



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM  
WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT**

Alysia Lunar Adriyani  
NRP. 0311154000059

Dosen Pembimbing I  
Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc

Dosen Pembimbing II  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



FINAL PROJECT (RC18-4803)

**PLANNING OF SLAMET BOEZEM'S DRAINAGE  
SYSTEM IN WEST SURABAYA**

Alysia Lunar Adriyani  
NRP. 0311154000059

Academic Supervisor I  
Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

Academic Supervisor II  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

Civil Engineering Department  
Faculty of Civil Engineering, Enviromental, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

# PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Hidroteknik  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

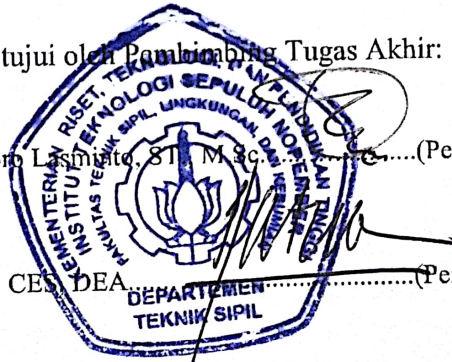
Oleh:

ALYSIA LUNAR ADRIYANI  
NRP. 0311154000059

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. ....(Pembimbing I)

2. Dr. Ir. Edijatno, C.E.S., DEA .....(Pembimbing II)



**SURABAYA  
JANUARI, 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

# PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

**Nama Mahasiswa** : Alysia Lunar Adriyani  
**NRP** : 03111540000059  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M. Sc.  
**Dr. Ir. Edijatno**

## Abstrak

*Waduk memiliki beberapa manfaat, diantaranya adalah sebagai flood control atau pengendali banjir. Namun, masih terdapat banyak waduk yang pemanfaatannya masih belum optimal, seperti Waduk Slamet yang terdapat di Surabaya Barat. Di Surabaya Barat sendiri, sekarang telah terdapat banyak pemukiman warga. Berubahnya tata guna lahan ini salah satu penyebab sering terjadinya banjir karena air hujan tidak dapat terserap seutuhnya ke tanah dan menjadi surface run off. Tak terkecuali di daerah barat laut Waduk Slamet yang kerap terjadi banjir. Karena permasalahan ini, maka dirasa perlunya perencanaan yang baik agar Waduk Slamet dapat berfungsi menjadi flood control sehingga dapat menyelesaikan permasalahan banjir disekitarnya.*

*Langkah awal yang dilakukan adalah dengan melakukan survei lapangan, yang selanjutnya dapat ditemukan hasil yaitu berupa identifikasi permasalahan yang terjadi. Lalu dilakukan pengumpulan data. Data-data yang dikumpulkan meliputi data curah hujan, peta topografi, layout lokasi studi, serta Surabaya Drainage Master Plan (SDMP). Setelah mendapatkan data-data tersebut maka dilakukan analisa hidrologi yang selanjutnya akan menghasilkan debit banjir rencana. Selain analisa hidrologi, juga dilakukan analisa hidrolika. Data yang dibutuhkan meliputi data dimensi eksisting waduk. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui berapa kapasitas waduk eksisting. Setelah itu dilakukan perencanaan kapasitas waduk sesuai dengan debit inflow rencana*

*yang berasal dari daerah sekitar waduk, sehingga waduk dapat berfungsi sebagai tampungan untuk mengatasi banjir yang ada. Selanjutnya waduk akan dilengkapi dengan pintu air untuk operasional.*

*Berdasarkan hasil analisis hidrologi, didapatkan curah hujan rencana periode ulang 10 tahun sebesar 158,241 mm. Agar debit limpasan dapat mengalir ke waduk, maka dibutuhkan perencanaan saluran inflow yang menuju ke waduk dan direncanakan menggunakan box culvert. Dimensi terbesar box culvert untuk saluran tersier 0,8 meter x 0,8 meter, untuk saluran sekunder 0,8 meter x 0,8 meter, dan untuk saluran primer 1,2 meter x 1,2 meter. Volume kolam tampung yang dibutuhkan dengan asumsi hujan di Surabaya selama 3 jam adalah sebesar 33441,1 m<sup>3</sup> sedangkan volume eksisting yang tersedia sebesar 33814,25 m<sup>3</sup> sehingga tidak dibutuhkan pembesaran dimensi waduk. Pengoperasian waduk direncanakan dilengkapi dengan pintu air dengan dimensi pintu 1,5 meter x 0,9 meter dengan bukaan 0,8 meter. Dengan demikian masalah banjir yang terjadi dapat diselesaikan.*

***Kata kunci: Banjir, Drainase, Citraland, Busem, UNESA.***



# PLANNING OF SLAMET BOEZEM'S DRAINAGE SYSTEM IN WEST SURABAYA

**Name** : Alysia Lunar Adriyani  
**NRP** : 03111540000059  
**Departement** : Teknik Sipil FTSLK – ITS  
**Supervisor** : Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M. Sc.  
**Dr. Ir. Edijatno**

## **Abstract**

*Boezem have several benefits, including flood control. The utilization as flood control is still not optimal, such as the Slamet Boezem in West Surabaya. In West Surabaya itself, there are now many residential areas. Changing land use is one of the causes of frequent flooding because rainwater cannot be fully absorbed to the ground and becomes a surface run off. No exception in the northwest area of Slamet Boezem which often floods. Because of this problem, it is felt that the need for good planning so that the Slamet Boezem can function becomes a flood control so that it can resolve the surrounding flood problems.*

*The first step is to conduct a field survey, which can then be found in the form of identification of the problems that occur. Then data collection is carried out. The data collected includes rainfall data, topographic maps, study location layouts, and Surabaya Drainage Master Plan (SDMP). After obtaining these data, a hydrological analysis is carried out which will then produce a planned flood discharge. In addition to hydrological analysis, a hydraulic analysis is also carried out. The data needed includes the dimensions of existing boezem data. This analysis aims to find out what the capacity of the existing boezem is. After that the boezem capacity planning is carried out according to the inflow discharge plan originating from the area around the boezem, so that the boezem can function as a boezem to overcome the existing flooding. Furthermore, the boezem will be equipped with sluice gates for operations.*

*Based on the results of the hydrological analysis, it was found that the rainfall plan for the 10-year return period was 158,241 mm. In order for runoff discharge to flow into the reservoir, it is necessary to plan the inflow channel leading to the reservoir and planned to use a box culvert. The biggest box culvert dimensions for tertiary channels are 0.8 meters x 0.8 meters, for secondary channels 0.8 meters x 0.8 meters, and for primary channels 1.2 meters x 1.2 meters. The required pool volume with the assumption of rain in Surabaya for 3 hours is 33441.1 m<sup>3</sup> while the available volume is 33814.25 m<sup>3</sup> so there is no need to enlarge the dimensions of the reservoir. Operation of the reservoir is planned to be equipped with sluice gates with dimensions of doors of 1.5 meters x 0.9 meters with openings of 0.8 meters. Thus the problem of flooding that occurs can be resolved.*

***Keywords: Flood, Drainage, Citraland, Boezem, UNESA.***

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, karena dengan rahmat serta hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan Drainase Subsistem Waduk Slamet di Surabaya Barat” tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa tugas ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa arahan, bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Papa dan Mama yang tiada hentinya selalu membantu, mendukung, dan mendoakan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M. Sc., dan Bapak Dr. Ir. Edijatno selaku dosen pembimbing.
3. Nolek, Rut, Pelangi, Glory, Maria, Refo, Alyssa, Oka yang turut membantu dalam selesainya pengerjaan tugas akhir ini
4. Opi, Billy, Mamet, Lilla, Wafi, Dias, Fauzan, Ganggas, Yasa, Galih, Dwindu, Giovan yang telah memberikan semangat kepada penulis agar tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Cepees, Gerry, Astila, Dandi, Raka, Dhanika, Marko, Nia yang telah rela mengorbankan waktunya untuk menemani, mendoakan serta tiada hentinya mendukung penulis.
6. Teman-teman Konco Kenthel yang persahabatannya memotivasi penulis untuk terus maju.
7. Teman-teman penulis angkatan S-58 yang tiada hentinya selalu memberikan semangat serta motivasi disetiap kesempatan.
8. Mbak Fifin dan Mbak Tyas, serta senior S57++ lain yang bersedia meluangkan waktunya untuk membantu penulis dalam akademis semasa perkuliahan
9. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, baik yang telah memberikan bantuan teknis maupun non-teknis, serta tiada hentinya memberikan semangat dan selalu percaya pada diri penulis, disaat yang lain tidak.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih belum sempurna, makadari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga tugas akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Lokasi Studi.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Analisis Hidrologi .....	5
2.1.1 Analisis Hujan Wilayah .....	5
2.1.2 Analisis Hujan Rencana .....	6
2.1.3 Analisis Distribusi Frekuensi .....	7
2.1.4 Uji Kecocokan Parameter Distribusi.....	17
2.1.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	21
2.2 Analisis Hidrolika .....	27
2.2.1 Perhitungan Kapasitas Saluran.....	27
2.2.2 Perencanaan Saluran Drainase .....	29
2.2.3 Perencanaan Tampung.....	32
2.2.4 Perencanaan Pintu Air .....	34
2.2.5 Perhitungan Flood Routing .....	35
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>37</b>
3.1 Konsep Umum.....	37
3.2 Studi Lapangan.....	37
3.3 Pengumpulan Data .....	37

3.4 Analisis Data dan Perhitungan .....	38
3.4.1 Analisis Hidrologi .....	38
3.4.2 Analisis Hidrolika .....	39
3.5 Diagram Alir .....	40
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>43</b>
4.1. Analisis Hidrologi .....	43
4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah.....	43
4.1.2 Analisis Curah Hujan Harian Rencana.....	46
4.1.2.1. Metode Distribusi Normal.....	48
4.1.2.2. Metode Distribusi Log Normal .....	51
4.1.2.3. Metode Distribusi Gumbel.....	54
4.1.2.4. Metode Distribusi Log Pearson III.....	58
4.1.2.5. Kesimpulan Hasil Analisis.....	70
4.1.3 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang.....	71
4.1.4 Analisis Debit Banjir Rencana (Q).....	72
4.2. Analisis Hidrolika .....	157
4.2.1. Evaluasi Elevasi Dasar Saluran Eksisting .....	157
4.2.2. Perencanaan Saluran.....	160
4.2.3. Analisis Waduk / <i>Boezem</i> .....	163
4.2.4. Analisis Bagian Hilir Waduk .....	167
4.2.5. Perhitungan Kapasitas Saluran Hilir Waduk.....	168
4.2.6. Evaluasi Saluran Bagian Hilir Waduk .....	171
4.3. Perencanaan Pintu Air.....	182
4.3.1. Perhitungan Dimensi Pintu Air .....	185
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>189</b>
5.1. Kesimpulan.....	189
5.2. Saran.....	189
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>191</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Waduk.....	3
Gambar 2. 1 Contoh Poligon Thiessen.....	6
Gambar 2. 3 Hidrograf Rasional $T_d = T_c$ .....	33
Gambar 2. 4 Hidrograf Rasional $T_d > T_c$ .....	34
Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir .....	41
Gambar 4. 1 Letak Stasiun Hujan Kota Surabaya .....	43
Gambar 4. 2 Hasil Metode Poligon Thiessen.....	44
Gambar 4. 4 Grafik Hidrograf Rasional .....	164
Gambar 4. 5 Luas Eksisting Waduk.....	165
Gambar 4. 6 Sket <i>Inflow</i> Waduk .....	166
Gambar 4. 7 Daerah Hilir Waduk Slamet .....	1667

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Periode Ulang (Tahun) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunannya .....	7
Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	9
Tabel 2. 3 Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III.....	12
Tabel 2. 4 Nilai Reduced Variate (YTr).....	14
Tabel 2. 5 Nilai Reduced Mean (Yn) .....	15
Tabel 2. 6 Nilai Reduced Standard Deviation (Sn) .....	16
Tabel 2. 7 Pemilihan Jenis Distribusi.....	17
Tabel 2. 8 Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat.....	18
Tabel 2. 9 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov .....	21
Tabel 2. 10 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional .....	22
Tabel 2. 11 Koefisien Aliran untuk Metode Rasional (dari Hassing, 1995) .....	23
Tabel 2. 12 Harga Koefisien Hambatan, nd .....	25
Tabel 2. 13 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan.....	26
Tabel 2. 14 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (n) ....	28
Tabel 2. 15 Kecepatan Maksimum Aliran.....	31
Tabel 2. 16 Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan .....	32
Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Kandangan Kota Surabaya .....	45
Tabel 4. 2 Periode Ulang (Tahun) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunannya .....	46

Tabel 4. 3 Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	49
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel.....	51
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III.....	54
Tabel 4. 6 Hubungan Reduced Mean ( $Y_n$ ) dan Jumlah Data ( $n$ )	57
Tabel 4. 7 Hubungan Reduced Standard Deviation ( $S_n$ ) dan Jumlah Data ( $n$ ) .....	58
Tabel 4. 8 Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III.....	60
Tabel 4. 9 Syarat Parameter Statistik .....	61
Tabel 4. 10 Rekapitulasi $C_s$ dan $C_k$ Perhitungan Distribusi .....	61
Tabel 4. 11 Subgrup Uji Chi-Square Metode Log Pearson III....	63
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Perhitungan Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson III .....	64
Tabel 4. 13 Nilai Kritis Chi Kuadrat .....	65
Tabel 4. 14 Probabilitas $f(t)$ .....	68
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov Distribusi Log Pearson Tipe III .....	69
Tabel 4. 16 Derajat Kepercayaan Uji Kolmogorov-Smirnov.....	70
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Uji Kecocokan .....	71
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Perhitungan Cgabungan Saluran .....	74
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Estimasi Nilai $t_0$ .....	92
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Estimasi Nilai $t_f$ .....	107

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Perhitungan $t_c$ .....	123
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan (I).....	132
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir.....	142
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Elevasi Rencana Dasar Saluran.....	159
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Perencanaan Ulang Saluran.....	162
Tabel 4. 26 Hidrograf Rasional hubungan antara Q dan t.....	163
Tabel 4. 27 Data Saluran Eksisting Hilir Waduk .....	163
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Perhitungan Q hidrolika Hilir.....	170
Tabel 4. 29 Rekapitulasi C gabungan dan A Saluran Hilir .....	183
Tabel 4. 30 Rekapitulasi $t_c$ Saluran Hilir .....	173
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Intensitas Hujan.....	183
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Q hidrologi Saluran Hilir.....	183
Tabel 4. 33 Perhitungan Evaluasi Saluran Hilir Waduk.....	183
Tabel 4. 34 Rekapitulasi Dimensi Rencana Saluran Hilir.....	183
Tabel 4. 35 Perhitungan Evaluasi Saluran Hilir Rencana .....	183
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Routing Pintu Air .....	183

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Drainase perkotaan melayani pembuangan air pada suatu kota, baik melalui permukaan tanah (*surface drainage*) maupun melalui bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*), yang selanjutnya akan dibuang ke *outlet*, yaitu dapat berupa laut, sungai, maupun waduk. Waduk menurut pengertian umum adalah tempat pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air saat terjadi kelebihan air / musim penghujan sehingga air itu dapat dimanfaatkan pada musim kering. Sumber air waduk terutama berasal dari aliran permukaan ditambah dengan air hujan langsung. Waduk memiliki beberapa manfaat, diantaranya adalah sebagai *flood control* atau pengendali banjir.

Di Surabaya sendiri, terdapat beberapa Waduk yang dapat berfungsi sebagai pengendali banjir namun dalam kenyataannya, penggunaan terhadap waduk – waduk tersebut belum sepenuhnya berfungsi secara optimal. Salah satu Waduk yang dapat digunakan sebagai pengendali banjir adalah Waduk Slamet yang berada di Surabaya Barat. Namun, selama ini pemanfaatan Waduk Slamet sendiri masih belum difungsikan sebagai *flood control* melainkan hanya sebagai tempat tampungan air biasa serta sebagai tempat habitat bagi biota-biota air yang terdapat dalam waduk tersebut. Padahal pada saat ini, sering terjadi banjir di Surabaya Barat dan tak terkecuali di daerah barat laut dari Waduk Slamet yang sekarang ini merupakan daerah pemukiman yang padat. Maka dari itu, dibutuhkan perencanaan yang tepat agar Waduk Slamet dapat bermanfaat sebagai pengendali banjir bagi daerah disekitarnya

Saat ini di daerah barat laut Waduk Slamet, yaitu kawasan Citraland, terdapat permasalahan banjir yang terjadi. Banjir ini salah satu penyebabnya selain karena pada saluran buangan akhir terjadi penyempitan, juga karena tidak adanya kolam tampungan sebagai pengendali banjir, sehingga saluran dari Citraland seluruhnya dialirkan ke saluran buangan di UNESA tanpa

ditampung lebih dahulu. Menilik kondisi yang telah terjadi, maka dari itu diperlukanlah perencanaan yang tepat agar Waduk Slamet dapat berfungsi sebagai pengendali banjir dengan baik, agar permasalahan banjir yang terjadi dapat teratasi, serta penggunaan Waduk Slamet dapat berfungsi secara optimal.

