusi Frekuensi.....	44
Tabel 4.5 Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Log Person III.....	46
Tabel 4.6 Nilai K Distribusi <i>Log Pearson</i> Tipe III.....	47
Tabel 4.7 Hasil perhitungan curah hujan rencana distribusi Log Pearson Tipe III.....	48
Tabel 4.8 Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	51
Tabel 4.9 Tabel Batas Kelompok Chi Kuadrat.....	52
Tabel 4.10 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov Kolmogorov.....	53
Tabel 4.11 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov.....	54
Tabel 4.12 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov (Lanjutan)....	55
Tabel 4.13 Curah Hujan Rencana Log Person Tipe III.....	56
Tabel 4.14 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 1.....	59
Tabel 4.15 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 1 (Lanjutan)...	60
Tabel 4.16 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 1 (Lanjutan)...61	61
Tabel 4.17 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 2.....	63
Tabel 4.18 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 2 (Lanjutan)...63	63
Tabel 4.19 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 2 (Lanjutan)...64	64
Tabel 4.20 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 3.....	67

Tabel 4.21 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 3 (Lanjutan).....	68
Tabel 4.22 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 3 (Lanjutan).....	69
Tabel 4.23 Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3.....	70
Tabel 4.24 Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3 (Lanjutan).....	71
Tabel 4.25 Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3 (Lanjutan).....	72
Tabel 4.26 Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3 (Lanjutan).....	73
Tabel 4.27 Lengkung Kapistas Waduk Promenade Luas 5.038 m <sup>2</sup> .....	75
Tabel 5.1 Hubungan Antara Elevasi, Debit dan Tampungan.....	78
Tabel 5.2 Hubungan Antara Elevasi, Debit dan Tampungan (Lanjutan).....	79
Tabel 5.3 Hubungan Elevasi, Tampungan dan Debit <i>Spillway</i> ..	80
Tabel 5.4 Hubungan Elevasi, Tampungan dan Debit <i>Spillway</i> (Lanjutan).....	81
Tabel 5.5 Penulusuran Banjir Lewat <i>Spillway</i> .....	82
Tabel 5.6 Penulusuran Banjir Lewat <i>Spillway</i> (Lanjutan).....	82
Tabel 5.7 Debit (Q) Izin Bukaan pada Pintu Air.....	85
Tabel 5.8 Debit (Q) Izin Bukaan pada Pintu Air (Lanjutan).....	86
Tabel 5.9 Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade	87
Tabel 5.10 Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade (Lanjutan).....	88

Tabel 5.11 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade.....	91
Tabel 5.12 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade (Lanjutan).....	91
Tabel 5.13 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade (Lanjutan).....	93
Tabel 5.14 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade (Lanjutan).....	94
Tabel 5.15 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade (Lanjutan).....	95
Tabel 5.16 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade Banjir atau Aman.....	96
Tabel 5.17 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade Banjir atau Aman (Lanjutan) .....	97
Tabel 5.18 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade Banjir atau Aman (Lanjutan) .....	98
Tabel 5.19 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting <i>Outlet</i> Waduk Promenade Banjir atau Aman (Lanjutan) .....	99
Tabel 5.20 Perhitungan Saluran Rencana Dengan Metode Pemasangan <i>U-ditch</i> .....	100
Tabel 5.21 Perhitungan Saluran Rencana Dengan Metode Pemasangan <i>U-ditch</i> (Lanjutan).....	101
Tabel 5.22 Perhitungan Saluran Rencana Dengan Metode Pemasangan <i>U-ditch</i> (Lanjutan).....	102
Tabel 5.23 Perhitungan Kondisi Saluran Rencana <i>Outlet</i> Waduk Promenade Banjir atau Aman.....	103
Tabel 5.24 Perhitungan Kondisi Saluran Rencana <i>Outlet</i> Waduk Promenade Banjir atau Aman (Lanjutan) .....	104

Tabel 5.25 Luas Segmen A.....	106
Tabel 5.26 Luas Segmen B.....	106
Tabel 5.27 Luas Segmen C.....	106
Tabel 5.28 Luas Segmen C (Lanjutan).....	106
Tabel 5.29 Luas Segmen D.....	107
Tabel 5.30 Luas Segmen D (Lanjutan).....	107
Tabel 5.31 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen A.....	108
Tabel 5.32 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen B.....	108
Tabel 5.33 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen C.....	109
Tabel 5.34 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen C (Lanjutan).....	110
Tabel 5.35 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen D.....	110
Tabel 5.36 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen D (Lanjutan).....	111
Tabel 5.37 Tabel CH Harian Stasiun Hujan Kandangan Th. 2015.....	113
Tabel 5.38 Tabel CH Harian Stasiun Hujan Kandangan Th. 2015 (Lanjutan).....	114
Tabel 5.39 Tabel CH Harian Stasiun Hujan Kebon Agung Th. 2015.....	115
Tabel 5.40 Tabel CH Harian Stasiun Hujan Kebon Agung Th. 2015 (Lanjutan).....	116
Tabel 5.41 Rata-rata CH Harian Stasiun Kandangan dan Stasiun Hujan Kebon Agung Tahun 2015.....	116
Tabel 5.42 Rata-rata CH Harian Stasiun Kandangan dan Stasiun Hujan Kebon Agung Tahun 2015 (Lanjutan).....	117

Tabel 5.43 Debit (Q) CH Rata-rata 2 Stasiun Hujan.....	118
Tabel 5.44 Debit (Q) CH Rata-rata 2 Stasiun Hujan (Lanjutan)..	119

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1.1 Lokasi Waduk Promenade di Kawasan Citraland.....	3
Gambar 2.1 Lokasi dan Posisi Sistem Drainase Citraland.....	6
Gambar 2.1 Peta Genangan.....	7
Gambar 2.3 Peta Letak Stasiun Penakar Hujan.....	8
Gambar 3.1 Flowchart Rencana Pemanfaatan Waduk Promenade Untuk Air Baku Tanaman Dan Pengendalian Banjir Di Kawasan Citraland, Kota Surabaya.....	13
Gambar 3.2 Penampang Trapesium Ekonomis.....	38
Gambar 4.1 Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahun Saluran 1.....	61
Gambar 4.2 Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahun Saluran 2.....	65
Gambar 4.3 Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahun Saluran 3.....	69
Gambar 4.4 Hidrograf Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3.....	74
Gambar 4.5 Lengkung Kapasitas Waduk.....	75
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Elevasi dan Debit.....	82
Gambar 5.2 Debit Masuk dan Keluar pada Waduk dan <i>Spillway</i> .....	84
Gambar 5.3 Penampakan Waduk Promenade.....	139
Gambar 5.4 Kali Makmur Sebagai Hilir <i>Outlet</i> dari Waduk Promenade.....	139
Gambar 5.5 <i>Outlet</i> Waduk Promenade Berupa Saluran Tanah.	139
Gambar 5.6 <i>Outlet</i> Waduk Promenade Berupa Saluran Tanah.	140

Gambar 5.7 <i>Outlet</i> Waduk Promenade Berupa Saluran Batu Kali.....	140
Gambar 5.8 <i>Outlet</i> Waduk Promenade Berupa Saluran Batu Kali.....	140
Gambar 5.9 <i>Outlet</i> Waduk Promenade Berupa Saluran Batu Kali.....	140
Gambar 5.10 <i>Outlet</i> Waduk Promenade Berupa Saluran <i>Box Culvert</i> .....	141
Gambar 5.11 <i>Outlet</i> Waduk Promenade Berupa Saluran <i>Box Culvert</i> .....	141

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan. Pengarahan banjir Uni Eropa mengartikan banjir sebagai perendaman sementara oleh air pada daratan yang biasanya tidak terendam air. Dalam arti "air mengalir", kata ini juga dapat berarti masuknya pasang laut. Banjir diakibatkan oleh volume air di suatu badan air seperti sungai atau danau yang meluap atau melimpah dari bendungan sehingga air keluar dari sungai itu.

Ukuran danau atau badan air terus berubah-ubah sesuai perubahan curah hujan dan pencairan salju musiman, namun banjir yang terjadi tidak besar kecuali jika air mencapai daerah yang dimanfaatkan manusia seperti desa, kota, dan permukiman lain.

Waduk Promenade termasuk dalam batas daerah pengaliran Kali Kedurus yang airnya mengalir melalui anak Sungai Kali Lidah Kulon menuju ke Kali Makmur. Pemanfaatan Waduk Promenade yang kurang maksimal sebagai salah satu tumpungan air yang cukup besar di Kawasan Citraland, Kota Surabaya ini yang seharusnya lebih dimaksimalkan keberadaannya untuk keperluan multiguna lainnya, seperti untuk pemenuhan kebutuhan air baku untuk penyiraman tanaman di Kawasan Citraland ini. Karena selama ini Citraland selaku pengembang properti yang mengelola kawasan Waduk Promenade mengambil dan membeli air dari PDAM untuk memenuhi kebutuhan air baku tanamannya. Dan juga sering terjadinya luapan air atau banjir di daerah *outlet* dari Waduk promenade itu sendiri sehingga menggenangi kawasan pemukiman Sepat Lidah-Kulon.

Waduk Promenade mempunyai luas DAS kurang lebih seluas  $0,76 \text{ km}^2$  dan memiliki 3 saluran yang masuk ke waduk (*inlet*). Kondisi existing Waduk Promenade saat ini adalah semua lahan pada kawasan ini berupa rawa dan lahan kering dengan luas waduk  $18.024 \text{ m}^2$ . Namun, lahan Waduk Promenade ini sudah diperkecil luas tampungannya menjadi

5.038 m<sup>2</sup> dikarenakan lahan tersebut dikembangkan untuk area perumahan.

Dan dari sini diharapkan adanya Waduk Promenade bisa memenuhi kebutuhan air baku tanaman sehingga dapat meminimalisir biaya dan volume pemakaian air baku tanaman yang selama ini didapatkan dari pihak ketiga, yakni PDAM sesuai yang diharapkan pihak Citraland. Sekaligus keberadaannya pula dapat dimanfaatkan sepenuhnya sebagai media tampungan utama pengendali banjir, baik pada waduk maupun pada saluran *outlet*-nya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dirumuskan dalam studi ini adalah:

1. Apakah tampungan waduk sebesar 5.038 m<sup>2</sup> bisa memenuhi kebutuhan air baku untuk penyiraman tanaman dan sebagai pengendali banjir di Kawasan Citraland?
2. Apa solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan banjir pada *outlet* Waduk Promenade?
3. Apa solusi yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kebutuhan air baku untuk penyiraman tanaman pada Kawasan Citraland selama ini?

## 1.3 Batasan Masalah

Sesuai dengan latar belakang diatas, maka susunan dari permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Survei area di Kawasan Promenade Citraland dan Kampung Septa Lidah Kulon, Kota Surabaya.
2. Survei saluran drainase di Kawasan Promenade Citraland dan Kampung Sepat Lidah Kulon, Kota Surabaya.
3. Mencari dan mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk mengevaluasi saluran drainase dan waduk di Kawasan Promenade Citraland Kota Surabaya.
4. Evaluasi sistem drainase eksisting.
5. Perencanaan ulang sistem drainase agar tidak banjir.
6. Air yang mengalir dalam saluran drainase berasal dari air hujan, sedangkan air limbah dan sumber lainnya tidak diperhitungkan.
7. Kemiringan saluran drainase yang tertutup oleh trotoar dan taman diasumsikan sama dengan kemiringan saluran di hulu.

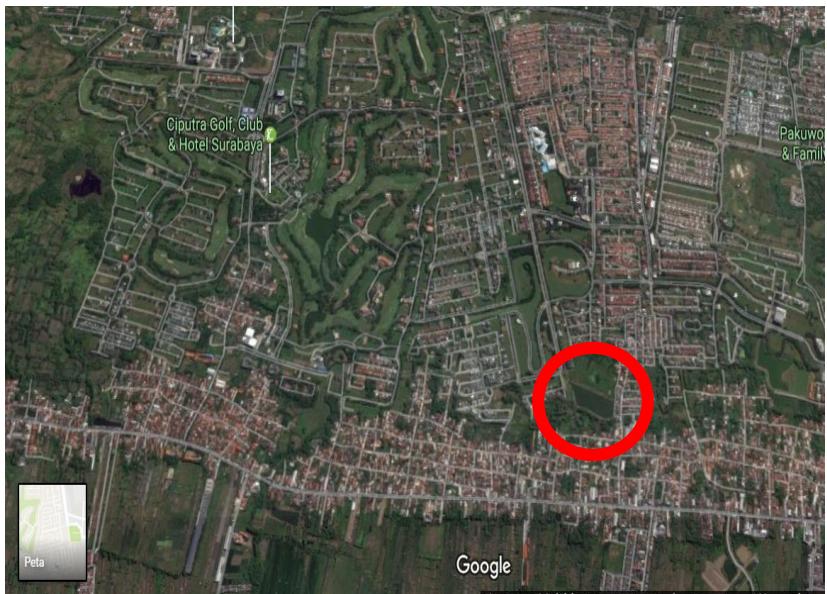
8. Koefisien aliran untuk fungsi lahan menggunakan Peta Rencana Umum Tata Ruang Kota yang dicocokkan dengan Peta Rupa Bumi tahun 2001.
9. Perhitungan debit rencana menggunakan periode ulang 10 tahun

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini ialah:

1. Mengidentifikasi apa dengan luas Waduk Promenade yang ada, seluas  $5.038 \text{ m}^2$  bisa memenuhi kebutuhan air baku untuk penyiraman tanaman dan sebagai pengendali banjir di Kawasan Citraland.
2. Mendapatkan solusi untuk mengatasi permasalahan banjir pada *outlet* Waduk Promenade.
3. Mengetahui debit komulatif dan solusi penyiraman tanaman rencana pada segmen dan tiap-tiap taman di Kawasan Citraland, Kota Surabaya.

## 1.5 Lokasi Studi



Gambar 1.1 Lokasi Waduk Promenade di Kawasan Citraland

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

### KONDISI WILAYAH

Pekerjaan Tugas Akhir dengan judul “**Rencana Pemanfaatan Waduk Promenade Untuk Air Baku Tanaman Dan Pengendalian Banjir Di Kawasan Citraland, Kota Surabaya**” penyusun mengumpulkan beberapa data antara lain:

#### 2.1 Lokasi dan Kondisi Eksisting Sistem Drainase Kawasan Promenade

Dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dalam *Surabaya Drainage Master Plan* (SDMP), dan PT Ciputra Surya Tbk. selaku pemilik lahan, berikut adalah data-data sistem drainase Kali Gunung Sari, Kampung Sepat Lidah-Kulon, Kelurahan Lakarsantri:

- Utara : dibatasi oleh Cluster Bukit Telaga Golf
- Selatan : dibatasi oleh Kelurahan Sepat Lidahkulon
- Timur : dibatasi oleh Kelurahan Sepat Lidahkulon
- Barat : dibatasi oleh Cluster Bukit Golf

Di sistem drainase sebagian wilayah Citraland Kota Surabaya, terdapat satu saluran sekunder yaitu Kali Kedurus yang mencakup cachment area sebagian wilayah Citraland Surabaya. Mulai dari hulu terdapat Kawasan Waterfront, Kantor Citraland, Bukit Golf Internasional, Bukit Bali, Bukit Golf, sampai ke hilirnya adalah Kampung Sepat Lidah-Kulon, Kelurahan Lakarsantri, Kota Surabaya.

Saluran sekunder Kali Gunung Sari ini menerima debit dari beberapa saluran yaitu:

- Saluran tersier Telaga Mas
- Saluran tersier Bukit Telaga Golf
- Saluran tersier Telaga Utama
- Saluran tersier Galeria Golf
- Saluran tersier Sepat Lidahkulon
- Saluran tersier Niaga Gapura
- Saluran tersier Laguna Golf

- Saluran tersier Lidah Kulon
- Saluran tersier Lontar Lidah Kulon

Sistem drainase di Cluster Promenade yang mencakup sebagian wilayah Citraland Surabaya dilengkapi pintu air oleh Pemerintah Kota Surabaya yang berada pada *outlet* dari *cacthment area* ini di Kali Gunung Sari.

Adapun lokasi sistem drainase Waduk Promenade adalah pada Gambar 2.1



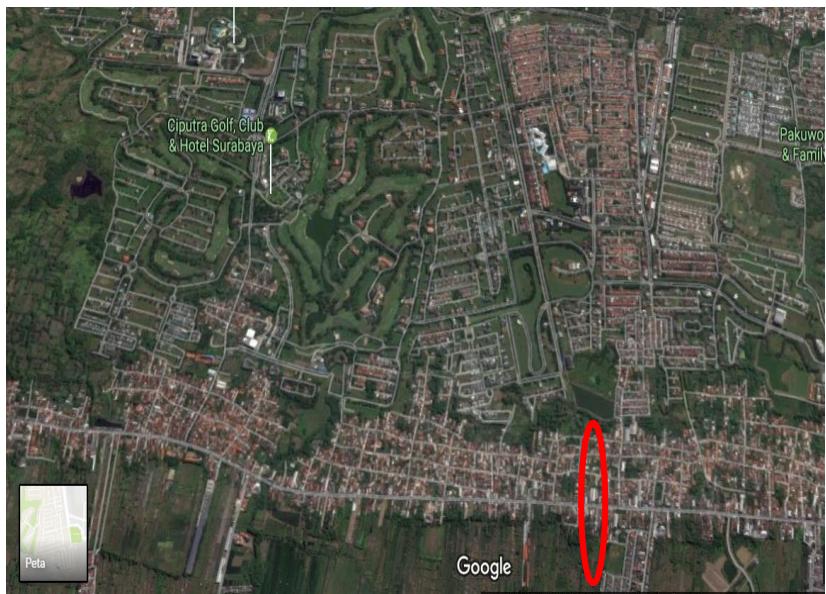
Gambar 2.1 Lokasi dan Posisi Sistem Drainase Citraland

## 2.2 Kondisi Genangan

Di sistem drainase ini, daerah genangan banjir terjadi di beberapa tempat antara lain di jalan-jalan raya yang berada di pinggir Kali Gunung Sari dan Kampung Sepat Lidah Kulon, Kecamatan Lakarsantri, Kota Surabaya. Genangan tersebut terjadi dalam jangka waktu 2 jam. Hal ini disebabkan oleh pintu air yang ditutup sebagian oleh Pemerintah Kota Surabaya yang bertujuan untuk mengatasi banjir di Kampung Sepat-Lidah Kulon, Kecamatan Lakarsantri sehingga terjadi genangan-genangan di jalan-jalan raya di sekitar aliran Kali Gunung

Sari yang dapat menghambat aktifitas warga yang berada di Citraland maupun di kampung/luar Citraland.

Padahal Kawasan Citraland adalah kawasan perumahan mewah yang seharusnya bebas banjir agar harga jual rumah semakin tinggi, dan terdapat kawasan Bukit Golf Internasional dengan lapangan golf berstandart internasional. Titik genangan terjadi seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Peta Genangan

Keterangan :

= Genangan terjadi dengan durasi 2-3 jam

### 2.3 Lokasi Waduk

PT Ciputra Surya, Tbk selaku pemilik lahan sudah membuat tampungan-tampungan air/waduk untuk menampung sementara air dari saluran drainase. Tetapi *boezem* tersebut masih belum berfungsi dengan baik sehingga masih terjadi banjir di kawasan Citraland Surabaya. Berikut ini adalah lokasi waduk yang telah dibangun oleh Citraland Surabaya yang terletak di dalam Kawasan Promenade.

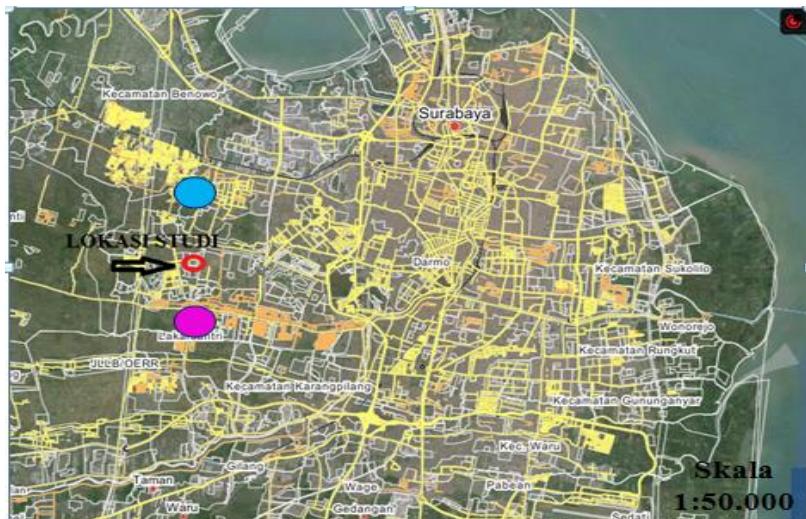
## 2.4 Tata Guna Lahan

Adapun data tata guna lahan yang berada di dalam daerah aliran sungai (*cacthment area*) Kali Kedurus, Kecamatan Lakarsantri, Kota Surabaya adalah sebagai berikut :

- Perumahan mewah
- Pemukiman padat penduduk
- Taman, Sawah dan Semak belukar
- Jalan paving dan aspal
- Lapangan Golf
- Fasilitas umum
- Pertokoan/ruko
- Perkantoran, Hotel dan Apartemen

## 2.5 Data Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum pada setiap stasiun penakar hujan yang terletak di sekitar lokasi studi. Di sekitar lokasi studi terdapat dua stasiun penakar hujan yaitu Stasiun Hujan Kebon Agung dan Stasiun Hujan Kandangan. Dalam perhitungan nantinya hanya dipakai data hujan selama 10 tahun. Adapun peta letak stasiun penakar hujan adalah pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Peta Letak Stasiun Penakar Hujan

Keterangan:



= Kawasan Promenade Citraland, Kota Surabaya



= Stasiun Hujan Kebon Agung



= Stasiun Hujan Kandangan

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB III**

### **METODE DAN LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Metode**

Didalam pelaksanaan Tugas Akhir Terapan dengan judul “**Rencana Pemanfaatan Waduk Promenade Untuk Air Baku Tanaman Dan Pengendalian Banjir Di Kawasan Waterfront Citraland, Kota Surabaya**” sebagai salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan sesuai fungsi yang optimal dari waduk tersebut dilakukan beberapa tahapan.

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan mulai dari awal hingga akhir yang berupa kesimpulan dan saran. Adapun langkah-langkah dalam proyek akhir terapan ini adalah:

##### **3.1.1 Survey Pendahuluan**

Penyusunan Tugas Akhir ini kami awali dengan survey pendahuluan di sekitar lokasi Waduk Promenade. Tujuan survey ini adalah untuk melihat secara langsung kondisi dan mengetahui masalah yang terjadi pada daerah studi.

##### **3.1.2 Studi Literatur**

Studi literatur adalah mempelajari berbagai literatur yang berkaitan dengan permasalahan-permasalahan yang ada. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang tepat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini memerlukan buku-buku referensi yang mendukung yang berkaitan tentang : Analisa hujan Rata-Rata, Analisa Hujan Rencana, Analisa Distribusi Hujan, Debit Rencana dan Analisa Hidrolik Bangunan Air.

##### **3.1.3 Pengumpulan Data**

Data-data berikut ini diperoleh dari Hasil Studi Lapangan, Studi Literatur, Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Provinsi Jawa timur. Data-data berikut ini

diperoleh dari Hasil Studi Lapangan, Studi Literatur, Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Provinsi Jawa timur. Data-data yang menunjang dapat digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini adalah:

**1. Peta Topografi**

Digunakan untuk mengetahui serta menganalisa antara lain: Keadaan Tanah, Kontur Tanah, Mengetahui luas DAS.

**2. Peta Lokasi**

Meliputi daerah stasiun hujan (catchment area), lokasi tugas.

**3. Data Daerah Genangan Waduk**

Daerah tempat terjadinya genangan setelah hujan, yang mengakibatkan terganggunya aktifitas masyarakat sehingga menimbulkan kerugian material.

**4. Data Curah Hujan**

Data Curah hujan harian maksimum pada stasiun.

**5. Data Kondisi Waduk Eksisting**

Meliputi potongan memanjang dan melintang kondisi eksisiting.

### **3.1.4 Analisa dan Perhitungan**

**• Perhitungan Analisa Hidrologi**

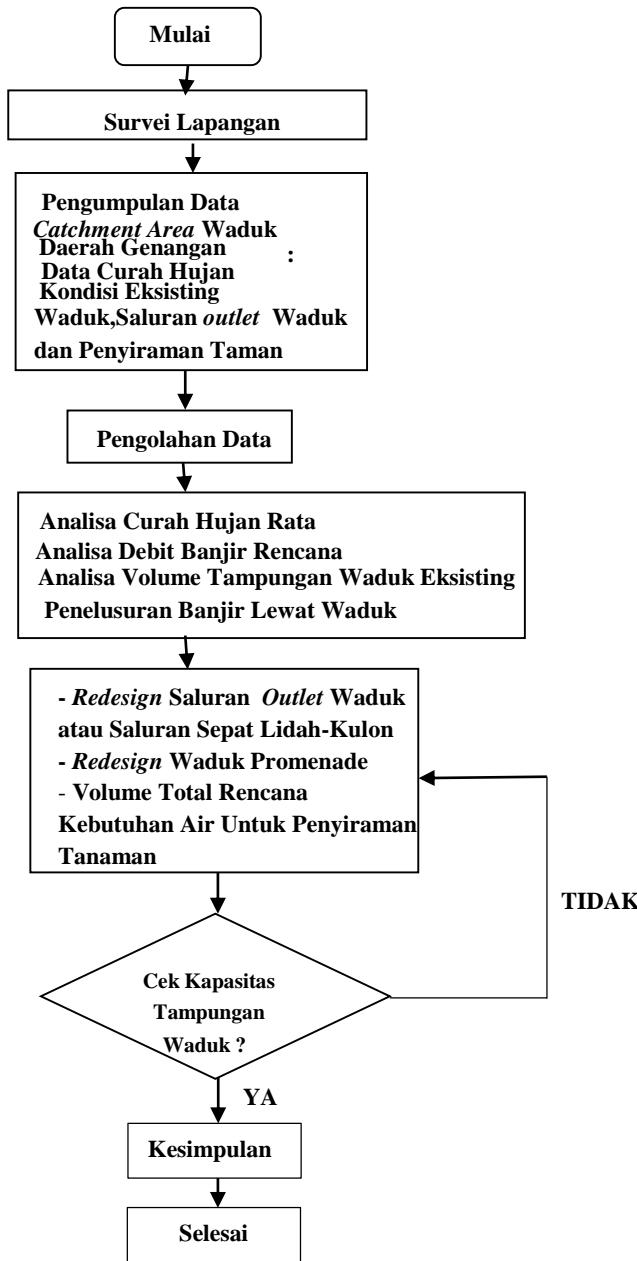
1. Analisa data curah hujan
2. Perhitungan curah hujan rata-rata
3. Perhitungan debit rencana
4. Perhitungan flood routing

**• Analisa Hidroliko**

1. Analisa kapasitas waduk eksisting
2. Perhitungan inflow/outflow

**• Solusi pemecahan atas permasalahan permasalahan yang ada.**

### 3.1.5 Diagram Alur Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Terapan



Gambar 3.1 Flow Chart Pemanfaatan Waduk Promenade

## 3.2 Landasan Teori

### 3.2.1 Analisa Hidrologi

#### 3.2.1.1 Menentukan Curah Hujan Areal

Jika di dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal.

Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada areal tertentu dari angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencatat.

##### 3.2.1.1.1 Cara Tinggi Rata-Rata

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (arithmatic mean) pengukur hujan di pos penakar-henakar hujan di dalam areal tersebut.

Jadi:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{1}^n \frac{d_1}{3}$$

Dengan:

$d$  = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n (mm)

$n$  = Banyaknya pos penakar

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos diseluruh areal.

#### 3.2.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar tahunan yang terjadi pada periode ulang tertentu yang dipakai sebagai perhitungan perencana debit banjir. Untuk perhitungan besarnya curah hujan maksimum rencana menggunakan beberapa metode antara lain:

### 3.2.2.1 Metode Distribusi Normal

1. Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Dimana :

$\bar{X}$  = nilai rata-rata (mm)

$X_i$  = nilai pengukuran dari suatu variant (mm)

n = jumlah data

2. Koefisien Kemencengangan ( $C_s$ )

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot S_d^3}$$

Dimana :

$C_s$  = koefisien kemencengangan

$S_d$  = standar deviasi dari sampel

$\bar{X}$  = rata-rata hitung dari sampel

$X_i$  = data ke-i

3. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2 \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)x(n-2) - (n-3)xS_d^4}$$

Dimana :

$C_k$  = koefisien kurtosis

$S_d$  = standar deviasi dari sampel

$\bar{X}$  = rata-rata hitung dari sampel

$X_i$  = data ke-i

N = jumlah data

### 3.2.2.2 Metode Distribusi Gumbel

Dalam perhitungan rumus yang dipakai untuk metode distribusi gumbel adalah:

$$X = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y - Y_n)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$Y = -\ln \left[ -\ln \frac{T-1}{T} \right]$$

Keterangan:

- $X$  = nilai variat yang diharapkan (mm)
- $\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung variat (mm)
- $S$  = standar deviasi
- $S_n$  = deviasi standar dari reduksi variat, nilainya tergantung dari jumlah data dan dapat dilihat pada tabel 2.3
- $Y$  = nilai reduksi variat yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu
- $Y_n$  = nilai rata-rata dari reduksi variat nilainya tergantung dari jumlah data dan dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Hubungan periode ulang ( $T$ ) dengan reduksi variat dari variabel ( $Y$ )

Peluang	Periode Ulang (th)	Y
0,10	1,11	-0,838
0,20	1,25	-0,476
0,25	1,33	-0,332
0,30	1,43	-0,184

(Sumber: Soewarno, 1995: 127)

Tabel 3.2 Hubungan periode ulang (T) dengan reduksi variat dari variabel (Y) (Lanjutan)

Peluang	Periode Ulang (th)	Y
0,40	1,67	0,091
0,50	2,00	0,369
0,60	2,50	0,672
0,70	3,33	1,030
0,75	4,00	1,246
0,80	5,00	1,500
0,90	10,00	2,250
0,95	20,00	2,970
0,98	50,00	3,902
0,99	100,00	4,600

(Sumber : Soewarno, 1995:127)

Tabel 3.3 Hubungan reduksi variat rata-rata ( $S_n$ ) dengan jumlah data (n)

$n$	$S_n$	$n$	$S_n$	$n$	$S_n$	$n$	$S_n$
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9933	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001

(Sumber: Soewarno, 1995: 129)

Tabel 3.4 Hubungan reduksi variat rata-rata ( $S_n$ ) dengan jumlah data (n) (Lanjutan)

<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,1961	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,2060
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

(Sumber : Soewarno, 1995:129)

Tabel 3.5 Deviasi standar dari reduksi variat ( $Y_n$ ) dengan jumlah data (n)

<b>n</b>	<b><math>Y_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>Y_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>Y_n</math></b>	<b>n</b>	<b><math>Y_n</math></b>
10	0,4592	33	0,5388	56	0,5508	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5569
12	0,5053	35	0,5402	58	0,5518	81	0,5570
13	0,5070	36	0,5410	59	0,5519	82	0,5572
14	0,5100	37	0,5418	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,5424	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,5430	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,5530	86	0,5580
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5533	87	0,5581
19	0,5220	42	0,5448	65	0,5535	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585

(Sumber: Soewarno, 1995: 130)

Tabel 3.6 Deviasi standar dari reduksi variat (Yn) dengan jumlah data (n)

<b>n</b>	<b>Yn</b>	<b>n</b>	<b>Yn</b>	<b>n</b>	<b>Yn</b>	<b>n</b>	<b>Yn</b>
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,5587
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5591
25	0,5309	48	0,5477	71	0,5550	94	0,5592
26	0,5320	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5555	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5353	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5371	54	0,5501	77	0,5563	100	0,5600
32	0,5380	55	0,5504	78	0,5565		

(Sumber : Soewarno, 1995:130)

### 3.2.2.3 Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

Distribusi log pearson tipe III banyak digunakan dalam analisa hidrologi terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi log pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi pearson tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik. Persamaan fungsi kerapatan peluangnya adalah :

$$P(X) = \frac{1}{(a)\tau(b)} \left| \frac{X - C}{a} \right|^{b-1} e^{-\left| \frac{X - C}{a} \right|}$$

Keterangan:

$P(X)$  = fungsi kerapatan peluang pearson tipe III

$X$  = variabel acak kontinyu

a,b,c = parameter

$\tau$  = fungsi gamma

Bentuk kumulatif dari distribusi log pearson tipe III dengan nilai variatnya X apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan model matematik persamaan garis lurus.

Persamaan garis lurusnya adalah:

$$Xtr = X - k S$$

Keterangan:

$Y$  = nilai logaritmik dari X

$X$  = nilai rata-rata dari X

$S$  = deviasi standar dari X

$k$  = karakteristik dari distribusi log pearson tipe III

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi log pearson tipe III adalah:

1. Tentukan logaritma dari semua nilai X
2. Hitung nilai rata-ratanya, dengan rumus

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X}{n}$$

3. Hitung nilai deviasi standarnya dari  $\log X$ :

$$S\log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

4. Hitung nilai koefisien kemencengangan

$$S = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S\log X)^3}$$

Sehingga persamaan diatas dapat dituliskan:

$$\log X = \overline{\log X} + k(S\log X)$$

5. Tentukan anti log dari  $\log X$ , untuk mendapatkan nilai yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai Cs nya.  
Nilai Cs dapat dilihat pada tabel 2.4

(Sumber : Soewarno, 1995:141-43)

Tabel 3.7 Nilai k Distribusi *Log-Pearson Tipe III*

		Interval kejadian, tahun (periode ulang)							
Koef. G	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100	
	Percentase peluang terlampaui								
	99	80	50	20	10	4	2	1	
3	-0.667	-0.636	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.46	1.21	2.275	3.114	3.973	
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889	
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8	
2.2	-0.905	-0.752	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705	
2	-0.99	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605	
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	
1.2	-1449	-0.844	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.97	3.149	
1	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.78	1.336	1.993	2.453	2.891	
0.6	-1880	-0.857	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	
0.2	-2.178	-0.85	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472	
0	-2.326	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326	

(Sumber : Suripin, 2004, : 43)

Tabel 3.8 Nilai k Distribusi *Log-Pearson Tipe III* (Lanjutan)

		Interval kejadian, tahun (periode ulang)							
Koef. G	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100	
	Percentase peluang terlampaui								
	99	80	50	20	10	4	2	1	
-0.2	-2.472	-0.83	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	
-0.6	-2.755	-0.8	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	
-0.8	-2.891	-0.78	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	
-1	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	
-1.2	-2.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	
-1.4	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318	
-1.6	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	
-2	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	
-2.2	-3.705	-0.574	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905	
-2.4	-3.8	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.83	0.832	
-2.6	-3.889	-0.49	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	
-3	-7.051	-0.42	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667	

(Sumber : Suripin, 2004, : 43)

### 3.2.3 Uji Distribusi Data

Untuk menentukan kecokohan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

Pengujian parameter yang akan disajikan dalam masalah ini saya menggunakan:

1. Chi-Kuadrat
2. Smirnov – Kolmogorov

#### 3.2.3.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data analisis.

Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $X^2$ , oleh karena itu disebut Chi-Kuadrat.

Parameter  $X^2$  dapat dihitung dengan rumus:

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Keterangan:

$X_h^2$	= parameter uji chi kuadrat
G	= jumlah sub kelompok (minimal 4 data pengamatan)
O <sub>i</sub>	= jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
E <sub>i</sub>	= jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Parameter  $X_h^2$  merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai  $X_h^2$  sama atau lebih besar dari pada nilai Chi-Kuadrat yang sebenarnya dapat dilihat pada tabel:

Prosedur uji Chi-Kuadrat adalah:

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G subgroup, tiap-tiap subgroup minimal 4 data pengamatan
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O<sub>i</sub> tiap-tiap subgroup;
4. Tiap-tiap sub-group hitung nilai :

$(O_i - E_i)^2$  dan  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

5. Jumlah seluruh G subgroup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai Chi-Kuadrat
6. Tentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  (nilai  $R=2$ ), untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai  $R=1$ , untuk distribusi poisson Interpretasi hasilnya adalah :
  1. Apabila peluang lebih besar dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima,
  2. Apabila peluang lebih kecil dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima,
  3. Apabila peluang lebih kecil dari (1-5)% maka tidak dapat diambil kesimpulan, dengan kata lain perlu tambahan data.

(Sumber : Soewarno 1995:196)

Tabel 3.9 Nilai Kritis Do Untuk Uji Chi-Kuadrat

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819

(Sumber: Soewarno 1995:196)

Tabel 3.10 Nilai Kritis Do Untuk Uji Chi-Kuadrat (Lanjutan)

dk	$\alpha$ danjat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,015	0,01	0,005
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,625	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,114	32,852	36,191	38,582
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

(Sumber: Soewarno 1995:196)

### 3.2.3.2 Uji Smirnov - Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan *non parametric*, karena pengujianya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut :

$$X_1 P(X_1)$$

$$X_2 P(X_2)$$

$$X_m P(X_m)$$

$$X_n P(X_n)$$

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)

$$X_1 P(X_1)$$

$$X_2 P(X_2)$$

3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

D maximum [ P(Xm) – P'(Xm)]

4. Berdasarkan tabel nilai kritis tentukan harga  
Do lihat tabel

Apabila D lebih kecil dari Do maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, dan sebaliknya.