Perencanaan dilakukan dengan cara merencanakan dimensi Waduk Slamet, serta merencanakan desain pintu air untuk operasional Waduk Slamet sebagai waduk pengendali banjir.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Berapa debit *inflow* yang akan dialirkan ke Waduk Slamet?
2. Berapa kapasitas yang dibutuhkan agar Waduk Slamet dapat menampung debit *inflow*?
3. Berapa debit *outflow* yang diijinkan keluar dari Waduk Slamet?
4. Bagaimana desain pintu air untuk operasional Waduk Slamet?

### **1.3 Tujuan**

Dengan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang diharapkan tercapai adalah sebagai berikut :

1. Menghitung debit *inflow* yang akan dialirkan ke Waduk Slamet.
2. Menghitung kapasitas yang dibutuhkan Waduk Slamet agar dapat menampung debit *inflow*.
3. Menghitung debit *outflow* yang diijinkan keluar dari Waduk Slamet.
4. Merencanakan desain pintu air untuk operasional Waduk Slamet.

### 1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh adalah :

1. Menjadikan kawasan sekitar Waduk Slamet bebas dari banjir sehingga aktifitas di lokasi tersebut tidak terhambat.
2. Memberikan masukan kepada pihak Dinas Pematuan Pemerintah Kota Surabaya untuk langkah-langkah perbaikan dan pemanfaatan Waduk Slamet untuk mengatasi permasalahan banjir yang terjadi.

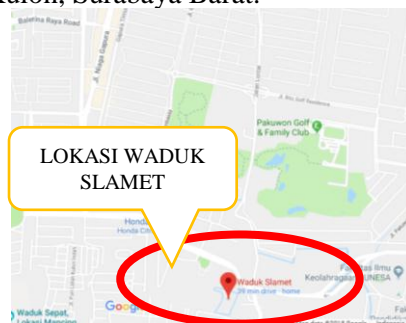
### 1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya penyimpangan pembahasan maka dibuatlah suatu batasan dalam perencanaannya. Adapun batasan-batasan masalah yang dipakai antara lain :

1. Studi ini hanya meninjau subsistem drainase Waduk Slamet.
2. Perencanaan sistem drainase hanya memperhitungkan debit akibat air hujan dan tidak meninjau air buangan limbah rumah tangga.
3. Tidak memperhitungkan biaya pembangunan sistem drainase.
4. Tidak memperhitungkan kekuatan struktur.
5. Tidak memperhitungkan sedimentasi.

### 1.6 Lokasi Studi

Studi ini dilaksanakan pada subsistem Waduk Slamet di daerah Lidah Kulon, Surabaya Barat.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Waduk

(Sumber : Google Maps)

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Analisis Hidrologi

#### 2.1.1 Analisis Hujan Wilayah

Penentuan hujan wilayah pada studi ini menggunakan Metode Poligon *Thiessen*. Analisis hidrologi bertujuan untuk mengetahui besar dari debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu (Qth). Data yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu data curah hujan yang berpengaruh pada lokasi perencanaan. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun hujan di daerah tersebut. Pemilihan metode ini dikarenakan jumlah pos penakar hujan yang terbatas.

Perhitungan hujan rata-rata metode poligon *thiessen* dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mengambil peta lokasi stasiun hujan di suatu DAS
2. Menghubungkan garis antar stasiun satu dan lainnya dengan garis terputus hingga membentuk segitiga-segitiga
3. Membuat garis berat kedua garis, yaitu garis yang membuat dua sama persis dan tegak lurus garis
4. Menghubungkan ketiga garis berat dari segi tiga sehingga membuat titik berat akan membentuk poligon mengelilingi tiap stasiun. Gambar 2.1.
5. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
6. Jumlah dari hitungan pada nomor 5 untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rata-rata pada suatu DAS dirumuskan:

$$P = \frac{(A_1P_1)+(A_2P_2)+(A_3P_3)+\dots+(A_nP_n)}{A_1+A_2+A_3+\dots+A_n} \quad (2.1)$$

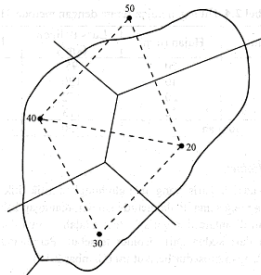
Dimana :

P = hujan rata-rata wilayah (mm)

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm).

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = luas sub-area yang mewakili masing-masing stasiun hujan ( $\text{km}^2$ ).

(Sumber : Hadisusanto, 2010)



Gambar 2. 1 Contoh Poligon Thiessen

(Sumber : Wesli, 2008)

### 2.1.2 Analisis Hujan Rencana

Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam sehingga menghasilkan data curah hujan harian per tahun. Data curah hujan harian maksimum per tahun kemudian dijadikan acuan untuk analisis hujan rencana periode ulang ( $R_T$ )

.Analisis hujan rencana menggunakan hujan harian maksimum untuk menghitung intensitas hujan, selanjutnya intensitas ini digunakan untuk mengestimasi debit rencana.

Untuk merencanakan saluran drainase periode ulang (*return period*) yang digunakan tergantung dari fungsi saluran dan daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Periode ulang (tahun) untuk perencanaan saluran kota dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 1 Periode Ulang (Tahun) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunannya

No.	Distribusi	PUH (Tahun)
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun,	2
	kuburan, lahan tak terbangun	
	Kesibukan dan perkantoran	5
	Perindustrian	
	Ringan	5
	Menengah	10
2	Berat	25
	Super berat/proteksi negara	50
	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
3	Resiko Besar	5
	Saluran Sekunder	
	Tanpa Resiko	2
4	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
	Atau :	
	Luas DAS (25-50) Ha	5
Luas DAS (50-100) Ha	(5-10)	
Luas DAS (100-1300) Ha	(10-25)	
Luas DAS (1300-6500) Ha	(25-50)	
5	Pengendali Banjir Makro	100
6	Gorong-gorong	
	Jalan Raya Biasa	10
	Jalan By Pass	25
	Jalan Ways	50
7	Saluran Tepian	
	Jalan Raya Biasa	5-10
	Jalan By Pass	10-25
	Jalan Ways	25-50

(Sumber : Suripin, 2004)

### 2.1.3 Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis frekuensi data hidrologi bertujuan untuk mencari hubungan dari besarnya kejadian ekstrim (curah hujan maksimum harian) terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Dalam ilmu statistik, dikenal beberapa macam distribusi frekuensi, akan tetapi dalam bidang hidrologi ada empat jenis distribusi yang banyak digunakan, yaitu:

- a. Metode Distribusi Normal
- b. Metode Distribusi Log Normal
- c. Metode Distribusi Gumbel
- d. Metode Distribusi Log Pearson III

**a. Metode Distribusi Normal**

Distribusi normal disebut juga distribusi Gauss. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Menyusun data curah hujan dari dengan nilai terbesar hingga terkecil.
2. Menghitung harga rata-rata curah hujan menggunakan rumus berikut:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \text{ atau } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.2)$$

3. Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata dengan rumus berikut:

$$(x - \bar{X}^2) \quad (2.3)$$

4. Menghitung standar deviasi data hujan. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2.4)$$

5. Menghitung harga koefisien variasi data hujan dengan rumus :

$$C_v = \frac{s}{x} \quad (2.5)$$

6. Menghitung harga koefisien kemencengan (*skewness*) data hujan menggunakan rumus :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (2.6)$$

7. Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan dengan rumus :

$$Ck = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (2.7)$$

Dalam perhitungan hujan rencana distribusi normal menggunakan rumus :=

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S \quad (2.8)$$

Dimana :

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \quad (2.9)$$

Keterangan :

$X_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata

S = Standar deviasi

$K_T$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

Nilai faktor frekuensi  $K_T$  umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam tabel 2.2, yang umum disebut sebagai tabel nilai variable reduksi Gauss (*Variable Reduced Gauss*).

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	$K_T$
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,99	-2,33
4	1,050	0,95	-1,64
5	1,110	0,9	-1,28
6	1,250	0,8	-0,84
7	1,330	0,75	-0,67
8	1,430	0,7	-0,52
9	1,670	0,6	-0,25

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	$K_T$
10	2,000	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

(Sumber : Suripin, 2004)

#### b. Distribusi Log Normal

Jika variabel acak  $Y = \text{Log } X$  terdistribusi secara normal, maka  $X$  dikatakan mengikuti distribusi Log Normal (Suripin, 2004). Perhitungan curah hujan rencana distribusi Log Normal menggunakan rumus berikut :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T x S \quad (2.10)$$

Dimana :

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.11)$$

Keterangan :

$Y_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{Y}$  = Nilai rata-rata

$S$  = Standar deviasi

$K_T$  = Faktor frekuensi

Nilai faktor frekuensi  $K_T$  untuk distribusi log normal sama dengan distribusi normal, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2, yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*) (*Suripin, 2004*).

### c. Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

Menggunakan perhitungan Metode Pearson Type III dengan persamaan :

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad (2.12)$$

Dimana :

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung

$S$  = Standar deviasi

$k$  = Faktor sifat dari Distribusi Pearson Tipe III, didapat dari tabel fungsi  $C_s$  dan probabilitas kejadian (tabel 2.3 dan 2.4).

Dalam distribusi Log Pearson Tipe III, langkah-langkah pengerjaannya sama dengan distribusi normal namun data  $X$  diubah ke dalam bentuk logaritmik  $Y = \text{Log } X$ . Jika variabel acak  $Y = \text{Log } X$  terdistribusi secara normal, maka  $X$  dikatakan mengikuti distribusi Log Normal (*Suripin, 2004*)

Langkah-langkah perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III sebagai berikut :

1. Mengurutkan data-data curah hujan ( $X$ ) mulai dari harga yang terbesar hingga terkecil
2. Menentukan logaritma dari semua nilai variat  $X$
3. Menghitung nilai rata ratanya

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (2.13)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah data

4. Menghitung nilai standar deviasinya dari log  $X$

$$S \log \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.14)$$

5. Menghitung nilai koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S \log \bar{X})^3} \quad (2.15)$$

$$\log X = \overline{\log X} + k (\overline{S \log X}) \quad (2.16)$$

6. Menentukan anti log dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai  $C_s$  nya. Nilai  $C_s$  dapat dilihat pada tabel 2.3 dan 2.4. Apabila didapatkan nilai  $C_s = 0$ , artinya distribusi log pearson tipe III identik dengan distribusi log normal, sehingga distribusi kumulatifnya akan tergambar sebagai garis lurus pada kertas grafik log normal.

Tabel 2. 3 Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III

Koefisien Kemencengan ( $C_s$ )	Periode Ulang (tahun)					
	2	10	25	50	100	200
	Probabilitas					
	50 %	10 %	4 %	2 %	1 %	0,5 %
3,0	-0,396	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,5	-0,360	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,0	-0,307	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,8	-0,282	1,318	2,193	2,193	3,499	4,147
1,6	-0,254	1,329	2,163	2,163	3,388	3,990
1,4	-0,225	1,337	2,128	2,128	3,271	3,828
1,2	-0,195	1,340	2,087	2,087	3,149	3,661
1,0	-0,164	1,340	2,043	2,430	3,022	3,489
0,9	-0,148	1,339	2,018	2,018	2,957	3,401
0,8	-0,132	1,336	1,993	1,993	2,891	3,312
0,7	-0,116	1,333	1,967	1,967	2,824	3,223
0,6	-0,099	1,328	1,939	1,939	2,755	3,132
0,5	-0,083	1,323	1,910	1,910	2,686	3,041



Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (tahun)					
	2	10	25	50	100	200
	Probabilitas					
	50 %	10 %	4 %	2 %	1 %	0,5 %
<b>0,4</b>	-0,066	1,317	1,880	1,880	2,615	2,949
<b>0,3</b>	-0,050	1,309	1,849	1,849	2,544	2,856
<b>0,2</b>	-0,033	1,301	1,818	1,818	2,472	2,763
<b>0,1</b>	-0,017	1,292	1,785	1,785	2,400	2,670
<b>0,0</b>	0,000	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
<b>-0,1</b>	0,017	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
<b>-0,2</b>	0,033	1,253	1,680	1,945	2,178	2,388
<b>-0,3</b>	0,050	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
<b>-0,4</b>	0,066	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
<b>-0,5</b>	0,083	1,216	1,567	1,777	1,955	2,10
<b>-0,6</b>	0,099	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
<b>-0,7</b>	0,116	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
<b>-0,8</b>	0,132	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
<b>-0,9</b>	0,148	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
<b>-1,0</b>	0,164	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
<b>-1,2</b>	0,195	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
<b>-1,4</b>	0,225	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
<b>-1,6</b>	0,254	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
<b>-1,8</b>	0,282	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
<b>-2,0</b>	0,307	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
<b>-2,5</b>	0,360	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
<b>-3,0</b>	0,396	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

(Sumber : Suripin, 2004)

**d. Metode Distribusi Gumbel**

Untuk distribusi Gumbel, perhitungan curah hujan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + KxS \quad (2.17)$$

Dimana :

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung variant

S = Deviasi standar nilai variant

Nilai K (faktor probabilitas) untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.18)$$

Dimana :

$$Y_{Tr} = -\ln\{-\ln \frac{T_r - 1}{T_r}\} \quad (2.19)$$

Keterangan:

$Y_{Tr}$  = *reduced variate* (Tabel 2.4)

$Y_n$  = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel atau data n (Tabel 2.5)

$S_n$  = *reduced standard deviation* yang tergantung pada jumlah sampel atau data n (Tabel 2.6)

Tabel 2. 4 Nilai Reduced Variate (YTr)

Periode Ulang (tahun)	Reduced Variate
<b>2</b>	0,3668
<b>5</b>	1,5004
<b>10</b>	2,2510
<b>20</b>	2,9709
<b>25</b>	3,1993
<b>50</b>	3,9028
<b>75</b>	4,3117
<b>100</b>	4,6012
<b>200</b>	5,2969
<b>250</b>	5,5206
<b>500</b>	6,2149
<b>1000</b>	6,9087
<b>5000</b>	8,5188
<b>10000</b>	9,2121

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 5 Nilai Reduced Mean ( $Y_n$ )

$n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>10</b>	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	<b>0,5220</b>
<b>20</b>	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	<b>0,5353</b>
<b>30</b>	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	<b>0,5430</b>
<b>40</b>	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	<b>0,5481</b>
<b>50</b>	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	<b>0,5518</b>
<b>60</b>	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	<b>0,5545</b>
<b>70</b>	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	<b>0,5567</b>
<b>80</b>	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	<b>0,5585</b>
<b>90</b>	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	<b>0,5599</b>
<b>100</b>	<b>0,5600</b>	<b>0,5602</b>	<b>0,5603</b>	<b>0,5604</b>	<b>0,5606</b>	<b>0,5607</b>	<b>0,5608</b>	<b>0,5608</b>	<b>0,5610</b>	<b>0,5611</b>

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 6 Nilai Reduced Standard Deviation (Sn)

<i>n</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<b>10</b>	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	10,095	10,206	10,316	10,411	10,493	<b>10,565</b>
<b>20</b>	10,628	10,696	10,754	10,811	10,864	10,915	10,961	11,004	11,047	<b>11,080</b>
<b>30</b>	11,124	11,159	11,193	11,226	11,255	11,285	11,313	11,339	11,363	<b>11,388</b>
<b>40</b>	11,413	11,436	11,458	11,480	11,499	11,519	11,538	11,557	11,574	<b>11,590</b>
<b>50</b>	11,607	11,623	11,638	11,658	11,667	11,681	11,696	11,708	11,721	<b>11,734</b>
<b>60</b>	11,747	11,759	11,770	11,782	11,793	11,803	11,814	11,824	11,834	<b>11,844</b>
<b>70</b>	11,854	11,863	11,873	11,881	11,890	11,898	11,906	11,915	11,923	<b>11,930</b>
<b>80</b>	11,938	11,945	11,953	11,959	11,967	11,973	11,980	11,987	11,994	<b>12,001</b>
<b>90</b>	12,007	12,013	12,020	12,026	12,032	12,038	12,044	12,049	12,055	<b>12,060</b>
<b>100</b>	<b>12,065</b>	<b>12,069</b>	<b>12,073</b>	<b>12,077</b>	<b>12,081</b>	<b>12,084</b>	<b>12,087</b>	<b>12,090</b>	<b>12,093</b>	<b>12,096</b>

(Sumber : Suripin, 2004)

Sifat dari masing-masing parameter statistik dapat ditinjau dari besar nilai koefisien kemencengan ( $C_s$ ) dan koefisien ketajaman ( $C_k$ ) yang sesuai dengan syarat masing-masing distribusi. Adapun pemilihan jenis distribusi sesuai tabel 2.8

Tabel 2. 7 Pemilihan Jenis Distribusi

No	Distribusi Teoritis	Parameter Statistik Teoritis
1	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s = Cv^3 + 3 Cv$ $C_k = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1.14$ $C_k = 5.40$
4	Log Pearson III	$C_s$ dan $C_k$ Bebas

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Dari perhitungan metode-metode tersebut, diambil kesimpulan dari metode distribusi yang memenuhi syarat sifat distribusi.

#### 2.1.4 Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah Chi kuadrat (*Chi square*) dan Smirnov – Kolmogorov. (Suripin, 2004)

##### a. Uji Chi Kuadrat

Metode ini bertujuan menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih telah mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji Chi Kuadrat ini

menggunakan parameter  $X^2$  , dimana metode ini diperoleh berdasarkan rumus :

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.20)$$

Dimana :

$X_h^2$  = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub – kelompok

O<sub>i</sub> = jumlah nilai pengamatan pada subkelompok ke i

E<sub>i</sub> = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter  $X_h^2$  merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai  $X_h^2$  sama atau lebih besar dari pada nilai chi-kuadrat yang sederhana ( $X^2$ ) dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2. 8 Nilai Kritis 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	0,00000393	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	7,278	9,210	10,597
3	0,00717	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	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
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	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
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	13,212	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber : Suripin,2004)

Langkah pengujian Chi-Kuadrat sebagai berikut :

1. Mengurutkan data pengamatan dari yang besar ke kecil atau sebaliknya.
2. Mengelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
3. Menjumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  (jumlah nilai pengamatan) tiap-tiap grup.
4. Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$
5. Tiap-tiap sub grup hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.21)$$

6. Menjumlahkan seluruh G sub group nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung.
7. Menentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  (nilai  $R = 2$ , untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai  $R = 1$ , untuk distribusi poisson)

Interpretasi hasilnya adalah :

- a) Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- b) Apabila peluang lebih kecil 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
- c) Apabila peluang berada diantara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambah data.

(Sumber : Suripin, 2004)

#### b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan ini disebut juga sebagai uji kecocokan non parameter, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun langkah pengujiannya sebagai berikut :

1. Mengurutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritisnya dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, menentukan selisih tersebarnya antara peluang pengamatan dengan teoritisnya.

$$D = \{P'(x<) - P(x<)\} \quad (2.22)$$

Dimana :



- $D$  = selisih terbesar antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis  
 $P(X <)$  = peluang dari masing-masing data  
 $P'(X <)$  = peluang teoritis dari masing-masing data
4. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov) menentukan harga  $D_0$ . Nilai Kritis  $D_0$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov terlampir pada tabel 2.9.

- Apabila  $D < D_0$ , maka distribusi teoritis dapat diterima
- Apabila  $D > D_0$ , maka distribusi teoritis tidak dapat diterima.

Tabel 2. 9 Nilai Kritis  $D_0$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	$\alpha$ derajat kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
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
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,077}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber : Suripin, 2004)

## 2.1.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Besarnya debit banjir yang mungkin terjadi pada periode tertentu dapat direncanakan dengan menghitung tinggi hujan rencana dengan periode ulang tertentu.

### 2.1.5.1 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien limpasan atau pengaliran adalah variabel untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Faktor utama yang

mempengaruhi C adalah laju infiltrasi tanah atau prosentase lahan keadap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Permukaan keadap air, seperti perkerasan aspal dan atap bangunan, akan menghasilkan aliran hampir 100% setelah permukaan menjadi basah, seberapa pun kemiringannya.

Harga C untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan di sajikan dalam Tabel 2.10 dan 2.11. Harga C yang ditampilkan pada tabel tersebut belum memberikan rincian masing-masing faktor yang berpengaruh terhadap besarnya nilai C. Oleh karena itu, Hassing (1995) menyajikan cara penentuan faktor C yang mengintegrasikan nilai yang mempesentasikan beberapa faktor yang mempengaruhi hubungan antara hujan dan aliran, yaitu topografi, permeabilitas tanah, penutup lahan, dan tata guna tanah yang disajikan dalam Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

No.	Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien Aliran C
1.	Bisnis	
	Perkotaan	0,70 – 0,95
2.	Pinggiran	0,50 – 0,70
	Perumahan	
	Rumah Tunggal	0,30 – 0,50
	Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
	Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	Perkampung	0,25 – 0,40
3.	Apartemen	0,50 – 0,70
	Industri	
	Ringan	0,50 – 0,80
4.	Berat	0,60 – 0,70
	Perkerasan	
	Aspal dan beton	0,50 – 0,80
5.	Batu bata, paving	0,60 – 0,90
	Atap	0,75 – 0,95

No.	Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien Aliran C
6.	Halaman, tanah berpasir	
	Datar 2%	0,50- 0,10
	Rata – rata 2-7%	0,10 – 0,15
7.	Halaman, tanah berpasir	
	Datar 2%	0,13 – 0,17
	Rata – rata 2-7%	0,18 – 0,22
8.	Halaman, tanah berpasir	
	Datar 2%	0,25 – 0,35
	Rata – rata 2-7%	0,10 – 0,35
9.	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
10.	Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
11.	Hutan	
	Datar 2%	0,10 – 0,40
	Rata – rata 2-7%	0,25 – 0,50
	Curam 7%	0,30 – 0,60

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 11 Koefisien Aliran untuk Metode Rasional (dari Hassing, 1995)

<b>Koefisien Aliran C = C<sub>1</sub> + C<sub>s</sub> + C<sub>v</sub></b>					
<b>Topografi, C<sub>1</sub></b>		<b>Tanah, C<sub>s</sub></b>		<b>Vegetasi, C<sub>v</sub></b>	
Datar (<1%)	0,03	Pasir dan 0,0 Gravel 4		Hutan	0,04
Bergelomban g (1-10%)	0,08	Lempung 0,0 berpasir 8		Pertanian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung 0,1 dan lanau 6		Padang rumput	0,21
Pegunungan( >20%)	0,26	Lapisan 0,2 batu 6		Tanpa tanaman	0,28

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2.10 dan 2.11, menggambarkan penggunaan nilai Koefisien C untuk lahan yang sama, dimana kondisi seperti ini sangat jarang ditemui untuk lahan luas. Apabila DAS terdiri dari lebih satu jenis lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka koefisien C yang digunakan adalah C gabungan yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_{gabungan} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.23)$$

Dimana:

- $A_i$  : luas lahan dengan jenis penutup tanah  $i$   
 $C_i$  : koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah  $i$   
 $n$  : jumlah jenis penutup lahan

(Sumber : Suripin, 2004)

### 2.1.5.2 Perhitungan Waktu Konsentrasi ( $t_c$ )

Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh titik air untuk mengalir dari tempat hidrolis terjauh di daerah alirannya ke suatu titik yang ditinjau (*inlet*), dengan seluruh aliran memberikan kontribusi aliran di titik tersebut.

Perhitungan waktu konsentrasi menggunakan rumus berikut ini

$$t_c = t_o + t_f \text{ (menit)} \quad (2.24)$$

Dimana:

$t_o$  = *inlet time*, waktu yang diperlukan air hujan mengalir dipermukaan tanah dari titik terjauh ke saluran terdekat (menit).

$t_f$  = *conduit time*, waktu yang diperlukan untuk mengalir di sepanjang saluran (menit).

#### 1. Perhitungan $t_o$

a. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya  $t_o$  :

- intensitas hujan
- jarak aliran
- kemiringan medan

- adanya cerukan di atas permukaan tanah (*depression storage*)
- b. Perumusan yang umum untuk menghitung  $t_o$   
Dengan Rumus Kerby (1959)

$$t_o = 1,44 \times \left( n_d \times \frac{l}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} \text{ menit} \quad (2.25)$$

Dimana:

L = panjang antara titik terjauh aliran dan inlet (m)

$n_d$  = koefisien setara koefisien kekasaran (dapat dilihat di Tabel 2.12)

s = kemiringan lahan

Tabel 2. 12 Harga Koefisien Hambatan,  $n_d$

Jenis Permukaan	$n_d$
Permukaan impervious dan licin	0.02
Tanah padat terbuka dan licin	0.10
Permukaan sedikit berumput, tanah dengan tanaman berjajar, tanah terbuka kekasaran sedang	0.20
Padang rumput	0.40
Lahan dengan pohon-pohon musim gugur	0.60
Lahan dengan pohon-pohon berdaun, hutan lebat, lahan berumput tebal	0.80

(Sumber: Sofia, 2006)

Untuk keperluan perhitungan drainase permukaan, harga  $n_d$  untuk penutup permukaan yang tidak tercantum pada tabel di atas, dianalogikan dengan harga-harga pada tabel tersebut.

- c. **Perhitungan  $T_f$**

$$t_f = \frac{Ls}{60 V} \quad (2.26)$$

Dimana :

$t_f$  = waktu konsentrasi di saluran (menit)

Ls = panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)

V = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

### 2.1.5.3 Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Dalam studi ini rumus yang digunakan adalah rumus Mononobe, dimana menggunakan data hujan harian. Satuan waktu (t) dalam jam dan mm/jam untuk intensitas (I) hujan. Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda, yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya.

Waktu (t) yaitu lamanya hujan, diambil sama dengan waktu konsentrasi ( $t_c$ ) dari daerah aliran, dengan pengertian pada saat itu seluruh daerah aliran memberikan kontribusi aliran di titik tersebut. Dengan demikian curah hujan rencana adalah hujan yang mempunyai durasi sama dengan waktu konsentrasi. Berikut adalah rumus Mononobe:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (2.27)$$

Dimana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = tinggi hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = waktu konsentrasi / lama hujan (jam)

### 2.1.5.4 Perhitungan Debit Banjir Rencana (Q)

Debit banjir rencana merupakan debit maksimum dari saluran drainase yang dialirkan. Debit rencana digunakan untuk mencegah adanya genangan. Jika air hujan jatuh dengan jumlah per satuan waktu yang tetap pada suatu permukaan kedap air, maka laju limpasan dari permukaan tanah akan sama dengan laju curah hujan.

Untuk mengetahui kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan terlampir pada tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
101-500	5-20	Rasional
>500	10-25	Hidrograf satuan

(Sumber : Suripin, 2004)

Pehitungan debit banjir di kawasan subsistem Waduk Slamet memakai Metode Rasional. Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha. (Suripin, 2004)

Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2.28)$$

Dimana :

Q = debit banjir (m<sup>3</sup>/detik)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah yang ditinjau (km<sup>2</sup>)

## 2.2 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika sangat diperlukan untuk merencanakan dimensi saluran drainase yang dapat menampung limpasan. Kapasitas saluran sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang saluran digunakan sebagai acuan untuk menyatakan angka debit yang direncanakan tersebut mampu untuk di tampung oleh saluran pada kondisi eksisting tanpa terjadi peluapan air sehingga apabila terjadi genangan, yang dapat dijadikan alternatif adalah perencanaan ulang dimensi saluran eksisting. Perencanaan dimensi saluran ini dilakukan dengan menggunakan perumusan hidrolika seperti dijelaskan dibawah ini.

### 2.2.1 Perhitungan Kapasitas Saluran

Dalam merencanakan dimensi penampang saluran, menggunakan persamaan :

$$Q = V \cdot A \quad (2.29)$$

Dimana :

Q = debit banjir (m<sup>3</sup>/detik)

V = kecepatan aliran (m/detik)

A = luas basah penampang saluran (m<sup>2</sup>)

Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran, dalam studi ini dihitung dengan menggunakan rumus Manning sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.30)$$

Dimana :

V = kecepatan disaluran (m/detik)

n = koefisien kekasaran (tabel 2.14)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan saluran

Tabel 2. 14 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (n)

No.	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	-Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,0111	0,013
	-Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	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	0,016	0,018	0,020
	-Bersih baru	0,018	0,022	0,025
	-Bersih telah melapuk	0,022	0,025	0,030
	-Berkerikil	0,022	0,027	0,033
	-Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu			
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
		0,035	0,050	0,07

(Sumber : Suripin,2004)



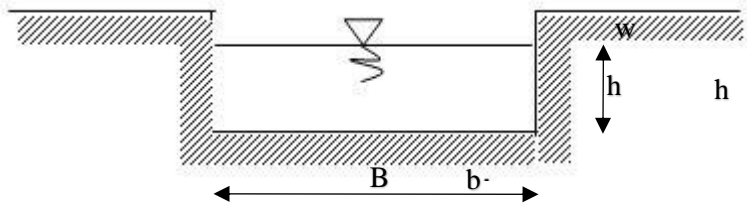
## 2.2.2 Perencanaan Saluran Drainase

Dalam melakukan perencanaan sistem drainase permukaan, hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan ini adalah (Suripin, 2004):

1. Debit Limpasan
2. Koefisien Pengaliran
3. Penampang Hidrolika
4. Kemiringan Dasar Saluran
5. Koefisien Manning
6. Kecepatan Ijin

### 2.2.2.1 Perhitungan Penampang Saluran

Pada studi ini direncanakan penampang bentuk persegi pada karena penampang bentuk persegi cocok dipakai pada lahan yang tersedia relatif sempit dan terbuat dari dinding beton.



Gambar 2. 2 Penampang Bentuk Persegi

$$A = b \times h \quad (2.31)$$

$$P = b + (2 \times h) \quad (2.32)$$

Jari-jari hidraulik R :

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.33)$$

Dimana :

b = lebar saluran (m)

h = tinggi muka air (m)

A = luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)

R = jari-jari hidrolis (m)

P = Kelling basah saluran (m)

W = Tinggi Jagaan (m)

(Sumber : Sofia, 2006)

### 2.2.2.2 Perencanaan Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit yang harus ditampung oleh saluran ( $Q_s$  dalam  $m^3/detik$ ) lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana ( $Q_T$  dalam  $m^3/detik$ ). Kondisi demikian dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$Q_s \geq Q_T \quad (2.34)$$

Debit yang mampu ditampung oleh saluran ( $Q_s$ ) dapat diperoleh menggunakan rumus

$$Q_s = A_s \times V \quad (2.35)$$

Dimana:

$A_s$  = luas penampang saluran ( $m^2$ )

$V$  = kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran ( $m/detik$ )

Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran, dapat dihitung dengan menggunakan rumus Manning sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.36)$$

Dimana :

$V$  = kecepatan disaluran ( $m/detik$ )

$n$  = koefisien kekasaran (tabel 2.15 dan 2.16)

$R$  = jari-jari hidrolis ( $m$ )

$S$  = kemiringan saluran

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.37)$$

Dimana :

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

$R$  = jari-jari hidrolis ( $m$ )

$P$  = kelling basah saluran ( $m$ )

### 2.2.2.3 Kecepatan Ijin Aliran

Kecepatan minimum yang disarankan:

- Saluran tanah kecil = 0.40 m/detik
- Saluran tanah sedang s/d besar = 0.60 - 0.90 m/detik
- Pipa = 0.60-0.75 m/detik

Kecepatan maksimum yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.15

Tabel 2. 15 Kecepatan Maksimum Aliran

Jenis Material	Kecepatan Ijin, Vij (m/detik)
Pasir halus	0.45
Lempung kepasiran	0.50
Lanau aluvia	0.60
Kerikil halus	0.75
Lempung kokoh	0.75
Kerikil kasar	1.10
Batu bata besar	1.20
Pasangan batu	1.50
Beton	1.50
Beton bertulang	1.50

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

### 2.2.2.4 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan ( $w$ ) diperlukan agar tidak terjadi luapan (*over topping*). Harga-harga minimum pada tinggi jagaan seperti pada tabel 2.16. Harga-harga tersebut diambil dari USBR. Tabel ini menunjukkan tinggi jagaan tanggul tanah yang sama dengan tanggul saluran tanah tanpa pasangan.

Tabel 2. 16 Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan

Besarnya Debit Q (m <sup>3</sup> /detik)	Tinggi Jagaan untuk Pasangan (m)	Tinggi Jagaan Saluran dari Tanah (m)
< 0,50	0,20	0,40
0,50 – 1,50	0,20	0,50
1,50 – 5,00	0,25	0,60
5,00 – 10,00	0,30	0,75
10,00 – 15,00	0,40	0,85
> 15,00	0,50	1,00

(Sumber : KP03 Saluran,2010)

### 2.2.3 Perencanaan Tampungan

Tampungan direncanakan untuk menampung air hujan sementara. Dengan adanya tampungan berupa Waduk Slamet ini, maka akan mengurangi beban saluran di kawasan Citraland sisi Timur saat mengalirkan debit dari *catchment area* menuju ke Saluran UNESA. Hal ini dapat pula menyelesaikan permasalahan banjir yang selama ini terjadi di kawasan tersebut.

Dalam pengoperasian waduk, perlu adanya pintu air yang berfungsi mengalirkan air dari Waduk Slamet menuju ke buangan akhir, yaitu Kali Makmur. Prinsip hidrolik kerja waduk sama seperti kolam tampung, yaitu meliputi hubungan antara *inflow* (I, aliran masuk ke kolam tampung dari saluran-saluran drainase) dan *outflow* (O, aliran keluar dari waduk). Pada debit *outflow* yang keluar dari waduk melewati pintu, digunakan analisis pengendalian banjir. Pendekatan yang dilakukan untuk menganalisis adalah dengan *flood routing*. *Flood routing* diperlukan untuk mengetahui debit banjir yang masuk dan debit banjir yang keluar dari tampungan dalam jangka waktu tertentu, untuk menentukan volume waduk.