Tabel 3.11 Wilayah Luas Dibawah Kurva Normal

<b>z</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.09</b>
<b>-3.4</b>	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
<b>-3.3</b>	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
<b>-3.2</b>	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
<b>-3.1</b>	0.001	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
<b>-3</b>	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.001	0.001
<b>-2.9</b>	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
<b>-2.8</b>	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.002	0.0019
<b>-2.7</b>	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.003	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
<b>-2.6</b>	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.004	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
<b>-2.5</b>	0.0062	0.006	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
<b>-2.4</b>	0.0082	0.008	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
<b>-2.3</b>	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
<b>-2.2</b>	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.011
<b>-2.1</b>	0.0179	0.0174	0.017	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.015	0.0146	0.0143
<b>-2</b>	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
<b>-1.9</b>	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.025	0.0244	0.0239	0.0233
<b>-1.8</b>	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
<b>-1.7</b>	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
<b>-1.6</b>	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
<b>-1.5</b>	0.0668	0.0655	0.0643	0.063	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559

(Sumber : Soewarno,1995 : 199)

Tabel 3.12 Nilai Kritis Do Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	A			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10 15	0,32 0,27	0,37 0,30	0,41 0,34	0,49 0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30 35	0,19 0,18	0,22 0,20	0,24 0,23	0,29 0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45 50	0,16 0,15	0,18 0,17	0,20 0,19	0,24 0,23
n > 50	1,07 / n <sup>0,5</sup>	1,22 / n <sup>0,5</sup>	1,36 / n <sup>0,5</sup>	1,63 / n <sup>0,5</sup>

(Sumber : Suripin, 2004, : 59)

### 3.2.4 Distribusi Curah Hujan Efektif

Hujan efektif adalah besarnya hujan total yang menghasilkan limpasan langsung, yang terdiri dari limpasan permukaan dan limpasan bawah.

$$R_{\text{eff}} = C \times R$$

Dimana:

R = curah hujan rencana (mm)

C = koefisien pengaliran

R<sub>eff</sub> = hujan efektif (mm)

### 3.2.4.1 Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-Jaman

Untuk memperkirakan besarnya aliran atau debit maksimum yang lebih mendekati kenyataan didasarkan pada curah hujan tiap jamnya didasarkan pada curah hujan terpusat selama 4 jam tiap harinya, karena hasil pengamatan di indonesia hujan terpusat tidak lebih dari 4 jam, maka dalam perhitungan ini diasumsikan hujan terpusat maksimum adalah 6 jam sehari. Dikarenakan tidak adanya pencatatan hujan jam-jaman di daerah studi, maka sebaran hujan jam-jaman dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe:

$$\bar{Rt} = \frac{R24}{T} * (T/t)^{\frac{2}{3}}$$

$$Rt = t * R\bar{t} - (t - 1)\bar{R}_{(t-1)}$$

Dimana:

$\bar{Rt}$  = rata-rata hujan sampai ke-t (mm)

R24 = curah hujan harian maksimum (mm/hari)

Rt = besarnya hujan pada jam ke-t (mm)

T = lamanya waktu hujan terpusat = 4 jam

t = waktu hujan (jam)

### 3.2.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

#### 3.2.5.1 Metode Satuan Hidrograf Nakayasu

Nakayasu dari jepang telah menyelidiki satuan hidrograf pada beberapa sungai di Jepang. Ia membuat rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penyelidikannya. Rumus tersebut kemudian dikembangkan dan banyak dipakai para ahli hidrologi dalam perencanaan tugas, khususnya untuk memperkirakan besarnya debit banjir.

Rumus umum yang dipakai dalam metode Nakayasu:

1. Debit Puncak Banjir

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})}$$

Dimana:

$Q_p$  = debit puncak banjir ( $m^3/detik$ )

$A$  = catchment area ( $km^2$ )

$C$  = koefisien pengaliran

$R_o$  = hujan satuan (mm)

$T_p$  = tenggang waktu dari awal hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0.3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)

2. Bagian lengkung naik (rising limb)

Bagian lengkung naik hidrograft satuan oleh Nakayasu diberi persamaan sebagai berikut:

$$Q_a = Q_p(t/T_p)^{2.4}$$

$Q_a$  = limpasan sebelum mencapai debit puncak ( $m^3/detik$ )

3. Bagian lengkung turun (decreasing limb)

$$Q_d > 0,3Q_p : Q_d = Q_p \cdot 0,3 \text{ pangkat } \frac{-T_p}{T_{0,3}}$$

$$0,3Q_p > \underset{n}{Q_d} > 0,3 Q_p : Q_d = Q_p \cdot 0,3 \text{ pangkat } \frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}$$

$$\text{pangkat } \frac{\frac{T_p}{2T_{0,3}} - 1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}$$

$$0,3^2 Q_p > Q_d : Q_p \cdot 0,3$$

#### 4. Tenggang waktu (Tp)

$$Tp = t_g + 0,8 T_r$$

Dengan ketentuan :

- Untuk  $L < 15$  km, maka  $T_g = 0,21 L^{0,7}$
- Untuk  $L > 15$  km, maka  $T_g = 0,4 + 0,058 L$

Keterangan :

$L$	= panjang alur sungai ( km )
$T_g$	= waktu konsentrasi (jam)
$T_g$	= $0,5 \cdot tg$ sampai $tg$ (jam)
$T_{0,3}$	= $\alpha \cdot tg$

Dimana :

- Untuk daerah pengaliran biasa  $\alpha = 2$
- Bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat  $\alpha = 1,5$
- Bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat  $\alpha = 3$

#### 3.2.6 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran ( $C$ ) sebenarnya merupakan perbandingan antara jumlah hujan yang jatuh dengan jumlah hujan yang melimpas dan tertangkap di titik yang ditinjau.

Koefisien pengaliran suatu daerah dipengaruhi oleh kondisi topografi tiap daerah antara lain:

- Kondisi hujan
- Luas dan bentuk daerah pengaliran
- Kemiringan daerah pengaliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- Kebersihan tanah
- Suhu udara, angin dan evaporasi
- Tata guna lahan

Untuk daerah pengaliran yang terdiri atas beberapa jenis tata guna lahan, maka nilai  $C$  diambil harga rata-ratanya sesuai dengan bobot luasannya dengan rumus:

$$Cr = \frac{C1.A1 + C2.A2 + \dots + Cn.An}{A1 + A2 + \dots + An}$$

Dimana:

$Cr$  = rata-rata koefisien pengaliran

$An$  = luas daerah pengaruh pos penakar hujan ( $\text{km}^2$ )

$Cn$  = koefisien aliran pada tata guna lahan yang berbeda

$A$  = luasan total DAS

Pada kenyataannya koefisien pengalirannya ( air larian ) biasanya lebih besar dari 0 kurang dari 1.

Adapun angka koefisien air larian untuk berbagai tata guna lahan pada tabel 3.13.

Tabel 3.13 Koefisien Nilai C

Kondisi Daerah Pengaliran	Koefisien Pengaliran
Daerah Pegunungan berlereng Terjal	0,75 - 0,90
Daerah Perbukitan	0,70 - 0,80
Tanah Bergelombang	0,50 - 0,75
	0,45 - 0,65
Tanah daratan yang ditanami	
Persawahan irigasi Tabel lanjutan	0,70 - 0,80
Kondisi Daerah Pengaliran	Koefisien Pengaliran
Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
Sungai kecil di daratan	0,45 - 0,75
Sungai besar yang setengah dari daerah pengalirannya terdiri dari daratan	0,50 - 0,75

(Sumber : Sosrodarsono, S. Kensaku, T. 2006 )

### 3.2.7 Analisa Volume Waduk

Fungsi utama waduk adalah untuk menampung air pada musim penghujan, sehingga dapat dimanfaatkan pada musim kemarau. Hal yang terpenting dari waduk adalah kapasitas waduk atau kapasitas tampungan yang meliputi:

1. Kapasitas efektif : volume tampungan dari embung yang dapat dimanfaatkan untuk melayani kebutuhan air yang ada
2. Kapasitas mati : volume tampungan untuk sedimen Kapasitas tampungan tersebut perlu diketahui sebab merupakan dasar untuk merencanakan bangunan-bangunan Spillway maupun intake pada bendungan.

#### 3.2.7.1 Analisa Penyedia Air

##### - Lengkung Kapasitas Waduk

Merupakan grafik yang menghubungkan luas daerah genangan dengan volume tampungan terhadap elevasinya. Berhubung fungsi utama waduk adalah untuk menyediakan tampungan, maka ciri fisik utama yang terpenting adalah kapasitas tampungan.

Secara sistematis volume tampungan waduk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Li = (h_{(i+1)} - h_i) \times 0,5 \times F_i + F_{(i+1)}$$

$$Lt = \sum_{i=1}^n Li$$

Dimana:

$Li$  = volume pada setiap elevasi ketinggian mulai  $h_i$  sampai  $h_{(i+1)}$  ( $m^3$ )

$F_i$  = luas genangan pada elevasi tinggi  $h_i$  ( $m^2$ )

$F_{(i+1)}$  = luas genangan pada elevasi tinggi  $h_{(i+1)}$  ( $m^3$ )

$Lt$  = volume total ( $m^3$ )

### 3.2.7.2 Koefisien Limpahan Pada *Spillway*

Angka koefisien ( $C_d$ ) pada bangunan pelimpah diperoleh dari pengujian hidrolik. Namun koefisien pelimpah *Spillway* biasanya berkisar antara angka-angka 2,0 s.d. 2,1 yang dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- 1). Kedalaman air di dalam saluran pengarah aliran.
- 2). Kemiringan lereng hulu *Spillway*.
- 3). Tinggi air di atas mercu.
- 4). Perbedaan antara tinggi air rencana pada saluran pengatur aliran yang bersangkutan.

Koefisien limpahan standar suatu bendung dapat diperoleh dari rumus Iwasaki, sebagai berikut:

$$C_d = 2,200 - 0,416 \left( \frac{H_d}{W} \right)^{0,9900}$$

Dimana:

$C_d$  = Koefisien limpahan pada saat  $h = H_d$

$H_d$  = Tinggi tekanan rencana di atas mercu *Spillway*

$W$  = Tinggi *Spillway*

(Sumber: Suyono Sosrodarsono, Kanseku Takeda, 2016)

### 3.2.8 Penelusuran Banjir Lewat Waduk (*Flood Routing*)

Tujuan adanya penelusuran banjir adalah untuk mengetahui daya tampung waduk terhadap banjir rencana yang terjadi.

Dasar perhitungannya adalah:

$$I - O = \frac{ds}{dt}$$

Dimana:

$I$  = debit yang masuk ( $m^3/detik$ )

$O$  = debit yang keluar ( $m^3/detik$ )

$ds/dt$  = perubahan tampungan ( $m^3/detik$ )

jika periode penelusurannya diubah dari  $dt$  menjadi  $\Delta t$ , maka:

$$ds = S_2 - S_1$$

$$I = (I_1 - I_2)/2$$

$$O = (O_1 - O_2)/2$$

Dimana:

$S_2$  = Storage pada akhir t ( $m^3$ )

$S_1$  = Storage pada permulaan t ( $m^3$ )

$I_1$  = Inflow pada permulaan t ( $m^3$ )

$I_2$  = Inflow pada akhir t ( $m^3$ )

$O_1$  = Outflow pada permulaan t ( $m^3/\text{detik}$ )

$O_2$  = Outflow pada akhir t ( $m^3/\text{detik}$ )

Sehingga dihasilkan rumus baru sebagai berikut:

$$S_2 - S_1 = \frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{O_1 + O_2}{2}$$

Persamaan diatas dapat ditulis sedemikian rupa, sehingga faktor-faktor yang diketahui ditempatkan di ruas kiri seperti berikut:

$$\frac{I_1 + I_2}{2} x \Delta t + \left[ S_1 - \frac{Q_1}{2} x \Delta t \right] = \left[ S_2 + \frac{Q_2}{2} x \Delta t \right] \text{ atau}$$

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \left[ \frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right] = \left[ \frac{S_2}{\Delta t} - \frac{Q_2}{2} \right]$$

Jika:

$$\left[ \frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right] = \psi_1$$

$$\left[ \frac{S_2}{\Delta t} - \frac{Q_2}{2} \right] = \varphi_2$$

Maka dapat ditulis lagi persamaan baru menjadi sebagai berikut:

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \psi_1 = \varphi_2$$

$I_1$  dan  $I_2$  diketahui dari hidrograf debit masuk ke waduk jika periode penelusuran  $\Delta t$  telah ditentukan.  $S_1$  merupakan tumpungan waduk pada permulaan periode penelusuran yang diukur dari datum fasilitas pengeluaran (puncak bangunan pelimpah).

### 3.2.9 Analisa Hidrolika Saluran *Outflow Waduk*

Analisa hidrolika diperlukan untuk memperkirakan dimensi dan tinggi muka air di saluran drainase atau sungai untuk memperkirakan besarnya normalisasi penampang saluran drainase atau sungai sesuai besarnya debit banjir rencana. Tujuan hidrolik dimaksudkan untuk melakukan evaluasi kapasitas tampungan saluran dengan debit banjir periode tertentu. Evaluasi lapangan adalah pengamatan langsung dilapangan yang bertujuan untuk melihat kondisi saluran secara langsung.

#### 3.2.9.1 Koefisien Kekasarahan Manning

Koefisien kekasaran manning menggambarkan kekasaran dasar saluran dan dinding saluran yang ditinjau.

Perhitungan dan pertimbangan koefisien kekasaran manning berpengaruh pada kecepatan aliran air pada saluran yang ditinjau.

Begitu juga keadaan pengganggu yang ada pada saluran yang, baik yang hidup maupun yang mati, seperti gangguan dari rumput, kerikil, batu dan bahkan lengkungan atau belokan.

Adapun besarnya Koefisien Kekasarahan Manning seperti tabel 3.14 dan tabel 3.15.

Tabel 3.14 Koefisien Kekasarahan Manning (n)

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, batu, seragam landai dan bersih	0,016 - 0,033
	Berkelok, landai dan berumput	0,023 - 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 - 0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 - 0,045
Psangan	Batu kosong	0,023 - 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 - 0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 - 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 - 0,030

(Sumber: *Open Channel Hydraulic* oleh Ven Te Chow)

Tabel 3.15 Koefisien Kekasarahan Manning (n) (Lanjutan)

No	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Min	Normal	Max
1	Beton			
	Gorong-Gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	Gorong-gorong dengan lengkungan dan ada kotoran	0,011	0,013	0,014
	Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah lurus dan seragam			
	Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	Berumput pendek, sedikit tanaman	0,022	0,027	0,033
3	Saluran alam			
	Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,08
	Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0,025	0,030	0,035
	Saluran di belukar	0,035	0,050	0,07

(Sumber: *Open Channel Hydraulic* oleh Ven Te Chow)

### 3.2.9.2 Perhitungan *Fullbank Capacity*

*Fullbank capacity* merupakan debit maksimum yang dapat dialirkan oleh peanampang saluran eksisting. Besarnya debit hasil perhitungan *fullbank capacity* di bandingkan dengan besarnya debit rencana. Apabila debit *fullbank capacity* lebih kecil dari debit banjir rencana maka saluran eksisting tidak mampu menampung debit rencana sehingga air akan meluber.

Rumus kecepatan rata-rata yang digunakan pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan Rumus Manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sederhana.

Perhitungan debit *fullbank capacity* dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ R &= \frac{A}{P} \\ Q &= A \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times I^{1/2} \end{aligned}$$

Dimana:

- A = Luas basah penampang saluran ( $m^2$ )
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- I = Kemiringan dasar saluran
- n = Koefisien kekasaran manning
- Q = Debit Aliran ( $m^3/dt$ )
- V = Kecepatana aliran (m/dt)
- A = Luas basah penampang saluran ( $m^2$ )
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- P = Keliling basah penampang saluran (m)
- I = Kemiringan dasar saluran
- n = Koefisien kekasaran manning

### **3.2.9.3 Perbandingan Debit Banjir Rencana dan Debit *Full Bank Capacity***

Perbandingan antara debit banjir rencana dan debit *full bank capacity* dilakukan untuk mengetahui apakah saluran eksisting yang ada mampu mengalirkan debit banjir yang direncanakan. Jika saluran mampu mengalirkan debit banjir yang direncanakan maka air tidak akan meluber dan tidak perlu dilakukan perencanaan ulang. Jika saluran tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana maka air akan meluber dan terjadi banjir.

Saluran tidak membutuhkan perencanaan ulang, apabila:

$$Q_{\text{rencana}} < Q_{\text{full bank}}$$

Saluran membutuhkan perencanaan ulang, apabila:  
 $Q_{\text{rencana}} > Q_{\text{full bank}}$

### 3.2.9.4 Perencanaan Dimensi Saluran

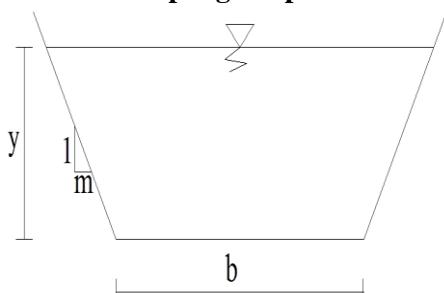
Dalam perencanaan dimensi saluran sangat diperlukan bentuk penampang saluran yang sangat ekonomis, termasuk dari segi biaya dan juga dimensi saluran itu sendiri, dikarenakan untuk menghemat biaya dan lahan yang sangat terbatas terutama di daerah kota besar.

Potongan melintang yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran dan kemiringan dasar saluran tertentu.

Berdasarkan hukum kontinuitas, tampak jelas bahwa untuk luas penampang melintang tetap, dipakai rumus Manning maupun Chezy, dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dan kekasaran tetap, kecepatan maksimum dicapai jika jari-jari hidroliknya maksimum. Jika keliling basah ( $P$ ) minimum, kondisi yang telah kita pahami penampang melintang saluran yang paling ekonomis untuk berbagai macam bentuk saluran yang ditinjau.

*Sumber: Suripin, 2004:146*

#### 3.2.9.4.1 Penampang Trapezium Ekonomis



Gambar 3.2 Penampang Trapezium Ekonomis

Saluran berpenampang trapesium dimensinya direncanakan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} A &= (b+mh)h \\ P &= b+2h\sqrt{1+m^2} \\ R &= \frac{A}{P} \\ T &= b+2mh \\ D &= \frac{(b+mh)h}{b+2mh} \end{aligned}$$

Dimana:

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

P = Keliling basah saluran (m)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

T = Lebat puncak (m)

D = Kedalaman Hidrolis (m)

b = Lebar dasar saluran (m)

m = Kemiringan Talud

h = Tinggi muka air saluran (m)

Untuk saluran dari beton kecepatan minimum 2 m/detik dan kecepatan maksimum 4 m/detik. Pada tabel 3.16 Fortier dan Scoby memberikan batasan kecepatan menurut jenis material saluran pada saluran lurus dan terbuka.

Tabel 3.16 Kecepatan Maksimum Diizinkan pada Saluran Terbuka

Material Saluran	Kecepatan Maksimum		
	Air Bersih	Air Mengandung Silt	Air dengan Pasir Kerikil
Find Sand (Non-colloidal)	1,5	2,50	1,50
Sandy loam (non-colloidal)	1,75	2,50	2,00
Silt loam (non-colloidal)	2,00	3,00	2,00
Alluvial silt (non-colloidal)	2,00	3,50	2,00

(Sumber: ASCE & Water Pollution Control Federation)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PERHITUNGAN**

#### **4.1 Analisa Curah Hujan**

Data hujan yang diperoleh merupakan data dari stasiun hujan yang terjadi pada daerah tinjauan untuk perhitungan hidrologi. Ada tiga metode yang sering digunakan untuk mengolah data hujan tersebut adalah Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen dan Isohyet.

Ketiga cara diatas memiliki ketentuan yang berbeda untuk digunakan pada suatu daerah tangkapan air.

Berikut adalah ketentuan-ketentuan yang dapat digunakan untuk menentukan cara mana yang paling sesuai terhadap daerah tangkapan air tersebut.

Tabel 4.1 Cara yang Digunakan Terhadap Daerah Tangkapan Air

Parameter	Kondisi	Cara Yang Dapat Digunakan
Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Aljabar, Poligon Thiessen, Isohyet
	Terbatas	Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen
Luas DAS	>5000 km <sup>2</sup> (Besar)	Isohyet
	501-5000km <sup>2</sup> (Sedang)	Poligon Thiessen
	<500 km <sup>2</sup> (Kecil)	Rata-rata Aljabar
Kondisi Topografi	Pegunungan	Poligon Thiessen
	Dataran	Rata-rata Aljabar
	Berbukit dan tidak beraturan	Isohyet dan Poligon Thiessen

(Sumber: Suripin, 2004:31-32)

#### 4.1.1 Curah Hujan Rata-rata Wilayah

Ada dua stasiun hujan yang berpengaruh pada *catchment area* atau daerah aliran sungai (DAS) pada studi ini, yaitu Stasiun Hujan Kebon Agung dan Stasiun Hujan Kandangan. Data curah hujan yang dijadikan *sampling* adalah selama 15 tahun dari tahun 2002 sampai pada tahun 2016.

Tabel 4.2. Curah Hujan Rata-rata Aritmatika Mean

Tahun	Stasiun		CH Rata-rata Wilayah
	Kandangan	Kebon Agung	
2002	105	105	105
2003	117	48	83
2004	90	92	91
2005	90	105	98
2006	130	98	114
2007	97	100	99
2008	120	81	101
2009	78	78	78
2010	127	109	118
2011	79	97	88
2012	82	114	98
2013	65	95	80
2014	81	89	85
2015	63	68	66
2016	76	83	80

(Sumber: UPT PSAWS. Buntung Paketinan Surabaya)

Tabel 4.3 Perhitungan Parameter Statistik

No	$X_i$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	118	25.73	662.20	17040.73	438514.73
2	114	21.73	472.34	10265.47	223102.98
3	105	12.73	162.14	2064.55	26288.66
4	101	8.73	76.27	666.10	5817.28
5	99	6.73	45.34	305.27	2055.51
6	98	5.73	32.87	188.46	1080.51
7	98	5.73	32.87	188.46	1080.51
8	91	-1.27	1.60	-2.03	2.57
9	88	-4.27	18.20	-77.67	331.40
10	85	-7.27	52.80	-383.71	2788.31
11	83	-9.27	85.87	-795.74	7373.85
12	80	-12.27	150.47	-1845.78	22641.56
13	80	-12.27	150.47	-1845.78	22641.56
14	78	-14.27	203.54	-2903.81	41427.63
15	66	-26.27	689.94	-18122.37	476014.14
Jumlah	1384.00	0.00	2836.93	4742.17	1271161.19
Rata-rata	92.27	0.00	189.13	316.14	84744.08
Stdev	14.24				
Cs	0.14				
Ck	3.19				

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Standar Deviasi :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = S = \sqrt{\frac{2836,93}{15-1}} = 14,24$$

Keterangan:

$S$  = Standart deviasi

$\bar{X}$  = Nilai curah hujan rata – rata (mm)

$X_i$  = Data curah hujan (mm)

$n$  = Jumlah data

- Koefisien Kemencengangan :

$$Cs = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = Cs = \frac{15 \cdot (4742,17)}{(14)(13)(14,24^3)} = 0,14$$

Keterangan:

$Cs$  = Koefisien skewness

$Sd$  = Standart deviasi

$\bar{X}$  = Nilai curah hujan rata – rata (mm)

$X_i$  = Data curah hujan (mm)

$n$  = Jumlah data

- Koefisien Ketajaman/Kurtosis :

$$Ck = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = Ck = \frac{15^2 (1271161,19)}{(14)(13)(12)(14,24^4)} = 3,19$$

Keterangan:

$Ck$  = Koefisien kurtosis

$Sd$  = Standart deviasi

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata curah hujan (mm)

$X_i$  = Data curah hujan (mm)

- Syarat Analisa Frekuensi

Adapun sifat – sifat khas parameter statistik dari masing-masing distribusi teoritis dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Parameter Nilai Distribusi Frekuensi

Distribusi	Parameter Statistik	Hasil		Status
Normal	$Cs = 0$	$CS =$	0.14	NO
	$Ck = 3$	$CK =$	3.19	
Gumbel	$Cs = 1.14$	$CS =$	0.15	NO
	$Ck = 5.4$	$CK =$	2.74	
Log Pearson III	$Cs = \text{Fleksibel}$	$CS =$	-0.22	OK
	$Ck = \text{Fleksibel}$	$CK =$	3.41	

(Sumber: Triadmojo, 2008)

Berdasarkan tabel 4.4 diketahui nilai Cs, Ck yang sesuai parameter distribusi adalah *Log Pearson Type III*.

## 4.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Tujuan dilakukannya perhitungan ini adalah untuk mendapatkan curah hujan rencana pada setiap periode ulang yang diinginkan. Ada beberapa bentuk perhitungan curah hujan rencana yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi, seperti Distribusi Normal, Gumbel dan Log Person Tipe III.

### 4.2.1 Metode Distribusi Log Person Tipe III

Setelah didapat data hujan harian maksimum maka hujan rencana dengan periode ulang tertentu dapat diestimasi dengan Metode Log Person Tipe III. Dalam analisa hujan rencana yang diambil adalah hujan rencana dengan periode ulang 1,1, 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun.

Estimasi hujan rencana dengan metode Log Person Tipe III dengan kala ulang yang dikehendaki mengikuti persamaan;

$$\begin{aligned} \bullet \quad \text{Log } X_{tr} &= \overline{\text{Log } X} + K \cdot S & \bullet \quad \overline{\text{Log } X} &= \frac{\sum \text{Log } X}{n} \\ \bullet \quad S &= \sqrt{\frac{\sum (X_i - \overline{X})^2}{n-1}} & \bullet \quad C_s &= \frac{n \times \sum (\text{log } X - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} \end{aligned}$$

Dimana:

$\overline{X}_{tr}$  = Curah hujan pada periode ulang tertentu

S = Standart deviasi data hujan

K = Harga dari tabel

Cs = Koefisien Skewness

n = Jumlah data

$\overline{X}$  = Curah hujan rata-rata

Tabel 4.5 Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Log Person III

No	$X_i$	$\log X_i$	$\log X_i - \log \bar{X}$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$	$(\log X_i - \log \bar{X})^3$	$(\log X_i - \log \bar{X})^4$
1	118	2.07	0.11	0.012	0.00139	0.000156
2	114	2.06	0.10	0.009	0.00091	0.000088
3	105	2.02	0.06	0.004	0.00023	0.000014
4	101	2.00	0.04	0.002	0.00009	0.000004
5	99	2.00	0.04	0.001	0.00004	0.000002
6	98	1.99	0.03	0.001	0.00003	0.000001
7	98	1.99	0.03	0.001	0.00003	0.000001
8	91	1.96	0.00	0.000	0.00000	0.000000
9	88	1.94	-0.02	0.000	0.00000	0.000000
10	85	1.93	-0.03	0.001	-0.00003	0.000001
11	83	1.92	-0.04	0.002	-0.00007	0.000003
12	80	1.90	-0.06	0.003	-0.00019	0.000011
13	80	1.90	-0.06	0.003	-0.00019	0.000011
14	78	1.89	-0.07	0.005	-0.00032	0.000021
15	66	1.82	-0.14	0.020	-0.00278	0.000391
Jumlah	1384.00	29.40222	0.00000	0.06450	-0.00085	0.00070
Rata-rata	92.27	1.96015	0.00000	0.00430	-0.00006	0.0000468

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.2.1.1 Perhitungan Parameter Dasar Statistik

- Perhitungan Standart Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0645}{15-1}} = 0,0679$$

- Perhitungan Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \times \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3$$

$$Cs = \frac{15}{(15-1)(15-2) \cdot 0,09^3} \times -0,0679^3 = -0,22$$

- Perhitungan Koefisian Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \times \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^4$$

$$Ck = \frac{15^2}{(15-1)(15-2)(15-3) \cdot 0.0679^4} \times 0,00070$$

$$Ck = 3,41$$

#### 4.2.2.2 Perhitungan Periode Ulang Curah Hujan Rencana Log Person Tipe III

$$\log X = \log X_i - k \cdot S \log X$$

(Nilai k ditetapkan berdasarkan nilai Cs = 0,22)

Keterangan:

$\log X$  = nilai logaritmik dari X

$\log X_i$  = nilai rata-rata dari X

$S \log X$  = deviasi standar dari X

k = karakteristik/data dari tabel *Reduced Variable Gauss*

Dengan Koefisien Skewness Cs = - 0,2 maka harga k dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.6 Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III

Periode Ulang (T)	K
2	0,033
5	0,850
10	1,258
25	1,680
50	1,945
100	2,178

(Sumber: Triatmodjo 2008:232)

Selanjutnya Perhitungan Curah hujan rencana dengan periode ulang (T), sebagai berikut:

- Periode ulang 5 tahun

$$\log X = \log \bar{X}_i + k \cdot S \log X$$

$$\log X = 1,960 + (0,850 \cdot 0,0679)$$

$$\log X = 2,018$$

$$X = 104,195 \text{ mm}$$

- Periode ulang 10 tahun

$$\log X = \log \bar{X}_i + k \cdot S \log X$$

$$\log X = 1,960 + (1,258 \cdot 0,0679)$$

$$\log X = 2,046$$

$$X = 111,055 \text{ mm}$$

Adapun hasil Perhitungan curah hujan rencana menggunakan distribusi *Log-Person Type III* selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Curah Hujan Tencana Distribusi Log Pearson Tipe III

T	K	$\log X_i$	$X_t$
2	0.033	1.962	91,704
5	0.850	2,018	104.195
10	1,258	2,046	111,005

(Sumber: Hasil Perhitungan)

### 4.3 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

Pengujian parameter yang dilakukan adalah, pengujian:

- a. Chi-Kuadrat
- b. Smirnov Kolmogorov

#### 4.3.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang telah di analisis.

Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $\chi^2$ . Oleh karena itu disebut Uji Chi-Kuadrat.

Parameter  $\chi^2$  dapat dihitung dengan rumus:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Sumber: Soewarno, 1995

Dengan:

$$G = 1 + 3.3 \log n$$

$$dk = G - R - 1$$

$$E_i = n/G$$

$$X_i = X + k \cdot s$$

Keterangan:

$\chi^2$  = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O<sub>i</sub> = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E<sub>i</sub> = Jumlah teoritis sub kelompok ke-i

dk = Derajat kebebasan

P = Peluang

n = Jumlah data

S = Standar deviasi

k = Faktor frekuensi kejadian

Dari nilai distribusi *Log Pearson Tipe III*, maka akan diuji dengan uji kecocokan Chi-Kuadrat:

- Banyak data ( $n$ ) = 15
- Sub kelompok =  $1+1,332 \log (n)$ 

$$= 1+1,332 \log (15)$$

$$= 4,907 \approx 5$$
- Derajat kebebasan (DK) = G-R-1
 
$$Dk = 5 - 2 - 1 = 2$$

- Chi-Kuadrat Untuk Distribusi Log Type Person III

- Pembagian sub kelompok, dengan batasan:

Untuk  $P = 80\%$

$$\begin{aligned} X &= \text{Log } \bar{X}_i + (k \cdot S \text{Log } X) \\ X &= 1,96 \text{ mm} + (-0,84 \times 0,0679) \\ X &= 1,903 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk  $P = 60\%$

$$\begin{aligned} X &= \text{Log } \bar{X}_i + (k \cdot S \text{Log } X) \\ X &= 1,96 \text{ mm} + (-0,26 \times 0,0679) \\ X &= 1,942 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk  $P = 40\%$

$$\begin{aligned} X &= \text{Log } \bar{X}_i + (k \cdot S \text{Log } X) \\ X &= 1,96 \text{ mm} + (0,25 \times 0,0679) \\ X &= 1,977 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk  $P = 20\%$

$$\begin{aligned} X &= \text{Log } \bar{X}_i + (k \cdot S \text{Log } X) \\ X &= 1,96 \text{ mm} + (0,84 \times 0,0679) \\ X &= 2,017 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Besarnya peluang untuk tiap sub – Group adalah :

$$\text{Sub Group 1} \quad P \leq 1,903$$

$$\text{Sub Group 2} \quad P \leq 1,942$$

$$\text{Sub Group 3} \quad P \leq 1,977$$

$$\text{Sub Group 4} \quad P \leq 2,017$$

$$\text{Sub Group 5} \quad P > 2,017$$

- Standart Deviasi:

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X - \bar{\log X})^2}{n - 1}}$$

$$S \log X = \sqrt{\frac{0,0645}{14}}$$

$$S \log X = 0,0679$$

Keterangan:

$\log \bar{X}$  = Nilai logaritma curah hujan rata-rata (mm)

$S \log \bar{X}$  = Nilai deviasi standar dari  $\log X$

$K$  = Koefisien dari nilai tabel *Reduced Variabel*

Gaus tabel 4.7

Tabel 4.8 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Peluang	K
0.2	0.84
0.4	0.25
0.6	-0.25
0.8	-0.84

(Sumber: Soewarno 1995:119)

### 4.3.2 Perhitungan Chi Kuadrat untuk Metode Log Person III

Dari perhitungan diatas, batas sub kelompok dapat dilihat pada tabel 4.9 batas kelompok *chi kuadrat*.

Tabel 4.9 Tabel Batas Kelompok Chi Kuadrat

NO	Nilai Batas		Oi	Ei	$(O_i - E_i)^2$	$\chi^2$
1	X	$\leq 1,903$	4	3	1.000	0.33
2	$\leq 1,903$	X	$\leq 1,942$	3	3	0.000
3	$\leq 1,942$	X	$\leq 1,977$	1	3	4.000
4	$\leq 1,977$	X	$\leq 2,017$	3	3	0.000
5	X	$\geq 2,017$	4	3	1.000	0.33
		jumlah	15	15		1.67

(Sumber: Hasil perhitungan)

Keterangan:

Chi-Kuadrat Hitungan	= 1,67
Derajat Kebebasan (DK)	= 2
Derajat Signifikan Alpha	= 5%
Tingkat Kepercayaan	= 95%
Chi-Kuadrat Kritis	= 5,991
Chi-Kuadrat Hitungan	= 1,67 < Chi-Kuadrat Kritis 5,991

**Maka, hipotesa diterima.**

### 4.3.3 Uji Smirnov Kolmogorov

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui simpangan horizontal terbesar antara data perhitungan dengan data teoritis. Uji kecocoksn Smirnov Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan nonparametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan uji distribusi tertentu.

Prosedurnya perhitungannya sebagai berikut:

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan peluang dari masing-masing data.
2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusi).
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dan teoritis ( $D$ )
4. Berdasarkan tabel 3.7 nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test), tentukan harga  $D_o$ .
5. Apabila  $D < D_o$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

Dan apabila  $D > D_o$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 4.10 Nilai Kritis  $D_o$  untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	Derasat kepercayaan, $\alpha$			
	<b>0.20</b>	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24

(Sumber: Suripin 2003:59)

- Uji Smirnov Distribusi *Log Pearson type III*

$$n = 15$$

$$Sd \log X = 0,10$$

$$\log \bar{X} = 1,96$$

Dengan:

$$\begin{aligned}
 P(X) &= \frac{m}{n + 1} \\
 P(X<) &= X - P(X) \\
 f(t) &= \frac{(LogX - Log\bar{x})}{s} \\
 P'(X) &= f(t)
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- n = Jumlah Data Hujan
- $S Log X$  = Standart Deviasi
- $\log \bar{X}$  = Nilai logaritma curah hujan rata- (mm)
- $\log X$  = Nilai logaritma Curah hujan (mm)
- $P'(X)$  = Peluang dari k (dapat dilihat pada tabel wilayah luas di bawah kurva normal)
- m = Nilai Peringkat

Selanjutnya untuk menghitung Dmax dapat dihitung menggunakan tabel seperti pada tabel 4.12.

Tabel 4.11 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

No	Log Xi	P(X)	P(x<)	f(t)	P'(R)	P'(R<)	D
							*7
1	2.07	0.06	0.94	1.65	0.050	0.951	0.013
2	2.06	0.13	0.88	1.43	0.076	0.924	0.049
3	2.02	0.19	0.81	0.90	0.184	0.816	0.003
4	2.00	0.25	0.75	0.65	0.258	0.742	-0.008
5	2.00	0.31	0.69	0.52	0.302	0.699	0.011
6	1.99	0.38	0.63	0.46	0.323	0.677	0.052
7	1.99	0.44	0.56	0.46	0.323	0.677	0.115

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.12 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov (Lanjutan)

No	Log Xi	P(X)	P(x<)	f(t)	P'(R)	P'(R<)	D
8	1.96	0.50	0.50	-0.02	0.508	0.492	-0.008
9	1.94	0.56	0.44	-0.23	0.591	0.409	-0.029
10	1.93	0.63	0.38	-0.45	0.674	0.326	-0.049
11	1.92	0.69	0.31	-0.61	0.729	0.271	-0.042
12	1.90	0.75	0.25	-0.84	0.797	0.203	-0.047
13	1.90	0.81	0.19	-0.84	0.797	0.203	0.016
14	1.89	0.88	0.13	-1.00	0.841	0.159	0.034
15	1.82	0.94	0.06	-2.07	0.981	0.019	-0.043
Jumlah	29.40					Dmax =	0.115

(Sumber : Hasil Perhitungan)

- Cara Perhitungan :
  1. Kolom 1 (m) urutan nilai log CH dari yang terbesar sampai terkecil.
  2. Kolom 2 (Log Xi) didapat dari perhitungan *Log Pearson type III*
  3. Kolom 3 (Px) didapat dari perhitungan  $(m)/(n+1)$
  4. Kolom 4 ( $P_x <$ ) didapat dari perhitungan  $1-(P_x)$
  5. Kolom 5 (Ft) didapat dari perhitungan  $(CH-\bar{X})/\text{Standart Deviasi}$
  6. Kolom 6 ( $P'x$ ) didapat dari perhitungan  $1-(\text{tabel wilayah luas di bawah kurva normal})$
  7. Kolom 7 ( $P'x <$ ) didapat dari perhitungan  $1- P'x$
  8. Kolom 8 (D) didapat dari perhitungan  $(P'x) - (P'x <)$
- Dari perhitungan nilai D pada tabel 4.12 nilai  $D_{\text{max}} = 0,115$ . Berdasarkan tabel 4.9, nilai kritis untuk  $n = 15$ , dengan  $\alpha = 5 \%$ , didapat  $D_0 = 0,34$ .
- Karena nilai  $D_{\text{max}}$  lebih kecil dari nilai  $D_0 (0,34 > 0,115)$ . Maka persamaan *distribusi Log-Person III* yang diperoleh dapat diterima.

#### 4.3.4 Pemilihan Curah Hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan tahunan terbesar dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Dari hasil uji distribusi yang digunakan, maka untuk menghitung curah hujan rencana akan menggunakan metode *Log-Pearson Type III*.

Kemudian hasil perhitungan metode *Log Pearson type III* akan disajikan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 4.14.