- **Hidrograf Rasional**

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang segitiga} &= \\ \text{volume aliran} &= \frac{1}{2} \times t_c \times Q_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang trapesium} &= \\ \text{volume aliran} &= \frac{1}{2} \times ((2t_c + T_d) + (T_d - t_c)) \times Q_p \end{aligned}$$

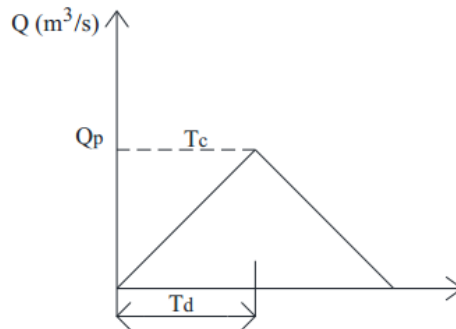
Dimana :

$T_c$  = Waktu konsentrasi

$Q_p$  = Laju Aliran puncak ( $m^3/detik$ )

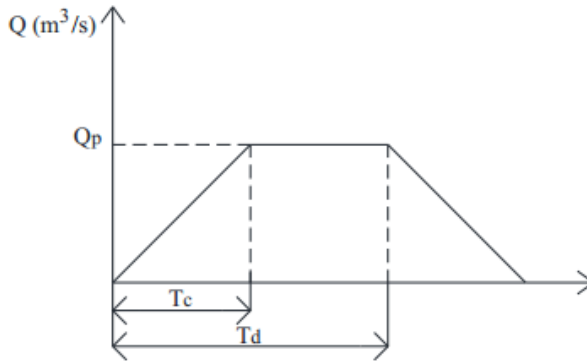
(Sumber : Sofia, 2006)

- Untuk  $T_c = T_d$ , grafik dapat dilihat pada Gambar 2.3  
Debit limpasan dari kawasan langsung dialirkan ke saluran luar kawasan melalui kolam tampung.



Gambar 2. 3 Hidrograf Rasional  $T_d = T_c$

- Untuk  $T_d > T_c$ , grafik dapat dilihat pada Gambar 2.4  
Debit limpasan dari kawasan ditampung di kolam pada jangka waktu tertentu.

Gambar 2. 4 Hidrograf Rasional  $T_d > T_c$ 

Dimana:

- $Q$  = Debit ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )  
 $T_c$  = Waktu konsentrasi  
 $T_d$  = Asumsi lama hujan (lama air ditampung dalam kolam)  
 $Q_p$  = Laju aliran (debit puncak) ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

### 2.2.4 Perencanaan Pintu Air

Pintu air berfungsi untuk menahan air sementara pada waduk dan akan dibuka pada saat ketinggian air di waduk sudah mencapai batas elevasi yang sudah ditetapkan. Selain itu, pintu air juga berfungsi sebagai pengatur *backwater* dari saluran pada kawasan menuju ke waduk.

Besarnya debit *outflow* dihitung menggunakan rumus :

$$Q = \mu \cdot b \cdot a \sqrt{2g(z)} \quad (2.37)$$

Dimana :

- $\mu$  = koefisien pengaliran = 0,8  
 $b$  = lebar pintu air (m)  
 $a$  = tinggi bukaan pintu (m)  
 $g$  = gravitasi sebesar  $9,8 \text{ m/dt}^2$   
 $z$  = asumsi beda kedalaman air (m)

### 2.2.5 Perhitungan Flood Routing

Penelusuran banjir dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik *outflow*/keluaran, yang sangat diperlukan dalam pengendalian banjir. Perubahan hidrograf banjir antara *inflow* (I) dan *outflow* (O) karena adanya faktor tampungan atau adanya penampang sungai yang tidak seragam atau akibat adanya meander sungai (Soemarto, 1999). Penelusuran banjir pada studi ini untuk mengetahui perubahan *inflow* dan *outflow* pada tampungan waduk.

Perubahan *inflow* dan *outflow* akibat adanya tampungan. Maka pada suatu waduk tampungan akan terdapat *inflow* banjir (I) akibat adanya banjir dan *outflow* (O) apabila muka air waduk naik sehingga terjadi limpasan (Soemarto, 1999).

Pada penelusuran banjir berlaku persamaan kontinuitas

$$I - O = \Delta S \quad (2.38)$$

Dimana :

- I = Aliran yang masuk ke kolam tampung ( m<sup>3</sup>/detik )
- O = Aliran yang keluar dari kolam tampung ( m<sup>3</sup>/detik )
- $\Delta S$  = Perubahan tampungan tiap periode ( m<sup>3</sup>/detik )

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Konsep Umum**

Konsep umum penyelesaian permasalahan banjir dengan memanfaatkan Waduk Slamet untuk menampung debit limpasan serta optimasi pemanfaatan Waduk Slamet sebagai pengendali banjir. Perencanaan ini dilakukan dengan merencanakan berapa debit inflow yang mengalir ke Waduk Slamet, serta merencanakan kapasitas serta dimensi Waduk Slamet. Hal ini bertujuan agar tidak semua debit membebani saluran akhir yang mengalir ke arah UNESA sehingga menyebabkan banjir pada daerah barat laut Waduk Slamet, yaitu kawasan Citraland, serta sebagai pengoptimalan dari Waduk Slamet sebagai sarana pengendali banjir.

### **3.2 Studi Lapangan**

Studi lapangan adalah peninjauan secara langsung lokasi studi, dilakukan dengan meninjau kondisi lapangan serta mengumpulkan data-data berupa penyusuran saluran-saluran eksisting sekitar kawasan Waduk Slamet. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya perbedaan data analisis dengan kondisi lapangan yang terjadi, sehingga meminimalisir terjadinya kesalahan analisis terhadap permasalahan yang terjadi di lapangan.

### **3.3 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk membantu jalannya studi ini. Data yang dimaksud disini adalah data-data sekunder yang didapat dari instansi terkait, serta literatur sebagai berikut.

#### **1. Data Hidrologi**

Data Hidrologi pada studi ini berupa data curah hujan dari stasiun yang berpengaruh pada lokasi studi. Data curah hujan diperlukan untuk menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu.

#### **2. Data Peta**

Data Peta terdiri atas

- Peta Topografi

Digunakan untuk mengetahui kontur dari lokasi studi, sehingga dapat mengetahui arah aliran dari elevasi kontur

- *Layout* Lokasi Studi  
Digunakan untuk mengetahui *Catchment Area* yang masuk pada masing-masing saluran eksisting
- Peta SDMP (*Surabaya Drainage Master Plan*)  
Digunakan untuk mengetahui skema jaringan drainase serta letak saluran eksisting

### 3. Data Hidrolika

Data Hidrolika berupa dimensi eksisting dari Waduk Slamet.

### 3.4 Analisis Data dan Perhitungan

Setelah data-data yang diperlukan terkumpul, maka dapat dilakukan analisis permasalahan untuk tugas akhir ini. Analisis yang dilakukan meliputi:

#### 3.4.1 Analisis Hidrologi

- Analisis Hujan Wilayah  
Analisis Hujan Wilayah dilakukan dengan mengolah data hujan dari stasiun yang berpengaruh dengan lokasi studi. Dalam pengerjaannya, digunakan metode Poligon *Thiessen*.
- Analisis Distribusi Hujan Rencana  
Analisis distribusi hujan rencana dilakukan untuk mencari besarnya hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang yang ditentukan. Terdapat 4 macam metode distribusi yang umum digunakan, meliputi:
  1. Distribusi Normal
  2. Distribusi Gumbel
  3. Distribusi Log Normal
  4. Distribusi Log Pearson Tipe III

- Uji Kecocokan Parameter Distribusi  
Uji Kecocokan untuk menganalisis apakah metode yang digunakan sudah memenuhi. Uji Kecocokan yang digunakan adalah Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov.
- Perhitungan Debit Banjir Rencana  
Perhitungan Debit Banjir Rencana meliputi perhitungan koefisien pengaliran (C), waktu konsentrasi ( $t_c$ ), dan intensitas hujan (I). Dalam perhitungan debit rencana digunakan Metode Rasional.

### **3.4.2 Analisis Hidrolika**

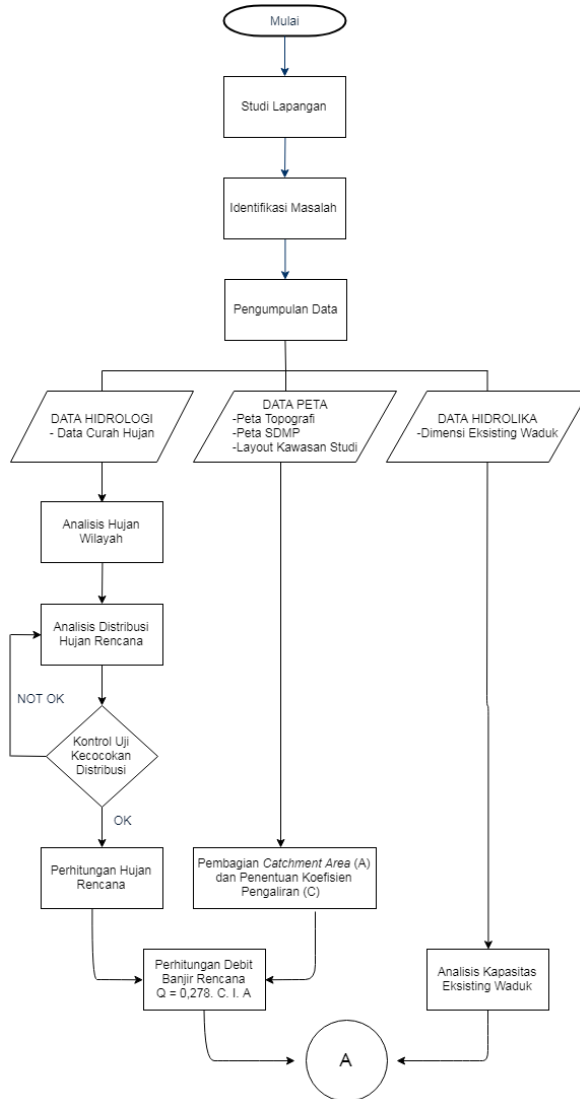
- Menganalisis kapasitas waduk eksisting.

### **3.4.3 Perencanaan Kapasitas Waduk Slamet**

Merencanakan kapasitas serta dimensi sesuai debit yang direncanakan agar sebagian debit limpasan dari barat laut waduk, yaitu kawasan Citraland, dialirkan ke Waduk Slamet untuk mengatasi banjir yang terjadi, serta agar Waduk Slamet dapat berfungsi secara optimal sebagai pengendali banjir.

### 3.5 Diagram Alir

Diagram alir pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut





Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

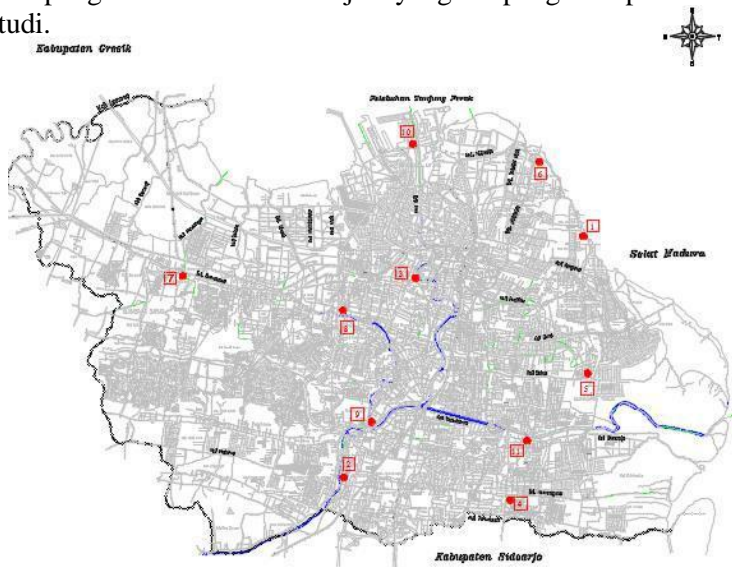
## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Analisis Hidrologi

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui besar dari debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu ( $Q_{th}$ ). Data yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu data curah hujan.

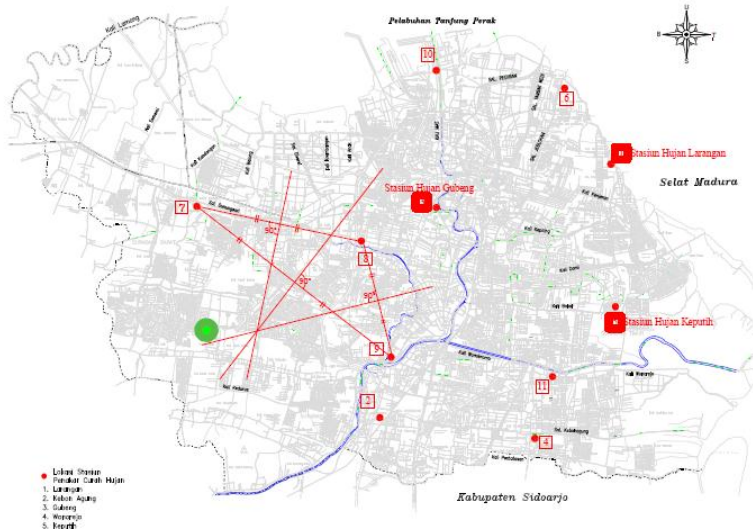
#### 4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah

Langkah awal sebelum melakukan analisis curah hujan rata-rata harian yaitu menentukan lokasi stasiun hujan yang digunakan. Kota Surabaya memiliki 11 lokasi stasiun penangkar curah hujan yaitu stasiun hujan Larangan, Kebon Agung, Gubeng, Wonorejo, Keputih, Kedung Cowek, Kandangan, Banyu Urip, Gunungsari, Perak, Wonokromo. Lokasi stasiun hujan yang ditentukan akan mempengaruhi data curah hujan yang berpengaruh pada lokasi studi.



Gambar 4. 1 Letak Stasiun Hujan Kota Surabaya  
(Sumber : Surabaya Drainage Master Plan, 2011)

Ada tiga stasiun hujan yang berpengaruh di lokasi studi pada awal analisis. Tiga stasiun hujan tersebut yaitu (7) Stasiun Kandangan, (8) Stasiun Banyu Urip, dan (9) Stasiun Gunungsari. Setelah dilakukan analisis menggunakan metode Poligon Thiessen dengan cara menghubungkan antara tiga stasiun kemudian dipotong tegak lurus pada tengah sumbu, diperoleh satu stasiun hujan yang berpengaruh pada sistem drainase perumahan lokasi studi yaitu Stasiun Kandangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Hasil Metode Poligon Thiessen  
 (Sumber : Surabaya Drainage Master Plan, 2011)

Perhitungan curah hujan rencana menggunakan data hujan harian pada Stasiun Hujan Kandangan selama 25 tahun terakhir, mulai tahun 1991 sampai dengan tahun 2015. Tabel data hujan harian Stasiun Hujan Kandangan tahun 1991 hingga 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.1



Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun  
Kandangan Kota Surabaya

<b>No</b>	<b>Tahun</b>	<b>Tinggi Hujan(mm)</b>
1	1991	73
2	1992	133
3	1993	109
4	1994	135
5	1995	125
6	1996	254
7	1997	93
8	1998	73
9	1999	95
10	2000	110
11	2001	124
12	2002	205
13	2003	117
14	2004	73
15	2005	90
16	2006	130
17	2007	97
18	2008	120
19	2009	78
20	2010	127
21	2011	79
22	2012	82
23	2013	75
24	2014	81
25	2015	63

*Sumber : Data*

#### 4.1.2 Analisis Curah Hujan Maksimum Harian Rencana

Curah hujan harian rencana diperlukan untuk menentukan debit banjir rencana pada daerah tinjauan. Analisis ini sesuai dengan kriteria saluran dan luasan daerah tangkapan yang kemudian menentukan periode ulang rencana. Periode ulang rencana ini menandakan tingkat layanan dari sistem drainase yang direncanakan.

Periode ulang rencana pada pengerjaan tugas akhir ini adalah 10 tahun serta mengacu Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Periode Ulang (Tahun) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunannya

No.	Distribusi	PUH (Tahun)
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	Kesibukan dan perkantoran	5
	Perindustrian	
	Ringan	5
	Menengah	10
	Berat	25
	Super berat/proteksi negara	50
2	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
3	Saluran Sekunder	
	Tanpa Resiko	2
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
4	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
	Atau :	

No.	Distribusi	PUH (Tahun)
	Luas DAS (25-50) Ha	5
	Luas DAS (50-100) Ha	(5-10)
	Luas DAS (100-1300) Ha	(10-25)
	Luas DAS (1300-6500) Ha	(25-50)
5	Pengendali Banjir Makro	100
6	Gorong-gorong	
	Jalan Raya Biasa	10
	Jalan By Pass	25
7	Saluran Tepian	
	Jalan Raya Biasa	5-10
	Jalan By Pass	10-25
	Jalan Ways	25-50

(Sumber : Suripin, 2004)

Analisis curah hujan maksimum harian rencana dalam pengerjaan tugas akhir ini menggunakan beberapa metode distribusi frekuensi yaitu :

1. Metode Distribusi Normal
2. Metode Distribusi Log Normal
3. Metode Gumbel
4. Metode Log Pearson III

Dari beberapa metode tersebut, diambil hasil yang memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

#### 4.1.2.1. Metode Distribusi Normal

Langkah-langkah perhitungan metode distribusi normal sebagai berikut:

1. Menyusun data curah hujan harian Stasiun Hujan Kandangan Surabaya dari nilai terbesar hingga terkecil. Adapun curah hujan yang terbesar terjadi pada tahun 1996 yaitu 254 mm dan nilai terkecil pada tahun 2015 yaitu 63 mm.