Tabel 4.13 Curah Hujan Rencana Log Person Tipe III

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Maksimum
2	98,28
5	117,08
10	127,78

(Sumber : Hasil Perhitungan)

#### 4.4 Distribusi Curah Hujan Jam-jaman

##### 4.4.1 Perhitungan Rata-rata Curah Hujan Pada Jam Ke-t

Dalam analisa ini data pengamatan sebaran hujan jam-jaman perhitungannya menggunakan rumus *mononobe*, sebagai berikut:

$$Rt = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

Dimana :

Rt = Rata-rata hujan sampai jam ke-t (mm/jam)

R<sub>24</sub> = Curah hujan effektif dalam 1 hari = 1 mm

T = Waktu hujan (jam)

t = Lamanya hujan (jam)

Perhitungan Distribusi Hujan :

$$R1 = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3} = \frac{1}{4} \times \left(\frac{4}{1}\right)^{2/3} = 0,63$$

$$R2 = \frac{R_{24}}{T} \times \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3} = \frac{1}{4} \times \left(\frac{4}{2}\right)^{2/3} = 0,397$$

$$R3 = \frac{R24}{T} \times \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3} = \frac{1}{4} \times \left(\frac{4}{3}\right)^{2/3} = 0,303$$

$$R4 = \frac{R24}{T} \times \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3} = \frac{1}{4} \times \left(\frac{4}{4}\right)^{2/3} = 0,25$$

#### 4.4.2 Perhitungan Rasio Tinggi Hujan Pada Jam Ke-t

Rumus yang digunakan:  $R't = t * R_t - (t-1) * R_{(t-1)}$

Dimana:

$R't$  = Tinggi hujan rata-rata sampai jam ke-t (mm)

$R(t-1)$  = Rata-rata hujan sampai jam ke-t

Hasil distribusi curah hujan:

$$R_1 = 1R_1 = 0,630$$

$$R_2 = 2R_2 - 1R_1 = (2 \times 0,397) - (1 \times 0,5848) = 0,164$$

$$R_3 = 3R_3 - 2R_2 = (3 \times 0,303) - (2 \times 0,397) = 0,115$$

$$R_4 = 4R_4 - 3R_3 = (4 \times 0,9283) - (3 \times 0,8434) = 0,091$$

$$\text{Rasio tinggi hujan ke-t total} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 1,0$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \text{Rasio tinggi hujan ke-t (1)} \times \text{CH Q10 tahun} \\ &= 0,630 \times 127,78 \\ &= 69,963 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_2 &= \text{Rasio tinggi hujan ke-t (2)} \times \text{CH Q10 tahun} \\ &= 0,164 \times 127,78 \\ &= 18,184 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_3 &= \text{Rasio tinggi hujan ke-t (3)} \times \text{CH Q10 tahun} \\ &= 0,115 \times 127,78 \\ &= 12,755 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_4 &= \text{Rasio tinggi hujan ke-t (4)} \times \text{CH Q10 tahun} \\ &= 0,091 \times 127,78 \\ &= 10,155 \end{aligned}$$

## 4.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana 10 Tahun

### 4.5.1 Perhitungan Unit Hidograf Satuan Nakayasu untuk Saluran Ke-1

Perhitungan Unit Hidograf:

$$\text{Luas DAS (A)} = 0,15 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Saluran (L)} = 1 \text{ Km}$$

$$\text{Koefisien } (\alpha) = 2$$

$$\text{Tinggi Hujan Satuan (R}_0\text{)} = 1 \text{ mm}$$

$$\text{Koefisien Pengaliran (C)} = 0,6$$

$$\text{Satuan Waktu Hujan (tr)} = 1 \text{ Jam}$$

Waktu Mencapai Puncak (Tg)

$$(L < 15 \text{ km}) = 0,21 \times L^{0,7}$$

$$= 0,21 \times 1^{0,7}$$

$$= 0,21 \text{ Jam}$$

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= Tg \times \alpha \\ &= 0,21 \times 2 = 0,42 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$Tr = 1 \times Tg = 0,21$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu konsentrasi banjir (Tp)} &= Tg + 0,8 (Tr) \\ &= 0,21 + 0,8 (1 \times 0,21) \\ &= 0,378 \end{aligned}$$

$$\text{Debit Puncak (Qp)} = \frac{C \cdot A \cdot R_0}{3,6 (0,3 Tp + T_{0,3})} = 0,0469$$

#### a. Untuk Lengkung Naik ( $Qt = Tp$ )

$$Qt = 0,378$$

#### b. Untuk Lengkung Turun I ( $Qt 1 = Tp + T 0,3$ )

$$\begin{aligned} Qt 1 &= (0,378 + 0,42) \\ &= 0,798 \end{aligned}$$

#### c. Untuk Lengkung Turun II ( $Qt 2 = 1,5 \times T 0,3 + Qt 1$ )

$$Qt 2 = (1,5 \times 0,42) + 0,798 = 1,428$$

- Contoh Perhitungan

1. Unit hidrograf untuk kurva naik ( $0 \leq t \leq T_p$ ), maka ( $0 \leq t \leq 0,378$ )

$$Qt = Qp \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,40}$$

$$= 0,047 \left( \frac{0,200}{0,378} \right)^{2,40} = 0,010$$

2. Unit hidrograf untuk kurva turun 1 ( $T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$ ), maka ( $0,378 \leq t \leq 0,798$ )

$$Qt = Qp \times 0,30^{\left( \frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)}$$

$$= 0,47 \times 0,30^{\frac{0,40-0,378}{0,42}} = 0,044$$

3. Unit hidrograf untuk kurva turun 2 ( $T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ ), maka ( $0,798 \leq t \leq 1,428$ )

$$Qt = Qp \times 0,30^{\left( \frac{t-T_p+0,50T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right)}$$

$$= 0,47 \times 0,30^{\frac{0,8-0,378+0,50 \cdot 0,42}{1,5 \cdot 0,42}} = 0,014$$

4. Unit hidrograf untuk kurva turun 3 ( $t \geq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ ), maka ( $t \geq 1,428$ )

$$Qt = Qp \times 0,3^{\left( \frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right)}$$

$$= 0,47 \times 0,3^{\frac{1,6-0,378+1,5 \cdot 0,42}{2 \cdot 0,42}} = 0,003$$

Kemudian di tabelkan pada tabel 4.14, beserta perhitungan  $Q_{total}$  tiap  $T$ -nya.

Tabel 4.14 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 1

t (Jam)	Unit Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				$Q_{total}$
		R1	R2	R3	R4	
		69.96	18.18	12.76	10.15	
0.000	0.000	0.000				0.000
0.200	0.010	0.712				0.712
0.378	0.047	3.279				3.279

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.15 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 1 (Lanjutan)

t (Jam)	Unit Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				Qtotal
		R1	R2	R3	R4	
0.400	0.044	3.079				3.079
0.429	0.040	2.833				2.833
0.454	0.038	2.637				2.637
0.600	0.025	1.735				1.735
0.798	0.014	0.984				0.984
0.800	0.014	0.980				0.980
0.907	0.011	0.799				0.799
0.959	0.010	0.723				0.723
1.000	0.010	0.669				0.669
1.200	0.007	0.456	0.119			0.575
1.400	0.004	0.311	0.081			0.392
1.428	0.004	0.295	0.077			0.372
1.600	0.003	0.231	0.060			0.291
1.622	0.003	0.223	0.058			0.282
1.716	0.003	0.195	0.051			0.246
1.800	0.002	0.173	0.045			0.218
2.000	0.002	0.130	0.034			0.164
2.200	0.001	0.098	0.025	0.018		0.141
2.400	0.001	0.073	0.019	0.013		0.106
2.600	0.001	0.055	0.014	0.010		0.079
2.800	0.001	0.041	0.011	0.008		0.060
3.000	0.000	0.031	0.008	0.006		0.045
3.200	0.000	0.023	0.006	0.004	0.003	0.037
3.400	0.000	0.017	0.005	0.003	0.003	0.028

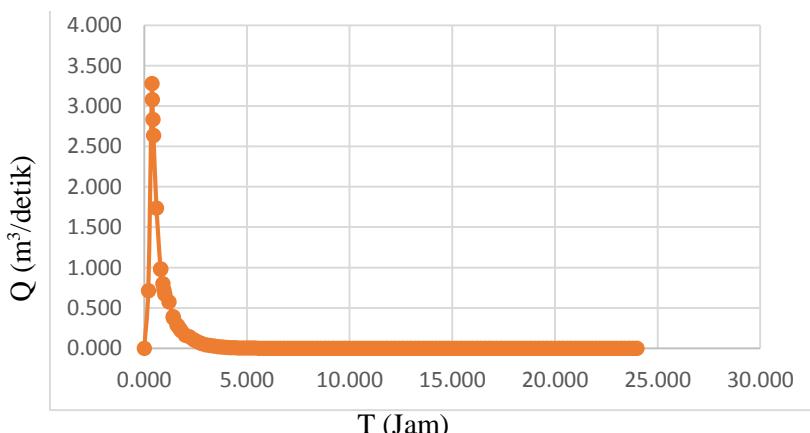
(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.16 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 1 (Lanjutan)

t (Jam)	Unit Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				Q Total
		R1	R2	R3	R4	
		69.96	18.18	12.76	10.15	
3.600	0.000	0.013	0.003	0.002	0.002	0.021
3.800	0.000	0.010	0.003	0.002	0.001	0.016
4.000	0.000	0.007	0.002	0.001	0.001	0.012
4.200	0.000	0.006	0.001	0.001	0.001	0.009
4.400	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.007
4.600	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.005
4.800	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.004
5.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003
5.200	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
5.400	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
5.600	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
5.800	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
6.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
6.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001

(Sumber: Hasil perhitungan)

Untuk perhitungan curah hujan efektif di T ke-6,4 hingga T ke-24 atau termasuk ke lengkung turun ke-3, menghasilkan nilai 0 untuk perhitungan Q total-nya.



Gambar 4.1 Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahun Saluran 1

#### 4.5.2 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan Nakayasu untuk Saluran Ke-2

Perhitungan unit hidrograf :

$$\text{Luas DAS (A)} = 0,3 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Saluran (L)} = 1,3 \text{ Km}$$

$$\text{Koefisien } (\alpha) = 2 \text{ (daerah pengaliran biasa)}$$

$$\text{Tinggi Hujan Satuan (R}_0\text{)} = 1 \text{ mm}$$

$$\text{Koefisien Pengaliran (C)} = 0,6$$

$$\text{Satuan Waktu Hujan (tr)} = 1 \text{ Jam}$$

Waktu Mencapai Puncak (Tg)

$$\begin{aligned} (\text{L}<15 \text{ km}) &= 0,21 \times \text{L}^{0,7} \\ &= 0,21 \times 1,3^{0,7} \\ &= 0,2523 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= \text{Tg} \times \alpha \\ &= 0,2523 \times 2 \\ &= 0,5047 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\text{Tr} = 1 \times \text{Tg} = 0,2523$$

$$\text{Waktu konsentrasi banjir (Tp)} = \text{Tg} + 0,8 \cdot (\text{Tr})$$

$$\begin{aligned} &= 0,2523 + 0,8 \cdot (0,2523) \\ &= 0,454 \end{aligned}$$

$$\text{Debit Puncak (Qp)} = \frac{C \cdot A \cdot R_0}{3,6 (0,3 Tp + T_{0,3})} = 0,078$$

##### a. Untuk Lengkung Naik ( $Q_t = T_p$ )

$$Q_t = 0,454$$

##### b. Untuk Lengkung Turun I ( $Q_t 1 = T_p + T_{0,3}$ )

$$\begin{aligned} Q_t 1 &= (0,454 + 0,5047) \\ &= 0,959 \end{aligned}$$

##### c. Untuk Lengkung Turun II ( $Q_t 2 = 1,5 \times T_{0,3} + Q_t 1$ )

$$Q_t 2 = (1,5 \times 0,5047) + 0,959 = 1,716$$

- Contoh Perhitungan

1. Unit hidrograf untuk kurva naik ( $0 \leq t \leq T_p$ ), maka ( $0 \leq t \leq 0,454$ )

$$Q_t = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,40}$$

$$= 0,011$$

2. Unit hidrograf untuk kurva turun 1 ( $T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$ ), maka ( $0,454 \leq t \leq 0,959$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,30^{\left( \frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)}$$

$$= 0,055$$

3. Unit hidrograf untuk kurva turun 2 ( $T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ ), maka ( $0,959 \leq t \leq 1,716$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,30^{\left( \frac{t-T_p+0,50T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right)}$$

$$= 0,022$$

4. Unit hidrograf untuk kurva turun 3 ( $t \geq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ ), maka ( $t \geq 1,716$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\left( \frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right)}$$

$$= 0,006$$

Tabel 4.17 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 2

t (Jam)	Unit Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				Qtot
		R1	R2	R3	R4	
0.000	0.000	0.000				0.000
0.200	0.011	0.762				0.762
0.378	0.050	3.512				3.512
0.400	0.058	4.023				4.023
0.429	0.068	4.759				4.759
0.454	0.078	5.458				5.458

(Sumber: Hasil perhitungan)

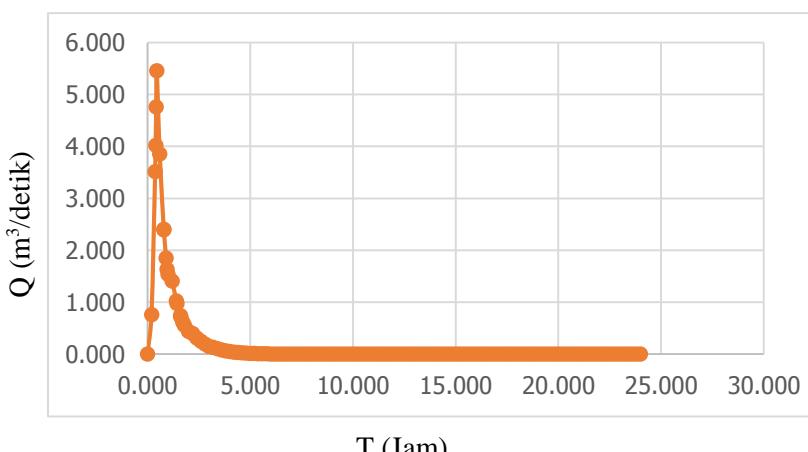
Tabel 4.18 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 2

t (Jam)	Unit Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				Q Total
		R1	R2	R3	R4	
	69.96	18.18	12.76	10.15		
0.600	0.055	3.854				3.854
0.798	0.034	2.403				2.403
0.800	0.034	2.392				2.392
0.907	0.026	1.853				1.853
0.959	0.023	1.637				1.637
1.000	0.022	1.534				1.534
1.200	0.016	1.116	0.290			1.406
1.400	0.012	0.812	0.211			1.023
1.428	0.011	0.776	0.202			0.978
1.600	0.008	0.591	0.154			0.744
1.622	0.008	0.570	0.148			0.719
1.716	0.007	0.491	0.128			0.619
1.800	0.006	0.444	0.115			0.560
2.000	0.005	0.350	0.091			0.441
2.200	0.004	0.276	0.072	0.050		0.398
2.400	0.003	0.217	0.056	0.040		0.313
2.600	0.002	0.171	0.044	0.031		0.247
2.800	0.002	0.135	0.035	0.025		0.194
3.000	0.002	0.106	0.028	0.019		0.153
3.200	0.001	0.084	0.022	0.015	0.012	0.133
3.400	0.001	0.066	0.017	0.012	0.010	0.105
3.600	0.001	0.052	0.013	0.009	0.008	0.082
3.800	0.001	0.041	0.011	0.007	0.006	0.065
4.000	0.000	0.032	0.008	0.006	0.005	0.051
4.200	0.000	0.025	0.007	0.005	0.004	0.040

Tabel 4.19 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 2 (Lanjutan)

t (Jam)	Unit Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				Q Total
		R1	R2	R3	R4	
5.200	0.000	0.008	0.002	0.001	0.001	0.012
5.400	0.000	0.006	0.002	0.001	0.001	0.010
5.600	0.000	0.005	0.001	0.001	0.001	0.008
5.800	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.006
6.000	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.005
6.200	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.004
6.400	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003
6.600	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
6.800	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
7.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
7.200	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
7.400	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
7.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
7.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001

(Sumber: Hasil perhitungan)



Gambar 4.2 Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahun Saluran 2

### 4.5.3 Perhitungan unit hidograf satuan Nakayasu Untuk Saluran ke-3.

Perhitungan unit hidograf :

$$\text{Luas DAS (A)} = 0,31 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Saluran (L)} = 1,2 \text{ Km}$$

$$\text{Koefisien } (\alpha) = 2$$

$$\text{Tinggi Hujan Satuan (R}_0\text{)} = 1 \text{ mm}$$

$$\text{Koefisien Pengaliran (C)} = 0,6 \text{ (daerah pengaliran biasa)}$$

$$\text{Satuan Waktu Huajan (tr)} = 1 \text{ Jam}$$

$$\text{Waktu Mencapai Puncak (Tg)}$$

$$(L < 15 \text{ km}) = 0,21 \times L^{0,7}$$

$$= 0,21 \times 1,2^{0,7}$$

$$= 0,2385 \text{ Jam}$$

$$T_{0,3} = Tg \times \alpha$$

$$= 0,2385 \times 2$$

$$= 0,477 \text{ Jam}$$

$$Tr = 1 \times Tg = 0,2385$$

$$\text{Waktu konsentrasi banjir (Tp)} = Tg + 0,8 (Tr)$$

$$= 0,2385 + 0,8(0,2385)$$

$$= 0,429$$

$$\text{Debit Puncak (Qp)} = \frac{C \cdot A \cdot Ro}{3,6 (0,3 Tp + T_{0,3})} = 0,0852$$

#### a. Untuk Lengkung Naik ( $Qt = Tp$ )

$$Qt = 0,429$$

#### b. Untuk Lengkung Turun I ( $Qt 1 = Tp + T 0,3$ )

$$\begin{aligned} Qt 1 &= (0,429 + 0,477) \\ &= 0,907 \end{aligned}$$

#### c. Untuk Lengkung Turun II ( $Qt 2 = 1,5 \times T 0,3 + Qt 1$ )

$$Qt 2 = (1,5 \times 0,477) + 0,429 = 1,622$$

• Contoh Perhitungan

- Unit hidrograf untuk kurva naik ( $0 \leq t \leq T_p$ ), maka ( $0 \leq t \leq 0,429$ )

$$Qt = Qp \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,40}$$

$$= 0,014$$

- Unit hidrograf untuk kurva turun 1 ( $T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$ ), maka ( $0,429 \leq t \leq 0,907$ )

$$Qt = Qp \times 0,30^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0,30}}\right)}$$

$$= 0,080$$

- Unit hidrograf untuk kurva turun 2 ( $T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ ), maka ( $0,907 \leq t \leq 1,622$ )

$$Qt = Qp \times 0,30^{\left(\frac{t-T_p+0,50T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}\right)}$$

$$= 0,023$$

- Unit hidrograf untuk kurva turun 3 ( $t \geq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ ), maka ( $t \geq 1,622$ )

$$Qt = Qp \times 0,3^{\left(\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}\right)}$$

$$= 0,007$$

Tabel 4.20 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 3

T (Jam)	Unit Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				Qtotal
		R1	R2	R3	R4	
		79.32	20.62	14.46	11.51	
0.000	0.000	0.000				0.000
0.200	0.014	1.080				1.080
0.378	0.063	4.978				4.978
0.400	0.072	5.702				5.702
0.429	0.085	6.763				6.763
0.454	0.080	6.356				6.356
0.600	0.055	4.398				4.398

(Sumber: Hasil perhitungan)

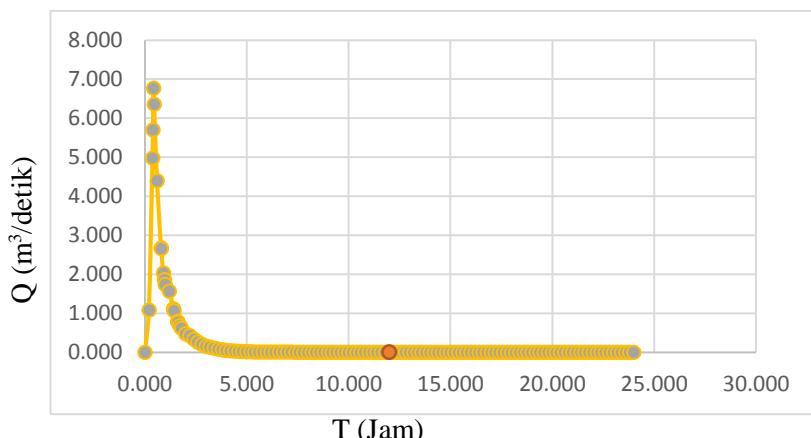
Tabel 4.21 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 3 (Lanjutan)

T (Jam)	Unit Hidrogaf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				Q Total
		R1	R2	R3	R4	
		79.32	20.62	14.46	11.51	
0.798	0.034	2.668				2.668
0.800	0.033	2.655				2.655
0.907	0.026	2.029				2.029
0.959	0.023	1.858				1.858
1.000	0.022	1.734				1.734
1.200	0.016	1.239	0.322			1.560
1.400	0.011	0.885	0.230			1.115
1.428	0.011	0.844	0.219			1.063
1.600	0.008	0.632	0.164			0.796
1.622	0.008	0.609	0.158			0.767
1.716	0.007	0.541	0.141			0.681
1.800	0.006	0.486	0.126			0.613
2.000	0.005	0.378	0.098			0.476
2.200	0.004	0.294	0.076	0.054		0.424
2.400	0.003	0.228	0.059	0.042		0.329
2.600	0.002	0.177	0.046	0.032		0.256
2.800	0.002	0.138	0.036	0.025		0.199
3.000	0.001	0.107	0.028	0.020		0.154
3.200	0.001	0.083	0.022	0.015	0.012	0.132
3.400	0.001	0.065	0.017	0.012	0.009	0.103
3.600	0.001	0.050	0.013	0.009	0.007	0.080
3.800	0.000	0.039	0.010	0.007	0.006	0.062
4.000	0.000	0.030	0.008	0.006	0.004	0.048
4.200	0.000	0.024	0.006	0.004	0.003	0.037
4.400	0.000	0.018	0.005	0.003	0.003	0.029

Tabel 4.22 Perhitungan Total Hidrograf Saluran 3 (Lanjutan)

T (Jam)	Unit Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)	Curah Hujan Efektif				
		R1	R2	R3	R4	Q Total
		79.32	20.62	14.46	11.51	
5.000	0.000	0.009	0.002	0.002	0.001	0.014
5.200	0.000	0.007	0.002	0.001	0.001	0.011
5.400	0.000	0.005	0.001	0.001	0.001	0.008
5.600	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.006
5.800	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.005
6.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.004
6.200	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003
6.400	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
6.600	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
6.800	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
7.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
7.200	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
7.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
7.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
7.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

(Sumber: Hasil perhitungan)



Gambar 4.3 Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahun Saluran 3

#### 4.5.4 Hasil Hidograf Superposisi Untuk Banjir Rencana 10 Tahun

Tabel 4.23 Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3

T (jam)	Saluran 1 m3/det	Saluran 2 m3/det	Saluran 3 m3/det	Qtotal m3/det	Volume Inflow m3
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.200	0.712	0.762	1.080	2.554	1839.014
0.378	3.279	3.512	4.978	11.770	16016.045
0.400	3.079	4.023	5.702	12.804	18437.552
0.429	2.833	4.759	6.763	14.354	22168.932
0.454	2.637	5.458	6.356	14.451	23619.099
0.600	1.735	3.854	4.398	9.987	21572.745
0.798	0.984	2.403	2.668	6.056	17396.266
0.800	0.980	2.392	2.655	6.027	17357.427
0.907	0.799	1.853	2.029	4.681	15282.775
0.959	0.723	1.637	1.858	4.218	14562.785
1.000	0.669	1.534	1.734	3.936	14170.346
1.200	0.575	1.406	1.560	3.541	15297.785
1.400	0.392	1.023	1.115	2.530	12749.838
1.428	0.372	0.978	1.063	2.413	12407.122
1.600	0.291	0.744	0.796	1.831	10546.244
1.622	0.282	0.719	0.767	1.767	10317.338
1.716	0.246	0.619	0.681	1.546	9552.663
1.800	0.218	0.560	0.613	1.391	9012.595
2.000	0.164	0.441	0.476	1.081	7783.031
2.200	0.141	0.398	0.424	0.962	7618.877
2.400	0.106	0.313	0.329	0.748	6463.097
2.600	0.079	0.247	0.256	0.582	5445.908

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.24 Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3 (Lanjutan)

T (jam)	Saluran 1 m3/det	Saluran 2 m3/det	Saluran 3 m3/det	Qtotal m3/det	Volume Inflow m3
2.800	0.060	0.194	0.199	0.453	4562.750
3.000	0.045	0.153	0.154	0.352	3804.200
3.200	0.037	0.133	0.132	0.302	3476.254
3.400	0.028	0.105	0.103	0.235	2875.483
3.600	0.021	0.082	0.080	0.183	2370.828
3.800	0.016	0.065	0.062	0.142	1949.126
4.000	0.012	0.051	0.048	0.111	1598.328
4.200	0.009	0.040	0.037	0.086	1307.657
4.400	0.007	0.032	0.029	0.067	1067.634
4.600	0.005	0.025	0.023	0.053	870.037
4.800	0.004	0.020	0.018	0.041	707.805
5.000	0.003	0.016	0.014	0.032	574.932
5.200	0.002	0.012	0.011	0.025	466.340
5.400	0.002	0.010	0.008	0.019	377.766
5.600	0.001	0.008	0.006	0.015	305.648
5.800	0.001	0.006	0.005	0.012	247.025
6.000	0.001	0.005	0.004	0.009	199.441
6.200	0.001	0.004	0.003	0.007	160.870
6.400	0.000	0.003	0.002	0.006	129.644
6.600	0.000	0.002	0.002	0.004	104.393
6.800	0.000	0.002	0.001	0.003	83.995
7.000	0.000	0.001	0.001	0.003	67.535
7.200	0.000	0.001	0.001	0.002	54.264
7.400	0.000	0.001	0.001	0.002	43.573
7.600	0.000	0.001	0.001	0.001	34.967

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.25 Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3 (Lanjutan)

T (jam)	Saluran 1 m3/det	Saluran 2 m3/det	Saluran 3 m3/det	Qtotal m3/det	Volume Inflow m3
8.200	0.000	0.000	0.000	0.001	18.014
8.400	0.000	0.000	0.000	0.000	14.426
8.600	0.000	0.000	0.000	0.000	11.548
8.800	0.000	0.000	0.000	0.000	9.240
9.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.391
9.200	0.000	0.000	0.000	0.000	5.909
9.400	0.000	0.000	0.000	0.000	4.723
9.600	0.000	0.000	0.000	0.000	3.773
9.800	0.000	0.000	0.000	0.000	3.014
10.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.406
10.200	0.000	0.000	0.000	0.000	1.921
10.400	0.000	0.000	0.000	0.000	1.533
10.600	0.000	0.000	0.000	0.000	1.223
10.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.975
11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.778
11.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.620
11.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.494
11.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.394
11.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.314
12.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250
12.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.199
12.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.158
12.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.126
12.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100

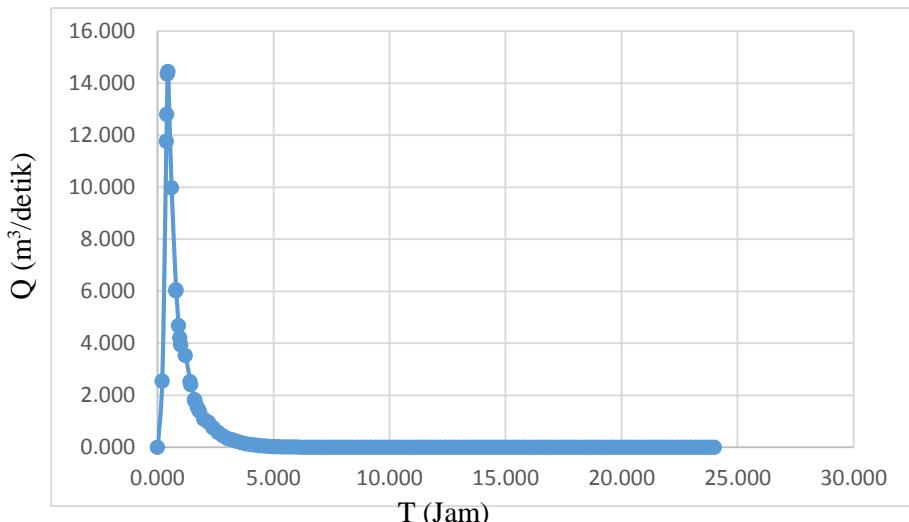
(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4.26 Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3 (Lanjutan)

T (jam)	Saluran 1 m3/det	Saluran 2 m3/det	Saluran 3 m3/det	Qtotal m3/det	Volume Inflow m3
13.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040
13.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032
14.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025
14.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
14.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
14.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
14.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
15.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
15.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
15.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
15.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
15.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
16.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
16.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
16.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
16.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
16.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
17.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
17.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
17.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
17.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

(Sumber: Hasil perhitungan)

Untuk perhitungan Q Total untuk Superposisi dari Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3 di T ke-18,2 hingga T ke-24 juga termasuk untuk perhitungan Volume Inflow menghasilkan nilai 0 untuk keduanya.



Gambar 4.4 Hidrograf Superposisi Saluran 1, Saluran 2 dan Saluran 3

#### 4.6 Lengkung Kapasitas Waduk

Lengkung kapasitas waduk merupakan sebuah grafik yang menghubungkan luas daerah genangan dengan volume tumpungan terhadap elevasinya. Sesuai dengan fungsi utama waduk yang menyediakan tumpungan air, maka ciri fisik utama adalah kapasitas tumpungannya. Kapasitas waduk yang mempunya bentuk beraturan dan dapat dihitung dengan rumus perhitungan volume benda padat. Dalam kondisi alami di lapangan maka kapasitas waduk harus dihitung dengan pengukuran topografi.

Lengkung kapasitas dibentuk dengan cara mengukur luas yang diapit oleh tiap-tiap garis kontur, alat yang digunakan adalah planimeter. Komulatif dari lengkung luas dan elevasi tersebut merupakan lengkung kapasitas waduk. Pertambahan tumpungan antara dua elevasi dihitung dengan mengalikan luas rata-rata pada elevasi tersebut dengan perbedaan kedua elevasinya. Akumulasi seluruh pertambahan disuatu elevasi tertentu merupakan volume tumpungan waduk pada elevasi tersebut.

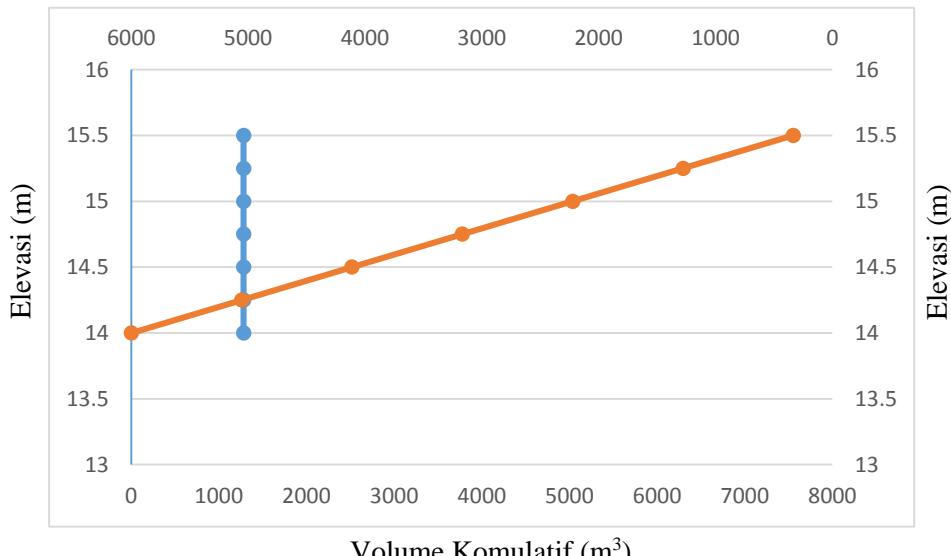
Tabel 4.27 Lengkung Kapasitas Waduk Promenade Luas 5.038 m<sup>2</sup>

No	Elevasi ( m )	Luas m <sup>2</sup>	Beda Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Vol. Komulatif (m <sup>3</sup> )
1	14	5038	0	0	0
2	14,25	5038	0,25	1.259,5	1.259,5
3	14,5	5038	0,25	1.259,5	2.519
4	14,75	5038	0,25	1.259,5	3.778,5
5	15	5038	0,25	1.259,5	5.038
6	15,25	5038	0,25	1.259,5	6.297,5
7	15,5	5038	0,25	1.259,5	7.557

(Sumber: Hasil perhitungan)

Karena dari data sekunder atau eksisting diketahui Waduk Promenade memiliki *Spillway* tinggi 1,2 m dengan elevasi +14,00 hingga +15,50, maka tampungan bersih atau volume komulatif yang dimiliki Waduk Promenade setinggi 1,5 m adalah sebesar 7.557 m<sup>3</sup>.

Luas (m<sup>2</sup>)



Gambar 4.5 Lengkung S Untuk Kapasitas Waduk Promenade

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

# ***FLOOD ROUTING WADUK UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DAN KEBUTUHAN AIR BAKU UNTUK PENYIRAMAN TANAMAN***

### **5.1 Analisis Penelusuran Banjir (*Flood Routing*) Waduk**

#### **5.1.1 Gambaran Umum *Flood Routing* Waduk**

Penelusuran banjir adalah perhitungan gerakan air banjir yang lewat di kolam penampungan dengan menggunakan matematik untuk menghitung air yang keluar (*outflow*) dari kolam penampungan (*storage*) sebagai akibat dari air yang masuk (*inflow*). Pendekatan klasik dalam perhitungan penelusuran banjir di waduk adalah dengan pendekatan konsep penampungan air (*storage concept*). Metode ini mengacu kepada *hydrologic reservoir routing methodes*, atau disebut juga *storage routing methodes*.

Oleh karena itu dalam kajian hidrologi penelusuran banjir (*flood routing*) dan penyelidikan banjir (*flood tracing*) digunakan untuk peramalan banjir dan pengendalian banjir.

#### **5.1.2 Perhitungan *Flood Routing* Melalui Waduk Luas $5.038 \text{ m}^2$**

Pada perencanaan *spillway* waduk, direncanakan *spillway* untuk mengeluarkan air pada saat tidak ada pengaruh *backwater*.

Penelusuran waduk merupakan prosedur untuk menghitung hidrograf aliran keluar dari waduk yang mempunyai permukaan air horisontal. Debit *outflow* yang keluar waduk melewati *spillway* dihitung dengan menggunakan metode *Routing*, selain itu juga dapat untuk mengetahui elevasi muka air yang ada di waduk. *Outflow* yang keluar melalui *spillway*, dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot b \cdot H^{1.5}}$$

Keterangan:

$Q$  = debit ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )

$C_d$  = koefisien debit (diambil 1,8665)

Menghitung  $C_d$  dengan rumus perhitungan:

$$C_d = 2,2 - 0,416 \cdot \left(\frac{Hd}{W}\right)^{0,99}$$

$$C_d = 2,2 - 0,416 \cdot \left(\frac{1,2}{1,5}\right)^{0,99} = 1,8665$$

$g$  = percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m}^2/\text{dt}$ )

$b$  = lebar *spillway* (m)

$H$  = tinggi air di atas *spillway* (m)

Data perencanaan *outflow* Waduk Promenade:

Luas kolam tampung =  $5.038 \text{ m}^2$

Kedalaman kolam tampung =  $1,5 \text{ m}$

Elevasi dasar *Spillway* =  $15,50 \text{ m}$

Lebar *Spillway* =  $1,70 \text{ m}$

Tinggi air di atas *Spillway* =  $1,20 \text{ m}$

Tabel 5.1 Hubungan Antara Elevasi, Debit dan Tampungan

Elev (m)	H (m)	Q $\text{m}^3/\text{det}$
15.5	0.00	0.000
15.550	0.05	0.033
15.600	0.10	0.093
15.650	0.15	0.170
15.700	0.20	0.262
15.750	0.25	0.367
15.800	0.30	0.482
15.850	0.35	0.607
15.900	0.40	0.742
15.950	0.45	0.886
16.000	0.50	1.037
16.050	0.55	1.197
16.100	0.60	1.363
16.150	0.65	1.537
16.200	0.70	1.718
16.250	0.75	1.906
16.300	0.80	2.099

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 5.2 Hubungan Antara Elevasi, Debit dan Tampungan (Lanjutan)

Elev	H	Q
16.350	0.85	2.299
16.400	0.90	2.505
16.450	0.95	2.717
16.500	1.00	2.934
16.550	1.05	3.157
16.600	1.10	3.385
16.650	1.15	3.618
16.700	1.20	3.857
16.750	1.25	4.100
16.800	1.30	4.349
16.850	1.35	4.602
16.900	1.40	4.860
16.950	1.45	5.122
17.000	1.50	5.390
17.050	1.55	5.661
17.100	1.60	5.938
17.150	1.65	6.218
17.200	1.70	6.503
17.250	1.75	6.792
17.300	1.80	7.085
17.350	1.85	7.382
17.400	1.90	7.683
17.450	1.95	7.989
17.500	2.00	8.298
17.550	2.05	8.611
17.600	2.10	8.928
17.650	2.15	9.249
17.700	2.20	9.573
17.750	2.25	9.901
17.800	2.30	10.233
17.850	2.35	10.569

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 5.3 Hubungan Elevasi, Tampungan dan Debit Spillway

Elev (m)	H (m)	S $m^3$	S/ $\Delta t$ m/det	Q $m^3/det$	$\phi$ m/det	$\Psi$ m/det
15.5	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
15.550	0.05	251.9	0.84	0.03	0.86	0.82
15.600	0.10	503.8	1.68	0.09	1.73	1.63
15.650	0.15	755.7	2.52	0.17	2.60	2.43
15.700	0.20	1007.6	3.36	0.26	3.49	3.23
15.750	0.25	1259.5	4.20	0.37	4.38	4.01
15.800	0.30	1511.4	5.04	0.48	5.28	4.80
15.850	0.35	1763.3	5.88	0.61	6.18	5.57
15.900	0.40	2015.2	6.72	0.74	7.09	6.35
15.950	0.45	2267.1	7.56	0.89	8.00	7.11
16.000	0.50	2519	8.40	1.04	8.92	7.88
16.050	0.55	2770.9	9.24	1.20	9.83	8.64
16.100	0.60	3022.8	10.08	1.36	10.76	9.39
16.150	0.65	3274.7	10.92	1.54	11.68	10.15
16.200	0.70	3526.6	11.76	1.72	12.61	10.90
16.250	0.75	3778.5	12.60	1.91	13.55	11.64
16.300	0.80	4030.4	13.43	2.10	14.48	12.39
16.350	0.85	4282.3	14.27	2.30	15.42	13.12
16.400	0.90	4534.2	15.11	2.50	16.37	13.86
16.450	0.95	4786.1	15.95	2.72	17.31	14.60
16.500	1.00	5038	16.79	2.93	18.26	15.33
16.550	1.05	5289.9	17.63	3.16	19.21	16.05
16.600	1.10	5541.8	18.47	3.38	20.16	16.78
16.650	1.15	5793.7	19.31	3.62	21.12	17.50
16.700	1.20	6045.6	20.15	3.86	22.08	18.22
16.750	1.25	6297.5	20.22	4.10	22.27	18.17
16.800	1.30	6549.4	21.03	4.35	23.21	18.86
16.850	1.35	6801.3	21.84	4.60	24.14	19.54
16.900	1.40	7053.2	22.65	4.86	25.08	20.22
16.950	1.45	7305.1	23.46	5.12	26.02	20.90
17.000	1.50	7557	24.27	5.39	26.96	21.57
17.050	1.55	7808.9	25.08	5.66	27.91	22.25
17.100	1.60	8060.8	25.89	5.94	28.85	22.92
17.150	1.65	8312.7	26.69	6.22	29.80	23.59
17.200	1.70	8564.6	27.50	6.50	30.75	24.25
17.250	1.75	8816.5	28.31	6.79	31.71	24.92

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 5.4 Hubungan Elevasi, Tampungan dan Debit *Spillway* (Lanjutan)

(m)	(m)	$m^3$	m/det	$m^3/det$	m/det	m/det
17.300	1.80	9068.4	29.12	7.08	32.66	25.58
17.350	1.85	9320.3	29.93	7.38	33.62	26.24
17.400	1.90	9572.2	30.74	7.68	34.58	26.90
17.450	1.95	9824.1	31.55	7.99	35.54	27.55
17.500	2.00	10076	32.36	8.30	36.51	28.21
17.550	2.05	10327.9	33.17	8.61	37.47	28.86
17.600	2.10	10579.8	33.97	8.93	38.44	29.51
17.650	2.15	10831.7	34.78	9.25	39.41	30.16
17.700	2.20	11083.6	35.59	9.57	40.38	30.81
17.750	2.25	11335.5	36.40	9.90	41.35	31.45
17.800	2.30	11587.4	37.21	10.23	42.33	32.09
17.850	2.35	11839.3	38.02	10.57	43.30	32.87

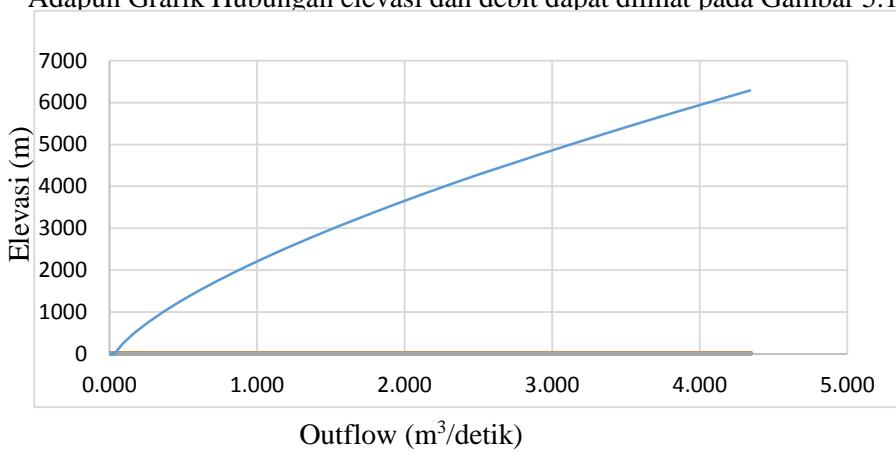
(Sumber: Hasil perhitungan)

- Kolom 1 = Ketinggian air dari dasar *Spillway* (m)
- Kolom 2 = Tinggi tiap-tiap di atas mercu. (m)
- Kolom 3 = Volume tampungan Waduk x tinggi diatas mercu.
- Kolom 4 =  $(S/\Delta t)$  dengan S merupakan volume kolam tampung ( $m^3$ ),  $\Delta t$  adalah besarnya pias waktu (dt)
- Kolom 5 = Debit *outflow* saat melalui pintu air yang dibuka,

$$\text{dengan rumus } Spillway : Q = Cd \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot b \cdot H^{1.5}}$$

- Kolom 6 =  $\frac{Q(\text{debit Outflow})}{2} + (S/\Delta t)$  dengan S merupakan volume kolam tampung ( $m^3$ ),  $\Delta t$  adalah besarnya pias waktu (dt)
- Kolom 7 = Kolom 5 + Kolom 6

Adapun Grafik Hubungan elevasi dan debit dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Elevasi dan Debit

Maka didapatkan tabel dan hidrograf untuk perhitungan hubungan antara elevasi dasar limpahan air (+15,50), hingga puncak (+16,70) pada Waduk Promenade dengan disertai tampungan dan debit *outflow* dari *Spillway* menuju ke saluran *outlet* Sepat Lidah-Kulon.