(Tabel 4.3 kolom 3)

2. Menghitung harga rata-rata curah hujan menggunakan rumus :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \text{ atau } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{25} \times 2741 = 109,64$$

(Tabel 4.3 kolom 4)

3. Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata dengan rumus  $(X - \bar{x}^2)$

(Tabel 4.3 kolom 6)

4. Menghitung standar deviasi data hujan

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

$$S = \sqrt{\frac{1}{25-1} \sum_{i=1}^{25} (44405,76)^2} = 43,01442 \text{ mm}$$

5. Menghitung harga koefisien variasi data hujan

$$C_v = \frac{s}{x} = \frac{43,01442}{109,64} = 0,392324$$

6. Menghitung harga koefisien kemencengan data hujan

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$Cs = \frac{25}{(25-1)(25-2)43,01442^3} 3513442$$

$$Cs = 1,999363$$

7. Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$Ck = \frac{25}{(25-1)(25-2)(25-3)43,01442^4} x5533092108$$

$$Ck = 8,014278$$

8. Menghitung hujan rencana 10 tahun

$$X_T = \bar{X} + K_T x S$$

Dimana :

$X_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata

S = Standar deviasi

$K_T$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Berdasarkan Tabel 4.3 Nilai Variabel Reduksi Gauss, untuk periode ulang 10 tahun diperoleh nilai  $K_T = 1,28$

Tabel 4. 3 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	$K_T$
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,99	-2,33
4	1,050	0,95	-1,64
5	1,110	0,9	-1,28

<b>6</b>	1,250	0,8	-0,84
<b>7</b>	1,330	0,75	-0,67
<b>8</b>	1,430	0,7	-0,52
<b>9</b>	1,670	0,6	-0,25
<b>10</b>	2,000	0,5	0
<b>11</b>	2,5	0,4	0,25
<b>12</b>	3,33	0,3	0,52
<b>13</b>	4	0,25	0,67
<b>14</b>	5	0,2	0,84
<b>15</b>	10	0,1	1,28
<b>16</b>	20	0,05	1,64
<b>17</b>	50	0,02	2,05
<b>18</b>	100	0,01	2,33
<b>19</b>	200	0,005	2,58
<b>20</b>	500	0,002	2,88
<b>21</b>	1000	0,001	3,09

(Sumber : Suripin, 2004)

$$X_T = \bar{X} + K_T x S$$

$$X_T = 109,64 + 1,28 \times 43,01442$$

$$X_T = 164,6985 \text{ mm}$$

Rekapitulasi perhitungan parameter statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel ditunjukkan pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

No	Tahun	Rmax (Xi)	Xr (rata-rata)	(Xi-Xr)	(Xi-Xr)^2	(Xi-Xr)^3	(Xi-Xr)^4
		(mm)					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	1991	73	109,64	-36,64	1342,5	-49188,8	1802278,3
2	1992	133	109,64	23,36	545,7	12747,3	297777,1
3	1993	109	109,64	-0,64	0,4	-0,3	0,2
4	1994	135	109,64	25,36	643,1	16309,8	413615,7
5	1995	125	109,64	15,36	235,9	3623,9	55662,8
6	1996	254	109,64	144,36	20839,8	3008434,9	434297664,2
7	1997	93	109,64	-16,64	276,9	-4607,4	76667,9
8	1998	73	109,64	-36,64	1342,5	-49188,8	1802278,3
9	1999	95	109,64	-14,64	214,3	-3137,8	45937,2
10	2000	110	109,64	0,36	0,1	0,0	0,0
11	2001	124	109,64	14,36	206,2	2961,2	42522,4
12	2002	205	109,64	95,36	9093,5	867159,0	82692280,6
13	2003	117	109,64	7,36	54,2	398,7	2934,3
14	2004	73	109,64	-36,64	1342,5	-49188,8	1802278,3
15	2005	90	109,64	-19,64	385,7	-7575,7	148787,3
16	2006	130	109,64	20,36	414,5	8439,8	171834,8
17	2007	97	109,64	-12,64	159,8	-2019,5	25526,3
18	2008	120	109,64	10,36	107,3	1111,9	11519,6
19	2009	78	109,64	-31,64	1001,1	-31674,5	1002180,4
20	2010	127	109,64	17,36	301,4	5231,8	90823,6
21	2011	79	109,64	-30,64	938,8	-28765,1	881363,5
22	2012	82	109,64	-27,64	764,0	-21116,1	583649,5
23	2013	75	109,64	-34,64	1199,9	-41565,6	1439831,0
24	2014	81	109,64	-28,64	820,2	-23491,9	672809,4
25	2015	63	109,64	-46,64	2175,3	-101455,5	4731884,8
<b>JUMLAH</b>		<b>2741</b>			<b>44405,76</b>	<b>3513442,39</b>	<b>533092108</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

#### 4.1.2.2. Metode Distribusi Log Normal

Langkah untuk menentukan kurva Distribusi Log Normal dengan menentukan logaritma dari semua nilai variat X.

1. Menyusun data curah hujan harian Stasiun Hujan Kandangan Surabaya dari nilai terbesar hingga terkecil. Adapun curah

hujan yang terbesar terjadi pada tahun 1996 yaitu 254 mm dan nilai terkecil pada tahun 2015 yaitu 63 mm.

(Tabel 4.5 kolom 3)

2. Menghitung nilai rata rata curah hujan

$$\bar{Y} = \log X = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$\bar{Y} = \log X = \frac{50,3686}{25} = 2,0147$$

3. Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata dengan rumus :  $(y - \bar{y}^2)$  (Tabel 4.5 kolom 7)

4. Menghitung harga standar deviasi data hujan

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

$$\overline{S \log X} = \sqrt{\frac{0,4975}{25-1}} = 0,143974$$

5. Menghitung nilai koefisien variasi data hujan

$$C_v = \frac{\overline{S \log X}}{\bar{Y}}$$

$$C_v = \frac{0,143974}{2,0147} = 0,07146$$

6. Menghitung nilai koefisien kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^3$$

$$Cs = \frac{25}{(25-1)(25-2)0,143974^3} 0,0624$$

$$Cs = 0,030973$$



7. Menghitung nilai koefisien ketajaman ( $C_k$ )

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^4$$

$$C_k = \frac{25^2}{(25-1)(25-2)(25-3)0,143974^4} 0,0363$$

$$C_k = 4,348495$$

8. Menghitung hujan rencana 10 tahun

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times S$$

Dimana :

$Y_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{Y}$  = Nilai rata-rata

S = Standar deviasi

$K_T$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Berdasarkan Tabel 4.3 Nilai Variabel Reduksi Gauss, untuk periode ulang 10 tahun diperoleh nilai  $K_T = 1,28$

$$Y_T = 2,0147 + 1,28 \times 0,143974$$

$$Y_T = 2,199032$$

$$\text{Antilog } Y_T = 158,1366 \text{ mm}$$

Tabel rekapitulasi perhitungan parameter statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	Rmax (Xi) (mm)	Yi (log Xi)	Yr (Y rata-rata)	(Yi - Yr)	(Yi-Yr)^2	(Yi-Yr)^3	(Yi-Yr)^4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	1991	73	1,8633	2,0147	-0,1514	0,0229	-0,0035	0,0005
2	1992	133	2,1239	2,0147	0,1091	0,0119	0,0013	0,0001
3	1993	109	2,0374	2,0147	0,0227	0,0005	0,0000	0,0000
4	1994	135	2,1303	2,0147	0,1156	0,0134	0,0015	0,0002
5	1995	125	2,0969	2,0147	0,0822	0,0068	0,0006	0,0000
6	1996	254	2,4048	2,0147	0,3901	0,1522	0,0594	0,0232
7	1997	93	1,9685	2,0147	-0,0463	0,0021	-0,0001	0,0000
8	1998	73	1,8633	2,0147	-0,1514	0,0229	-0,0035	0,0005
9	1999	95	1,9777	2,0147	-0,0370	0,0014	-0,0001	0,0000
10	2000	110	2,0414	2,0147	0,0266	0,0007	0,0000	0,0000
11	2001	124	2,0934	2,0147	0,0787	0,0062	0,0005	0,0000
12	2002	205	2,3118	2,0147	0,2970	0,0882	0,0262	0,0078
13	2003	117	2,0682	2,0147	0,0534	0,0029	0,0002	0,0000
14	2004	73	1,8633	2,0147	-0,1514	0,0229	-0,0035	0,0005
15	2005	90	1,9542	2,0147	-0,0605	0,0037	-0,0002	0,0000
16	2006	130	2,1139	2,0147	0,0992	0,0098	0,0010	0,0001
17	2007	97	1,9868	2,0147	-0,0280	0,0008	0,0000	0,0000
18	2008	120	2,0792	2,0147	0,0644	0,0042	0,0003	0,0000
19	2009	78	1,8921	2,0147	-0,1227	0,0150	-0,0018	0,0002
20	2010	127	2,1038	2,0147	0,0891	0,0079	0,0007	0,0001
21	2011	79	1,8976	2,0147	-0,1171	0,0137	-0,0016	0,0002
22	2012	82	1,9138	2,0147	-0,1009	0,0102	-0,0010	0,0001
23	2013	75	1,8751	2,0147	-0,1397	0,0195	-0,0027	0,0004
24	2014	81	1,9085	2,0147	-0,1063	0,0113	-0,0012	0,0001
25	2015	63	1,7993	2,0147	-0,2154	0,0464	-0,0100	0,0022
<b>JUMLAH</b>		<b>2741</b>	<b>50,3686</b>			<b>0,4975</b>	<b>0,0624</b>	<b>0,0363</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

#### 4.1.2.3. Metode Distribusi Gumbel

Harga curah hujan rata-rata, harga standar deviasi, harga Cv, harga Cs, dan harga Ck pada perhitungan metode Gumbel sama dengan harga hasil dari perhitungan metode Normal.

Rumus yang digunakan untuk menghitung hujan rencana 10 tahun:  $X_T = \bar{X} + KxS$

Dimana :

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung variant

S = Deviasi standar nilai variant

Nilai K (faktor probabilitas) untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

Dimana :

$Y_{Tr}$  = *reduced variate* (Tabel 2.4)

$Y_n$  = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel atau data n (Tabel 2.5)

$S_n$  = *reduced standard deviation* yang tergantung pada jumlah sampel atau data n (Tabel 2.6)

Contoh perhitungannya sebagai berikut :

1. Menyusun data curah hujan harian Stasiun Hujan Kandangan Surabaya dari nilai terbesar hingga terkecil. Adapun curah hujan yang terbesar terjadi pada tahun 1996 yaitu 254 mm dan nilai terkecil pada tahun 2015 yaitu 63 mm.

(Tabel 4.3 kolom 3)

2. Menghitung harga rata-rata curah hujan

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \text{ atau } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{25} \times 2741 = 109,64 \text{ mm}$$

(Tabel 4.3 kolom 4)

3. Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata dengan rumus  $(x - \bar{X})^2$

(Tabel 4.3 kolom 6)

4. Menghitung standar deviasi data hujan

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

$$S = \sqrt{\frac{1}{25-1} \times 44405,76} = 43,01442 \text{ mm}$$

5. Menghitung harga koefisien variasi data hujan

$$C_v = \frac{s}{x} = \frac{43,01442}{109,64} = 0,392324$$

6. Menghitung harga koefisien kemencengan data hujan

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$C_s = \frac{25}{(25-1)(25-2)43,01442^3} 3513442$$

$$C_s = 1,999363$$

7. Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$C_k = \frac{25}{(25-1)(25-2)(25-3)43,01442^4} \times 5533092108$$

$$C_k = 8,014278$$

8. Menghitung hujan rencana 10 tahun

Diperoleh dari tabel untuk periode ulang 10 tahun :

- $Y_{Tr} = 2,251$  (Tabel 2.4 Nilai *Reduced Variate* (YTr))

Periode Ulang (tahun)	Reduced Variate
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
75	4,3117
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

(Sumber : Suripin, 2004)

- Jumlah data hujan harian yaitu selama 25 tahun ( $n=25$ ), diperoleh  $Y_n = 0,5309$  (Tabel 4.6)

Tabel 4. 6 Hubungan Reduced Mean ( $Y_n$ ) dan Jumlah Data ( $n$ )

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	<b>0,5202</b>	0,5220
20	<del>0,5236</del>	<del>0,5252</del>	<del>0,5268</del>	<del>0,5283</del>	<del>0,5296</del>	<b>0,5309</b>	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5608	0,5610	0,5611

(Sumber : Suripin, 2004)

Berdasarkan Tabel 4.7, diperoleh  $S_n = 1,0915$

Tabel 4. 7 Hubungan Reduced Standard Deviation ( $S_n$ ) dan Jumlah Data ( $n$ )

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	<b>1,0493</b>	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0866	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2081	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber : Suripin, 2004)

Jumlah data = 25

$$K_T = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

$$K_T = \frac{2,251 - 0,5309}{1,0915} = 1,575905$$

$$S = 43,01442 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan hujan rencana 10 tahun :

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S$$

$$X_5 = 109,64 + 1,575905 \times 43,01442 = 177,4266 \text{ mm}$$

#### 4.1.2.4. Metode Distribusi Log Pearson III

Harga curah hujan rata-rata, harga standar deviasi, harga Cv, harga Cs, dan harga Ck pada perhitungan metode Log Pearson III sama dengan harga hasil dari perhitungan metode Log Normal.

Rumus yang digunakan untuk menghitung hujan rencana 10 tahun :  $Y_T = \bar{Y} + K_T \times S$   
dimana:

- $Y_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan  
 $\bar{Y}$  = Nilai rata-rata hitung variant  
 $S$  = Deviasi standar nilai variant  
 $K_T$  = Faktor frekuensi (Tabel 2.2)

Contoh perhitungannya sebagai berikut :

1. Menyusun data curah hujan harian Stasiun Hujan Kandangan Surabaya dari nilai terbesar hingga terkecil. Adapun curah hujan yang terbesar terjadi pada tahun 1996 yaitu 254 mm dan nilai terkecil pada tahun 2015 yaitu 63 mm.  
(Tabel 4.4 kolom 3)

2. Menghitung nilai rata rata curah hujan

$$Y = \log X = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$Y = \log X = \frac{50,3686}{25} = 2,0147$$

3. Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata dengan rumus :  $(y - \bar{Y}^2)$   
(Tabel 4.4 kolom 7)

4. Menghitung harga standar deviasi data hujan

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

$$\overline{S \log X} = \sqrt{\frac{0,4975}{25-1}} = 0,143974 \text{ mm}$$

5. Menghitung nilai koefisien variasi data hujan

$$Cv = \frac{\overline{S \log X}}{Y}$$

$$Cv = \frac{0,143974}{2,0147} = 0,07146$$

6. Menghitung nilai koefisien kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3$$

$$C_s = \frac{25}{(25-1)(25-2)(0,143974)^3} = 0,030973$$

7. Menghitung nilai koefisien ketajaman ( $C_k$ )

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^4$$

$$C_k = \frac{25^2}{(25-1)(25-2)(25-3)(0,143973)^4} = 4,348$$

8. Menghitung hujan rencana 10 tahun

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times S$$

Dimana:

$Y_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

$\bar{Y}$  = Nilai rata-rata hitung variat,

S = Deviasi standar nilai variat,

$K_T$  = Faktor frekuensi

Tabel 4. 8 Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III

Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (tahun)					
	2	10	25	50	100	200
	Probabilitas					
	50 %	10 %	4 %	2 %	1 %	0,5 %
0,4	-0,066	1,317	1,880	1,880	2,615	2,949
0,3	-0,050	1,309	1,849	1,849	2,544	2,856
0,2	-0,033	1,301	1,818	1,818	2,472	2,763
0,1	-0,017	1,292	1,785	1,785	2,400	2,670
0,0	0,000	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,017	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482

(Sumber : Suripin, 2004)



$$Y_T = \bar{Y} + K_T x S$$

$$Y_T = 2,0147 + 1,282 x 0,143974$$

$$Y_T = 2,19932$$

$$\text{Antilog } Y_T = 158,2415 \text{ mm}$$

Untuk menentukan distribusi hujan rencana yang sesuai dengan syarat-syarat parameter statistiknya, dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4. 9 Syarat Parameter Statistik

No	Distribusi Teoritis	Parameter Statistik Teoritis
1	Normal	Cs = 0
		Ck = 3
2	Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> + 3 Cv
		Ck = Cv <sup>8</sup> + 6Cv <sup>6</sup> + 15Cv <sup>4</sup> + 16Cv <sup>2</sup> + 3
3	Gumbel	Cs = 1.14
		Ck = 5.40
4	Log Pearson III	Cs dan Ck Bebas

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Kesimpulan analisis distribusi dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut:

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Cs dan Ck Perhitungan Distribusi

No	Distribusi Teoritis	Parameter Statistik Teoritis	Hasil Analisis Parameter	Kesimpulan
1	Normal	Cs = 0	1,999	Not OK
		Ck = 3	8,9142	
2	Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> +3Cv Cs = 0,2147	0,0309	Not OK
		Ck = Cv <sup>8</sup> +6Cv <sup>6</sup> +15Cv <sup>4</sup> +16Cv <sup>2</sup> +3 Ck = 3,082	4,3484	
3	Gumbel	Cs = 1.14	1,999	Not OK
		Ck = 5.4	8,0142	
4	Log Pearson III	Cs bebas	0,0309	OK
		Ck bebas	4,3484	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Berdasarkan Tabel 4.10, didapatkan kesimpulan metode distribusi yang memenuhi syarat sifat distribusi adalah Distribusi Log Pearson III.

#### 4.1.3.1. Uji Chi-Kuadrat (*Chi Square*)

Metode ini bertujuan menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih telah mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji Chi Kuadrat ini menggunakan parameter  $\chi^2$ , dimana metode ini diperoleh berdasarkan rumus :

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

Dimana :

$X_h^2$  = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub – kelompok

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter  $X_h^2$  merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai  $X_h^2$  sama atau lebih besar dari pada nilai chi-kuadrat yang sederhana ( $X^2$ ).

Langkah pengujian Chi-Kuadrat sebagai berikut :

1. Mengurutkan data pengamatan dari yang besar ke kecil atau sebaliknya.
2. Mengelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
3. Menjumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  (jumlah nilai pengamatan) tiap-tiap grup.
4. Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$
5. Tiap-tiap sub grup hitung nilai :

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

6. Menjumlahkan seluruh G sub group nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung.

7. Menentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$

**Analisis Uji Chi Kuadrat**

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 25 \\ \text{Jumlah group (k)} &= 1 + 3,322 \log (n) \\ &= 1 + 3,322 \log (25) \\ &= 5,65 \rightarrow \text{pakai } 6 \end{aligned}$$

Data pengamatan diurutkan dari besar ke kecil lalu dilakukan plotting  $P (X_i > X) = \frac{m}{n+1}$  untuk pengelompokan data pengamatan. (Harto, 1981)

Tabel 4. 11 Subgrup Uji Chi-Square Metode Log Pearson III

<b>m</b>	<b>Tahun</b>	<b>Rmax</b>	<b>P</b>	<b>m</b>	<b>Tahun</b>	<b>Rmax</b>	<b>P</b>
<b>1</b>	1996	254	0,0385	<b>14</b>	1999	95	0,5385
<b>2</b>	2002	205	0,0769	<b>15</b>	1997	93	0,5769
<b>3</b>	1994	135	0,1154	<b>16</b>	2005	90	0,6154
<b>4</b>	1992	133	0,1538	<b>17</b>	2012	82	0,6538
<b>5</b>	2006	130	0,1923	<b>18</b>	2014	81	0,6923
<b>6</b>	2010	127	0,2308	<b>19</b>	2011	79	0,7308
<b>7</b>	1995	125	0,2692	<b>20</b>	2009	78	0,7692
<b>8</b>	2001	124	0,3077	<b>21</b>	2013	75	0,8077
<b>9</b>	2008	120	0,3462	<b>22</b>	1991	73	0,8462
<b>10</b>	2003	117	0,3846	<b>23</b>	1998	73	0,8846
<b>11</b>	2000	110	0,4231	<b>24</b>	2004	73	0,9231
<b>12</b>	1993	109	0,4615	<b>25</b>	2015	63	0,9615
<b>13</b>	2007	97	0,5000				

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Data pengamatan dibagi menjadi 6 sub group dengan interval peluang  $(x) = \frac{1}{6} = 0,1667$ . Besar peluang untuk setiap sub group adalah :

- Sub group 1 =  $x \leq 0,1667$
- Sub group 2 =  $0,167 \leq x \leq (0,1667 + 0,1667 = 0,333)$
- Sub group 3 =  $0,333 \leq x \leq (0,333 + 0,1667 = 0,5)$
- Sub group 4 =  $0,5 \leq x \leq (0,5 + 0,1667 = 0,667)$
- Sub group 5 =  $0,667 \leq x \leq (0,667 + 0,1667 = 0,833)$
- Sub group 6 =  $x \geq 0,833$

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Perhitungan Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson III

No	Nilai Batas Sub Grup			Jumlah data		$(E_i - O_i)^2$	$\frac{(E_i - O_i)^2}{E_i}$
				O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>		
1	x	>	0,167	4	4,167	0,028	0,007
2	0,167	> x >	0,333	4	4,167	0,028	0,007
3	0,333	> x >	0,500	5	4,167	0,694	0,167
4	0,500	> x >	0,667	4	4,167	0,028	0,007
5	0,667	> x >	0,833	4	4,167	0,028	0,007
6	x	<	1,000	4	4,167	0,028	0,007
	Jumlah			25	<b>Jumlah</b>		<b>0,2</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Dari Tabel 4.11 diperoleh nilai chi kuadrat seperti berikut:

- $(Xh^2) = 0,2$
- Dk (derajat kebebasan) =  $G - R - 1$   
 $Dk = 6 - 2 - 1 = 3$   
 Dimana : G = banyaknya kelas (Group)

R = banyaknya keterikatan (constrain) atau sama dengan banyaknya parameter, yang untuk sebaran chi—kuadrat = 2

- derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 5%
- tingkat kepercayaan = 95%

Didapatkan nilai  $X^2$  (Chi kritis) = 7,815 (Tabel 2.11)

Tabel 4. 13 Nilai Kritis Chi Kuadrat

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00000	0,0001	0,00098	0,0039	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,278	9,21	10,597
3	0,00717	0,115	0,216	0,352	<b>7,815</b>	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5, 226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
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	9,26	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	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,212	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber : Suripin,2004)

Berdasarkan perhitungan didapat kesimpulan bahwa :  
 $Xh^2$  (Nilai Chi Kuadrat) <  $X^2$  (Nilai Chi kritis)

$$0,2 < 7,815 \quad \text{(OK)}$$

Sehingga persamaan Distribusi Log Pearson Tipe III **dapat diterima**.

#### 4.1.3.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan ini disebut juga sebagai uji kecocokan non parameter, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Adapun langkah pengujiannya sebagai berikut :

1. Mengurutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritisnya dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, menentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan teoritisnya.

$$D = |P(X) - P'(X)|$$

Dimana :

D = selisih terbesar antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis

P (X) = peluang dari masing-masing data

P' (X) = peluang teoritis dari masing-masing data

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov) menentukan harga  $D_0$ . Nilai Kritis  $D_0$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov terlampir pada Tabel 2.13.

- Apabila  $D < D_0$ , maka distribusi teoritis dapat diterima
- Apabila  $D > D_0$ , maka distribusi teoritis tidak dapat diterima.

Contoh perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov untuk data hujan tahun 1996 dengan tinggi hujan (R24) adalah 254 mm:

1. Mengurutkan data dari besar ke kecil berdasarkan curah hujan maksimum dari masing masing tahun. Dari tabel 4.11 kolom 3

2. Menentukan peluang

Contoh :

Data hujan tahun = 1996  
 tinggi hujan (X) = 254 mm  $\rightarrow$  Log X = 2,405  
 m (peringkat / nomor ranking) = 1  
 n (jumlah data hujan) = 25  
 Log X rata-rata = 2,014  
 S Log X = 0,1439

Dengan rumus peluang didapat nilai peluang pengamatan P(Log X) :

$$P(\text{Log } X) = \frac{m}{(n+1)} = \frac{1}{(25+1)} = 0,038$$

3. Besarnya P(LogX<) dapat dicari dengan rumus :

$$P(\text{Log } X <) = 1 - P(\text{Log } X)$$

$$P(\text{Log } X <) = 1 - 0,038 = 0,962$$

4. Peluang teoritis, f(t) dapat dicari dengan rumus :

$$f(t) = \frac{(\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})}{S \text{Log } X}$$

$$f(t) = \frac{2,405 - 2,014}{0,1439} = 2,71$$

5. Nilai P'(LogX<) didapat dari melihat tabel Probabilitas f(t) (Tabel 2.9) wilayah luas dibawah kurva normal dari f(t).

Dengan nilai f(t) = 2,71  $\rightarrow$  P'(LogX<) = 0,9966 (Tabel 4.14)

Tabel 4. 14 Probabilitas f(t)

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986

(Sumber : Pitaloka, 2017)

Sehingga besarnya  $P'(\text{Log } X)$  :

$$\begin{aligned}
 P'(\text{Log } X) &= 1 - P'(\text{Log } X <) \\
 &= 1 - 0,9966 \\
 &= 0,0034
 \end{aligned}$$

6. Nilai D (selisih terbesar peluang pengamatan dan peluang teoritis) dapat dicari dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 D &= |P(\text{Log } X) - P'(\text{Log } X)| \\
 D &= 0,038 - 0,0034 \\
 D &= 0,035
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut.



Tabel 4. 15 Rekapitulasi Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov  
Distribusi Log Pearson Tipe III

m	Tahun	Tinggi Hujan	Log X	P (log x)	P (log x <)	f(t)	P' (log X<)	P' (log x)	D
		(mm)							
1	1996	254	2,405	0,0385	0,9615	2,71	0,9966	0,0034	0,0351
2	2002	205	2,312	0,0769	0,9231	2,06	0,9803	0,0197	0,0572
3	1994	135	2,130	0,1154	0,8846	0,80	0,7881	0,2119	0,0965
4	1992	133	2,124	0,1538	0,8462	0,76	0,7764	0,2236	0,0698
5	2006	130	2,114	0,1923	0,8077	0,69	0,7549	0,2451	0,0528
6	2010	127	2,104	0,2308	0,7692	0,62	0,7324	0,2676	0,0368
7	1995	125	2,097	0,2692	0,7308	0,57	0,7157	0,2843	0,0151
8	2001	124	2,093	0,3077	0,6923	0,55	0,7088	0,2912	0,0165
9	2008	120	2,079	0,3462	0,6538	0,45	0,6763	0,3237	0,0225
10	2003	117	2,068	0,3846	0,6154	0,37	0,6443	0,3557	0,0289
11	2000	110	2,041	0,4231	0,5769	0,19	0,5753	0,4247	0,0016
12	1993	109	2,037	0,4615	0,5385	0,16	0,5636	0,4364	0,0251
13	2007	97	1,987	0,5	0,5	-0,19	0,4247	0,5753	0,0753
14	1999	95	1,978	0,5385	0,4615	-0,26	0,3974	0,6026	0,0641
15	1997	93	1,968	0,5769	0,4231	-0,32	0,3745	0,6255	0,0486
16	2005	90	1,954	0,6154	0,3846	-0,42	0,3372	0,6628	0,0474
17	2012	82	1,914	0,6538	0,3462	-0,70	0,242	0,758	0,1042
18	2014	81	1,908	0,6923	0,3077	-0,74	0,2296	0,7704	0,0781
19	2011	79	1,898	0,7308	0,2692	-0,81	0,209	0,791	0,0602
20	2009	78	1,892	0,7692	0,2308	-0,85	0,1977	0,8023	0,0331
21	2013	75	1,875	0,8077	0,1923	-0,97	0,166	0,834	0,0263
22	1991	73	1,863	0,8462	0,1538	-1,05	0,1469	0,8531	0,0069
23	1998	73	1,863	0,8846	0,1154	-1,05	0,1469	0,8531	0,0315
24	2004	73	1,863	0,9231	0,0769	-1,05	0,1469	0,8531	0,0700
25	2015	63	1,799	0,9615	0,0385	-1,50	0,0668	0,9332	0,0283

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Dari hasil perhitungan diatas, diperoleh :

- D max = 0,1042
- N data hujan = 25 tahun
- Derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 5%

Untuk  $D_0$ , didapatkan dari tabel 4.16 dengan melihat  
N = 25. Dari tabel didapatkan  $D_0 = 0,27$

Tabel 4. 16 Derajat Kepercayaan Uji Kolmogorov-Smirnov

N	$\alpha$ derajat kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
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
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,077}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber : Suripin,2004)

Dapat disimpulkan bahwa :

$$D_{max} < D_0$$

$$D_{max} = 0,1042 < D_0 = 0,27 \text{ (Ok)}$$

Maka, persamaan Distribusi Log Pearson Tipe III **diterima** untuk menghitung distribusi peluang data hujan harian.

#### 4.1.2.5. Kesimpulan Hasil Analisis

Hasil kesimpulan dari Uji Kecocokan Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov yang telah dilakukan berupa hasil perhitungan pengujian dengan menggunakan kedua metode persamaan distribusi yang digunakan ditampilkan pada Tabel 4.17 berikut:

Tabel 4. 17 Rekapitulasi Uji Kecocokan

<b>Tabel Rekapitulasi Uji Kecocokan</b>			
<b>Metode Distribusi Log Pearson III</b>			
<b>Chi Square</b>			
X2	<	Xh2	Keterangan
0,2	<	7,815	OK
<b>Kolmogorov Smirnov</b>			
Dmax	<	Do	Keterangan
0,1041538	<	0,27	OK

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Kesimpulan pada Tabel 4.14, diketahui bahwa distribusi terpilih yang akan digunakan sebagai curah hujan rencana adalah Distribusi Log Pearson Tipe III.

#### **4.1.3 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang** **Cara Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang 10 Tahunan**

Berdasarkan peta SDMP dimana saluran-saluran di dalam lokasi studi terdapat saluran primer serta meninjau dari Tabel 4.2, maka analisis dan perhitungan untuk tugas akhir ini dipakai tinggi curah hujan rencana dengan periode ulang 10 tahun.

##### **Metode Distribusi Log Pearson III**

- Pada perhitungan sebelumnya didapatkan :  
 $Y = \log X = 2,0147$   
 $S = 0,143974$   
 $Cs = 0,0309$
- Nilai k untuk untuk periode T = 10 tahunan didapatkan dari Tabel Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III adalah :  
 $K_T = 1,282$

- $R_{24}$  maksimum periode ulang 10 tahunan :

$$Y_T = \text{Log } X + K_T \times S$$

$$= 2,0147 + 1,282 \times 0,143974$$

$$Y_T = 2,199$$

$$\text{Antilog } Y_T = \mathbf{158,2415 \text{ mm}}$$

Dari hasil perhitungan, dipilih PUH 10 tahun terbesar yaitu dengan metode distribusi normal untuk perhitungan curah hujan periode ulang dengan curah hujan rencana sebesar **158,2415 mm**.

#### **4.1.4 Analisis Debit Banjir Rencana (Q)**

Debit banjir rencana ialah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamatan bahaya banjir pada lokasi pengamatan dengan penerapan nilai kemungkinan terjadinya banjir terbesar. Pada perhitungan analisis debit banjir rencana ini menggunakan perhitungan Q dengan periode ulang 10 tahun.

##### **4.1.4.1. Perencanaan *Catchment Area* (A)**

Kawasan eksisting pada arah barat laut dari Waduk Slamet adalah wilayah Citraland. Pada jaringan eksisting saluran, Citraland memiliki luas DAS sebesar 94 ha yang semuanya mengalir ke saluran buangan UNESA. Namun, pada perencanaan Tugas Akhir ini hanya meninjau 17 ha dari kawasan Citraland, yaitu kawasan yang paling dekat dengan Waduk Slamet, sedangkan 77 ha sisanya tetap dialirkan menuju saluran buangan UNESA. Penentuan batas DAS perencanaan ini ditentukan dari kontur topografi kawasan studi. Wilayah eksisting saluran serta DAS rencana dari perencanaan drainase subsistem Waduk Slamet dapat dilihat pada Lampiran Gambar.

##### **4.1.4.2. Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)**

Perkiraan limpasan air hujan yang melimpas dari suatu kawasan disebut koefisien pengaliran. Pada tiap permukaan lahan mempunyai nilai koefisien pengaliran yang berbeda. Karena dalam satu kawasan terdiri dari bermacam-macam jenis permukaan dan

dengan luas yang berbeda-beda, maka nilai koefisien pengaliran yang dipakai adalah koefisien pengaliran gabungan atau  $C_{gabungan}$

Berdasarkan Tabel 2. 14 koefisien pengaliran untuk :

- $C_{Rumah} = 0,75$
- $C_{Taman} = 0,2$
- $C_{Jalan} = 0,6$

#### Contoh Perhitungan Nilai $C_{gabungan}$

Untuk saluran T1

$$\text{Luas bangunan} = 0 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas taman} = 443,58 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas jalan} = 153,699 \text{ m}^2$$

$$C_{gabungan} = \frac{\sum C \cdot A}{\sum A}$$

$$C_{gabungan} = \frac{(0 \times 0,75) + (443,58 \times 0,2) + (153,6989 \times 0,6)}{0 + 443,58 + 153,6989}$$

$$C_{gabungan} = \frac{(0) + (88,716) + (92,219)}{597,2793}$$

$$C_{gabungan} = \frac{180,935}{597,2793} = 0,3029$$

Hasil perhitungan  $C_{gabungan}$  selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Perhitungan Cgabungan Saluran

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m <sup>2</sup> )	$\Sigma A_i C_i$			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
1	T1	Tersier	597,28	92,22	88,72	0,00	0,30
2	T2	Tersier	1466,95	169,65	27,90	783,53	0,67
3	T3	Tersier	2295,36	220,73	176,55	783,53	0,51
4	S1	Sekunder	3479,24	441,89	265,27	1062,30	0,51
5	T4	Tersier	807,37	113,07	7,38	436,51	0,69
6	T5	Tersier	1645,46	199,26	7,38	957,34	0,71
7	T6	Tersier	1193,78	183,12	19,56	593,07	0,67
8	S2	Sekunder	5124,70	641,15	272,65	2019,65	0,57
9	S3	Sekunder	6901,35	1021,89	292,21	2802,86	0,60
10	T7	Tersier	784,89	96,30	8,14	437,77	0,69
11	T8	Tersier	1430,12	192,81	16,14	771,05	0,69
12	T9	Tersier	1594,16	207,09	8,14	906,23	0,70