Selanjutnya juga didapatkan tabel untuk penulusuran banjir lewat *Spillway* pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Penulusuran Banjir Lewat *Spillway*

t	I	(I1+I2)/2	$\Psi_1$	$\phi_2$	H	Q
Jam	m³/det	m³/detik	m³/det	m³/det	(m)	m³/det
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	2.55	1.28	9.020	10.30	0.660	1.574
0.38	11.77	7.16	8.72	15.89	1.038	3.105
0.40	12.80	12.29	12.78	25.07	1.761	6.859
0.43	14.35	13.58	18.21	31.79	2.276	10.075
0.45	14.45	14.40	21.71	36.12	2.309	10.295
0.60	9.99	12.22	25.82	38.04	2.314	10.325
0.80	6.06	8.02	27.71	35.74	2.308	10.289
0.80	6.03	6.04	25.45	31.49	2.253	9.920
0.91	4.68	5.35	21.57	26.92	1.902	7.694
0.96	4.22	4.45	19.23	23.68	1.657	6.257
1.00	3.94	4.08	17.42	21.50	1.494	5.359

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 5.6 Penelusuran Banjir lewat *Spillway* (Lanjutan)

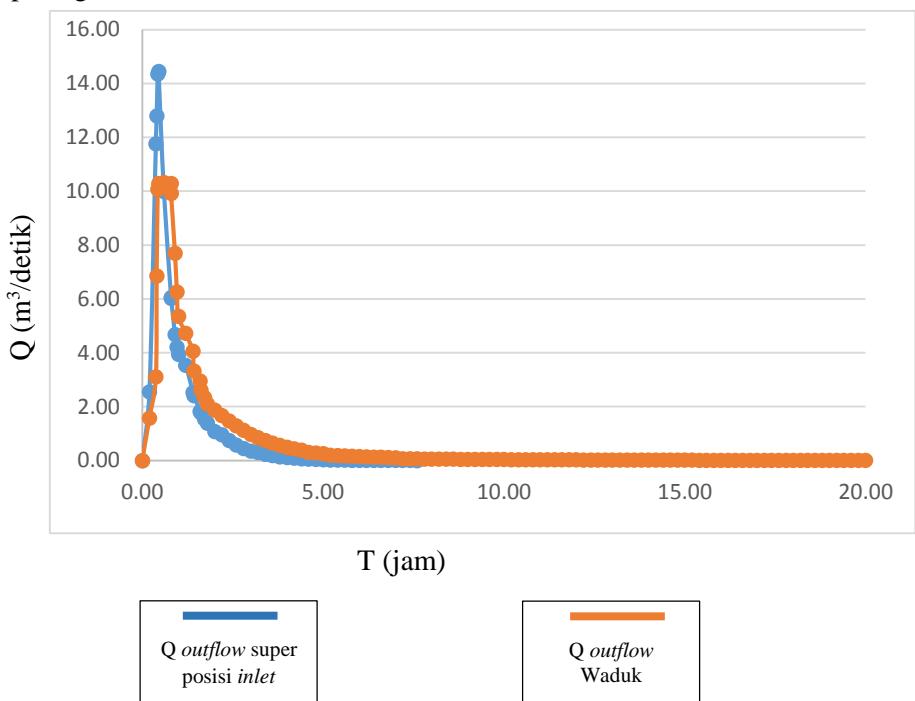
t Jam	I $\text{m}^3/\text{det}$	$(I_1+I_2)/2$ $\text{m}^3/\text{detik}$	$\Psi_1$ $\text{m}^3/\text{det}$	$\phi_2$ $\text{m}^3/\text{det}$	H (m)	Q $\text{m}^3/\text{det}$
1.20	3.54	3.74	16.14	19.88	1.375	4.729
1.40	2.53	3.04	15.15	18.18	1.241	4.057
1.43	2.41	2.47	14.13	16.60	1.087	3.327
1.60	1.83	2.12	13.27	15.39	1.005	2.954
1.62	1.77	1.80	12.44	14.24	0.926	2.613
1.72	1.55	1.66	11.62	13.28	0.861	2.343
1.80	1.39	1.47	10.94	12.41	0.801	2.105
2.00	1.08	1.24	10.30	11.54	0.743	1.879
2.20	0.96	1.02	9.66	10.68	0.686	1.666
2.40	0.75	0.86	9.01	9.87	0.632	1.473
2.60	0.58	0.66	8.40	9.06	0.578	1.290
2.80	0.45	0.52	7.77	8.29	0.527	1.123
3.00	0.35	0.40	7.16	7.57	0.480	0.976
3.20	0.30	0.33	6.59	6.92	0.437	0.849
3.40	0.23	0.27	6.07	6.34	0.399	0.741
3.60	0.18	0.21	5.60	5.81	0.365	0.648
3.80	0.14	0.16	5.16	5.32	0.334	0.567
4.00	0.11	0.13	4.75	4.88	0.305	0.496
4.20	0.09	0.10	4.39	4.48	0.280	0.436
4.40	0.07	0.08	4.05	4.13	0.257	0.383

(Sumber: Hasil perhitungan)

- Kolom 1 = waktu limpasan (jam)
- Kolom 2 = debit *inflow* Boezem di dapatkan dari Tabel dengan memakai debit *inflow* ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )
- Kolom 3 =  $(I_1 + I_2)/2$  dengan  $I_1$  merupakan debit *inflow* pertama dan  $I_2$  adalah debit *inflow* kedua ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )
- Kolom 4 = Interpolasi antara debit *outflow* (lihat tabel 4.44) dengan  $\Psi$  (lihat tabel 4.44)
- Kolom 5 = Kolom 3 + Kolom 4
- Kolom 6 = Hasil Interpolasi antara H bukaan pintu (lihat tabel 4.44) dengan debit *outflow* (lihat tabel 4.44)
- Kolom 7 = Debit *outflow* dimulai saat air melalui pintu air dengan

$$\text{rumus spillway: } Q = Cd \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot b \cdot H^{1.5}}$$

Adapun grafik penulusuran banjir lewat *Spillway* dapat dilihat pada gambar 5.2



Gambar 5.2 Debit Masuk dan Keluar pada Waduk dan *Spillway*

Maka setelah dilakukan perhitungan *Routing* pada Waduk Promenade dari jam ke 0 hingga jam ke 4,40 maka didapatkan nilai *outflow* tertinggi yang dialirkan dari Waduk Promenade menuju *Spillway*-nya dan ke saluran *outlet* Sepat Lidah-Kulon sebesar  $10,325 \text{ m}^3/\text{detik}$  menuju ke hilir yaitu di Kali Makmur.

Dan perlu juga direncanakan pintu air untuk mengosongkan air di dalam waduk ketika musim penghujan, dan ditampung di Waduk Promenade pada musim kemarau sebagai pengontrol keduanya.

Dan pintu air pada *Spillway* direncanakan dengan dimensi:

Data perencanaan *outflow* Waduk Promenade:

Luas kolam tampung	= 5.038 m <sup>2</sup>
Kedalaman kolam tampung	= 1,50 m
Elevasi dasar <i>Pintu air</i>	= 14,00 m
Lebar <i>Pintu air</i>	= 1,3 m
Tinggi <i>Pintu air</i>	= 3,30 m
Beda tinggi bukaan	= 0,1 m
Koefisien debit	= 0,8
Z (Kehilangan energi)	= 2

Untuk mencari debit (Q) yang keluar dari pintu air dengan bukaan maksimal yang diijinkan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \cdot (2 \cdot g \cdot z)^{0,5}$$

Contoh Perhitungan untuk bukaan pintu 0,1 m=

$$\begin{aligned} Q &= 0,8 \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 1,3 \text{ m} \cdot (2 \cdot 9,8 \cdot 2)^{0,5} \\ &= 0,65114 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Q izin selanjutnya ditampilkan pada tabel 5.5

Tabel 5.7 Debit (Q) Izin Bukaan pada Pintu Air

Bukaan Pintu (m)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
0.1	0.651143
0.2	1.30228599
0.3	1.95342899
0.4	2.60457198
0.5	3.25571498
0.6	3.90685797
0.7	4.55800097
0.8	5.20914396
0.9	5.86028696
1	6.51142995

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 5.8 Debit (Q) Izin Bukaan pada Pintu Air (Lanjutan)

Bukaan Pintu (m)	Q ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
1.1	7.16257295
1.2	7.81371594
1.3	8.46485894
1.4	9.11600193
1.5	9.76714493
1.6	10.4182879
1.7	11.0694309
1.8	11.7205739
1.9	12.3717169
2	13.0228599
2.1	13.6740029
2.2	14.3251459
2.3	14.9762889
2.4	15.6274319
2.5	16.2785749
2.6	16.9297179
2.7	17.5808609
2.8	18.2320039
2.9	18.8831469
3	19.5342899
3.1	20.1854328
3.2	20.8365758
3.3	21.4877188

(Sumber: Hasil perhitungan)

Jadi bukaan pintu air maksimal yang diizinkan untuk dijadikan acuan dan jagaan adalah setinggi 2,3 m. Dengan debit air keluaran sebesar  $14,97 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

Dipilih tinggi dan debit tersebut adalah dengan pertimbangan karena Q kapasitas saluran *outlet* Waduk Promenade adalah sebesar  $15,30 \text{ m}^3/\text{detik}$ , yang dimana Q *outflow* tidak boleh lebih besar dari Q kapasitas saluran *outlet*.

## 5.2. Pengendalian Banjir

### 5.2.1 Pengendalian Banjir di Saluran *Outlet* Waduk Promenade

Setelah didapatkan data dari hasil perhitungan *routing* waduk maka dilakukan survey kondisi dan dimensi saluran eksisting *outlet* dari Waduk Promenade, tentunya dengan melakukan survey lapangan langsung dan mencocokkannya dengan data dari PT. Ciputra Surya, Tbk dan didapatkan data kondisi saluran eksisting *outlet* pada tabel 5.9.

Tabel 5.9 Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade

Nama Saluran	Dimensi Saluran (m)				Panjang Saluran (m)	Elevasi Dasar	Keterangan Saluran
	T	B	H	m			
Saluran A	3	2.6	1	0.2	39.32	12.5	Pasangan Batu Kali
Saluran B	3	2.6	1	0.2	12.5		Pasangan Batu Kali
Saluran C	3	2.6	1	0.2	11.05		Pasangan Batu Kali
Saluran D	3.3	2.9	1	0.2	9.92		Pasangan Batu Kali
Saluran E	3	2.6	1	0.2	10.34		Pasangan Batu Kali
Saluran F	3	2.6	1	0.2	9.66		Pasangan Batu Kali
Saluran G	3	2.6	1	0.2	9.02		Pasangan Batu Kali
Saluran H	4	3.6	1	0.2	13.74	11.52	Pasangan Batu Kali
Saluran I	3.4	3	1	0.2	10		Pasangan Batu Kali
Saluran J	2.6	2.2	1	0.2	10		Pasangan Batu Kali
Saluran K	2.6	2.2	1	0.2	10		Pasangan Batu Kali
Saluran L	2.6	2.2	1	0.2	10		Pasangan Batu Kali
Saluran M	2.6	2.2	1	0.2	10		Pasangan Batu Kali
Saluran N	2.75	2.35	1	0.2	16.93		Pasangan Batu Kali
Saluran O	1.4	1.4	1.2	0	12.54	11	Box Culvert
Saluran P	2.6	2.2	1.3	0.2	10		Pasangan Batu Kali
Saluran Q	2.6	2.2	1.3	0.2	10		Pasangan Batu Kali
Saluran R	2.6	2.2	1.3	0.2	10		Pasangan Batu Kali

(Sumber: PT. Ciputra Surya, Tbk)

Tabel 5.10 Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade (Lanjutan)

Nama Saluran	Dimensi Saluran				Panjang Saluran (m)	Elevasi Dasar	Keterangan Saluran
	T	B	H	m			
Saluran S	2.6	2.2	1.3	0.2	10		Pasangan Batu Kali
Saluran T	2.6	2.2	1.3	0.2	11.47	10.8	Pasangan Batu Kali
Saluran U	1.5	1.5	1.3	0	34.87		Box Culvert
Saluran V	2.5	2.1	1.5	0.2	48.43		Pasangan Batu Kali
Saluran W	1.4	1	1	0.2	11.2	10.75	Pasangan Batu Kali
Saluran X	2	2	1.4	0	34.77		Pasangan Batu Kali
Saluran Y	2	2	1.4	0	30.36		Pasangan Batu Kali
Saluran Z	2.5	2.5	1.4	0	20	10.45	Pasangan Batu Kali
Saluran AA	4.4	3.5	2.3	0.4	30	9.8	Pasangan Batu Kali
Saluran AB	2.6	1.8	1.8	0.4	18	9.6	Pasangan Batu Kali
Saluran AC	2.57	1.8	2	0.4	17.5	8.93	Pasangan Batu Kali
Saluran AD	3	2.2	2.2	0.4	5	8.5	Pasangan Batu Kali
Saluran AE	3	2.2	2.1	0.4	6	8.48	Pasangan Batu Kali
Saluran AF	3	2.2	2.15	0.4	15	8.44	Pasangan Batu Kali
Saluran AG	3	2.2	2.15	0.4	20	8.31	Pasangan Batu Kali
Saluran AH	3.1	2.3	2.15	0.4	28	8.1	Pasangan Batu Kali
Saluran AI	3.15	2.35	2.15	0.4	30	7.55	Pasangan Batu Kali
Saluran AJ	1.3	1.3	0.77	0	15	7.28	Saluran Tanah
Saluran AK	1.3	1.3	0.74	0	30	7.16	Saluran Tanah
Saluran AL	1.3	1.3	0.91	0	25	6.71	Saluran Tanah
Saluran AM	1.3	1.3	0.86	0	24	6.34	Saluran Tanah
Saluran AN	1.3	1.3	1.13	0	19	5.72	Saluran Tanah

(Sumber: PT. Ciputra Surya, Tbk)

Kemudian dilakukan perhitungan dan penentuan, titik-titik saluran *outlet* mana saja yang mengalami gangguan berupa meluberinya air untuk menentukan hasil aman atau tidaknya saluran dengan hasil data yang tersedia pada tabel 5.16.

Contoh Perhitungan:

### 1. Kolom 8 baris 1

Karena saluran A memakai pasangan batu kali maka koefisien manning (n) adalah 0,03

### 2. Kolom 9 baris 1

Luas penampang basah

$$= \frac{B+T}{2 \times H} = \frac{3+3}{2 \times 1} = 2,8 \text{ m}^2$$

### 3. Kolom 10 baris 1

Keliling penampang basah

$$\begin{aligned} &= B + (2 \times H) \times ((1+m^2)^{1/2}) \\ &= 2,6 + (2 \times 1) \times ((1 + 0,2^2)^{1/2}) \\ &= 4,640 \text{ m} \end{aligned}$$

### 4. Kolom 11 baris 1

Kemiringan Saluran

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Elevasi atas} - \text{elevasi bawah}}{\text{Panjang total saluran pada elevasi atas}} \\ &= \frac{12,5 - 11,52}{39,32 + 12,5 + 11,05 + 9,92 + 10,34 + 9,66 + 9,02} = 0,0096 \end{aligned}$$

### 5. Kolom 13 baris 1

$$\begin{aligned} 1/n &= 1/\text{koefisien manning} \\ &= 1/0,03 = 33,33 \end{aligned}$$

### 6. Kolom 14 baris 1

$$\begin{aligned} R &= \left( \frac{\text{Luas penampang basah}}{\text{keliling penampang basah}} \right)^{2/3} \\ &= \left( \frac{2,8}{4,64} \right)^{2/3} \\ &= 0,713 \end{aligned}$$

### 7. Kolom 15 baris 1

$$\begin{aligned} &= \text{Kemiringan saluran} \\ &= 0,0096^{1/2} \\ &= 0,098 \end{aligned}$$

### **8. Kolom 17 baris 1**

$$\begin{aligned} v &= n \times R \times I \\ &= 33,333 \times 0,713 \times 0,098 \\ &= 2,332 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

### **9. Kolom 18 baris 1**

$$\begin{aligned} Q_{\text{Saluran}} &= n \times R \times I \times A \\ &= 6,5284 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan khusus untuk baris 1 atau pada saluran A menghasilkan  $Q$  saluran sebesar  $6,5284 \text{ m}^3$  maka untuk saluran *outlet* ini dikategorikan sering terjadi limpasan air keluar atau banjir, karena debit salurannya kurang dari  $Q$  *outflow* Waduk Promenade yang diijinkan, yaitu  $10,325 \text{ m}^3$ . Karena jika  $Q$  saluran *outlet* waduk lebih kecil dari  $Q$  *outflow* waduk, maka pasti akan terjadi limpasan air atau banjir.

Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan tabel untuk mengkategorikan saluran *outlet* Waduk Promenade mana yang terjadi banjir dan tidak terjadi banjir atau aman.

Didapatkan hasil dari perhitungan dari saluran eksisting *outlet* dari Waduk Promenade dan beberapa saluran diketahui terjadi limpasan air atau banjir dan aman, maka perlu dilakukan perhitungan dan perencanaan ulang agar masalah banjir di saluran *outlet* dari Waduk Promenade dapat terselesaikan.

Dan pada kasus kali ini direncanakanlah rencana yang paling mudah dan cepat untuk dilaksanakan di lapangan, yaitu dengan memasang *U-ditch* ukuran  $200 \times 200$  di saluran *outlet* eksisting dari Waduk Promenade, dan menurunkan 1 m elevasi hulu saluran A yang sebelumnya 12,5 menjadi 11,5.

Tabel 5.11 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade

Nama Saluran	Dimensi Saluran (m)				Panjang Saluran	Elevasi Dasar	Koefisien Manning	Luas Penampang Basah	Keliling Penampang Basah	Kemiringan Saluran	Keterangan Saluran
	T	B	H	m	(m)	(m)		(m <sup>2</sup> )	(m)	(I)	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Saluran A	3	2.6	1	0.2	39.32	12.5	0.03	2.8	4.640	0.0096	Pasangan Batu Kali
Saluran B	3	2.6	1	0.2	12.5		0.03	2.8	4.640	0.0096	Pasangan Batu Kali
Saluran C	3	2.6	1	0.2	11.05		0.03	2.8	4.640	0.0096	Pasangan Batu Kali
Saluran D	3.3	2.9	1	0.2	9.92		0.03	3.1	4.940	0.0096	Pasangan Batu Kali
Saluran E	3	2.6	1	0.2	10.34		0.03	2.8	4.640	0.0096	Pasangan Batu Kali
Saluran F	3	2.6	1	0.2	9.66		0.03	2.8	4.640	0.0096	Pasangan Batu Kali
Saluran G	3	2.6	1	0.2	9.02		0.03	2.8	4.640	0.0096	Pasangan Batu Kali
Saluran H	4	3.6	1	0.2	13.74	11.52	0.03	3.8	5.640	0.0064	Pasangan Batu Kali

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.12 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade (Lanjutan)

Nama Saluran	Dimensi Saluran (m)				Panjang Saluran	Elevasi Dasar	Koefisien Manning	Luas Penampang Basah	Kuliling Penampang Basah	Kemiringan Saluran	Keteterangan Saluran
	T	B	H	m	(m <sup>2</sup> )	(I)		(m <sup>2</sup> )	(m)	(I)	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Saluran I	3.4	3	1	0.2	10		0.03	3.2	5.040	0.0064	Pasangan Batu Kali
Saluran J	2.6	2.2	1	0.2	10		0.03	2.4	4.240	0.0064	Pasangan Batu Kali
Saluran K	2.6	2.2	1	0.2	10		0.03	2.4	4.240	0.0064	Pasangan Batu Kali
Saluran L	2.6	2.2	1	0.2	10		0.03	2.4	4.240	0.0064	Pasangan Batu Kali
Saluran M	2.6	2.2	1	0.2	10		0.03	2.4	4.240	0.0064	Pasangan Batu Kali
Saluran N	2.75	2.35	1	0.2	16.93		0.03	2.55	4.390	0.0064	Pasangan Batu Kali
Saluran O	1.4	1.4	1.2	0	12.54	11	0.013	1.68	3.800	0.0038	Box Culvert
Saluran P	2.6	2.2	1.3	0.2	10		0.03	3.12	4.851	0.0038	Pasangan Batu Kali

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.13 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade (Lanjutan)

Nama Saluran	Dimensi Saluran				Panjang Saluran	Elevasi Dassar	Koefisien Manning	Luas Penampang Basah	Keliling Penampang Basah	Kemiringan Saluran	Keterangan Saluran
	T	B	H	M	(m2)	(I)		(m2)	(m)	(I)	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Saluran Q	2.6	2.2	1.3	0.2	10		0.03	3.12	4.851	0.0038	Pasangan Batu Kali
Saluran R	2.6	2.2	1.3	0.2	10		0.03	3.12	4.851	0.0038	Pasangan Batu Kali
Saluran S	2.6	2.2	1.3	0.2	10		0.03	3.12	4.851	0.0038	Pasangan Batu Kali
Saluran T	2.6	2.2	1.3	0.2	11.47	10.8	0.03	3.12	4.851	0.0005	Pasangan Batu Kali
Saluran U	1.5	1.5	1.3	0	34.87		0.013	1.95	4.100	0.0005	Box Culvert
Saluran V	2.5	2.1	1.5	0.2	48.43		0.03	3.45	5.159	0.0005	Pasangan Batu Kali
Saluran W	1.4	1	1	0.2	11.2	10.75	0.03	1.2	3.040	0.0039	Pasangan Batu Kali
Saluran X	2	2	1.4	0	34.77		0.03	2.8	4.800	0.0039	Pasangan Batu Kali
Saluran Y	2	2	1.4	0	30.36		0.03	2.8	4.800	0.0039	Pasangan Batu Kali

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.14 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade (Lanjutan)

Nama Saluran	Dimensi Saluran				Panjang Saluran	Elevasi Dasar	Koefisien Manning	Luas Penampang Basah	Keliling Penampang Basah	Kemiringan Saluran	Keterangan Saluran
	T	B	H	m	(m2)	(I)		(m2)	(m)	(I)	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Saluran Z	2.5	2.5	1.4	0	20	10.45	0.03	3.5	5.300	0.0039	Pasangan Batu Kali
Saluran AA	4.4	3.5	2.3	0.4	30	9.8	0.03	9.085	8.454	0.0217	Pasangan Batu Kali
Saluran AB	2.6	1.8	1.8	0.4	18	9.6	0.03	3.96	5.677	0.0111	Pasangan Batu Kali
Saluran AC	2.57	1.8	2	0.4	17.5	8.93	0.03	4.37	6.108	0.0383	Pasangan Batu Kali
Saluran AD	3	2.2	2.2	0.4	5	8.5	0.03	5.72	6.939	0.0860	Pasangan Batu Kali
Saluran AE	3	2.2	2.1	0.4	6	8.48	0.03	5.46	6.724	0.0033	Pasangan Batu Kali
Saluran AF	3	2.2	2.15	0. 4	15	8.44	0.03	5.59	6.831	0.0027	Pasangan Batu Kali
Saluran AG	3	2.2	2.15	0.4	20	8.31	0.03	5.59	6.831	0.0065	Pasangan Batu Kali

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.15 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade (Lanjutan)

Nama Saluran	Dimensi Saluran				Panjang Saluran	Elevasi Dasar	Koefisien Manning	Luas Penampang Basah	Keliling Penampang Basah	Kemiringan Saluran	Keterangan Saluran
	T	B	H	m	(m2)	(I)		(m2)	(m)	(I)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Saluran AH	3.1	2.3	2.15	0.4	28	8.1	0.03	5.805	6.931	0.0075	Pasangan Batu Kali
Saluran AI	3.15	2.35	2.15	0.4	30	7.55	0.03	5.9125	6.981	0.0183	Pasangan Batu Kali
Saluran AJ	1.3	1.3	0.77	0	15	7.28	0.027	1.001	2.840	0.0180	Saluran Tanah
Saluran AK	1.3	1.3	0.74	0	30	7.16	0.027	0.962	2.780	0.0040	Saluran Tanah
Saluran AL	1.3	1.3	0.91	0	25	6.71	0.027	1.183	3.120	0.0180	Saluran Tanah
Saluran AM	1.3	1.3	0.86	0	24	6.34	0.027	1.118	3.020	0.0154	Saluran Tanah
Saluran AN	1.3	1.3	1.13	0	19	5.72	0.027	1.469	3.560	0.0326	Saluran Tanah

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Untuk perhitungan dan penentuan kondisi saluran *outlet* eksisting Waduk Promenade banjir atau tidaknya saluran A sampai saluran AN dilanjutkan pada tabel 5.16, tabel 5.17 tabel 5.18 dan 5.19

Tabel 5.16 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade Banjir atau Aman

<b>Nama Saluran</b>	<b>Hitungan</b>					<b>Q Saluran (m3)</b>	<b>Kondisi Saluran</b>
	<b>1/n</b>	<b>R<sup>2/3</sup></b>	<b>I<sup>1/2</sup></b>	<b>A</b>	<b>v</b>		
<b>1</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Saluran A	33.333	0.713	0.098	2.8	2.332	6.5284	BANJIR
Saluran B	33.333	0.713	0.098	2.8	2.332	6.5284	BANJIR
Saluran C	33.333	0.713	0.098	2.8	2.332	6.5284	BANJIR
Saluran D	33.333	0.732	0.098	3.1	2.394	7.4199	BANJIR
Saluran E	33.333	0.713	0.098	2.8	2.332	6.5284	BANJIR
Saluran F	33.333	0.713	0.098	2.8	2.332	6.5284	BANJIR
Saluran G	33.333	0.713	0.098	2.8	2.332	6.5284	BANJIR
Saluran H	33.333	0.768	0.080	3.8	2.054	7.8060	BANJIR
Saluran I	33.333	0.738	0.080	3.2	1.974	6.3171	BANJIR
Saluran J	33.333	0.683	0.080	2.4	1.828	4.3870	BANJIR
Saluran K	33.333	0.683	0.080	2.4	1.828	4.3870	BANJIR
Saluran L	33.333	0.683	0.080	2.4	1.828	4.3870	BANJIR
Saluran M	33.333	0.683	0.080	2.4	1.828	4.3870	BANJIR
Saluran N	33.333	0.695	0.080	2.55	1.860	4.7427	BANJIR

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.17 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade Banjir atau Aman (Lanjutan)

Nama Saluran	Hitungan					Q Saluran (m <sup>3</sup> )	Kondisi Saluran Aman/Banjir
	1/n	R <sup>2/3</sup>	I <sup>1/2</sup>	A	v		
<b>1</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Saluran O	76.923	0.579	0.062	1.68	2.747	4.6146	BANJIR
Saluran P	33.333	0.744	0.062	3.12	1.530	4.7736	BANJIR
Saluran Q	33.333	0.744	0.062	3.12	1.530	4.7736	BANJIR
Saluran R	33.333	0.744	0.062	3.12	1.530	4.7736	BANJIR
Saluran S	33.333	0.744	0.062	3.12	1.530	4.7736	BANJIR
Saluran T	33.333	0.744	0.023	3.12	0.570	1.7772	BANJIR
Saluran U	76.923	0.608	0.023	1.95	1.074	2.0941	BANJIR
Saluran V	33.333	0.764	0.023	3.45	0.585	2.0172	BANJIR
Saluran W	33.333	0.536	0.063	1.2	1.121	1.3454	BANJIR
Saluran X	33.333	0.697	0.063	2.8	1.456	4.0777	BANJIR
Saluran Y	33.333	0.697	0.063	2.8	1.456	4.0777	BANJIR
Saluran Z	33.333	0.757	0.063	3.5	1.583	5.5389	BANJIR
Saluran AA	33.333	1.049	0.147	9.085	5.149	46.7771	AMAN

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.18 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade Banjir atau Aman (Lanjutan)

<b>Nama Saluran</b>	<b>Hitungan</b>					<b>Q Saluran</b>	<b>Kondisi Saluran</b>
	<b>1/n</b>	<b>R<sup>2/3</sup></b>	<b>I<sup>1/2</sup></b>	<b>A</b>	<b>v</b>	<b>(m3)</b>	<b>Aman/Banjir</b>
<b>1</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Saluran AB	33.333	0.786	0.105	3.96	2.760	10.9303	AMAN
Saluran AC	33.333	0.799	0.196	4.37	5.211	22.7742	AMAN
Saluran AD	33.333	0.879	0.293	5.72	8.588	49.1261	AMAN
Saluran AE	33.333	0.870	0.058	5.46	1.674	9.1399	BANJIR
Saluran AF	33.333	0.874	0.052	5.59	1.505	8.4125	BANJIR
Saluran AG	33.333	0.874	0.081	5.59	2.350	13.1340	AMAN
Saluran AH	33.333	0.888	0.087	5.805	2.563	14.8804	AMAN
Saluran AI	33.333	0.895	0.135	5.9125	4.038	23.8738	AMAN
Saluran AJ	37.037	0.497	0.134	1.001	2.471	2.4733	BANJIR

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.19 Perhitungan Kondisi Saluran Eksisting *Outlet* Waduk Promenade Banjir atau Aman (Lanjutan)

Nama Saluran	Hitungan					Q Saluran (m <sup>3</sup> )	Kondisi Saluran Aman/Banjir
	1/n	R <sup>2/3</sup>	I <sup>1/2</sup>	A	v		
<b>1</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Saluran AK	37.037	0.491	0.063	0.962	1.150	1.1068	BANJIR
Saluran AL	37.037	0.522	0.134	1.183	2.595	3.0695	BANJIR
Saluran AM	37.037	0.514	0.124	1.118	2.363	2.6420	BANJIR
Saluran AN	37.037	0.553	0.181	1.469	3.697	5.4314	BANJIR

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.20 Perhitungan Saluran Rencana Dengan Metode Pemasangan *U-ditch*

No	Nama Saluran	Dimensi Saluran (m)				Panjang Saluran	Elevasi Dasar	Koefisien Manning	Luas Penampang Basah	Keliling Penampang Basah	Kemiringan Saluran	Keterangan Saluran
		T	B	H	m							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Saluran A	2	2	2	0	39.32	11.5	0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
2	Saluran B	2	2	2	0	12.5		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
3	Saluran C	2	2	2	0	11.05		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
4	Saluran D	2	2	2	0	9.92		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
5	Saluran E	2	2	2	0	10.34		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
6	Saluran F	2	2	2	0	9.66		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
7	Saluran G	2	2	2	0	9.02		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
8	Saluran H	2	2	2	0	13.74		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
9	Saluran I	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
10	Saluran J	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
11	Saluran K	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
12	Saluran L	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
13	Saluran M	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.21 Perhitungan Saluran Rencana Dengan Metode Pemasangan *U-ditch* (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Dimensi Saluran (m)				Panjang Saluran	Elevasi Dasar	Koefisien Manning	Luas Penampang Basah	Keliling Penampang Basah	Kemiringan Saluran	Keterangan Saluran
		T	B	H	m				(n)	(A)	(P)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	Saluran N	2	2	2	0	16.93		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
15	Saluran O	2	2	2	0	12.54		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
16	Saluran P	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
17	Saluran Q	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
18	Saluran R	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
19	Saluran S	2	2	2	0	10		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
20	Saluran T	2	2	2	0	11.47		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
21	Saluran U	2	2	2	0	34.87		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
22	Saluran V	2	2	2	0	48.43		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
23	Saluran W	2	2	2	0	11.2		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
24	Saluran X	2	2	2	0	34.77		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
25	Saluran Y	2	2	2	0	30.36		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
26	Saluran Z	2	2	2	0	20		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
27	Saluran AA	2	2	2	0	30		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
28	Saluran AB	2	2	2	0	18		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.22 Perhitungan Saluran Rencana Dengan Pemasangan *U-ditch* (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Dimensi Saluran (m)				Panjang Saluran	Koefisien Manning	Elevasi Dasar	Luas Penampang Basah	Kelingiling Penampang Basah	Kemiringan Saluran	Keterangan Saluran
		T	B	H	m							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
29	Saluran AC	2	2	2	0	17.5		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
30	Saluran AD	2	2	2	0	5		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
31	Saluran AE	2	2	2	0	6		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
32	Saluran AF	2	2	2	0	15		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
33	Saluran AG	2	2	2	0	20		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
34	Saluran AH	2	2	2	0	28		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
35	Saluran AI	2	2	2	0	30		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
36	Saluran AJ	2	2	2	0	15		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
37	Saluran AK	2	2	2	0	30		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
38	Saluran AL	2	2	2	0	25		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
39	Saluran AM	2	2	2	0	24		0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>
40	Saluran AN	2	2	2	0	19	5.72	0.018	4	6.000	0.0082	<i>U-ditch</i>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Untuk perhitungan dan penentuan kondisi saluran rencana *outlet* dari Waduk Promenade banjir atau aman saluran dilanjutkan pada tabel 5.23 dan tabel 5.24

Tabel 5.23 Perhitungan Kondisi Saluran Rencana *Outlet* Waduk Promenade Banjir atau Aman.

No	Nama Saluran	Hitungan					Q Saluran	Kondisi Saluran Aman/Banjir
		1/n	R <sup>2/3</sup>	I <sup>1/2</sup>	A	v		
1	2	14	15	16	17	18	19	20
1	Saluran A	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
2	Saluran B	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
3	Saluran C	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
4	Saluran D	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
5	Saluran E	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
6	Saluran F	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
7	Saluran G	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
8	Saluran H	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
9	Saluran I	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
10	Saluran J	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
11	Saluran K	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
12	Saluran L	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
13	Saluran M	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
14	Saluran N	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
15	Saluran O	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
16	Saluran P	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
17	Saluran Q	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
18	Saluran R	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
19	Saluran S	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
20	Saluran T	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
21	Saluran U	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
22	Saluran V	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
23	Saluran W	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
24	Saluran X	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
25	Saluran Y	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
26	Saluran Z	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
27	Saluran AA	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
28	Saluran AB	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.24 Perhitungan Kondisi Saluran Rencana *Outlet* Waduk Promenade Banjir atau Aman (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Hitungan					Q Saluran	Kondisi Saluran Aman/Banjir
		1/n	R <sup>2/3</sup>	I <sup>1/2</sup>	A	v		
1	2	14	15	16	17	18	19	20
29	Saluran AC	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
30	Saluran AD	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
31	Saluran AE	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
32	Saluran AF	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
33	Saluran AG	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
34	Saluran AH	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
35	Saluran AI	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
36	Saluran AJ	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
37	Saluran AK	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
38	Saluran AL	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
39	Saluran AM	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN
40	Saluran AN	55.6	0.762	0.090	4	3.824	15.30	AMAN

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Didapatkan dari hasil perhitungan rencana dengan melakukan pemasangan *U-ditch* ukuran 200x200 pada saluran eksisting *outlet* dari Waduk Promenade dan juga dengan menurunkan elevasi Saluran A atau saluran *outlet* hulu sebesar 1 m dari 12,5 ke 11,5 bahwa seluruh saluran *outlet* Waduk Promenade aman dari terjadinya limpasan air atau banjir dalam kurun waktu durasi 10 tahun karena Q salurannya rata-rata sebesar 15,30 m<sup>3</sup> jauh melebihi batas dari Q *outflow* dari Waduk Promenade yang hanya sebesar 10,325 m<sup>3</sup>.

### 5.3 Kebutuhan Air Baku Untuk Penyiraman Tanaman

#### 5.3.1 Penyiraman Tanaman dengan Kondisi *Storage* Waduk Penuh

Menyiram tanaman merupakan aktivitas yang harus dilakukan untuk membuat tanaman tetap segar dan sehat. Karena semua makhluk hidup pastinya akan membutuhkan air untuk bertahan hidup, begitu juga dengan tanaman. Dengan menyiram secara rutin dengan cara yang benar dan waktu yang tepat, maka tanaman yang dibudidayakan akan berkembang dengan baik.