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
13	S4	Sekunder	8495,51	1228,98	300,35	3709,08	0,62
14	S5	Sekunder	10158,66	1561,60	316,49	4480,14	0,63
15	T10	Tersier	614,96	100,65	12,09	290,08	0,66
16	T11	Tersier	1336,19	179,85	32,81	654,31	0,65
17	T12	Tersier	1522,32	193,41	12,09	854,65	0,70
18	S6	Sekunder	11680,98	1755,01	328,58	5334,78	0,64
19	S7	Sekunder	13234,07	2065,00	361,39	5989,09	0,64
20	S8	Sekunder	10597,60	120,75	384,98	6353,59	0,65
21	S9	Sekunder	11225,15	238,08	384,98	6677,59	0,65
22	S10	Sekunder	11417,15	353,28	384,98	6677,59	0,65
23	S11	Sekunder	11677,18	418,08	415,39	6677,59	0,64
24	S12	Sekunder	10058,85	418,08	91,72	6677,59	0,71
25	S13	Sekunder	10530,80	524,94	105,74	6845,40	0,71
26	T13	Tersier	437,85	86,40	14,02	167,81	0,61

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
27	T129	Tersier	1334,48	194,10	0,00	758,23	0,71
28	T14	Tersier	1364,85	221,38	0,00	746,92	0,71
29	T15	Tersier	967,11	96,77	58,57	384,75	0,56
30	S14	Sekunder	2617,70	318,14	115,71	1131,67	0,60
31	S15	Sekunder	3346,16	438,98	115,71	1526,96	0,62
32	S16	Sekunder	4050,56	537,62	115,71	1931,96	0,64
33	S17	Sekunder	5194,06	683,72	115,71	2606,96	0,66
34	S18	Sekunder	6402,06	825,32	115,71	3335,96	0,67
35	S19	Sekunder	6919,27	1011,08	157,24	3335,96	0,65
36	T16	Tersier	805,60	113,40	0,00	462,45	0,71
37	T17	Tersier	2155,45	271,44	0,00	1277,29	0,72
38	T18	Tersier	3055,94	379,74	0,00	1817,28	0,72
39	T19	Tersier	4433,42	490,44	0,00	2712,02	0,72
40	T20	Tersier	4524,92	545,34	0,00	2712,02	0,72



No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	$\Sigma AiCi$			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
41	T21	Tersier	550,60	102,45	75,97	0,00	0,32
42	T22	Tersier	335,52	130,14	23,72	0,00	0,46
43	T23	Tersier	648,20	161,01	75,97	0,00	0,37
44	S20	Sekunder	852,76	130,26	0,00	476,74	0,71
45	S21	Sekunder	1954,86	251,52	0,00	1151,74	0,72
46	S22	Sekunder	3748,36	420,42	0,00	2285,74	0,72
47	S23	Sekunder	4414,34	606,18	71,28	2285,74	0,67
48	S24	Sekunder	9056,27	1221,72	71,28	4997,76	0,69
49	T24	Tersier	557,52	125,71	0,00	261,00	0,69
50	T25	Tersier	1095,45	224,47	0,00	541,00	0,70
51	T26	Tersier	2129,02	340,60	0,00	1171,01	0,71
52	T27	Tersier	3168,99	460,60	0,00	1800,99	0,71
53	T28	Tersier	4282,37	580,60	0,00	2486,03	0,72
54	T29	Tersier	5683,36	730,60	0,00	3349,26	0,72

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
55	T30	Tersier	5787,61	793,15	0,00	3349,26	0,72
56	S25	Tersier	12823,87	1874,44	157,24	6685,23	0,68
57	T31	Tersier	727,57	110,94	11,90	362,36	0,67
58	T32	Tersier	1483,84	195,42	11,90	823,96	0,70
59	T33	Tersier	2509,75	305,97	11,90	1455,21	0,71
60	T34	Tersier	3549,69	425,97	11,90	2085,16	0,71
61	T35	Tersier	4799,67	545,97	11,90	2872,64	0,71
62	T36	Tersier	5289,30	602,67	11,90	3168,99	0,72
63	T37	Tersier	874,52	117,00	35,10	378,01	0,61
64	T38	Tersier	359,39	113,49	34,05	0,00	0,41
65	S26	Sekunder	2088,36	584,51	222,83	0,00	0,39
66	S27	Sekunder	6059,38	1002,08	410,33	1753,20	0,52
67	S28	Sekunder	7272,46	1302,64	552,76	1753,20	0,50
68	S29	Sekunder	8196,39	1302,64	552,76	2446,14	0,52

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
69	S30	Sekunder	9191,46	1302,64	751,77	2446,14	0,49
70	S31	Sekunder	10881,09	1368,73	786,77	3499,50	0,52
71	S32	Sekunder	16241,38	2014,00	798,68	6668,50	0,58
72	T39	Tersier	541,02	60,00	0,00	330,76	0,72
73	S33	Sekunder	17701,70	2186,50	798,68	7548,11	0,60
74	T40	Tersier	1579,48	0,00	35,00	1053,36	0,69
75	T41	Tersier	132,00	79,20	0,00	0,00	0,60
76	T42	Tersier	1576,88	379,76	188,79	0,00	0,36
77	T43	Tersier	1133,92	272,26	136,03	0,00	0,36
78	T44	Tersier	2982,01	633,46	136,03	934,57	0,57
79	T45	Tersier	4032,01	813,46	136,03	1497,07	0,61
80	T46	Tersier	5218,13	1031,26	136,03	2114,40	0,63
81	S34	Sekunder	30801,92	4098,86	955,91	14393,19	0,63
82	S35	Sekunder	31010,44	4223,97	955,91	14393,19	0,63

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
83	S36	Sekunder	5926,60	779,76	0,00	3470,25	0,72
84	S37	Sekunder	6130,61	902,17	0,00	3470,25	0,71
85	S38	Sekunder	36228,57	5255,23	1091,94	16507,60	0,63
86	P1	Primer	43492,06	6371,96	1091,94	20559,31	0,64
87	P2	Primer	43542,32	6371,96	1102,00	20559,31	0,64
88	P3	Primer	49936,52	7472,48	1102,00	23979,31	0,65
89	P4	Primer	60632,70	7997,42	1240,81	30824,71	0,66
90	P5	Primer	61108,15	7997,42	1335,90	30824,71	0,66
91	P6	Primer	62803,33	8438,36	1400,40	31303,03	0,66
92	P7	Primer	64041,75	8594,67	1400,40	32036,46	0,66
93	P8	Primer	65156,06	8738,67	1410,54	32654,19	0,66
94	P9	Primer	66439,57	8993,67	1452,24	33141,69	0,66
95	P10	Primer	66862,94	9107,83	1498,86	33141,69	0,65
96	P11	Primer	66955,94	9163,63	1498,86	33141,69	0,65

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
97	P12	Primer	88123,93	12170,31	1910,20	43716,80	0,66
98	P13	Primer	88897,37	12338,82	1910,20	44086,23	0,66
99	P14	Primer	88940,57	12364,74	1910,20	44086,23	0,66
100	P15	Primer	89244,29	12456,98	1910,20	44198,73	0,66
101	T47	Tersier	2100,00	360,00	0,00	1125,00	0,71
102	T48	Tersier	4200,00	720,00	0,00	2250,00	0,71
103	T49	Tersier	5250,00	900,00	0,00	2812,50	0,71
104	T50	Tersier	6394,20	1100,52	0,00	3420,00	0,71
105	T51	Tersier	2100,00	360,00	0,00	1125,00	0,71
106	T52	Tersier	3025,00	510,00	0,00	1631,25	0,71
107	T53	Tersier	4256,58	640,14	130,61	1902,47	0,63
108	T54	Tersier	4337,58	688,74	130,61	1902,47	0,63
109	T55	Tersier	1296,96	139,50	32,89	675,00	0,65
110	T56	Tersier	2414,46	270,00	32,89	1350,00	0,68

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
111	S39	Tersier	29741,48	4478,66	871,59	13439,31	0,63
112	T57	Tersier	490,00	72,00	0,00	277,50	0,71
113	T58	Tersier	1670,00	225,00	0,00	971,25	0,72
114	T59	Tersier	2868,00	388,80	0,00	1665,00	0,72
115	T60	Tersier	268,40	50,04	0,00	138,75	0,70
116	T61	Tersier	827,92	154,80	50,98	236,25	0,53
117	T62	Tersier	1907,92	298,80	50,98	866,25	0,64
118	T63	Tersier	2986,33	443,27	50,98	1494,47	0,67
119	S40	Sekunder	3136,40	438,84	0,00	1803,75	0,72
120	S41	Sekunder	6412,33	1055,87	50,98	3298,22	0,69
121	S42	Sekunder	9147,05	1517,75	101,97	4580,72	0,68
122	T64	Tersier	434,92	108,00	50,98	0,00	0,37
123	T65	Tersier	1514,92	270,00	50,98	607,50	0,61
124	T66	Tersier	2734,72	461,88	50,98	1282,50	0,66

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
125	T67	Tersier	840,00	144,00	0,00	450,00	0,71
126	T68	Tersier	1830,00	288,00	0,00	1012,50	0,71
127	T69	Tersier	2460,00	396,00	0,00	1350,00	0,71
128	T70	Tersier	2953,38	478,80	0,00	1616,53	0,71
129	T71	Tersier	3170,92	574,80	11,51	1616,53	0,69
130	S43	Sekunder	13814,77	2236,55	168,84	6932,25	0,68
131	S44	Sekunder	13871,77	2270,75	168,84	6932,25	0,68
132	S45	Sekunder	14202,91	2367,50	202,82	6932,25	0,67
133	T72	Tersier	1185,24	67,68	12,49	757,50	0,71
134	T73	Tersier	3747,22	368,24	122,29	1891,54	0,64
135	T74	Tersier	6005,02	668,81	268,74	2659,99	0,60
136	T75	Tersier	6126,41	668,81	293,01	2659,99	0,59
137	T76	Tersier	7121,48	668,81	492,03	2659,99	0,54
138	T77	Tersier	8525,90	668,81	492,03	3713,31	0,57

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
139	T78	Tersier	9698,95	941,06	635,89	3713,31	0,55
140	T79	Tersier	11035,95	1218,26	635,89	4369,56	0,56
141	T80	Tersier	12485,85	1458,20	635,89	5157,06	0,58
142	T81	Tersier	12575,85	1512,20	635,89	5157,06	0,58
143	S46	Sekunder	26778,75	3879,70	838,70	12089,31	0,63
144	T82	Tersier	1320,00	158,40	0,00	792,00	0,72
145	T83	Tersier	2136,00	331,20	0,00	1188,00	0,71
146	T84	Tersier	2280,00	417,60	0,00	1188,00	0,70
147	T85	Tersier	2580,13	498,10	33,19	1188,00	0,67
148	T86	Tersier	2921,58	598,28	68,09	1188,00	0,63
149	T87	Tersier	1343,19	172,80	0,00	791,39	0,72
150	T88	Tersier	2681,65	345,60	0,00	1579,24	0,72
151	T89	Tersier	3617,65	432,00	0,00	2173,24	0,72
152	T90	Tersier	982,83	154,10	0,00	544,50	0,71



No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
153	T91	Tersier	2385,33	326,90	64,50	1138,50	0,64
154	T92	Tersier	885,00	115,20	0,00	519,75	0,72
155	T93	Tersier	2181,00	288,00	0,00	1275,75	0,72
156	T94	Tersier	3348,00	446,40	0,00	1953,00	0,72
157	T95	Tersier	396,31	111,20	42,19	0,00	0,39
158	T96	Tersier	1882,53	263,12	42,19	924,76	0,65
159	T97	Tersier	2563,42	355,00	42,19	1320,59	0,67
160	S47	Sekunder	6002,98	758,90	64,50	3311,74	0,69
161	S48	Sekunder	10003,57	1205,30	195,02	5264,74	0,67
162	S49	Sekunder	10637,68	1392,75	259,36	5264,74	0,65
163	S50	Sekunder	12599,85	1629,89	301,06	6283,55	0,65
164	S51	Sekunder	15521,44	2228,18	369,15	7471,55	0,65
165	S52	Sekunder	19789,17	2801,48	411,34	9797,50	0,66
166	T98	Tersier	1681,30	324,00	0,00	855,97	0,70

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	$\Sigma AiCi$			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
167	T99	Tersier	4368.33	806.76	0.00	2267.80	0.70
168	T100	Tersier	7095.65	1297.78	0.00	3699.51	0.70
169	T101	Tersier	9717.54	1768.64	0.00	5077.36	0.70
170	T102	Tersier	11584.03	2173.64	0.00	5970.98	0.70
171	T103	Tersier	1531.38	240.89	0.00	847.42	0.71
172	T104	Tersier	4205.48	727.06	0.00	2245.29	0.71
173	T105	Tersier	6264.57	1123.96	0.00	3293.49	0.71
174	T106	Tersier	9166.07	1614.49	0.00	4856.44	0.71
175	T107	Tersier	11337.43	2017.31	0.00	5981.44	0.71
176	P16	Primer	100923.77	14687.88	1910.20	50169.71	0.66
177	T108	Tersier	790.26	90.99	0.00	478.96	0.72
178	T109	Tersier	110.95	66.57	0.00	0.00	0.60
179	T110	Tersier	289.00	173.40	0.00	0.00	0.60
180	T111	Tersier	127.50	76.50	0.00	0.00	0.60

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m2)	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
181	T112	Tersier	537.50	63.75	86.25	0.00	0.28
182	T113	Tersier	1085.80	133.98	172.50	0.00	0.28
183	T114	Tersier	601.25	102.00	86.25	0.00	0.31
184	T115	Tersier	1202.50	204.00	172.50	0.00	0.31
185	T116	Tersier	1783.78	294.02	258.75	0.00	0.31
186	T117	Tersier	2543.71	105.83	473.47	0.00	0.23
187	T118	Tersier	5102.29	220.58	946.93	0.00	0.23
188	T119	Tersier	7633.59	318.95	1420.40	0.00	0.23
189	T120	Tersier	83.72	50.23	0.00	0.00	0.60
190	T121	Tersier	271.79	163.07	0.00	0.00	0.60
191	T122	Tersier	127.50	76.50	0.00	0.00	0.60
192	T123	Tersier	2714.50	102.00	0.00	1908.38	0.74
193	T124	Tersier	5503.16	248.50	0.00	3816.75	0.74
194	T125	Tersier	1191.78	197.57	172.50	0.00	0.31

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m <sup>2</sup> )	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
195	T126	Tersier	622.50	114.75	86.25	0.00	0.32
196	T127	Tersier	558.75	76.50	86.25	0.00	0.29
197	T128	Tersier	1113.68	150.71	172.50	0.00	0.29
198	S53	Sekunder	399.95	239.97	0.00	0.00	0.60
199	S54	Sekunder	2271.76	586.80	258.75	0.00	0.37
200	S55	Sekunder	2939.96	728.97	345.00	0.00	0.37
201	S56	Sekunder	3749.07	955.69	431.25	0.00	0.37
202	S57	Sekunder	5532.84	1249.70	690.00	0.00	0.35
203	S58	Sekunder	355.51	213.30	0.00	0.00	0.60
204	S59	Sekunder	1160.14	437.33	86.25	0.00	0.45
205	S60	Sekunder	1906.39	626.33	172.50	0.00	0.42
206	S61	Sekunder	3203.17	886.90	345.00	0.00	0.38
207	S62	Sekunder	8706.33	1135.40	345.00	3816.75	0.61
208	S63	Sekunder	19355.63	2013.98	2182.00	3816.75	0.41

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	Total Catchment Area (m <sup>2</sup> )	ΣAiCi			C gab
				Jalan	Taman	Rumah	
209	S64	Sekunder	26279.53	2436.92	4443.60	0.00	0.26
210	S65	Sekunder	26279.53	2436.92	4443.60	0.00	0.26

*(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)*

#### 4.1.4.3. Perhitungan Waktu Aliran Air

Perhitungan waktu aliran pada lokasi studi terdiri dari waktu aliran air pada permukaan lahan yang masuk kedalam saluran ( $t_0$ ), perhitungan waktu aliran air yang mengalir sepanjang saluran ( $t_f$ ), dan waktu konsentrasi/waktu yang diperlukan oleh titik air untuk mengalir dari tempat hidrolis terjauh di daerah alirannya ke suatu titik yang ditinjau ( $t_c$ ).

##### 4.1.4.2.1. Estimasi Nilai $t_0$

Nilai  $t_0$  merupakan waktu yang diperlukan air hujan mengalir pada permukaan lahan yang masuk kedalam saluran (satuan dalam menit). Panjang lahan untuk perhitungan  $t_0$  pada lokasi studi menggunakan asumsi panjang rata-rata dari aliran pemukiman dan kemiringan lahan dihitung dari peta.