Dalam menyiram tanaman ini yang perlu diperhatikan adalah kadar dan kebutuhan air harus disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Tidak kurang dan tidak pula berlebihan jika intensitas air dalam menyiram kurang, maka otomatis tanaman masih belum mendapatkan pasokan air yang cukup, dan begitu pula sebaliknya.

Selama ini, pihak PT. Ciputra Surya, Tbk selaku pengembang utama Perumahan Citraland hanya mengandalkan penyiraman tanamannya menggunakan pasokan air dari pihak ketiga, yakni PDAM. Dan dalam hal ini masih terjadi pemborosan dalam hal biaya dan proses pengambilan airnya, karena selama ini total air baku untuk penyiraman tanaman pada kawasan DAS yang studi ini tinjau sebesar 750 m<sup>3</sup> atau 750.000 liter air untuk tiap penyiramannya.

Dalam kasus ini terlebih dahulu perlu dilakukan pembagian untuk tiap-tiap segmen dari daerah aliran sungai (DAS) studi untuk selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan air dari tiap segmen yang ditinjau yang akhirnya akan didapatkan berapa besar debit volume kebutuhan air untuk satu segmen yang didalamnya terdapat taman-taman dengan berbagai variasi luasan dan jenis tanaman agar didapatkan hasil volume komulatif untuk penyiramannya, dan apakah dari studi ini khususnya untuk kebutuhan air baku tanaman di Kawasan Citraland lebih bisa diminimalisir daripada kebutuhan eksisting penyiraman selama ini melalui pemanfaatan dari Waduk Promenade.

Kemudian didapatkan perhitungan dan pembagian segmen dan posisi-posisi dari taman yang ditinjau yang terlampir di lampiran, dan untuk segmen dan luasan tiap taman bisa dilihat pada tabel 5.25, tabel 5.26, tabel 5.27, tabel 5.28, tabel 5.29 dan tabel 5.30.

Tabel 5.25 Luas Segmen A

Segmen A	
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )
1	625
2	302
3	160
4	160
5	290
6	222
7	410
8	378
9	278
Total	2825

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.27 Luas Segmen C

Segmen C	
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )
1	53
2	53
3	53
4	53
5	53
6	53
7	53
8	1068
9	53
10	312
11	2780
12	420
13	190
14	57
15	58
16	60
17	62
18	53

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.26 Luas Segmen B

Segmen B	
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )
1	53
2	53
3	47
4	410
5	120
6	410
7	53
8	175
9	175
10	120
11	4939
Total	6555

Tabel 5.28 Luas Segmen C (Lanjutan)

Segmen C	
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )
19	71
20	102
21	53
22	689
23	104
24	110
25	112
26	9676
27	140
28	170
29	110
30	78
31	320
32	340
33	735
34	101
35	102
36	120
Total	18617

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.29 Luas Segmen D

Segmen D	
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )
1	89
2	58
3	58
4	76
5	70
6	60
7	60
8	60
9	78
10	210
11	58
12	190
13	90

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.30 Luas Segmen D (Lanjutan)

Segmen D	
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )
14	400
15	267
16	179
17	140
18	50
19	210
20	257
21	200
22	210
23	220
24	167
25	89
26	59
Total	1157

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah didapatkan luasan dari tiap-tiap segmen, maka selanjutnya dilakukan penghitungan kebutuhan air untuk setiap taman didalam sebuah segmen. Dan untuk mengetahui berapa kebutuhan air untuk tiap 1 m<sup>2</sup> luasan taman, maka perlu dilakukan survey lapangan dan wawancara kepada pihak PT. Ciputra Surya, Tbk untuk mengetahuinya.

Dalam kajian ini, dari pihak PT. Ciputra Surya menjelaskan bahwa untuk kebutuhan air tiap 250 m<sup>2</sup> luasan 1 taman dalam sebuah segmen dibutuhkan 1 truk tangki air berkapsitas 5.000 liter atau 5 m<sup>3</sup>, dan dalam hal ini seluruh jenis tanaman membutuhkan porsi airHarian yang sama satu sama lain, karena dalam 1 luasan taman terdapat berbagai macam perpaduan tanaman, seperti pohon tabebuya, pohon pule, pohon palem, pohon bougenville rumput gajah dan rumput hias.

Untuk kebutuhan truk tangki dan kebutuhan air untuk penyiraman air tiap-tiap segmen dan taman terdapat pada tabel 5.31, tabel 5.32, tabel 5.33, tabel 5.33, tabel 5.35 dan tabel 5.36.

Tabel 5.31 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen A

<b>Segmen A</b>			
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Truk Tangki	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> )
1	625	2,5	12,5
2	302	1,208	6,04
3	160	0,64	3,2
4	160	0,64	3,2
5	290	1,16	5,8
6	222	0,888	4,44
7	410	1,64	8,2
8	378	1,512	7,56
9	278	1,112	5,56
Total	2.825	11,3	56,5

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.32 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen B

<b>Segmen B</b>			
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Truk Tangki	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> )
1	53	0,212	1,06
2	53	0,212	1,06
3	47	0,188	0,94
4	410	1,64	8,2
5	120	0,48	2,4
6	410	1,64	8,2
7	53	0,212	1,06
8	175	0,7	3,5
9	175	0,7	3,5
10	120	0,48	2,4
11	4939	19,756	98,78
Total	6.555	26,22	131,1

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.33 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen C

109

Segmen C			
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Truk Tangki	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> )
1	53	0,212	1,06
2	53	0,212	1,06
3	53	0,212	1,06
4	53	0,212	1,06
5	53	0,212	1,06
6	53	0,212	1,06
7	53	0,212	1,06
8	1068	4,272	21,36
9	53	0,212	1,06
10	312	1,248	6,24
11	2780	11,12	55,6
12	420	1,68	8,4
13	190	0,76	3,8
14	57	0,228	1,14
15	58	0,232	1,16
16	60	0,24	1,2
17	62	0,248	1,24
18	53	0,212	1,06
19	71	0,284	1,42
20	102	0,408	2,04
21	53	0,212	1,06
22	689	2,756	13,78
23	104	0,416	2,08
24	110	0,44	2,2
25	112	0,448	2,24
26	9676	38,704	193,52
27	140	0,56	2,8
28	170	0,68	3,4
29	110	0,44	2,2
30	78	0,312	1,56

(Sumber: Hasil Perhitungan)

110 (Lanjutan) Tabel 5.34 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen C

<b>Segmen C</b>			
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Truk Tangki	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> )
31	320	1,28	6,4
32	340	1,36	6,8
33	735	2,94	14,7
34	101	0,404	2,02
35	102	0,408	2,04
36	120	0,48	2,4
Total	18.617	74,47	372,34

(Sumber: Hasil Perhitungan)

(Lanjutan) Tabel 5.35 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen D

<b>Segmen D</b>			
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Truk Tangki	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> )
1	89	0,356	1.78
2	58	0,232	1.16
3	58	0,232	1.16
4	76	0,304	1.52
5	70	0,28	1.4
6	60	0,24	1.2
7	60	0,24	1.2
8	60	0,24	1.2
9	78	0,312	1.56
10	210	0,84	4.2
11	58	0,232	1.16
12	190	0,76	3.8
13	90	0,36	1.8
14	400	1,6	8
15	267	1,068	5.34
16	179	0,716	358

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.36 Kebutuhan Truk Tangki dan Air Segmen D (Lanjutan)

<b>Segmen D</b>			
Nomor Taman	Luas (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Truk Tangki	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> )
17	140	0,56	2,8
18	50	0,2	1
19	210	0,84	4,2
20	257	1,028	5,14
21	200	0,8	4
22	210	0,84	4,2
23	220	0,88	4,4
24	167	0,668	3,34
25	89	0,356	1,78
26	59	0,236	1,18
Total	3.605	14,42	72,1

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari tabel 5.28, tabel 5.29, tabel 5.30, tabel 5.31, tabel 5.32 dan tabel 5.33 didapatkan kebutuhan truk tangki dan kebutuhan komulatif air untuk penyiraman 1 segmen, dan juga tiap-tiap taman dalam segmen tersebut.

Untuk total keseluruhan luas, kebutuhan truk tangki dan kebutuhan air adalah:

1. Segmen A
  - Luas taman : 2.825 m<sup>2</sup>
  - Kebutuhan truk tangki : 11,3 truk
  - Kebutuhan air : 56,5 m<sup>3</sup>
2. Segmen B
  - Luas taman : 6.555 m<sup>2</sup>
  - Kebutuhan truk tangki : 26,22 truk
  - Kebutuhan air : 131,1 m<sup>3</sup>

3. Segmen C

- Luas taman : 18.617 m<sup>2</sup>
- Kebutuhan truk tangki : 74,468 truk
- Kebutuhan air : 372,34 m<sup>3</sup>

4. Segmen D

- Luas taman : 3.605 m<sup>2</sup>
- Kebutuhan truk tangki : 14,42 truk
- Kebutuhan air : 72,1 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Total luas taman} &= \text{Segmen A} + \text{Segmen B} + \text{Segmen C} \\
 &\quad + \text{Segmen D} \\
 &= 2.825 \text{ m}^2 + 6.555 \text{ m}^2 + 18.617 \text{ m}^2 \\
 &\quad + 3.605 \text{ m}^2 \\
 &= 31.602 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total kebutuhan truk tangki} &= \text{Segmen A} + \text{Segmen B} \\
 &\quad + \text{Segmen C} + \text{Segmen D} \\
 &= 11,3 \text{ truk} + 26,22 \text{ truk} \\
 &\quad + 74,47 \text{ truk} + 14,42 \text{ truk} \\
 &= 126,408 \text{ truk} \approx 127 \text{ truk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total kebutuhan air} &= \text{Segmen A} + \text{Segmen B} + \text{Segmen C} \\
 &\quad + \text{Segmen D} \\
 &= 56,5 \text{ m}^3 + 131,1 \text{ m}^3 + 372,34 \text{ m}^3 \\
 &\quad + 72,1 \text{ m}^3 \\
 &= 632,04 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk total kebutuhan air penyiraman tanaman pada seluruh area DAS yang dikaji adalah sebesar 632,04 m<sup>3</sup> atau 632.040 liter, dan sementara untuk total tampungan isi komulatif Waduk Promenade adalah sebesar 7.557m<sup>3</sup>.

Jadi lewat pemanfaatan Waduk Promenade sebagai media pemasok utama untuk kebutuhan air baku tanaman di Kawasan Citraland, Kota Surabaya amat sangat memenuhi, karena selain menghemat kebutuhan air baku tanaman dalam hal biaya juga menghemat dalam hal volume komulatifnya karena selama memakai pihak ketiga dalam penyiramannya, yakni PDAM.

Jadi volume terhitung untuk kebutuhan air baku tanaman eksisting selama ini sebesar 750 m<sup>3</sup>, tapi jika melalui pemanfaatan Waduk Promenade untuk kebutuhan air baku tanaman hanya 632,04 m<sup>3</sup>, lebih sedikit 117,96 m<sup>3</sup> 117.960 liter.

Setelah dilakukan penyiraman tanaman keseluruhan maka sisa tampungan dari Waduk Promenade dikurangi kebutuhan penyiraman adalah, 7.557 m<sup>3</sup> - 632,04 m<sup>3</sup> = 17.001 m<sup>3</sup>, dan dari volume akhir atau sisa dari Waduk Promenade ini sangat bisa dimanfaatkan tampungannya untuk kebutuhan air baku tanaman pada segmen atau *cluster* lain, dan bahkan bahkan mampu sebagai media dan sarana untuk irigasi pada kawasan sekitarnya.

### **5.3.2 Penyiraman Tanaman dengan Sistem Pemakaian Curah Hujan Harian**

Untuk penyiraman tanaman dengan sistem pemakaian curah hujan harian tentunya menggunakan data sekunder curah hujan harian dari 2 stasiun hujan yang studi ini tinjau, yaitu Stasiun Hujan Kandangan dan Stasiun Hujan Kebon Agung.

Dalam perhitungan kebutuhan penyiraman dengan data hujan harian ada korelasi antara koefisien dan luas Daerah Aliran Sungai. Dan untuk mendapatkan debit curah hujan harian dari tiap-tiap waktu atau tanggal dilakukan perhitungan dengan rumus:

Curah Hujan per-harian x Koefisien pengaliran x Luas DAS

Maka digunakan contoh data curah hujan harian dari Stasiun Hujan Kandangan pada tahun 2015 pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37 Tabel CH Harian Stasiun Hujan Kandangan Th. 2015

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	32	3	11	0	7	0	0	0	0	0	0	0
2	19	9	3	8	6	0	0	0	0	0	0	0
3	0	22	20	14	41	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: UPT PSAWS. Buntung Paketingan Surabaya

Tabel 5.38 Tabel CH Harian Stasiun Hujan Kandangan Th. 2015 (Lanjutan)

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
4	2	9	13	0	12	0	0	0	0	0	12	21
5	5	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	22
6	8	12	38	0	0	0	0	0	0	0	0	27
7	0	17	27	0	0	0	0	0	0	0	0	24
8	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	7	14	0	0	11	0	0	0	0	0	0
10	0	5	7	0	0	0	0	0	0	0	8	0
11	0	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	6	0	12	0	0	8	0	0	0	0	0
14	0	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
16	4	2	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	12	41	57	48	0	0	0	0	0	0	0	0
18	2	10	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0
19	36	9	15	47	0	0	0	0	0	0	0	13
20	57	16	18	8	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	3	6	4	0	0	0	0	0	0	0	9
22	0	32	12	0	0	0	0	0	0	0	0	13
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	14	0	0	4	26	0	0	0	0	0	0	0
25	18	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
26	19	11	4	10	24	0	0	0	0	0	19	19
27	0	17	0	16	16	0	0	0	0	0	0	24
28	3	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	51
29	42		0	11	0	0	0	0	0	0	0	63
30	52		0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
31	5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	24

Sumber: UPT PSAWS. Buntung Paketingan Surabaya

Karena studi ini menggunakan 2 stasiun hujan, maka stasiun hujan terdekat dari DAS adalah Stasiun Hujan Kebon Agung. Maka digunakan contoh data curah hujan harian dari Stasiun Hujan Kebon Agung pada tahun 2015 pada tabel 5.39.

Tabel 5.39 Tabel CH Harian Stasiun Hujan Kebon Agung Th. 2015

TGL	BULAN (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	12	0	32	0	42	0	0	0	0	0	0	0
2	0	5	17.5	17	35	0	0	0	0	0	0	0
3	10	4	5	20	42	0	0	0	0	0	0	0
4	0	28	17	4.5	8	0	0	0	0	0	7	14
5	0	46	68	9.5	32	0	0	0	0	0	0	23
6	0	17	24	12	0	0	0	0	0	0	0	37
7	0	9	0	7	0	0	0	0	0	0	0	22
8	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	56.5	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	13	0
11	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14	8	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
14	25	23	19	14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	31	5	43	0	0	0	0	0	0	0	39
16	17	20	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	30	9.5	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0
18	19	10	6	35	0	0	0	0	0	0	0	0
19	21	20	14	25	0	0	0	0	0	0	0	13
20	28	57	31	0	0	0	0	0	0	0	16	0
21	0	25	22	28	0	0	0	0	0	0	0	19
22	1	33	24	15	0	0	0	0	0	0	0	10
23	0	0	19	18	0	0	0	0	0	0	0	8
24	4	0	0	9	17	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: UPT PSAWS. Buntung Paketingan Surabaya

Tabel 5.40 Tabel CH Harian Stasiun Hujan Kebon Agung Th. 2015 (Lanjutan)

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
25	12	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
26	36	20	6	0	15	0	0	0	0	0	7	9
27	0	38	0	5	20	0	0	0	0	0	0	29
28	20	14	0	10	0	0	0	0	0	0	0	34
29	23		0	15	0	0	0	0	0	0	0	61
30	8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
31	24		16	0		0	0	0	0	0		16

Sumber: UPT PSAWS. Buntung Paketingan Surabaya

Kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari rata-rata curah hujan harian dari kedua stasiun hujan yang ditinjau. Maka didapatkan nilanya pada tabel 5.41.

Tabel 5.41 Rata-rata CH Harian Stasiun Kandangan dan Stasiun Hujan Kebon Agung Tahun 2015

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	22	1.5	21.5	0	24.5	0	0	0	0	0	0	0
2	9.5	7	3	12.5	20.5	0	0	0	0	0	0	0
3	5	13	12.5	17	41.5	0	0	0	0	0	0	0
4	1	18.5	15	0	10	0	0	0	0	0	9.5	17.5
5	2.5	35.5	35	0	16	0	0	0	0	0	0	22.5
6	4	14.5	31	6	0	0	0	0	0	0	0	32
7	0	13	13.5	3.5	0	0	0	0	0	0	0	23
8	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	31.75	7	0	0	14	0	0	0	0	0	0
10	0	2.5	6	0	0	0	0	0	0	0	10.5	0
11	0	4.5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1.5	24.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.42 Rata-rata CH Harian Stasiun Kandangan dan Stasiun Hujan Kebon Agung Tahun 2015 (Lanjutan)

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
13	7.5	7	0	21	0	0	4	0	0	0	0	0
14	12.5	16.5	9.5	11	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	46	2.5	21.5	0	0	0	0	0	0	0	38
16	10.5	11	43.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	21	25.25	33	26.5	0	0	0	0	0	0	0	0
18	10.5	10	3	49	0	0	0	0	0	0	0	0
19	28.5	14.5	14.5	36	0	0	0	0	0	0	0	13
20	42.5	36.5	24.5	4	0	0	0	0	0	0	8	0
21	0	14	14	16	0	0	0	0	0	0	0	14
22	0.5	32.5	18	7.5	0	0	0	0	0	0	0	11.5
23	0	0	9.5	9	0	0	0	0	0	0	0	4
24	9	0	0	6.5	21.5	0	0	0	0	0	0	0
25	15	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
26	27.5	15.5	5	5	19.5	0	0	0	0	0	13	14
27	0	27.5	0	10.5	18	0	0	0	0	0	0	26.5
28	11.5	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	42.5
29	32.5		0	13	0	0	0	0	0	0	0	62
30	30		0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
31	14.5		8		0		0	0		0		20

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah didapatkan angka rata-rata curah hujan pada tiap satuan tanggal dan waktu dari 2 stasiun hujan yaitu Stasiun Hujan Kandangan dan Stasiun Hujan Gunung Sari, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan debit ( $m^3$ ) untuk tiap-tiap satuan tanggal dan waktu.

- Diketahui:

$$\text{Luas DAS} = 0,76 \text{ km}^2 = 760.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Koefisien pengaliran} = 0,70$$

- Dengan Contoh perhitungan:

$$\text{CH rata-rata 2 stasiun hujan pada 1, Januari 2015} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Debit CH}_x = \text{CH per-harian} \times \text{Koefisien} \times \text{Luas DAS}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit CH}_{22} &= (22 \cdot 10^{-3}) \text{ m} \times 0,70 \times 720.000 \text{ m}^2 \\ &= 1.109 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jadi, pada tanggal 1 Januari 2015 saja debit air yang tertampung pada Waduk Promenade sebanyak  $1.108,8 \text{ m}^3$

Dan didapatkan tabel hasil perhitungan untuk debit curah hujan harian yang tertampung pada Waduk Promenade di tahun 2015 ditampilkan pada tabel 5.43.

Tabel 5.43 Debit (Q) CH Rata-rata 2 Stasiun Hujan

TGL	B U L A N (m <sup>3</sup> )											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	1109	76	1084	0	1235	0	0	0	0	0	0	0
2	479	353	152	630	1034	0	0	0	0	0	0	0
3	252	655	630	857	2097	0	0	0	0	0	0	0
4	51	932	756	0	504	0	0	0	0	0	479	882
5	126	1789	1764	0	807	0	0	0	0	0	0	1134
6	22	731	1563	33	0	0	0	0	0	0	0	1613
7	0	655	681	177	0	0	0	0	0	0	0	1160
8	0	0	0	1563	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1600	353	0	0	706	0	0	0	0	0	0
10	0	126	303	0	0	0	0	0	0	0	530	0
11	0	227	454	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	76	1235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	378	353	0	1059	0	0	202	0	0	0	0	0
14	630	832	479	555	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	2319	126	1084	0	0	0	0	0	0	0	1916
16	529	55	2193	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 5.44 Debit CH Rata-rata 2 Stasiun Hujan (Lanjutan)

TGL	B U L A N (m <sup>3</sup> )											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
17	1059	1273	1664	1336	0	0	0	0	0	0	0	0
18	529.2	504	151.2	2469.6	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1436.4	730.8	730.8	1814.4	0	0	0	0	0	0	0	655.2
20	2142	1839.6	1234.8	201.6	0	0	0	0	0	0	403.2	0
21	0	705.6	705.6	806.4	0	0	0	0	0	0	0	705.6
22	25.2	1638	907.2	378	0	0	0	0	0	0	0	579.6
23	0	0	478.8	453.6	0	0	0	0	0	0	0	201.6
24	453.6	0	0	327.6	1083.6	0	0	0	0	0	0	0
25	756	0	0	0	907.2	0	0	0	0	0	0	0
26	1386	781.2	252	252	982.8	0	0	0	0	0	655.2	705.6
27	0	1386	0	529.2	907.2	0	0	0	0	0	0	1335.6
28	579.6	504	0	352.8	0	0	0	0	0	0	0	2142
29	1638		0	655.2	0	0	0	0	0	0	0	3124.8
30	1512		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1310.4
31	730.8		403.2		0		0		0			1008

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah didapatkan debit (m<sup>3</sup>) harian dari perhitungan rata-rata curah hujan 2 stasiun hujan, yaitu Stasiun Hujan Kandangan dan Stasiun Hujan Kebon Agung, kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan penyiraman tanaman dengan metode 3 harian untuk sekali penyiraman.

Pertama, dilakukan perhitungan untuk penyiraman 3 harian pertama, dengan cara menjumlahkan debit rata-rata untuk 3 hari pertama di bulan yang sama:

1. Debit penyiraman taman pada Bulan Januari:

$$\begin{aligned}
 \text{a. Debit penyiraman } 1 &= \overline{CH} \text{ Januari tanggal 1} + \overline{CH} \text{ Januari} \\
 &\quad \text{tanggal 2} + \overline{CH} \text{ Januari tanggal 3} \\
 &= 1.840 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $1.840 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.208 \text{ m}^3$ .

- b. Debit penyiraman  $2 = \overline{CH}$  Januari tanggal 4 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 5 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 6  
 $= 378 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen C di Kawasan Citraland dengan kebutuhan air sebesar  $372,34 \text{ m}^3$ , dan sisa air bisa digunakan untuk penyiraman Segmen D dengan nomer Taman 1, Taman 2 dan Taman 3.

- c. Debit penyiraman  $3 = \overline{CH}$  Januari tanggal 12 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 13 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 14  
 $= 1.083 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $1.083 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 451.56 \text{ m}^3$ .

- d. Debit penyiraman  $4 = \overline{CH}$  Januari tanggal 16 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 17 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 18  
 $= 2.116 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $2.116 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.484 \text{ m}^3$ .

- e. Debit penyiraman  $5 = \overline{CH}$  Januari tanggal 19 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 20 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 22  
 $= 3.604 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $3.604 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 2.971,6 \text{ m}^3$ .

f. Debit penyiraman 6 =  $\overline{CH}$  Januari tanggal 24 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 25 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 26  
 $= 2.596 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $2.596 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.963,6 \text{ m}^3$ .

g. Debit penyiraman 7 =  $\overline{CH}$  Januari tanggal 28 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 29 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 30 +  $\overline{CH}$  Januari tanggal 31  
 $= 4.460,4 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $4.460,4 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.828,4 \text{ m}^3$ .

## 2. Debit penyiraman taman pada Bulan Pebruari:

a. Debit penyiraman 8 =  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 1 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 2 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 3  
 $= 1.083,6 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $1.083,6 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 451,6 \text{ m}^3$ .

b. Debit penyiraman 9 =  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 4 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 5 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 6  
 $= 3.452,4 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $3.452,4 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 2.820,4 \text{ m}^3$ .

c. Debit penyiraman 10 =  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 7 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 9 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 10  
 $= 2.381,4 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $2.381,4 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.749,4 \text{ m}^3$ .

- d. Debit penyiraman  $11 = \overline{CH}$  Pebruari tanggal 1 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 12 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 13  
 $= 1.814 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $1.814 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.182,4 \text{ m}^3$ .

- e. Debit penyiraman  $12 = \overline{CH}$  Pebruari tanggal 14 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 15 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 16  
 $= 3.704 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $3.704 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.072,4 \text{ m}^3$ .

- f. Debit penyiraman  $13 = \overline{CH}$  Pebruari tanggal 17 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 18 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 19  
 $= 2.507,4 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $2.507,4 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.875,4 \text{ m}^3$ .

- g. Debit penyiraman  $14 = \overline{CH}$  Pebruari tanggal 20 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 21 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 22  
 $= 4.183,4 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $4.183,4 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.551,2 \text{ m}^3$ .

- h. Debit penyiraman  $15 = \overline{CH}$  Pebruari tanggal 26 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 27 +  $\overline{CH}$  Pebruari tanggal 28  
 $= 2.671,4 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air  $2.671,4 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 2.039,2 \text{ m}^3$ .

3. Debit penyiraman taman pada Bulan Maret:

- Debit penyiraman 16 =  $\overline{CH}$  Maret tanggal 1 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 2 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 3  
 $= 1.864,8 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.864,8 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.232,8 \text{ m}^3$ .

- Debit penyiraman 17 =  $\overline{CH}$  Maret tanggal 4 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 5 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 6  
 $= 4.082,4 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $4.082,4 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.450,4 \text{ m}^3$ .

- Debit penyiraman 18 =  $\overline{CH}$  Maret tanggal 7 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 9 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 10  
 $= 1.335,6 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.335,6 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 704 \text{ m}^3$ .

- Debit penyiraman 19 =  $\overline{CH}$  Maret tanggal 11 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 14 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 15  
 $= 1.058,4 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.058,4 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 426,4 \text{ m}^3$ .

- e. Debit penyiraman  $20 = \overline{CH}$  Maret tanggal 16 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 17 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 18  
 $= 4.007 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $4.007 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.375 \text{ m}^3$ .

- f. Debit penyiraman  $21 = \overline{CH}$  Maret tanggal 19 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 20 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 21  
 $= 2.672 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $2.672 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 2.039 \text{ m}^3$ .

- g. Debit penyiraman  $22 = \overline{CH}$  Maret tanggal 22 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 23 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 26 +  $\overline{CH}$  Maret tanggal 31  
 $= 2.041 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $2.041 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.410 \text{ m}^3$ .

#### 4. Debit penyiraman taman pada Bulan April:

- a. Debit penyiraman  $23 = \overline{CH}$  April tanggal 2 +  $\overline{CH}$  April tanggal 3 +  $\overline{CH}$  April tanggal 6  
 $= 1.790 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.790 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.157 \text{ m}^3$ .

- b. Debit penyiraman  $24 = \overline{CH}$  April tanggal 7 +  $\overline{CH}$  April tanggal 8 +  $\overline{CH}$  April tanggal 13  
 $= 2.797 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $2.797 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 2.165 \text{ m}^3$ .

- c. Debit penyiraman 25 =  $\overline{CH}$  April tanggal 14 +  $\overline{CH}$  April tanggal 15 +  $\overline{CH}$  April tanggal 17  
 $= 2.973,6 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $2.973 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 2.341,6 \text{ m}^3$ .

- d. Debit penyiraman 26 =  $\overline{CH}$  April tanggal 18 +  $\overline{CH}$  April tanggal 19 +  $\overline{CH}$  April tanggal 20  
 $= 4.485,6 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $4.485,6 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.853,6 \text{ m}^3$ .

- e. Debit penyiraman 27 =  $\overline{CH}$  April tanggal 21 +  $\overline{CH}$  April tanggal 22 +  $\overline{CH}$  April tanggal 23  
 $= 1.638 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1638 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 1.006 \text{ m}^3$ .

- f. Debit penyiraman 28 =  $\overline{CH}$  Maret April 24 +  $\overline{CH}$  April tanggal 26 +  $\overline{CH}$  April tanggal 27  
 $= 1.109 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.109 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 477 \text{ m}^3$ .

- g. Debit penyiraman 29 =  $\overline{CH}$  April tanggal 28 +  $\overline{CH}$  April tanggal 29  
 $= 1.008 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.008 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 376 \text{ m}^3$ .

5. Debit penyiraman taman pada Bulan Mei:

- Debit penyiraman 30 =  $\overline{CH}$  Mei tanggal 1 +  $\overline{CH}$  Mei tanggal 2 +  $\overline{CH}$  Mei tanggal 3  
 $= 4.359 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $4.359 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.727 \text{ m}^3$ .

- Debit penyiraman 31 =  $\overline{CH}$  Mei tanggal 4 +  $\overline{CH}$  Mei tanggal 5  
 $= 1.310 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.310 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 678 \text{ m}^3$ .

- Debit penyiraman 32 =  $\overline{CH}$  Mei tanggal 24 +  $\overline{CH}$  Mei tanggal 25 +  $\overline{CH}$  Mei tanggal 26 +  $\overline{CH}$  Mei tanggal 27  
 $= 3.881 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $3.881 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.248 \text{ m}^3$ .

6. Debit penyiraman taman pada Bulan Juni:

- Debit penyiraman 33 =  $\overline{CH}$  Juni tanggal 9  
 $= 706 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $706 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 73.56 \text{ m}^3$ .

7. Debit penyiraman taman pada Bulan Juli:

$$\begin{aligned} \text{a. Debit penyiraman } 34 &= \overline{CH} \text{ Juni tanggal } 9 \\ &= 201,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Hanya mampu meyirami Segmen Taman B dan D.

8. Debit penyiraman taman pada Bulan Agustus:

Pada Bulan Agustus sama sekali tidak ada curah hujan harian.

9. Debit penyiraman taman pada Bulan September:

Pada Bulan September sama sekali tidak ada curah hujan harian.

10. Debit penyiraman taman pada Bulan Oktober:

Pada Bulan Oktober sama sekali tidak ada curah hujan harian.

11. Debit penyiraman taman pada Bulan Nopember:

$$\begin{aligned} \text{a. Debit penyiraman } 35 &= \overline{CH} \text{ Nopember tanggal } 4 \\ &= 479 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Hanya mampu meyirami Segmen Taman C dan D, ditambah taman nomor 1 sampai dengan 10 di Segmen Taman B.

$$\begin{aligned} \text{b. Debit penyiraman } 36 &= \overline{CH} \text{ Nopember tanggal } 10 \\ &= 529,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Mampu meyirami Segmen Taman A, B dan D juga beberapa taman di Segmen C antara lain adalah taman nomor 1 sampai dengan taman nomor 15.

$$\begin{aligned} \text{c. Debit penyiraman } 37 &= \overline{CH} \text{ Nopember tanggal } 20 \\ &= 403,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Mampu meyirami Segmen C dengan nomor taman 16 sampai taman nomor 36, dan seluruh taman di Segmen B dan sisanya di taman nomor 5 di Segmen A.

- d. Debit penyiraman 38 =  $\overline{CH}$  Nopember tanggal 26  
 $= 655,2 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $655,2 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3$   
 $= 23,16 \text{ m}^3$ .

12. Debit penyiraman taman pada Bulan Desember:

- a. Debit penyiraman 39 =  $\overline{CH}$  Desember tanggal 4 +  $\overline{CH}$   
 Desember tanggal 5 +  $\overline{CH}$  Desember tanggal 6  
 $= 3.629 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $3.629 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3$   
 $= 2.997 \text{ m}^3$ .

- b. Debit penyiraman 40 =  $\overline{CH}$  Desember tanggal 7  
 $= 1.159,2 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.159,2 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3$   
 $= 528 \text{ m}^3$ .

- c. Debit penyiraman 41 =  $\overline{CH}$  Desember tanggal 15  
 $= 1.915,2 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.915,2 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3$   
 $= 1.283,2 \text{ m}^3$ .

- d. Debit penyiraman 42 =  $\overline{CH}$  Desember tanggal 19  
 $= 655,2 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $655,2 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3$   
 $= 23,16 \text{ m}^3$ .

e. Debit penyiraman  $43 = \overline{CH}$  Desember tanggal 21 +  $\overline{CH}$  Desember tanggal 22 +  $\overline{CH}$  Desember tanggal 23  
 $= 1.487 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $1.487 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 855 \text{ m}^3$ .

f. Debit penyiraman  $44 = \overline{CH}$  Desember tanggal 26 +  $\overline{CH}$  Desember tanggal 27 +  $\overline{CH}$  Desember tanggal 28  
 $= 4.183 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $4.183 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 3.551 \text{ m}^3$ .

g. Debit penyiraman  $45 = \overline{CH}$  Desember tanggal 29 +  $\overline{CH}$  Desember tanggal 30 +  $\overline{CH}$  Desember tanggal 31  
 $= 5.443 \text{ m}^3$

Mampu meyirami seluruh segmen taman di Kawasan Citraland. Dengan sisa ketersediaan air =  $5.443 \text{ m}^3 - 632,04 \text{ m}^3 = 4.811 \text{ m}^3$ .

Dari hasil perhitungan dan pengolahan data sekunder Curah Hujan rata-rata dari Stasiun Hujan Kandangan dan Stasiun Hujan Kebon Agung didapatkan nilai debit hujan harian yang tertampung ke dalam Waduk Promenade yang kemudian debit tersebut dimanfaatkan untuk penyiraman Segmen-segmen taman di dalam Kawasan Citraland.

Seperti contoh Debit Penyiraman 32 pada bulan Mei yang tertampung di dalam Waduk Promenade sebesar  $3.881 \text{ m}^3$  dan dialokasikan untuk kebutuhan air baku penyiraman tanaman sebesar  $632,04 \text{ m}^3$ , maka tampungan di dalam waduk tersisa sebesar  $3.248 \text{ m}^3$ . Dan dari sisa tampungan sebesar  $3.248 \text{ m}^3$  ini bisa dimaksimalkan untuk penyiraman taman selama 5 hari di Bulan Juni, karena bulan ini tergolong hampir

tidak ada curah hujan harian atau sudah memasuki musim kemarau.

Metode perhitungan atau sistem ini juga sangat berlaku dan bisa digunakan untuk sisa tampungan dari “Debit Penyiraman” yang lain yang memiliki debit sisa lebih dari kebutuhan baku penyiraman taman di Kawasan Citraland, yaitu sebesar  $632,04\text{ m}^3$  di tahun yang sama, sebelum dan sesudahnya. Yang debit sisanya tentunya dialokasikan untuk penyiraman taman di hari atau bulan yang lain ketika sulit mendapatkan air atau sudah memasuki musim kemarau.

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Dari analisis evaluasi drainase pada tugas akhir terapan ini dapat disimpulkan, bahwa:

1. Waduk Promenade memiliki 3 saluran *inlet*.
2. Waduk Promenade memiliki luas  $5.038 \text{ m}^2$  dan memiliki volume tampungan komulatif sebesar  $7.557 \text{ m}^3$ .
3. Waduk Promenade dengan tampungannya, mampu meyirami taman di Citraland dengan luasan total  $31.602 \text{ m}^2$ .
4. Waduk Promenade memiliki saluran eksisting *outfilet* berupa pasangan batu kali, *box culvert* dan saluran tanah, yang belum mampu menampung debit *outflow* dari waduk sebesar  $10,325 \text{ m}^3/\text{detik}$ .
5. Solusinya adalah dengan melakukan *redesign* saluran eksisting *outlet* waduk dengan memasang *U-ditch* ukuran  $200\times200$ .

#### 6.2 Saran

Untuk menangani banjir yang terjadi pada daerah Sepat-Lidah Kulon dan agar Waduk Promenade dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin sebaiknya dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Dilakukan *redesign* pada saluran eksisting *outlet* Waduk Promenade dengan memasang *U-ditch* ukuran  $200\times200$ .
2. Perlu dilakukannya pemeliharaan berkala pada saluran *inlet* dan *outlet* dari Waduk Promenade.
3. Menempatkan program penanganan drainase kota sebagai prioritas utama daerah, untuk penanganan genangan dan pengendalian dampak banjir.
4. Memberi pengertian kesadaran masyarakat agar menjaga dan memelihara saluran sehingga saluran lancar dan bebas sampah dan kotoran.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Soewarno. 1995. **Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data.** Nova: Bandung
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.** Andi Publisher: Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang. 2008. **Hidrologi Terapan.** Beta Offset: Yogyakarta
- Sosrodarsono, Suyono. Takeda, Kensaku. 2016. **Bendungan Tipe Urugan.** Balai Pustaka: Jakarta Timur
- Te Chow, Ven. 1959. **Open Channel Hydraulics.** Engineering Series: Washington.
- DPU, Dirjen Keairan, 1986. **KP-04.** CV. Galang Persada: Bandung
- UPT PSAWS Buntung Paketingan. **Data Hidrologi Curah Hujan.** Dinas Pekerjaan Umum Wilayah Jawa Timur: Surabaya
- PT Citraland Surabaya.2013. **Laporan Kajian Sistem Drainase Kawasan Promenade Citraland, Surabaya Barat.**
- CES. Didik Harijanto, FX. Ir. (2014). **Bahan Ajar Drainase.** Surabaya: Ir. FX. Didik Harijanto, CES.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Aditya Eka Surya Nugraha. Tempat dan tanggal lahir Penulis di Tulungagung, 14 Agustus 1994. Merupakan anak Pertama dari 2 bersaudara. Dengan Ibu yang bernama Komariah, Ayah yang bernama Uji Tarmuji dan adik yang bernama Rindo Rizky Alhabzy. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu: SDN Magersari 1 Kota

Mojokerto, SMPN 1 Kota Mojokerto, SMAN 1 Sooko Kabupaten Mojokerto. Penulis diterima di DIII Diploma Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013, dan di jurusan DIII Diploma Teknik Sipil penulis mengambil konsentrasi Bangunan Keairan. Kemudian pada tahun 2016 setelah lulus dari DIII penulis melanjutkan studinya di DIV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan terdaftar dengan NRP 3116.040.533

Menyadari dalam penulisan Tugas Akhir Terapan ini jauh dari kata sempurna, penulis menerima kritik dan saran yang membangun. Allhuma aamiin.

Email : [suryaaditya08@gmail.com](mailto:suryaaditya08@gmail.com)  
No. HP : 0838-5454-5185

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah mengkaruniakan berkah dan kasih sayang-Nya sehingga atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini yang berjudul “Rencana Pemanfaatan Waduk Promenade Untuk Air Baku Tanaman Dan Pengendalian banjir Di Kawasan Citraland, Kota Surabaya”. Dengan selesainya penulisan Tugas Akhir Terapan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Ismail Saud, MMT. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini hingga akhir.
2. Segenap tim dosen penguji, Ibu S. Kamilia Aziz, ST., MT. dan Ibu Indriyani, S.T., MT, penulis haturkan terima kasih yang luar biasa. Terima kasih atas segala saran, kritikan dan koreksinya dalam penyempurnaan penulisan Tugas Akhir Terapan ini.
3. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan dosen wali.
4. Seluruh staf pengajar dan Tata Usaha Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang sudah memberikan ilmu baik secara akademis maupun mental yang amat sangat berartinya dan bergunanya hal itu untuk kehidupan penulis kedepannya.
5. Orang tua dan saudara Penulis, Ayah, Uji Tarmuji, Ibu, Komariah dan adik, Rindo Rizky Alhabzy Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk kalian. Doa, air mata, keringat dan fikiran yang kalian limpahkan tak akan terbalas oleh apapun. Terima kasih atas doa dan kasih sayang Ibu dan Ayah berikan.

6. Teman-teman Diploma IV Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil khusunya LJ Bangunan Keairan '16, terima kasih untuk ilmu, kebersamaan, tawa serta canda selama ini dalam perjuangan kita menggapai impian dan gelar.
7. Kepada teman dan sekaligus sahabat seperjuangan Penulis, Frendy Pradana Riyand Saputra A.Md, yang AMAT SANGAT MEMBANTU dalam terselesainya proyek Tugas Akhir Terapan ini. Sekali lagi dan tidak henti-hentinya Penulis ucapkan terima kasih yang amat besar dan banyak, kawan.
8. Kepada kekasih tercinta Penulis, Linda Heni Dwi Pratiwi, ST. yang ikut berpeluh dan berkeluh ketika Penulis dalam proses menyelesaikan proyek Tugas Akhir Terapan ini. Terima kasih juga atas doa dan semangat.
9. Kepada Bapak Ir. Eri Irmawan selaku SE Penulis di PT. Data Persada Konsultan yang selalu memberikan dorongan berupa ilmu, doa dan semangat yang tiada henti-hentinya dalam dan demi proses terselesaikannya proyek Tugas Akhir Terapan.
10. Kepada Mas Adriyan Wicaksono S.Pd dan Mas Muhammad Farid S.Pd selaku teman dan sahabat di proyek JL. Tunjungan yang selalu meberikan masukan dan dorongan kepada Penulis.
11. Kepada teman-teman Penulis Kost Sederhana Abah Chamim, La Muhammad Alif Abadi, SM., Yudayasa Rahminda dan Gundala Dwi Aprillian A.Md yang selalu mengadirkan tawa dan semangat kepada Penulis.
12. Dan kepada pihak-pihak lain yang telah begitu banyak membantu namun tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah dan rahmat-Nya bagi kita semua, terima kasih untuk bantuannya selama ini, semoga juga dapat menjadi amal ibadah di hadapan-Nya. Aamiin Ya Robbal Alamin.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



Gambar 5.3 Penampakan Waduk Promenade



Gambar 5.4 Kali Makmur Sebagai Hilir  
*Outlet* dari Waduk Promenade



Gambar 5.5 *Outlet* Waduk Promenade  
Berupa Saluran Tanah



Gambar 5.6 *Outlet Waduk Promenade Berupa Saluran Tanah*



Gambar 5.7 *Outlet Waduk Promenade Berupa Saluran Batu Kali*



Gambar 5.8 *Outlet Waduk Promenade Berupa Saluran Batu Kali*



Gambar 5.9 *Outlet Waduk Promenade Berupa Saluran Batu Kali*



Gambar 5.10 *Outlet Waduk Promenade*  
Berupa Saluran Box Culvert  
)



Gambar 5.11 *Outlet Waduk Promenade*  
Berupa Saluran Box Culvert



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

DAERAH ALIRAN SUNGAI  
DENGAN SEGMENT TAMAN  
DAN NOMOR TAMAN

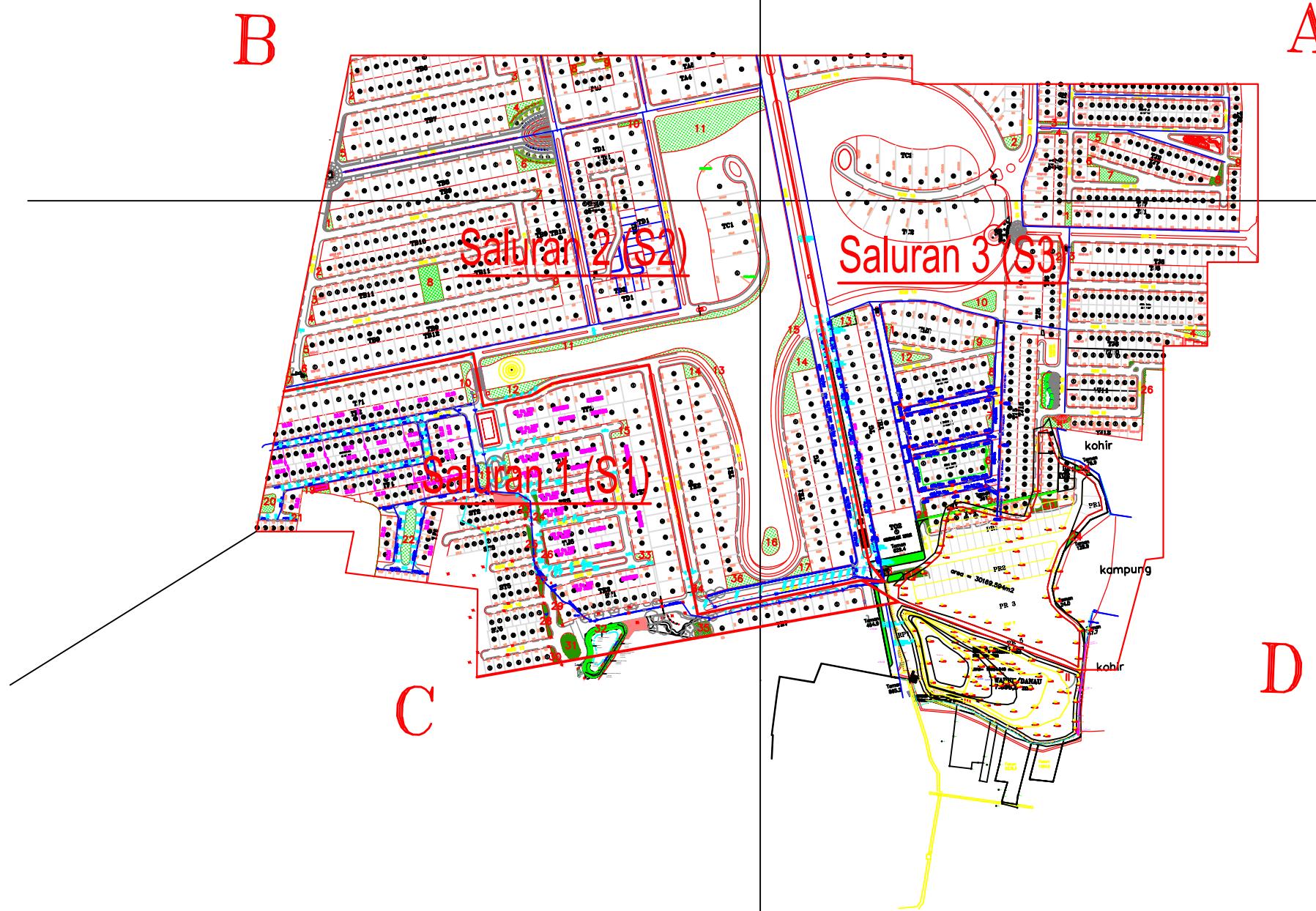
DOSEN

Ir. Ismail Sa'ud, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

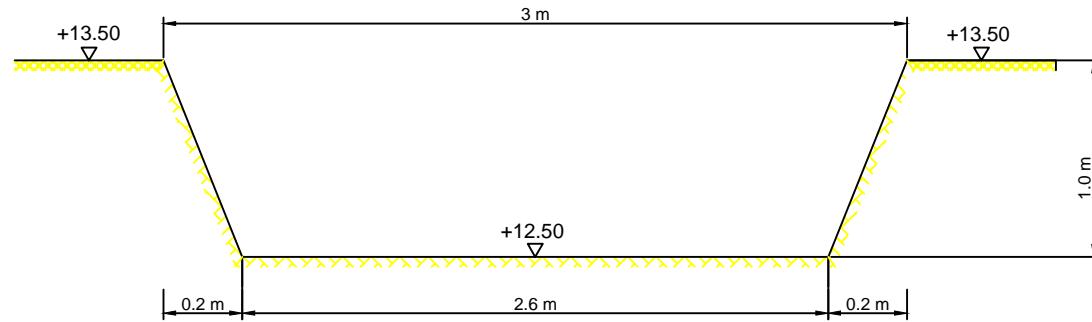
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

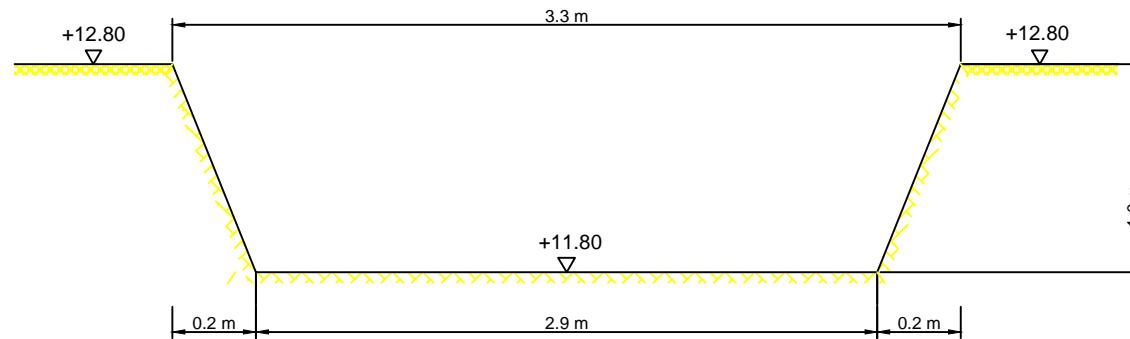
NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH



TITIK A, B, C, E, F, dan G.  
Skala 1 : 20



TITIK D  
Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

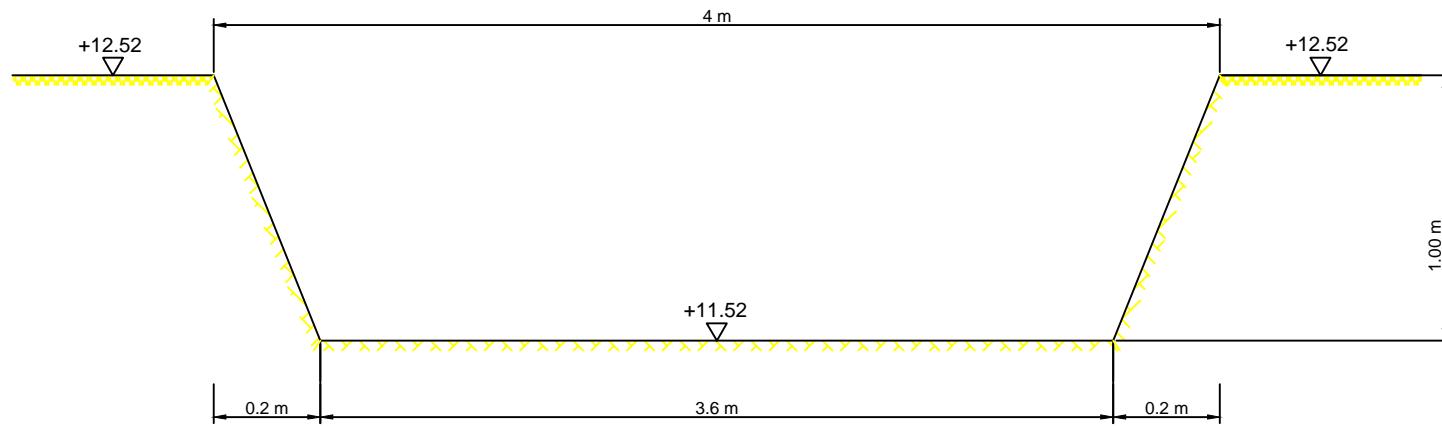
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

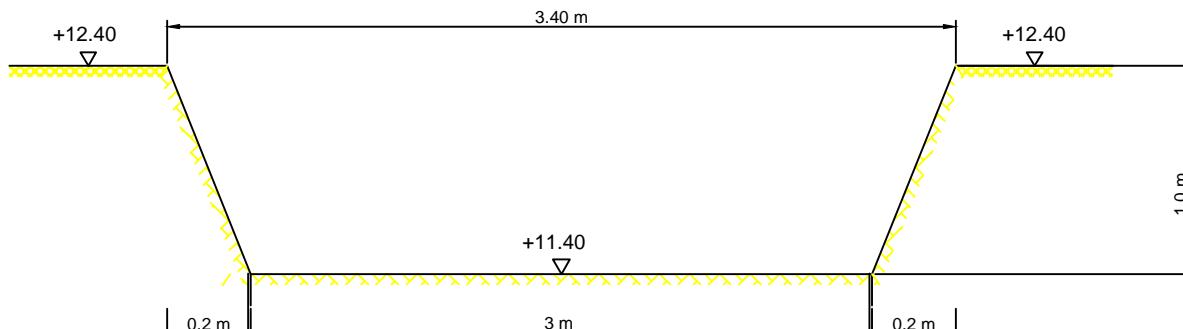
NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH



TITIK H  
Skala 1 : 20



TITIK I  
Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

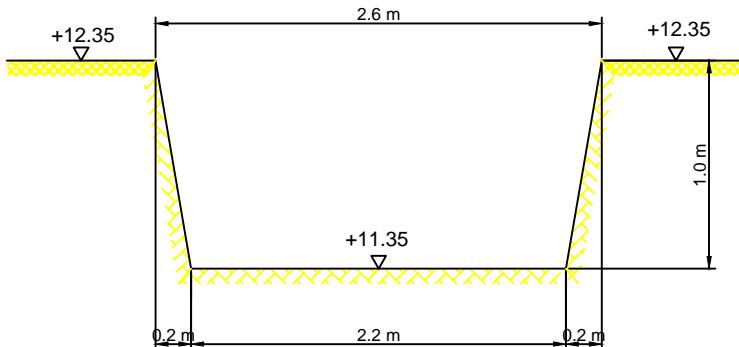
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

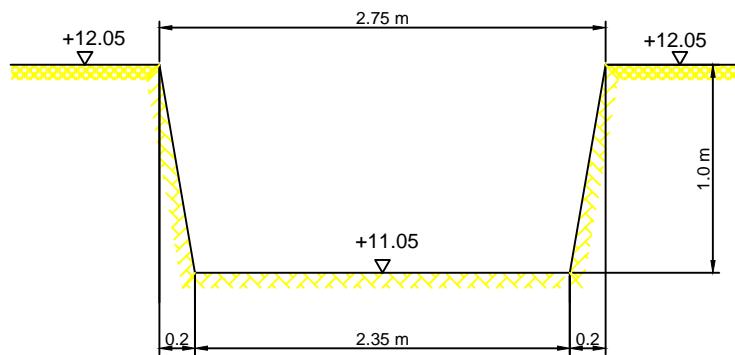
NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH



TITIK J, K, L, dan M.  
Skala 1 : 20



TITIK N  
Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

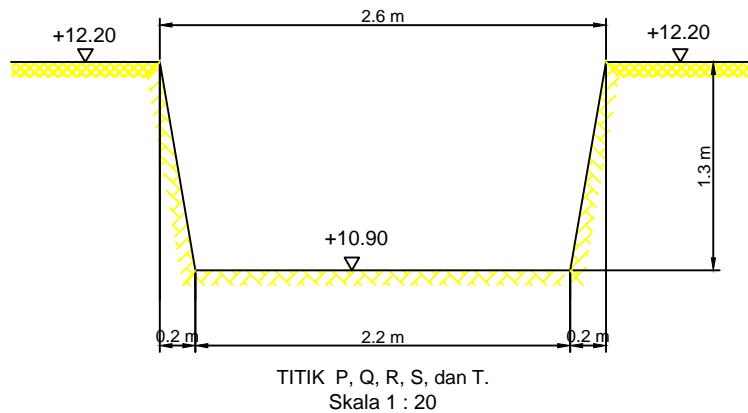
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

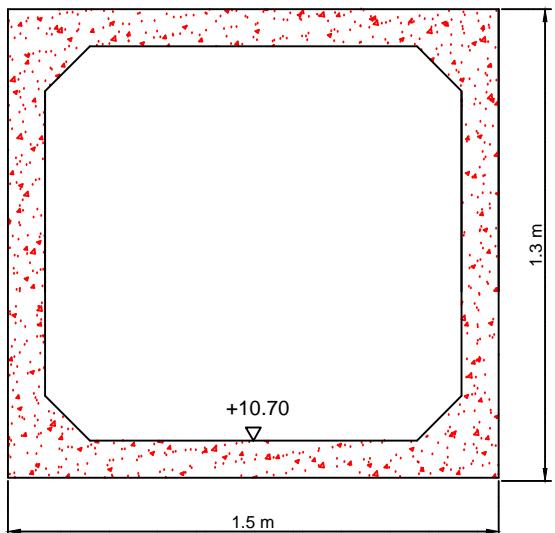
ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH



Box Culvert Titik U

Skala 1 : 20



Box Culvert Titik O

Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

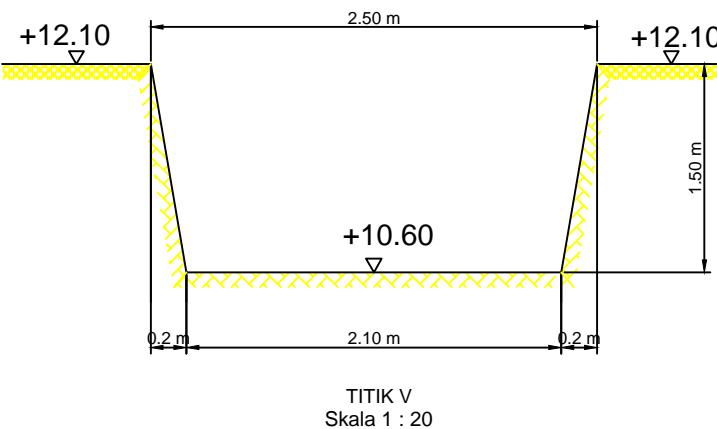
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

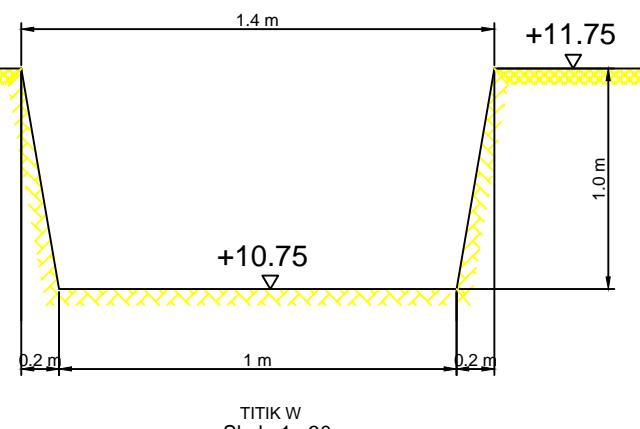
NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

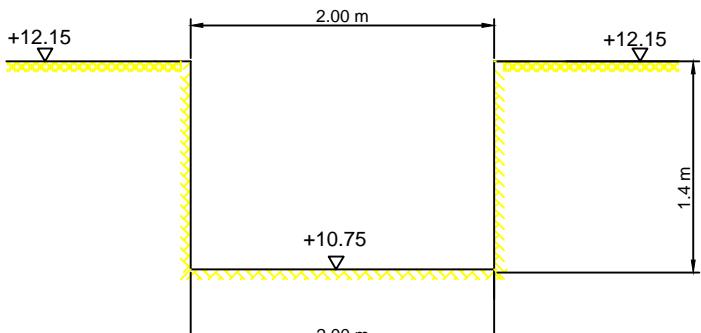
NO JUMLAH



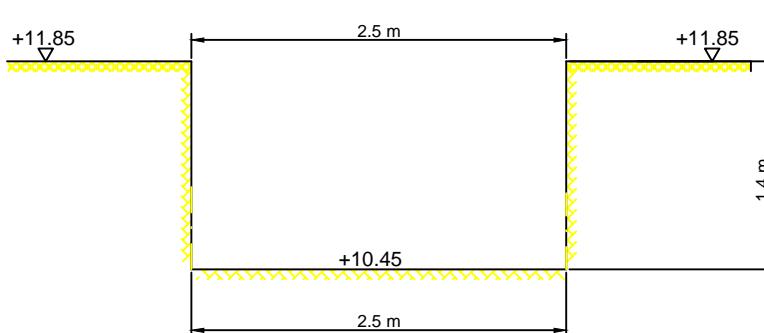
TITIK V  
Skala 1 : 20



TITIK W  
Skala 1 : 30



TITIK X dan Y  
Skala 1 : 30



TITIK Z  
Skala 1 : 30



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

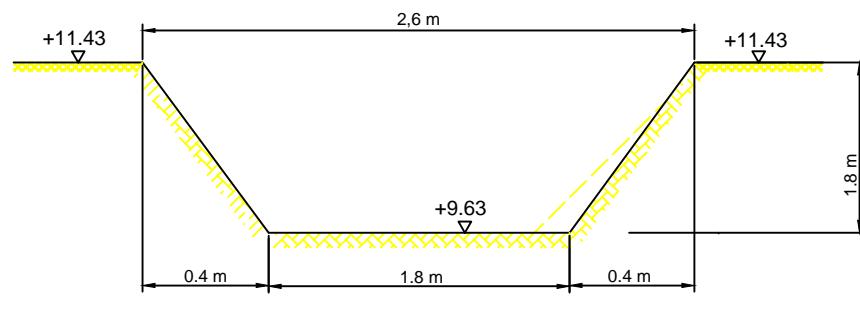
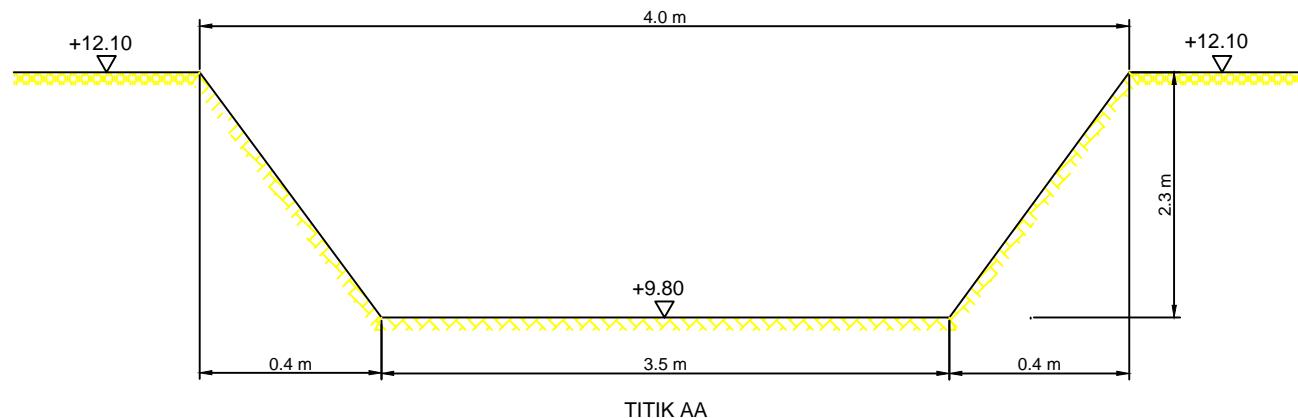
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

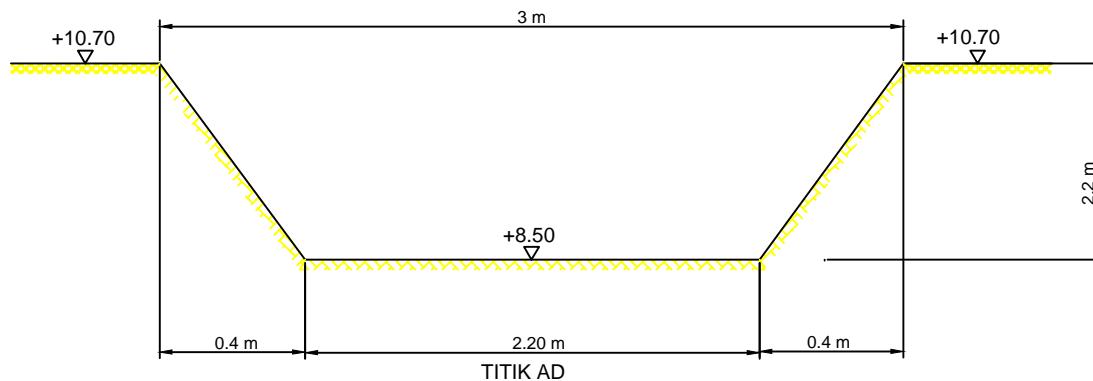
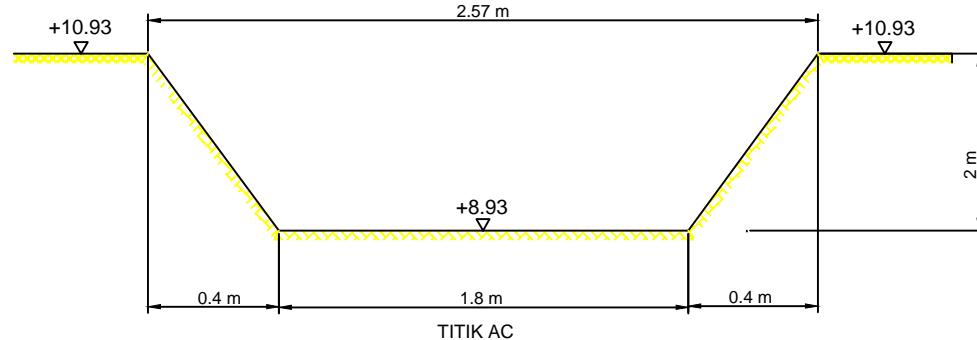
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

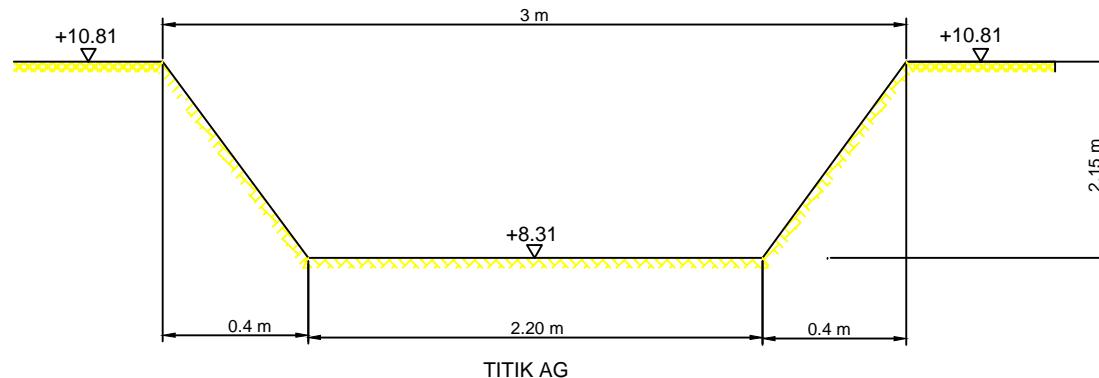
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

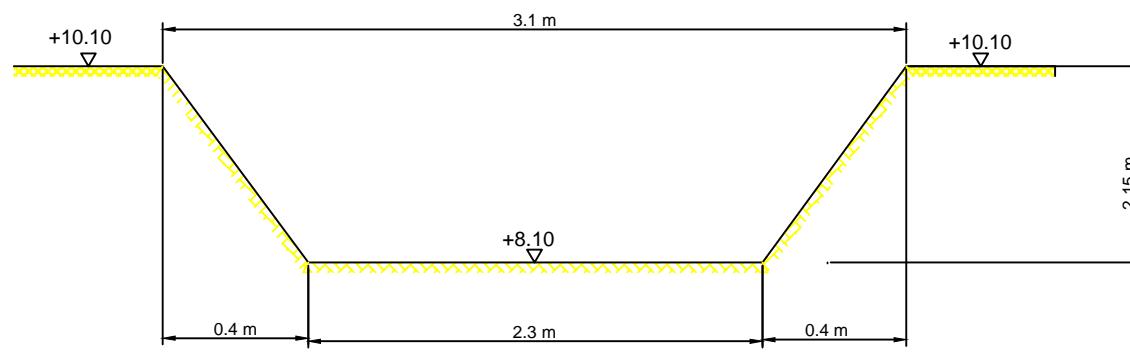
NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH



TITIK AG



TITIK AH



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

TUGAS

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

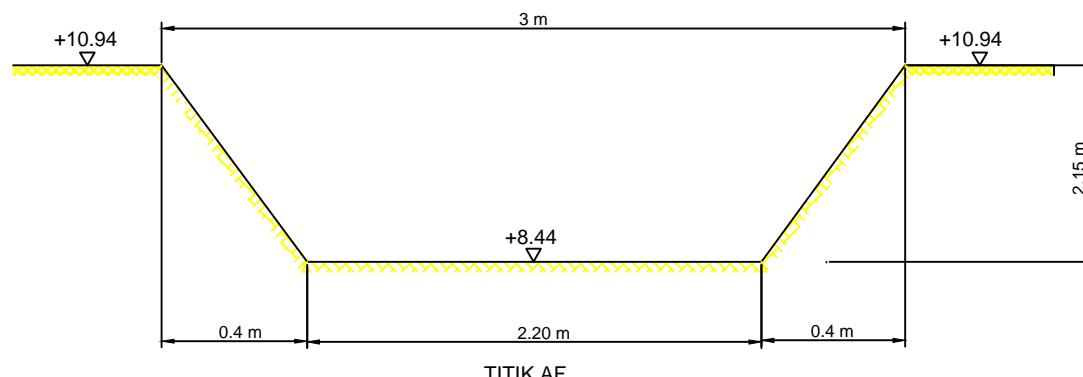
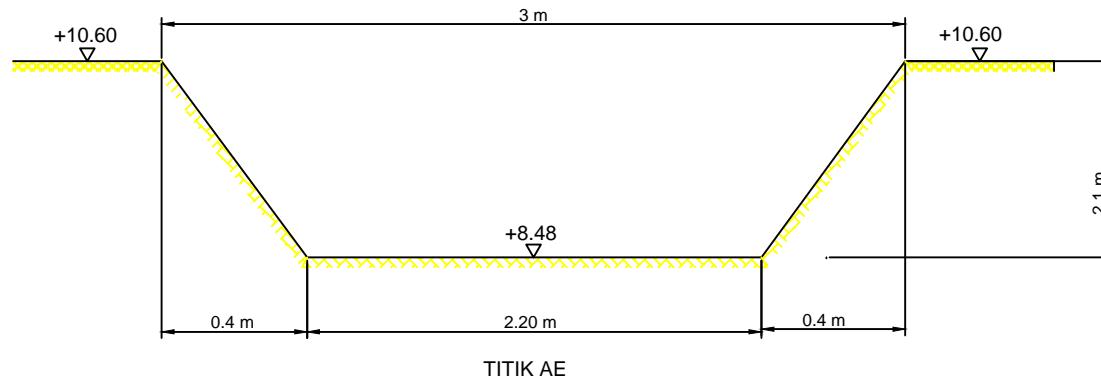
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

TUGAS

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTEN  
LIDAH KULON

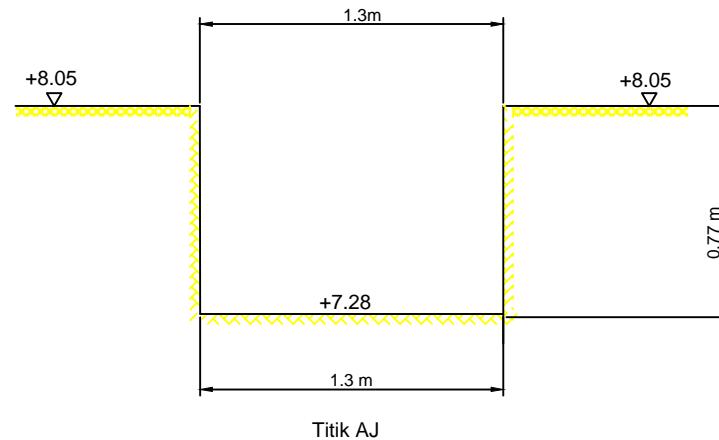
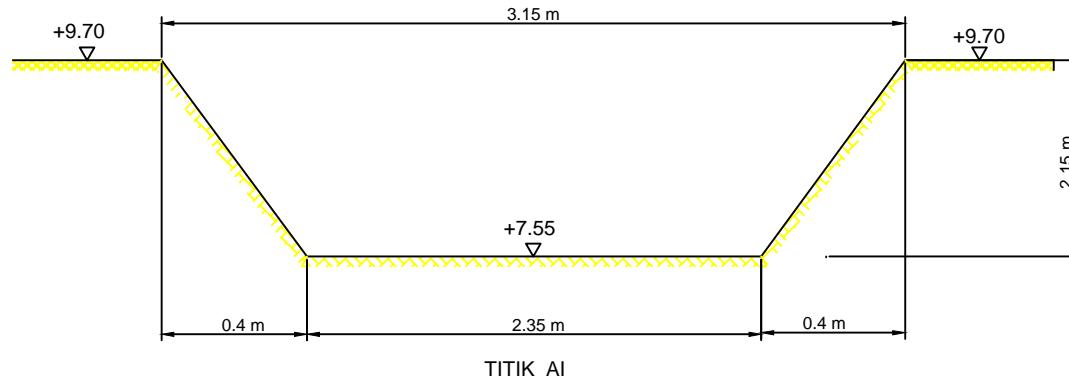
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE EKSISTING  
LIDAH KULON

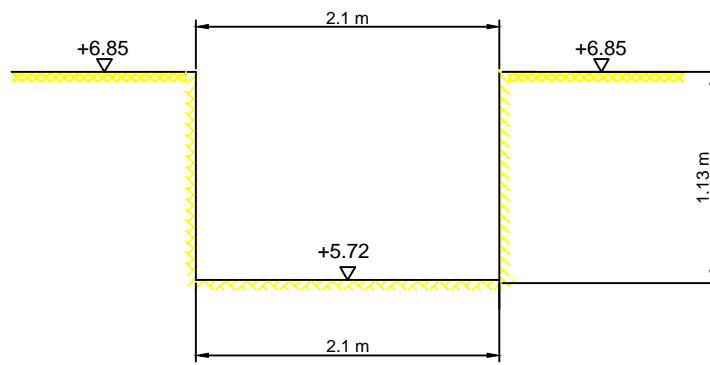
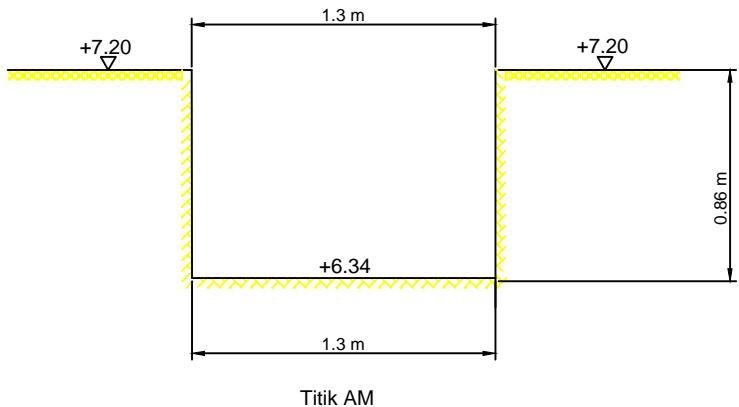
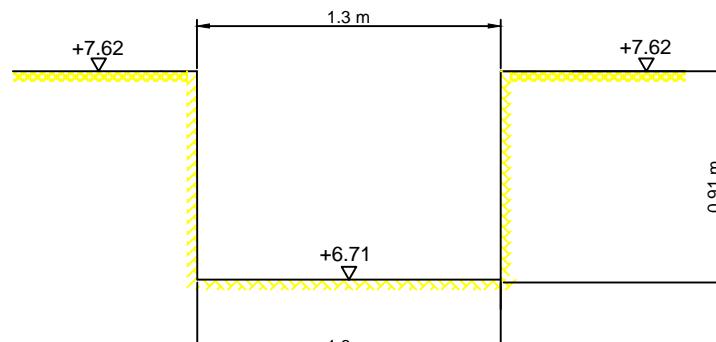
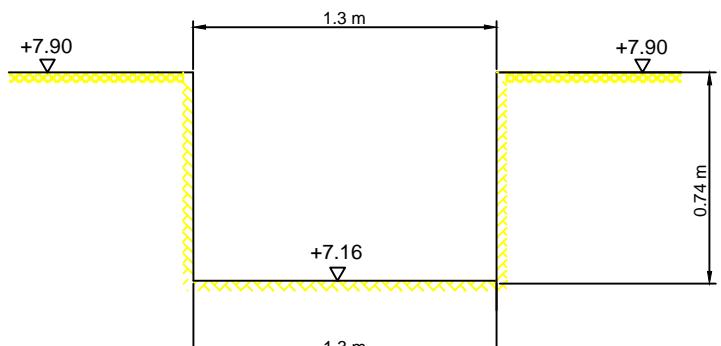
DOSEN

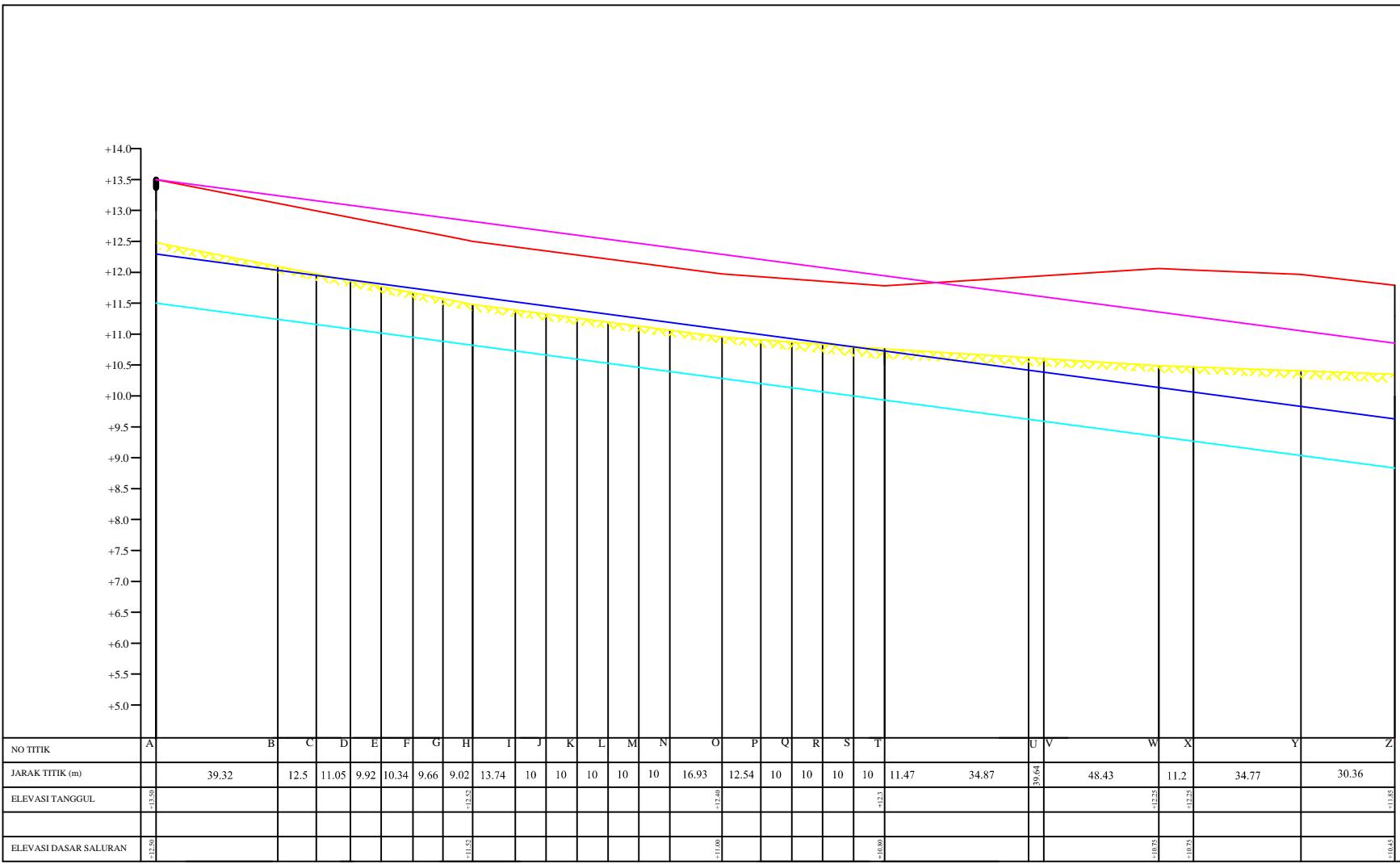
IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

## KETERANGAN

The diagram consists of five horizontal lines of different colors: yellow, red, cyan, blue, and magenta. Each line ends with a small triangle pointing to the right, indicating a direction or flow.

NAMA GAM

Long-Section Saluran  
Lidah Kulon

DOS

Ir. Ismail Sa'ud, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NOMOR

1



Dosen IV

Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

Evr. Dasar Sel. Existing

Evr. Tanggul Sel. Existing

Evr. Dasar Sel. Rencana

Evr. MAB Sel. Rencana

Evr. Tanggul Sel. Rencana

NAMA GAMBAR

Long-Section Saluran

Lidah Kulon

DOSEN

Ir. Ismail Sa'ud, MM

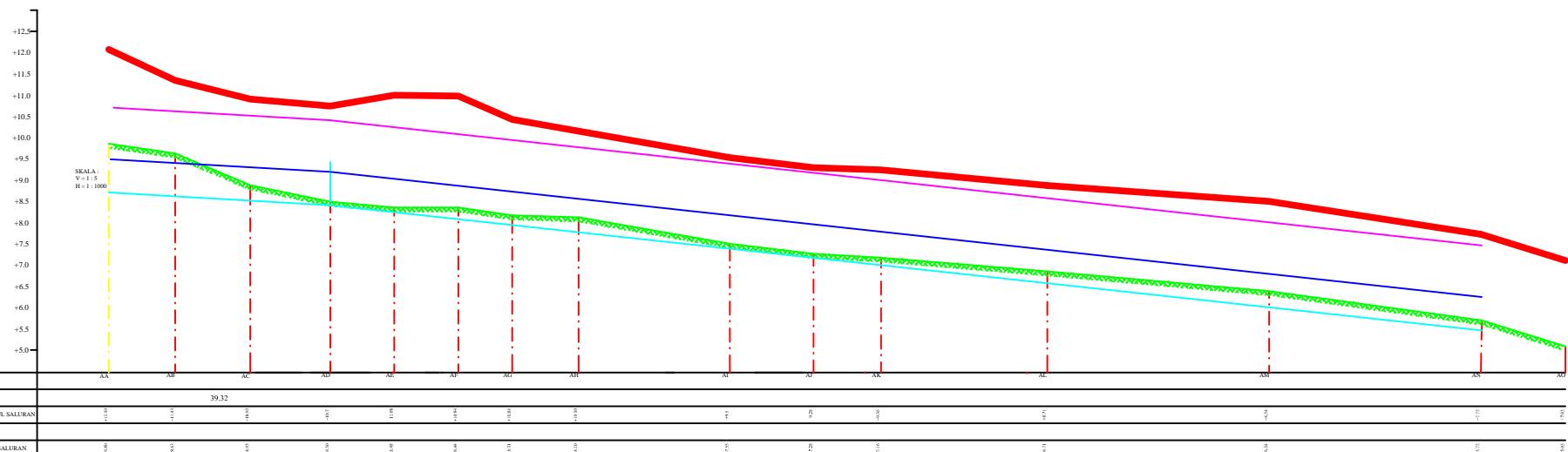
NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA

3116040533

NOMOR

JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

TUGAS

NAMA GAMBAR

DETAIL ISOMETRI RENCANA  
U-DITCH 200.200  
FABRIKASI K-350

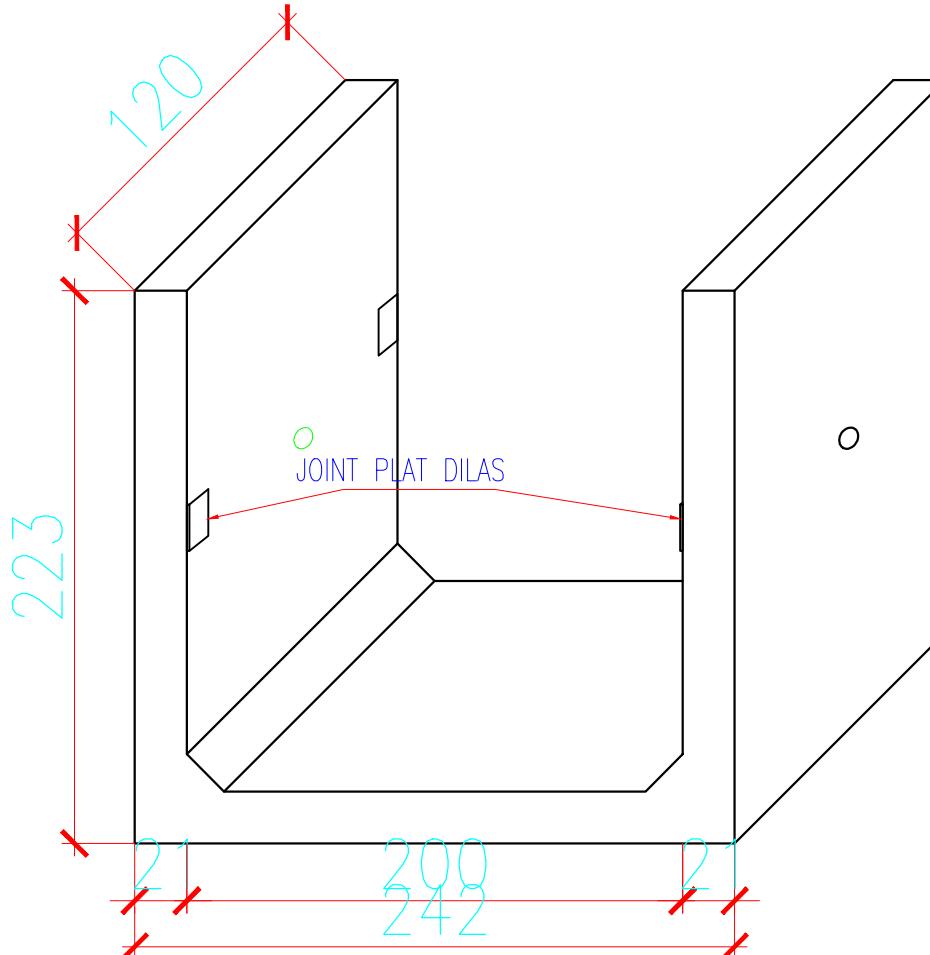
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

TUGAS

NAMA GAMBAR

DETAIL DIMENSI RENCANA  
U-DITCH 200.200  
FABRIKASI K-350

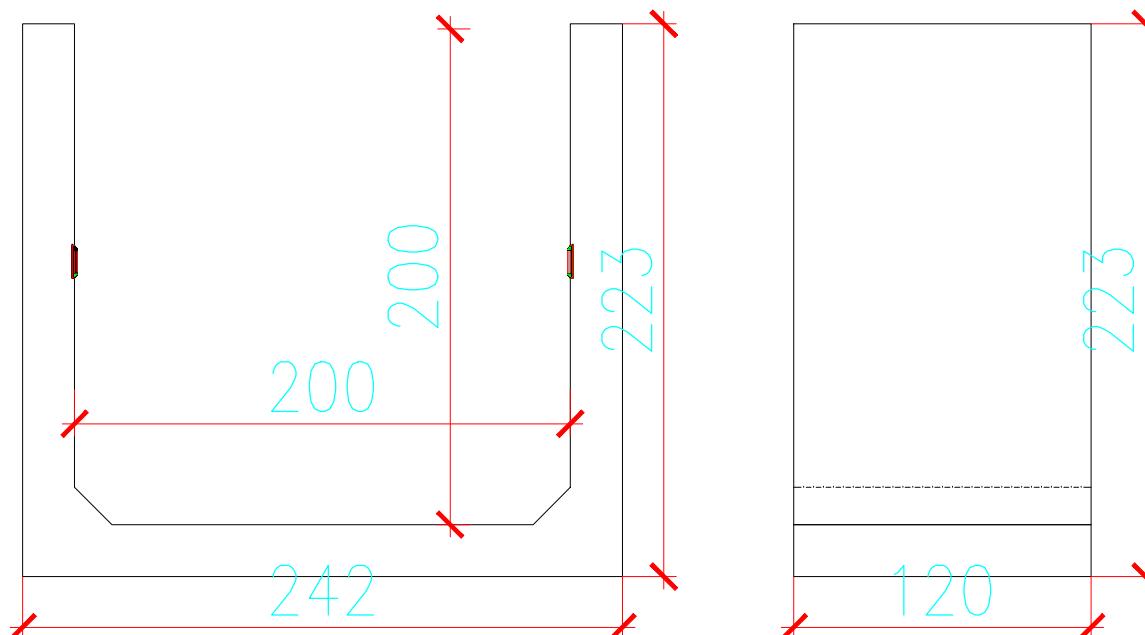
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG SALURAN  
A, B, C, E, F dan G

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

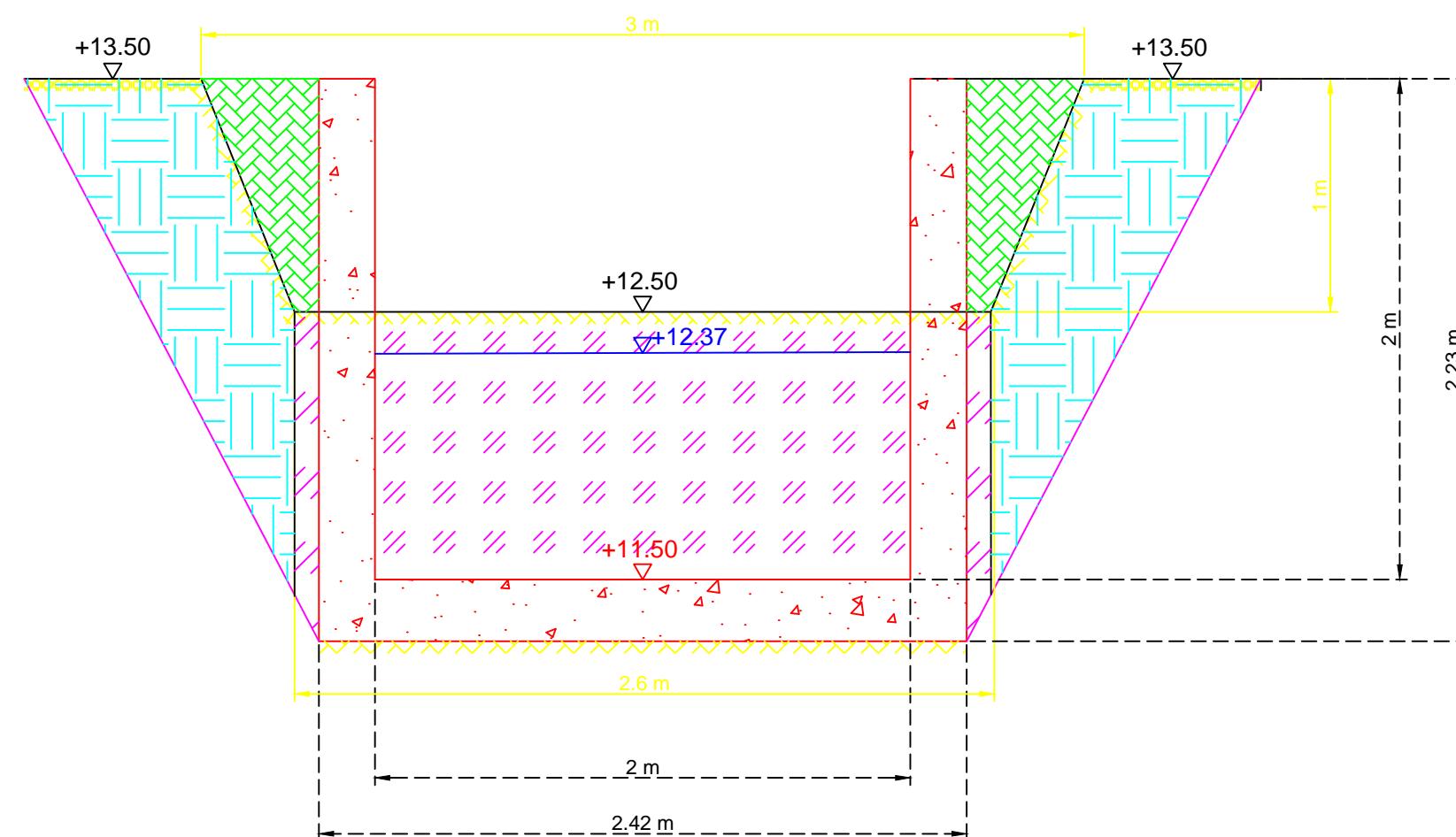
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH



SKALA 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN D

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

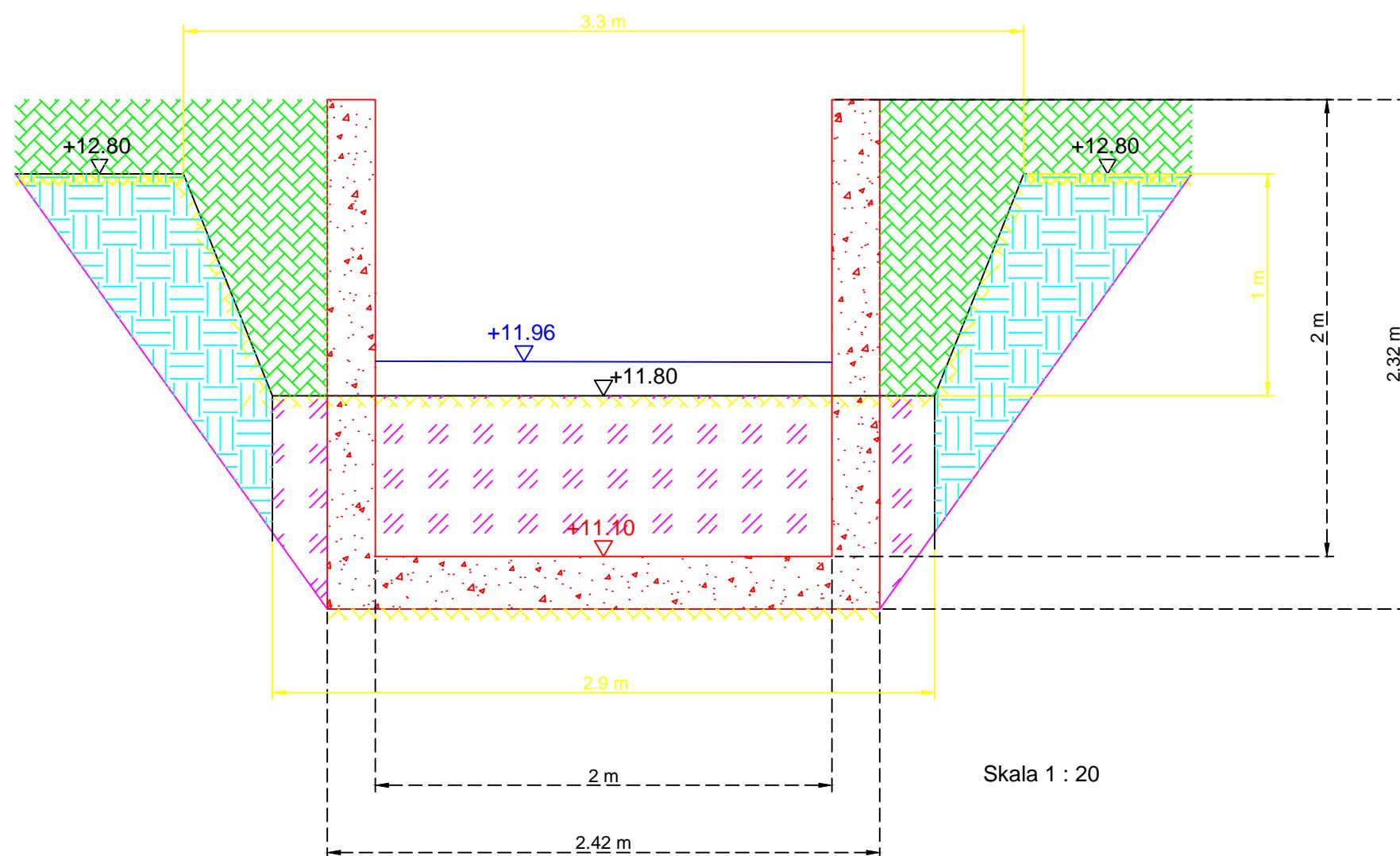
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

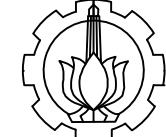
NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH



Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN H

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

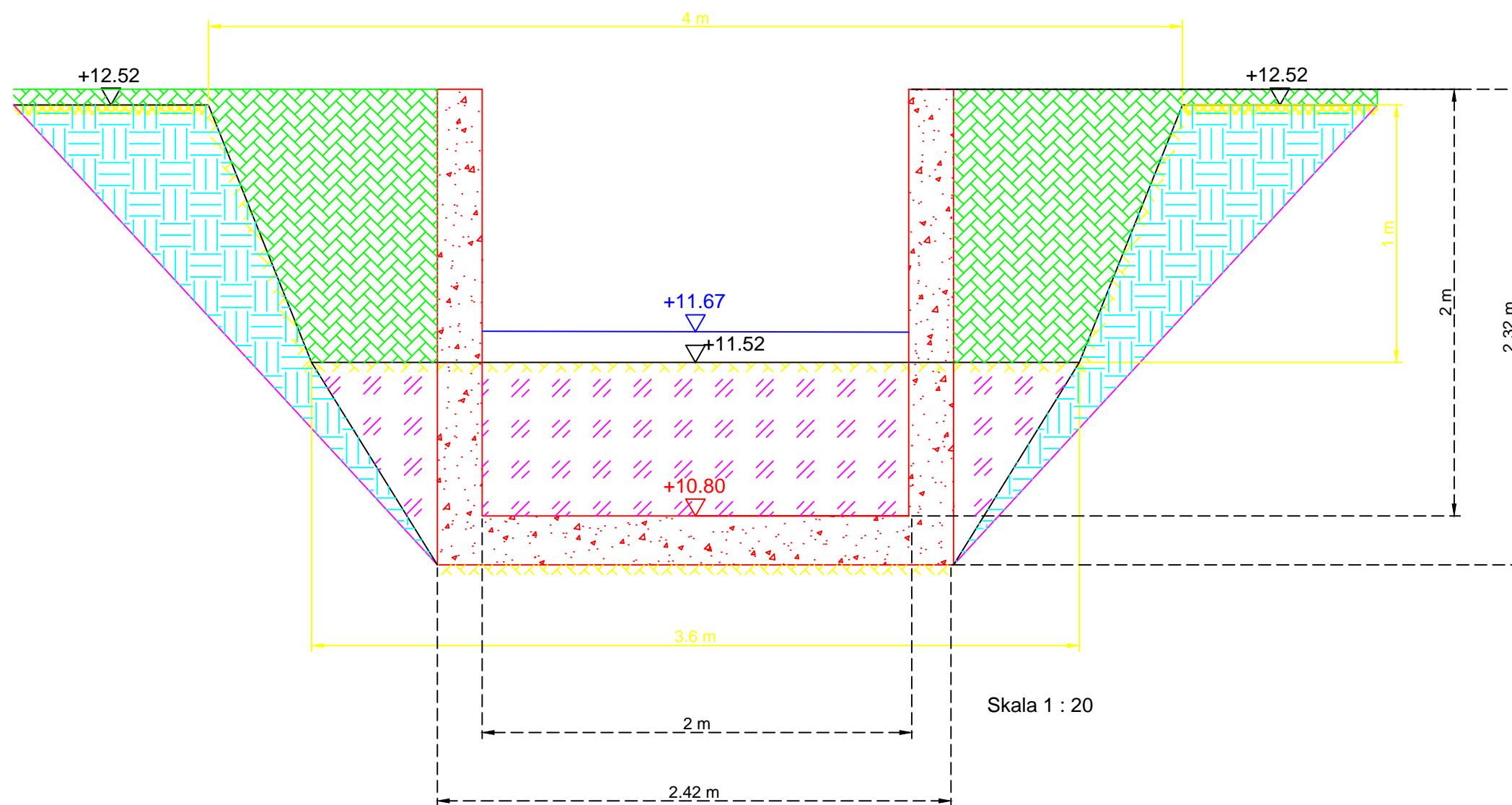
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN I

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

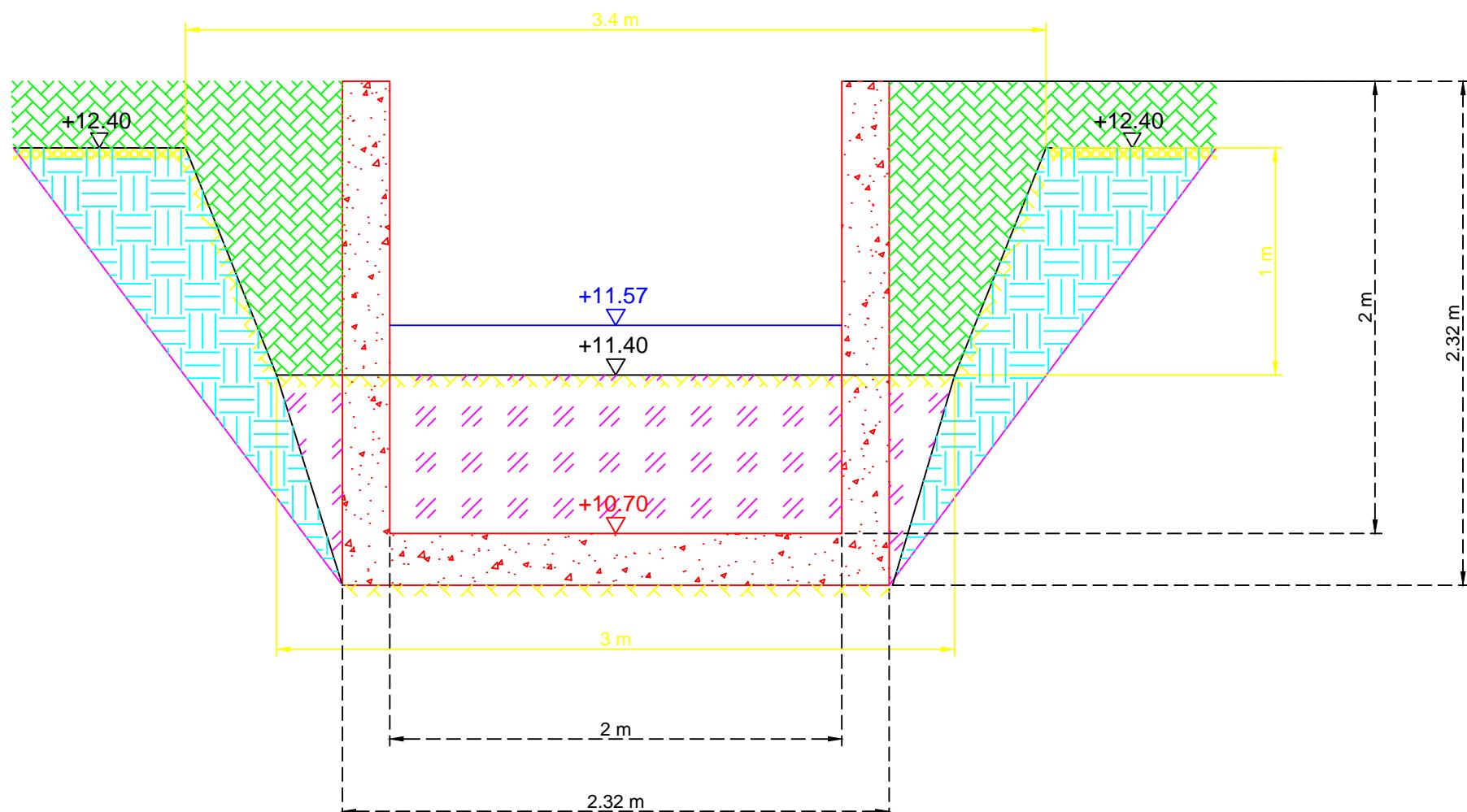
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH



Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN J, K, L dan M

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

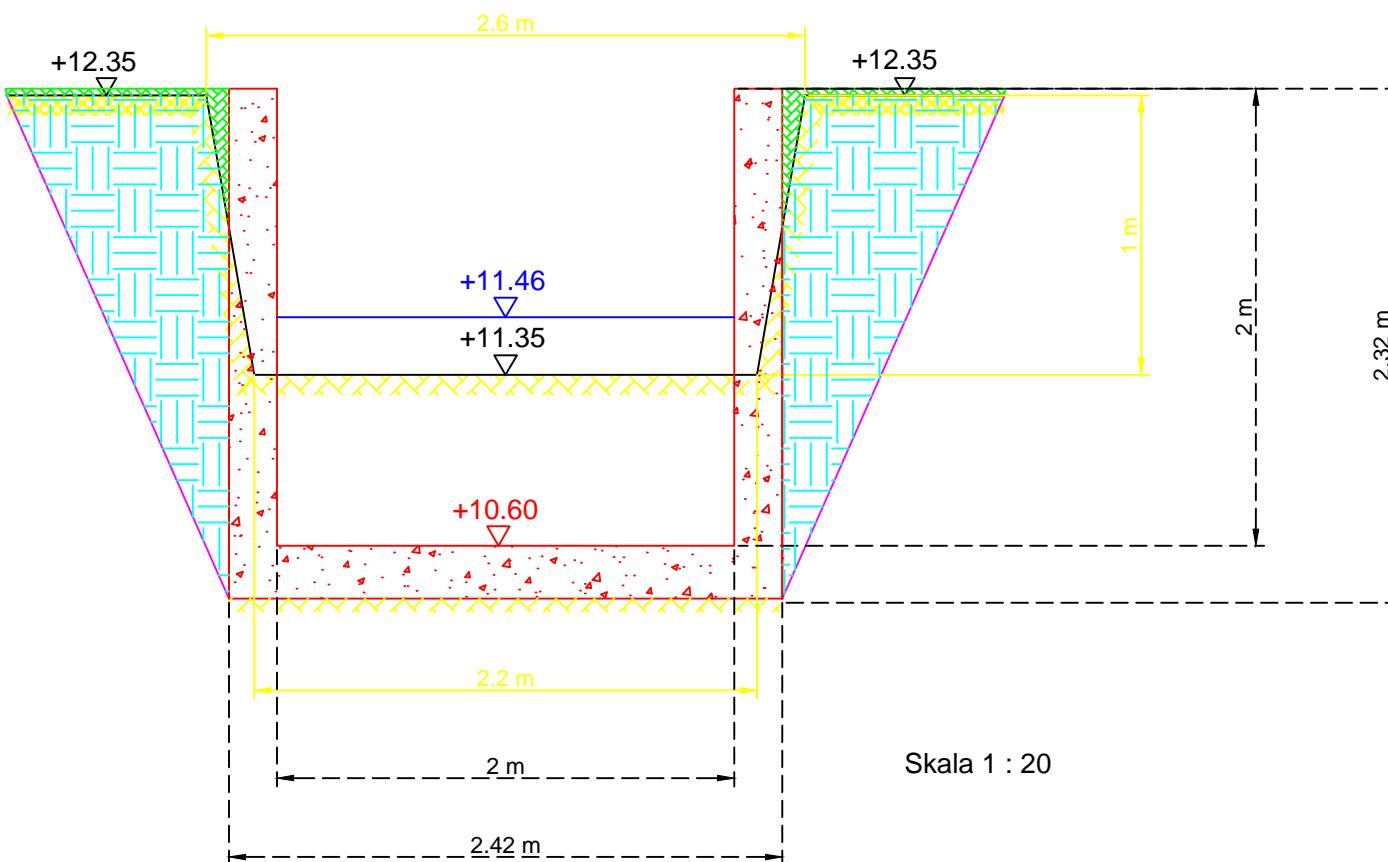
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN N

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

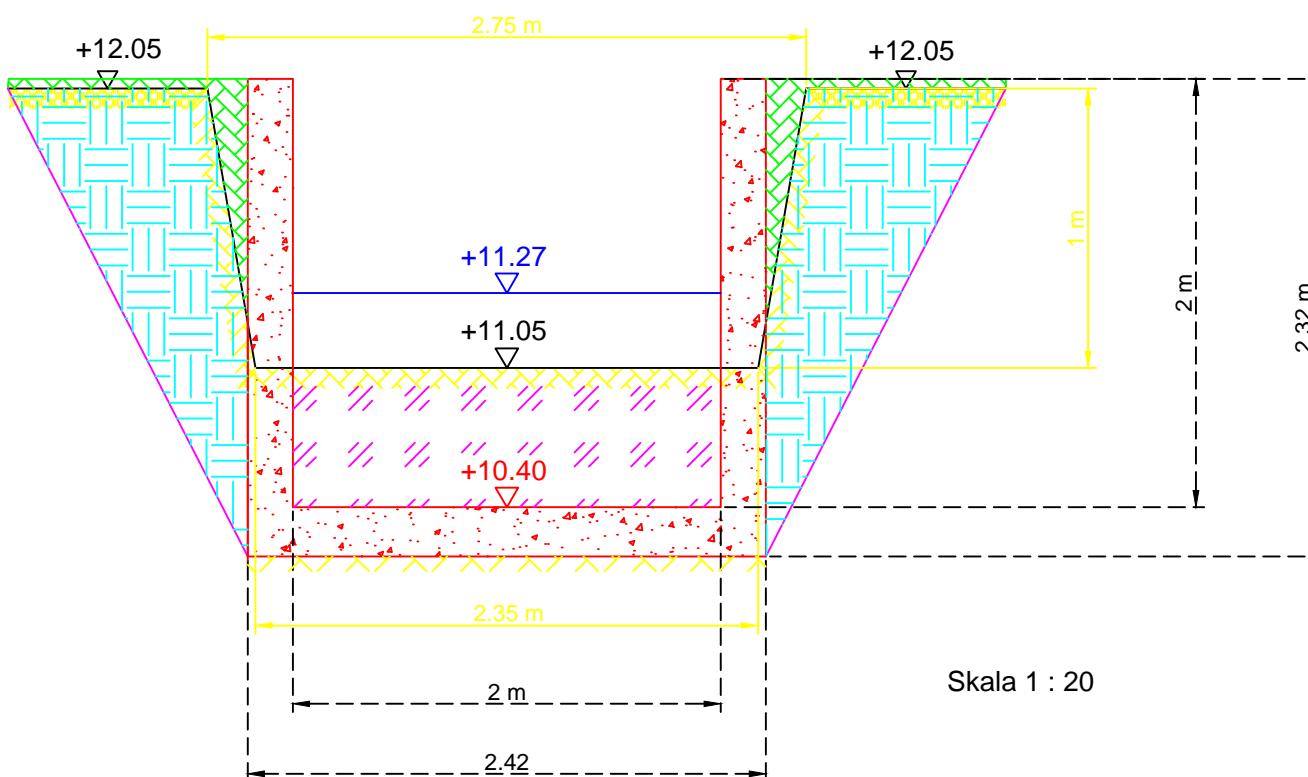
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN O

URUGAN SIRTU

GALIAN TANAH ASLI

▽ EL. SAL. EKSISTING

△ EL. MAB RENCANA

◆ EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

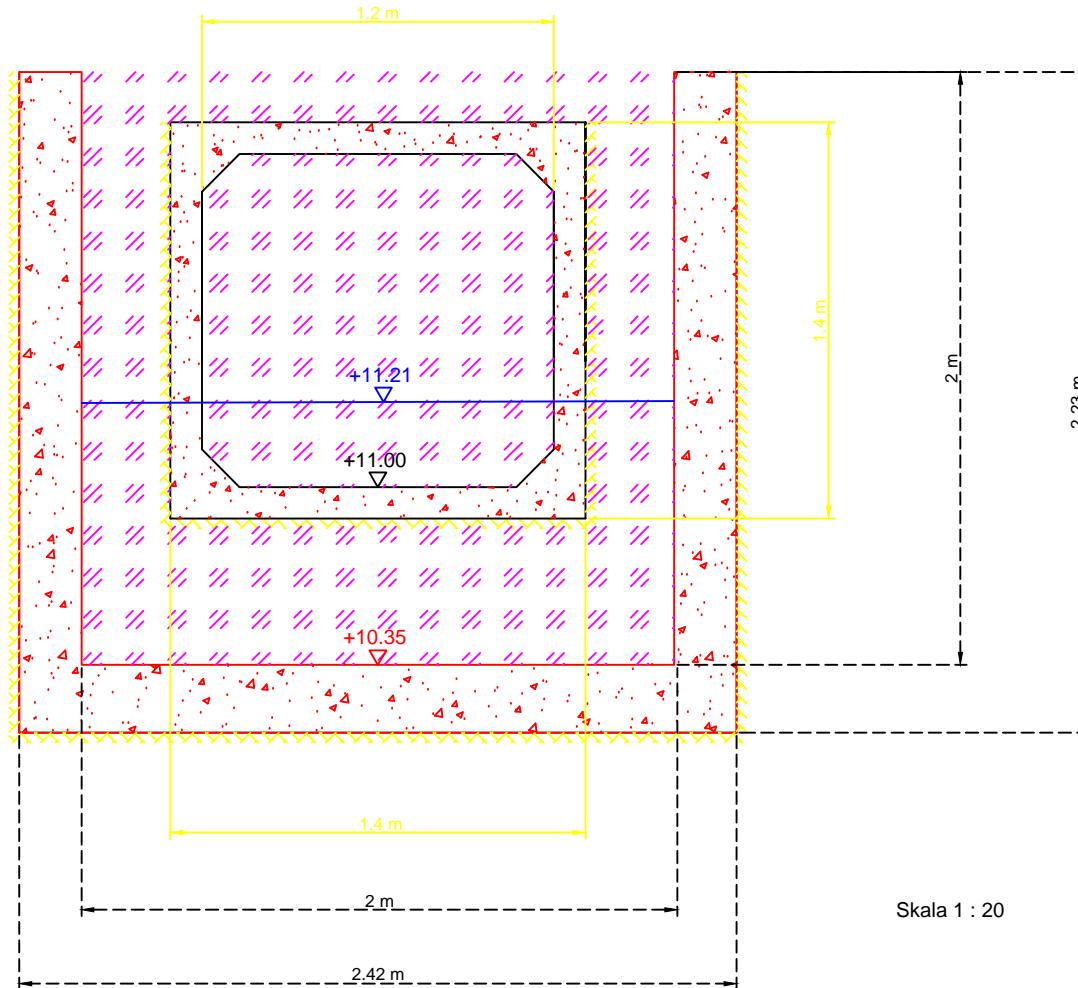
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN P, Q, R, S dan T

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

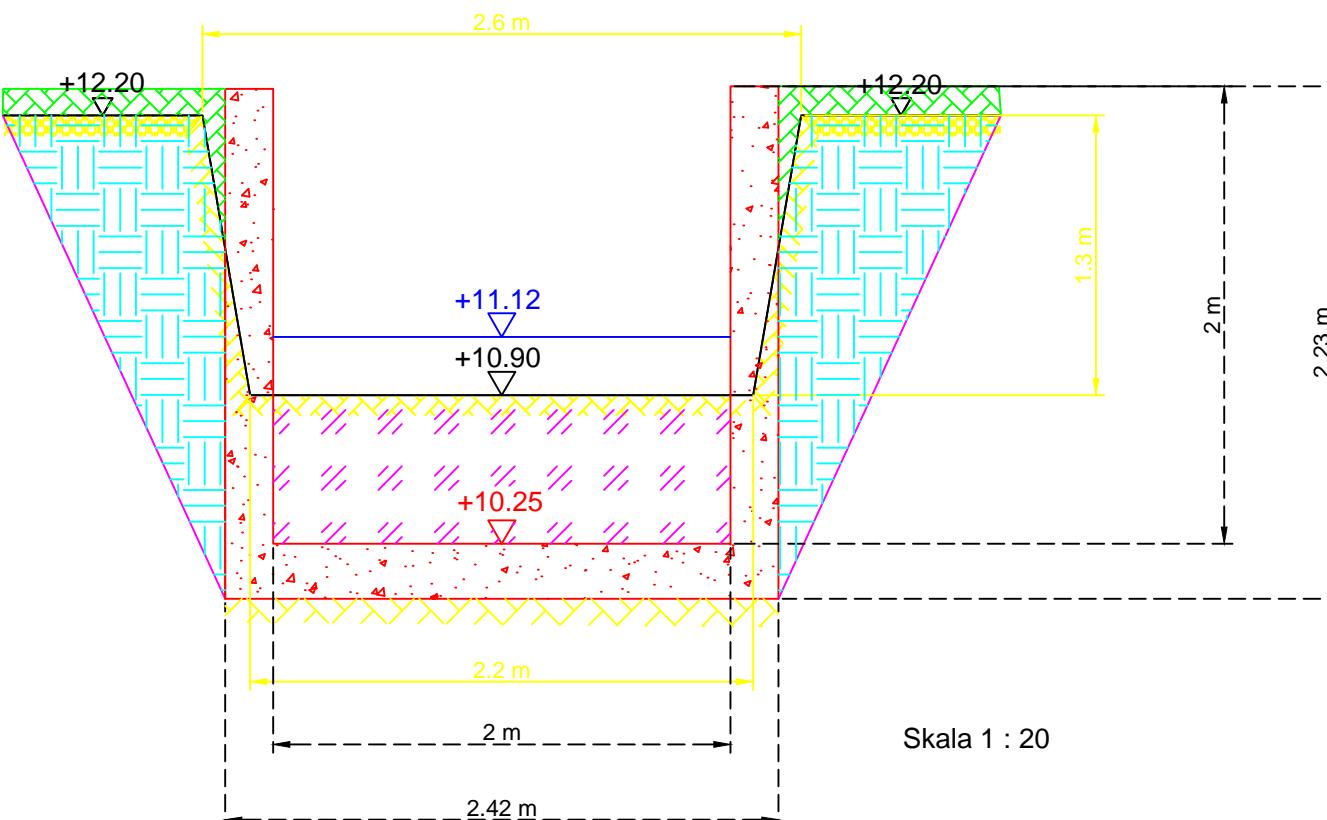
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN U

URUGAN SIRTU

GALIAN TANAH ASLI

▽ EL. SAL. EKSISTING

△ EL. MAB RENCANA

◆ EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

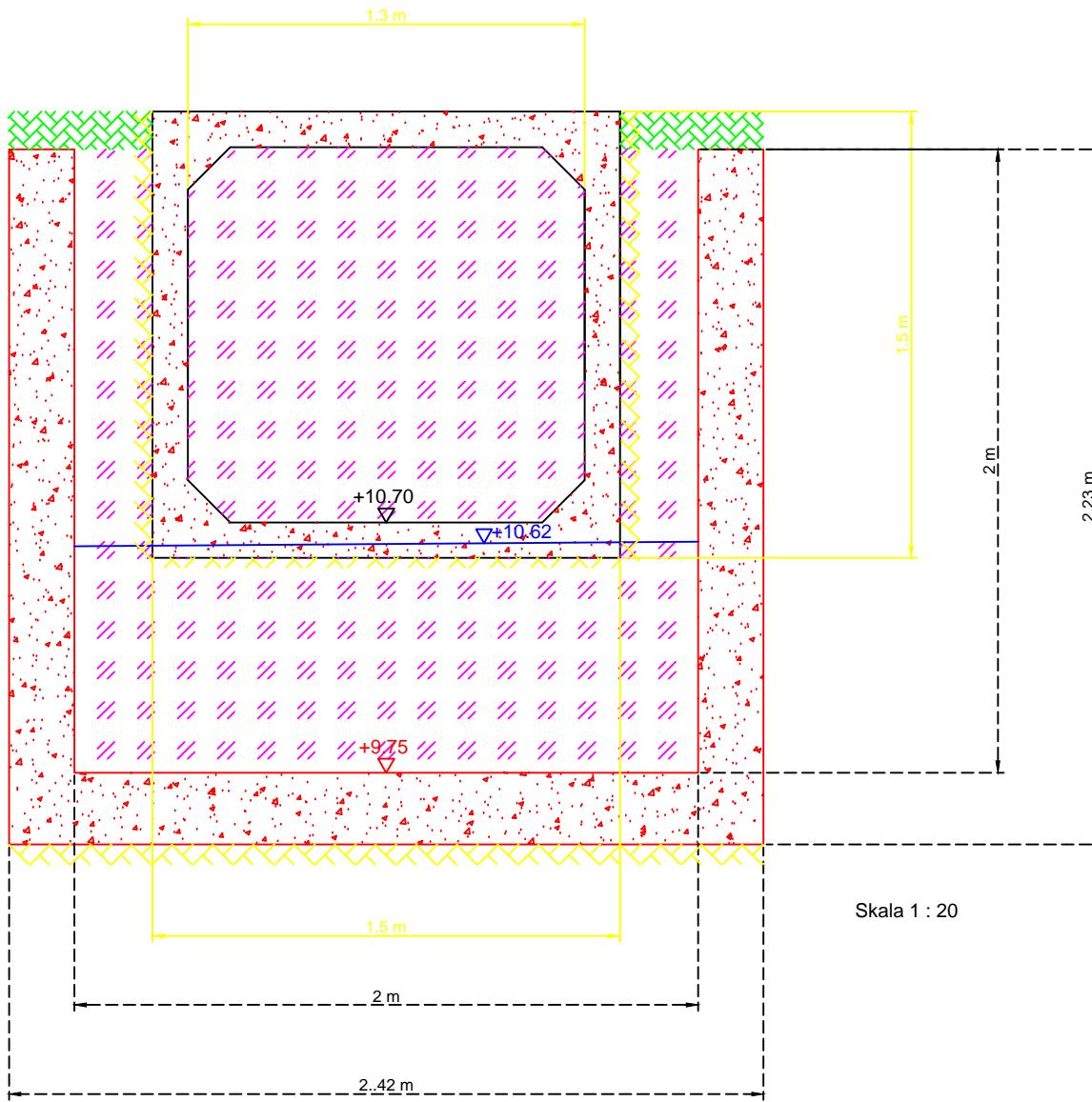
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN V

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

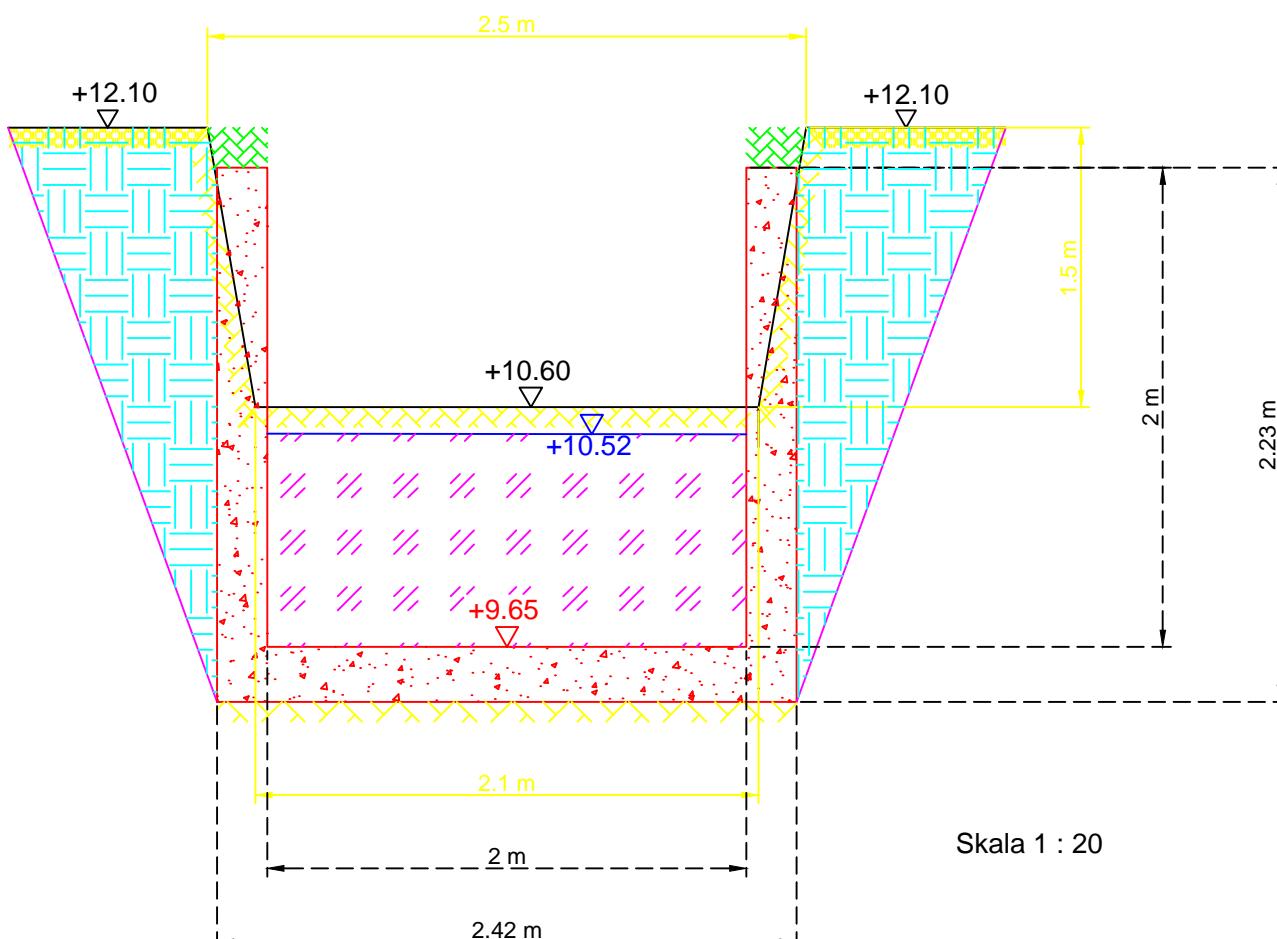
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN Z

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

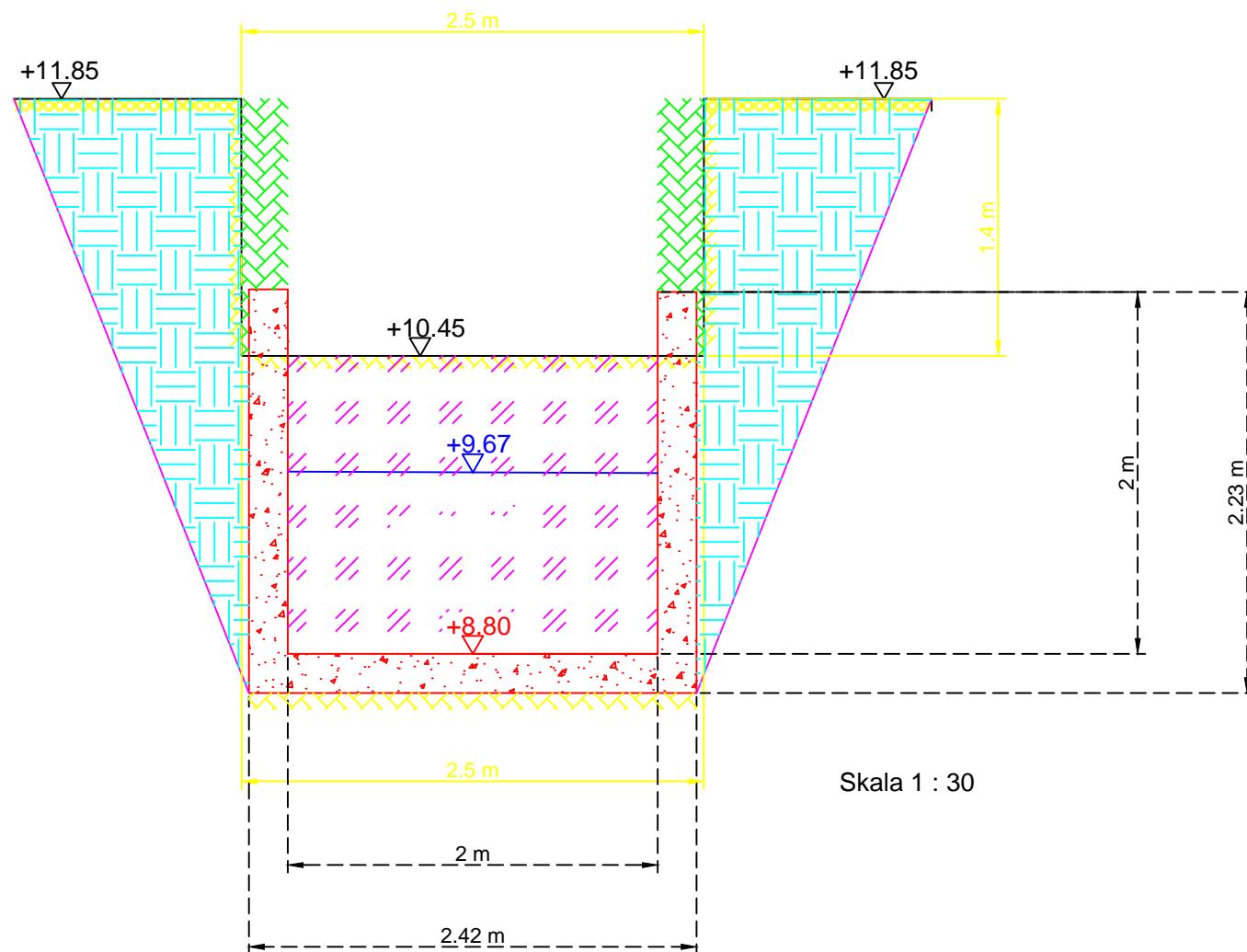
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AA

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

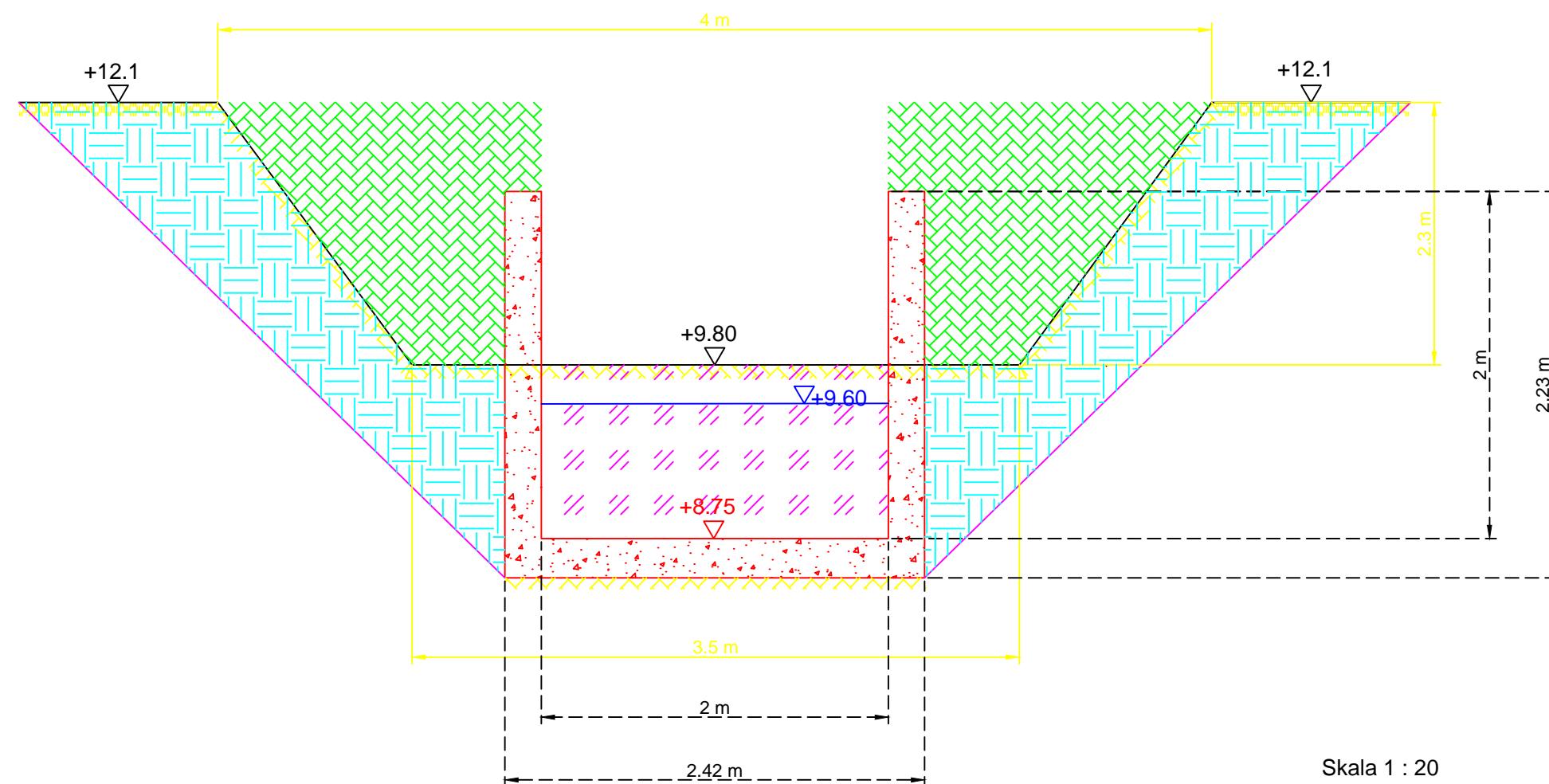
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AB

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

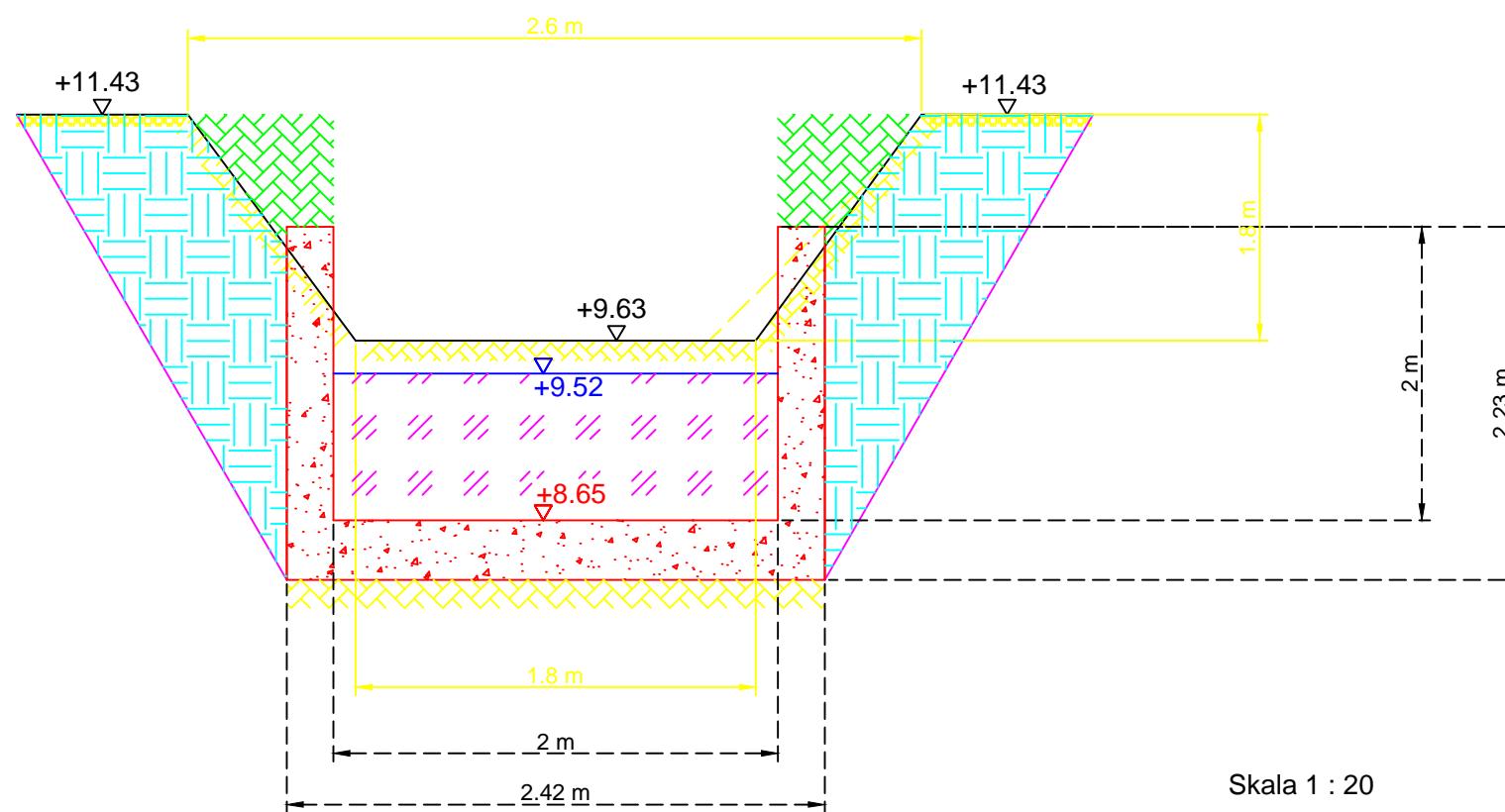
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH



Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AC

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

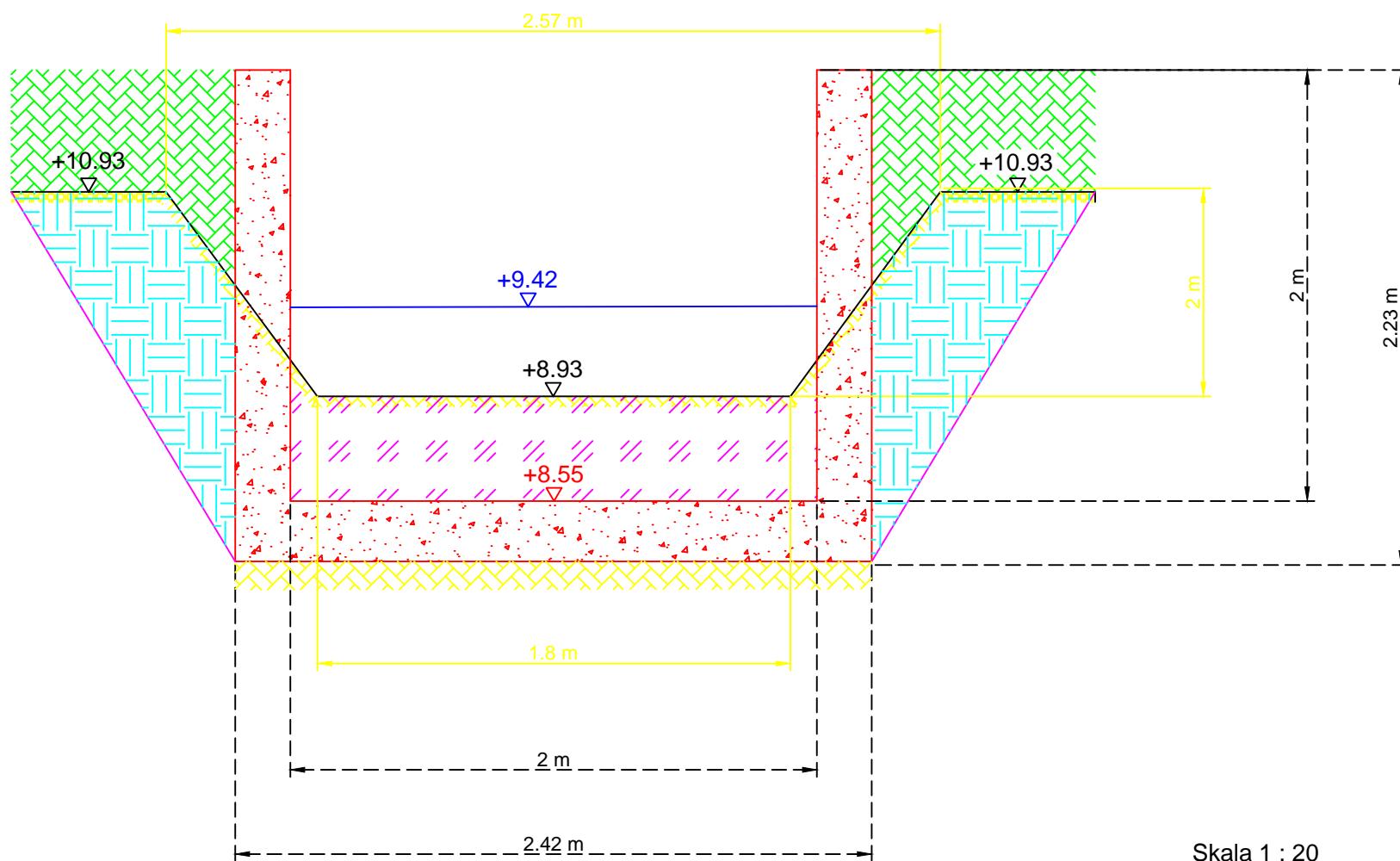
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH



Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AE

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

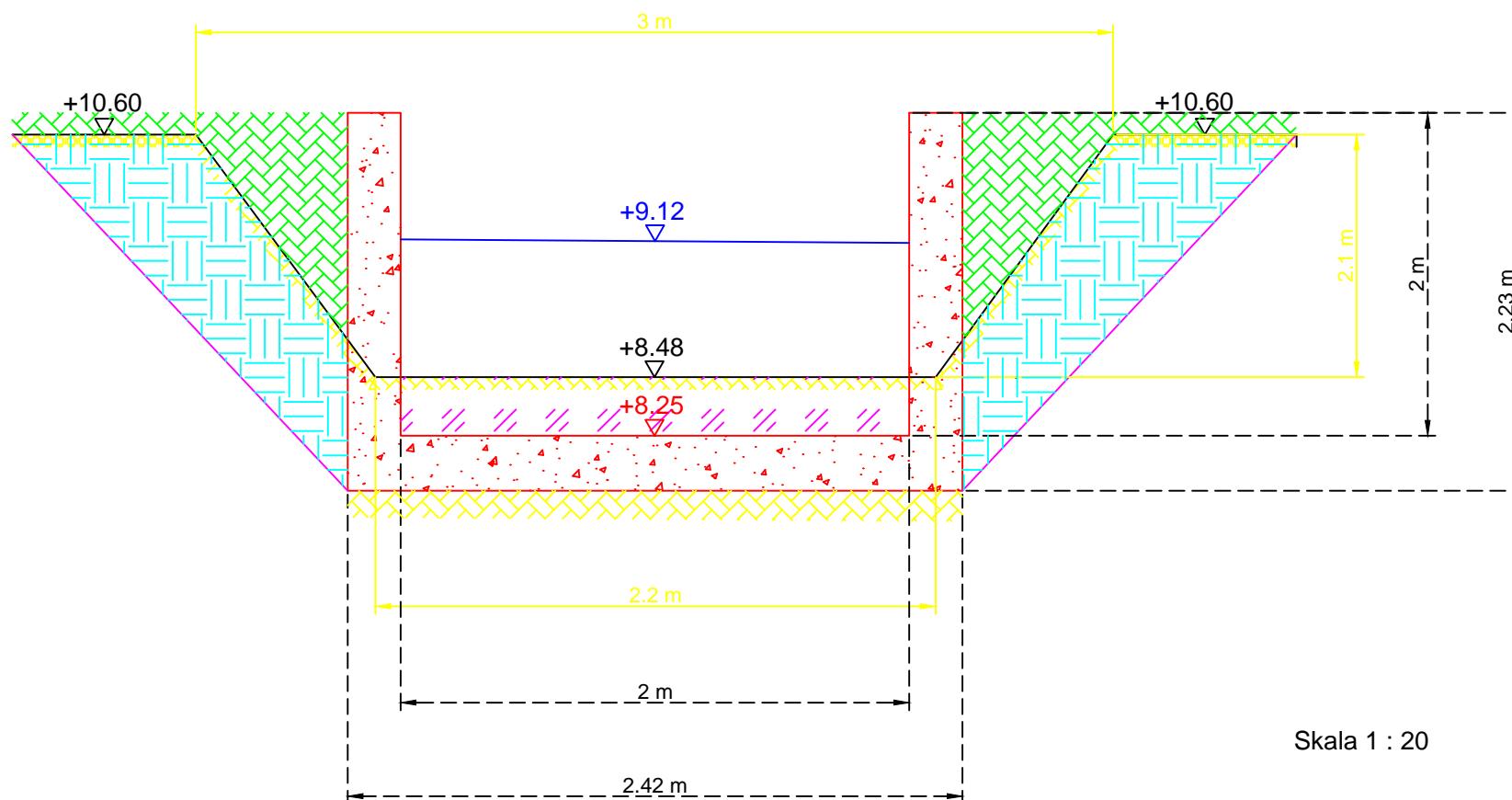
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH



Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AI

- URUGAN SIRTU
- GALIAN TANAH ASLI
- TANAH ASLI
- EL. SAL. EKSISTING
- EL. MAB RENCANA
- EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

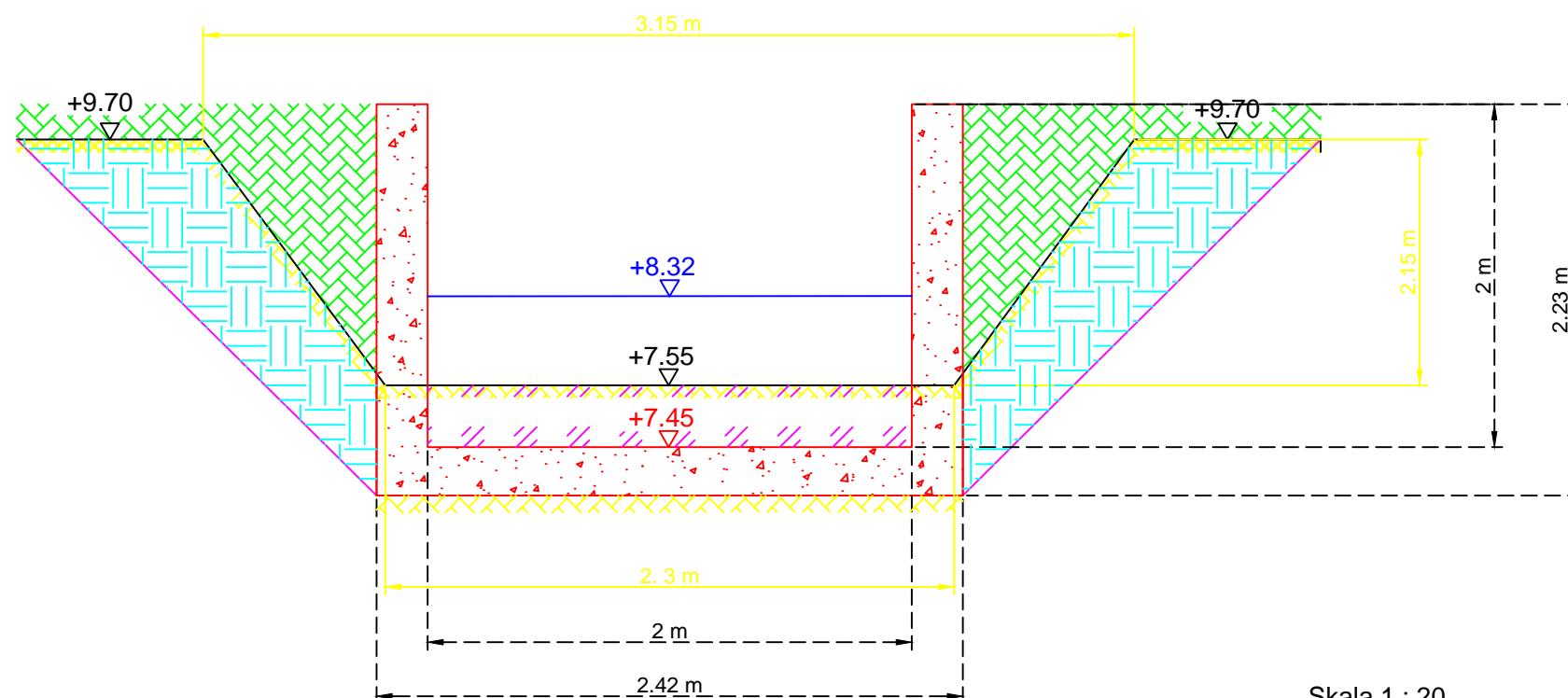
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH



Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AJ

URUGAN SIRTU

GALIAN TANAH ASLI

▽ EL. SAL. EKSISTING

△ EL. MAB RENCANA

◆ EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

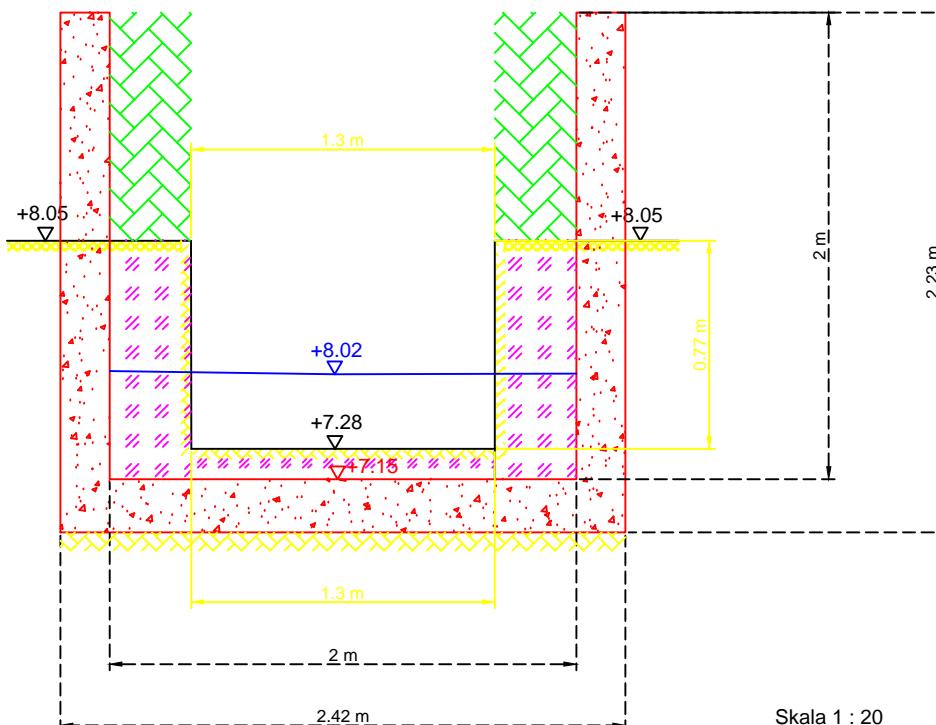
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO JUMLAH



Skala 1 : 20



Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AL

URUGAN SIRTU

GALIAN TANAH ASLI

▽ EL. SAL. EKSISTING

△ EL. MAB RENCANA

◆ EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

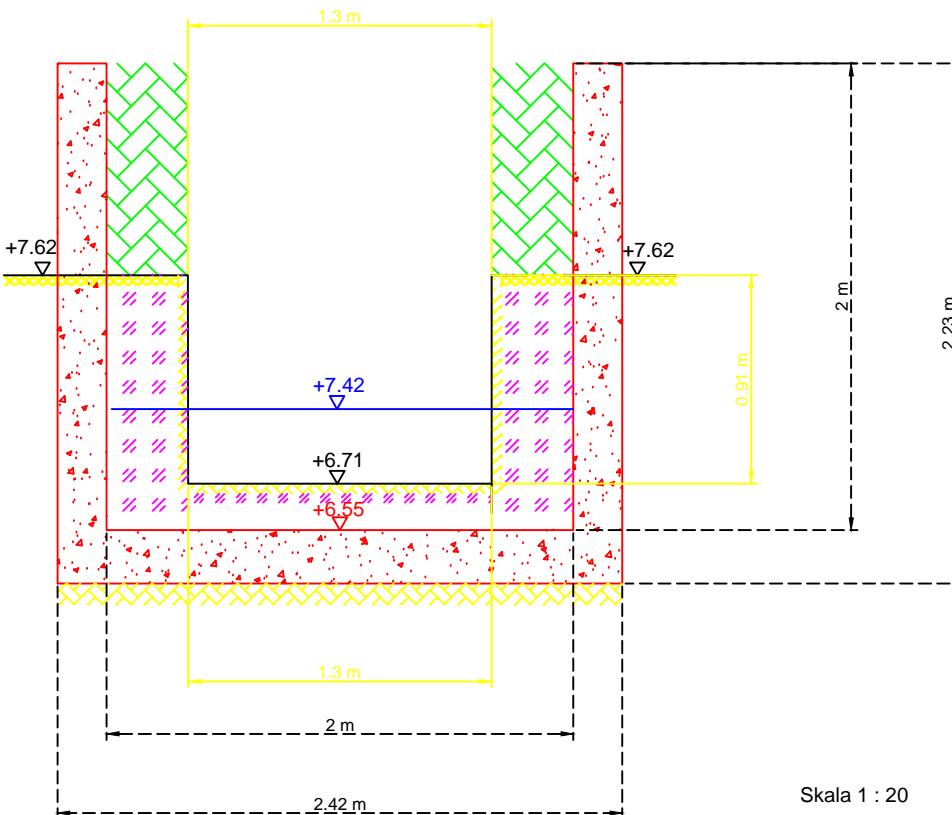
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO	JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AM

URUGAN SIRTU

GALIAN TANAH ASLI

▽ EL. SAL. EKSISTING

▽ EL. MAB RENCANA

▽ EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

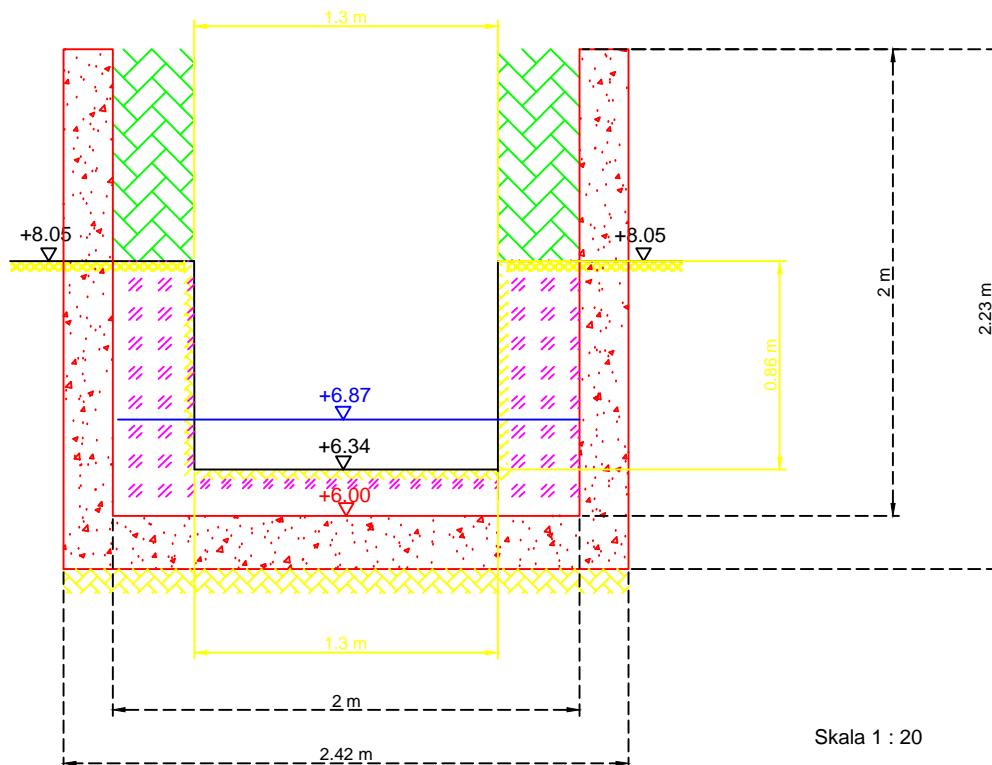
DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH





Diploma IV  
Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS

KETERANGAN

POT. MELINTANG  
SALURAN AN

URUGAN SIRTU

GALIAN TANAH ASLI

▽ EL. SAL. EKSISTING

▽ EL. MAB RENCANA

▽ EL. SAL. RENCANA

NAMA GAMBAR

POT MELINTANG SALURAN  
DRAINASE LIDAH KULON  
EKSISTING DAN RENCANA

DOSEN

IR. ISMAIL SAUD, MMT

NAMA MAHASISWA

ADITYA EKA SURYA  
3116040533

NO | JUMLAH