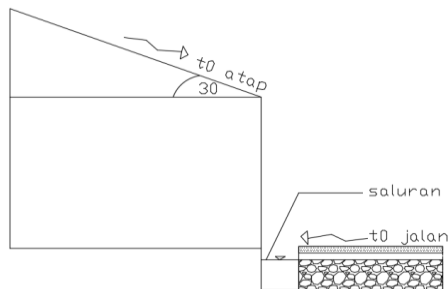
Contoh Perhitungan Nilai  $t_0$  sebagai berikut :

Berdasarkan Tabel 2.15 asumsi yang digunakan untuk harga koefisien hambatan ( $n_d$ ) :

- $n_d$  rumah = 0,02
- $n_d$  jalan = 0,02
- $n_d$  taman = 0,2

Serta asumsi yang digunakan untuk harga kemiringan (S):

- S rumah =  $\tan 30^\circ = 0,577$
- S jalan = 2% = 0,02
- S taman = 0,2% = 0,002



Gambar 4. 3 Ilustrasi Nilai  $t_0$  dari Perumahan

1. Estimasi Nilai  $t_0$  taman pada Saluran T1

Panjang pengaliran taman = 21 m

$n_d$  atap = 0,2

Asumsi kemiringan (S) taman = 0,002

$$t_0 = 1,44 \times \left( n_d \times \frac{l}{\sqrt{S}} \right)^{0,467}$$

$$t_0 = 1,44 \times \left( 0,02 \times \frac{21}{\sqrt{0,002}} \right)^{0,467}$$

$$t_0 = 12,012 \text{ menit}$$

2. Estimasi Nilai  $t_0$  Jalan pada Saluran T1

Lebar jalan = 12,29 m

$n_d$  jalan = 0,02

Asumsi kemiringan (S) jalan = 0,02

$$t_0 = 1,44 \times \left( n_d \times \frac{l}{\sqrt{S}} \right)^{0,467}$$

$$t_0 = 1,44 \times \left( 0,02 \times \frac{12,29}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,467}$$

$$t_0 = 1,864 \text{ menit}$$

Maka untuk Saluran T1,  $t_0$  yang dipakai adalah = 12,012 menit. Untuk perhitungan saluran sekunder dan primer, selain menghitung sesuai daerah aliran,  $t_0$  yang dipakai juga ditinjau dari  $t_c$  saluran sebelumnya yang paling besar. Estimasi perhitungan  $t_0$  selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Estimasi Nilai t0

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
1	T1	Tersier	12.29	21	0	1.86	12.01	0.00	12.01
2	T2	Tersier	7.5	3.7	29.9607	1.48	5.34	1.29	6.82
3	T3	Tersier	6	39.9097	0	1.33	16.21	0.00	16.21
4	S1	Sekunder	7	0	21.3876	1.43	0.00	1.10	16.45
5	T4	Tersier	5	11	19.6676	1.22	8.88	1.06	8.88
6	T5	Tersier	5	0	22.865	1.22	0.00	1.14	9.27
7	T6	Tersier	5	14.8	19	1.22	10.20	1.04	10.20
8	S2	Sekunder	10	0	0	1.69	0.00	0.00	17.01
9	S3	Sekunder	8	0	15	1.53	0.00	0.93	17.15
10	T7	Tersier	5	10.9068	18.0786	1.22	8.85	1.02	9.86
11	T8	Tersier	5	13.7	19.5	1.22	9.84	1.05	9.84
12	T9	Tersier	5	0	19.5	1.22	0.00	1.05	10.17
13	S4	Sekunder	10	0	0	1.69	0.00	0.00	17.88
14	S5	Sekunder	6.5	0	0	1.38	0.00	0.00	18.07
15	T10	Tersier	5	10.2742	18.0786	1.22	8.60	1.02	9.62



No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
16	T11	Tersier	5	30.5573	18	1.22	14.31	1.02	14.31
17	T12	Tersier	5	10.2742	18	1.22	8.60	1.02	9.98
18	S6	Sekunder	10	0	0	1.69	0.00	0.00	18.62
19	S7	Sekunder	6	0	0	1.33	0.00	0.00	18.80
20	S8	Sekunder	5	28.9	18	1.22	13.94	1.02	18.80
21	S9	Sekunder	5	0	18	1.22	0.00	1.02	18.80
22	S10	Sekunder	4	0	0	1.10	0.00	0.00	18.80
23	S11	Sekunder	4	7	0	1.10	7.19	0.00	18.80
24	S12	Sekunder	0	10.8146	0	0.00	8.81	0.00	18.80
25	S13	Sekunder	8.4	0	0	1.56	0.00	0.00	18.80
26	T13	Tersier	0	16.82	22.452	0.00	10.83	1.13	10.83
27	T129	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	1.22
28	T14	Tersier	8	0	21.5196	1.53	0.00	1.10	1.53
29	T15	Tersier	8	12.1861	23.6586	1.53	9.32	1.15	9.32
30	S14	Sekunder	7.5	0	0	1.48	0.00	0.00	9.66

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
31	S15	Sekunder	5	0	19	1.22	0.00	1.04	9.97
32	S16	Sekunder	5	0	19	1.22	0.00	1.04	10.78
33	S17	Sekunder	5	0	19	1.22	0.00	1.04	11.45
34	S18	Sekunder	5	0	19	1.22	0.00	1.04	11.72
35	S19	Sekunder	8	10.1189	0	1.53	8.54	0.00	11.94
36	T16	Tersier	5	0	19	1.22	0.00	1.04	1.22
37	T17	Tersier	5	0	19	1.22	0.00	1.04	1.96
38	T18	Tersier	5	0	19	1.22	0.00	1.04	2.56
39	T19	Tersier	5	0	19	1.22	0.00	1.04	2.74
40	T20	Tersier	5	0	0	1.22	0.00	0.00	2.88
41	T21	Tersier	5	22.5171	0	1.22	12.41	0.00	12.41
42	T22	Tersier	5	5.5	0	1.22	6.43	0.00	6.43
43	T23	Tersier	10	0	0	1.69	0.00	0.00	6.83
44	S20	Sekunder	5	0	19	1.22	0.00	1.04	6.99
45	S21	Sekunder	5	0	19	1.22	0.00	1.04	7.85

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
46	S22	Sekunder	5	0	19	1.22	0.00	1.04	8.67
47	S23	Sekunder	8	10.1189	0	1.53	8.54	0.00	8.89
48	S24	Sekunder	10	0	0	1.69	0.00	0.00	9.58
49	T24	Tersier	6	0	21.3	1.33	0.00	1.10	1.33
50	T25	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	1.68
51	T26	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	2.36
52	T27	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	3.16
53	T28	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	3.45
54	T29	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	3.78
55	T30	Tersier	5	0	0	1.22	0.00	0.00	4.03
56	S25	Tersier	10	0	0	1.69	0.00	0.00	12.64
57	T31	Tersier	5	23.0713	21	1.22	12.55	1.09	12.55
58	T32	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	13.31
59	T33	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	13.87
60	T34	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	14.15

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
61	T35	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	14.46
62	T36	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	14.68
63	T37	Tersier	6.5	0	32	1.38	0.00	1.33	1.38
64	T38	Tersier	6.5	26	0	1.38	13.27	0.00	13.27
65	S26	Sekunder	13	0	0	1.91	0.00	0.00	13.98
66	S27	Sekunder	15.8459	14.0592	32	2.10	9.96	1.33	14.18
67	S28	Sekunder	15.8459	14.0592	32	2.10	9.96	1.33	15.15
68	S29	Sekunder	0	0	33.0664	0.00	0.00	1.35	15.60
69	S30	Sekunder	0	34.3533	0	0.00	15.12	0.00	15.94
70	S31	Sekunder	5	0	0	1.22	0.00	0.00	16.05
71	S32	Sekunder	10	0	0	1.69	0.00	0.00	16.09
72	T39	Tersier	5	0	21	1.22	0.00	1.09	1.22
73	S33	Sekunder	5	0	21	1.22	0.00	1.09	16.14
74	T40	Tersier	0	9	30	0.00	8.09	1.29	8.09
75	T41	Tersier	4	0	0	1.10	0.00	0.00	1.10

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
76	T42	Tersier	23.1557	24.3166	0	2.51	12.86	0.00	12.86
77	T43	Tersier	8	9.5	0	1.53	8.29	0.00	9.82
78	T44	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	10.50
79	T45	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	10.90
80	T46	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	11.09
81	S34	Sekunder	8	0	21	1.53	0.00	1.09	16.47
82	S35	Sekunder	4.75	0	0	1.20	0.00	0.00	16.55
83	S36	Sekunder	8	0	0	1.53	0.00	0.00	9.70
84	S37	Sekunder	4.75	0	0	1.20	0.00	0.00	9.70
85	S38	Sekunder	9	0	0	1.61	0.00	0.00	16.86
86	P1	Primer	10	0	25	1.69	0.00	1.18	16.97
87	P2	Primer	23	8	0	2.50	7.65	0.00	17.34
88	P3	Primer	0	0	0	0.00	0.00	0.00	17.61
89	P4	Primer	0	7.5	0	0.00	7.43	0.00	17.65
90	P5	Primer	0	15.983	0	0.00	10.57	0.00	17.94

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
91	P6	Primer	12	10.5	21	1.84	8.69	1.09	18.90
92	P7	Primer	6	0	21	1.33	0.00	1.09	19.53
93	P8	Primer	6	0	21	1.33	0.00	1.09	20.02
94	P9	Primer	10	0	21	1.69	0.00	1.09	20.48
95	P10	Primer	6	13.24	0	1.33	9.68	0.00	20.93
96	P11	Primer	10	0	0	1.69	0.00	0.00	21.49
97	P12	Primer	9.5	0	22	1.65	0.00	1.12	21.60
98	P13	Primer	6	0	22	1.33	0.00	1.12	21.97
99	P14	Primer	4.5	0	5.5	1.17	0.00	0.58	22.41
100	P15	Primer	4.5	0	5.5	1.17	0.00	0.58	22.50
101	T47	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	1.69
102	T48	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	2.11
103	T49	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	2.45
104	T50	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	2.82
105	T51	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	1.69

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
106	T52	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	3.04
107	T53	Tersier	4.5	46.26	25	1.17	17.37	1.18	17.37
108	T54	Tersier	9	0	0	1.61	0.00	0.00	18.10
109	T55	Tersier	7.5	12	30	1.48	9.25	1.29	9.25
110	T56	Tersier	7.5	0	30	1.48	0.00	1.29	9.50
111	S39	Tersier	17.11	0	0	2.18	0.00	0.00	15.14
112	T57	Tersier	6	0	18.5	1.33	0.00	1.03	1.33
113	T58	Tersier	6	0	18.5	1.33	0.00	1.03	1.74
114	T59	Tersier	6	0	18.5	1.33	0.00	1.03	2.62
115	T60	Tersier	6	0	18.5	1.33	0.00	1.03	1.33
116	T61	Tersier	6	21	21	1.33	12.01	1.09	12.01
117	T62	Tersier	6	0	21	1.33	0.00	1.09	12.87
118	T63	Tersier	6	0	21	1.33	0.00	1.09	13.67
119	S40	Sekunder	12	0	0	1.84	0.00	0.00	3.51
120	S41	Sekunder	8	0	0	1.53	0.00	0.00	3.64

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
121	S42	Sekunder	8	0	18	1.53	0.00	1.02	14.48
122	T64	Tersier	6	18	18	1.33	11.18	1.02	11.18
123	T65	Tersier	6	0	18	1.33	0.00	1.02	1.33
124	T66	Tersier	6	0	18	1.33	0.00	1.02	2.25
125	T67	Tersier	6	0	15	1.33	0.00	0.93	1.33
126	T68	Tersier	6	0	15	1.33	0.00	0.93	2.14
127	T69	Tersier	6	0	15	1.33	0.00	0.93	2.94
128	T70	Tersier	6	0	15	1.33	0.00	0.93	3.57
129	T71	Tersier	10	4	0	1.69	5.54	0.00	5.54
130	S43	Sekunder	7.5	12	0	1.48	9.25	0.00	14.50
131	S44	Sekunder	6	0	0	1.33	0.00	0.00	14.77
132	S45	Sekunder	7.5	9.5	0	1.48	8.29	0.00	14.90
133	T72	Tersier	4	5	28	1.10	6.15	1.25	6.15
134	T73	Tersier	18	17	28	2.23	10.88	1.25	10.88
135	T74	Tersier	18	17	28	2.23	10.88	1.25	11.77



No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
136	T75	Tersier	18	17	28	2.23	10.88	1.25	11.99
137	T76	Tersier	18	17	28	2.23	10.88	1.25	12.29
138	T77	Tersier	18	17	28	2.23	10.88	1.25	12.36
139	T78	Tersier	18	17	28	2.23	10.88	1.25	12.99
140	T79	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	13.65
141	T80	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	14.37
142	T81	Tersier	10	0	25	1.69	0.00	1.18	14.93
143	S46	Sekunder	15	0	0	2.05	0.00	0.00	15.02
144	T82	Tersier	6	0	22	1.33	0.00	1.12	1.33
145	T83	Tersier	12	0	22	1.84	0.00	1.12	2.22
146	T84	Tersier	10	0	0	1.69	0.00	0.00	2.70
147	T85	Tersier	6	13	0	1.33	9.60	0.00	9.60
148	T86	Tersier	6	13.4	0	1.33	9.74	0.00	9.74
149	T87	Tersier	6	0	22	1.33	0.00	1.12	1.33
150	T88	Tersier	6	0	22	1.33	0.00	1.12	1.98

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
151	T89	Tersier	6	0	22	1.33	0.00	1.12	2.35
152	T90	Tersier	6	0	22	1.33	0.00	1.12	1.33
153	T91	Tersier	6	10.5	22	1.33	8.69	1.12	10.02
154	T92	Tersier	6	0	21	1.33	0.00	1.09	1.33
155	T93	Tersier	6	0	21	1.33	0.00	1.09	1.72
156	T94	Tersier	6	0	21	1.33	0.00	1.09	2.13
157	T95	Tersier	6	14	0	1.33	9.94	0.00	9.94
158	T96	Tersier	6	0	22.25	1.33	0.00	1.12	10.49
159	T97	Tersier	6	0	23.15	1.33	0.00	1.14	10.76
160	S47	Sekunder	12	0	0	1.84	0.00	0.00	10.99
161	S48	Sekunder	0	50.62	0	0.00	18.12	0.00	18.12
162	S49	Sekunder	6	19	0	1.33	11.46	0.00	18.45
163	S50	Sekunder	6	0	21	1.33	0.00	1.09	19.18
164	S51	Sekunder	10	0	0	1.69	0.00	0.00	1.69
165	S52	Sekunder	10	0	22.1	1.69	0.00	1.12	1.90

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
166	T98	Tersier	13.5	0	33.4	1.95	0.00	1.36	1.95
167	T99	Tersier	13.5	0	32.7	1.95	0.00	1.34	2.75
168	T100	Tersier	13.5	0	29.9	1.95	0.00	1.29	3.37
169	T101	Tersier	13.5	0	30	1.95	0.00	1.29	3.73
170	T102	Tersier	13.5	0	30	1.95	0.00	1.29	4.05
171	T103	Tersier	13.5	0	30	1.95	0.00	1.29	1.95
172	T104	Tersier	13.5	0	32.13	1.95	0.00	1.33	2.56
173	T105	Tersier	13.5	0	34	1.95	0.00	1.37	3.60
174	T106	Tersier	13.5	0	31.86	1.95	0.00	1.33	4.22
175	T107	Tersier	13.5	0	30	1.95	0.00	1.29	4.49
176	P16	Primer	27	0	0	2.69	0.00	0.00	23.30
177	T108	Tersier	4.5	0	58.87	1.17	0.00	1.77	1.77
178	T109	Tersier	7	0	0	1.43	0.00	0.00	1.43
179	T110	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.69
180	T111	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.14

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
181	T112	Tersier	4.25	23.5	0	1.14	12.66	0.00	12.66
182	T113	Tersier	4.25	23.5	0	1.14	12.66	0.00	13.01
183	T114	Tersier	4.25	23.5	0	1.14	12.66	0.00	12.66
184	T115	Tersier	4.25	23.5	0	1.14	12.66	0.00	13.07
185	T116	Tersier	4.25	23.5	0	1.14	12.66	0.00	13.49
186	T117	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.14
187	T118	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.56
188	T119	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	2.04
189	T120	Tersier	7	0	0	1.43	0.00	0.00	1.43
190	T121	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.69
191	T122	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.14
192	T123	Tersier	4.25	0	71	1.14	0.00	1.93	1.93
193	T124	Tersier	4.25	0	71	1.14	0.00	1.93	2.39
194	T125	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.64
195	T126	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.14

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	L pengaliran			to			to pakai
			Jalan	Taman	Rumah	Jalan	Taman	Rumah	
196	T127	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.14
197	T128	Tersier	4.25	0	0	1.14	0.00	0.00	1.14
198	S53	Sekunder	7	0	0	1.43	0.00	0.00	2.40
199	S54	Sekunder	7	23.5	0	1.43	12.66	0.00	13.43
200	S55	Sekunder	7	23.5	0	1.43	12.66	0.00	14.24
201	S56	Sekunder	7	23.5	0	1.43	12.66	0.00	14.48
202	S57	Sekunder	7	0	0	1.43	0.00	0.00	15.13
203	S58	Sekunder	7	0	0	1.43	0.00	0.00	2.35
204	S59	Sekunder	7	0	0	1.43	0.00	0.00	2.56
205	S60	Sekunder	7	0	0	1.43	0.00	0.00	3.03
206	S61	Sekunder	7	0	0	1.43	0.00	0.00	3.51
207	S62	Sekunder	7	0	0	1.43	0.00	0.00	3.71
208	S63	Sekunder	10	110	0	1.69	26.03	0.00	26.03
209	S64	Sekunder	10	0	111	1.69	0.00	2.38	15.24
210	S65	Sekunder	10	0	0	1.69	0.00	0.00	28.05

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

#### 4.1.4.2.2. Estimasi Nilai $t_f$

Nilai  $t_f$  adalah waktu yang diperlukan untuk mengalir di sepanjang saluran. Estimasi perhitungan nilai  $t_f$  di lokasi studi menggunakan kecepatan saluran.

##### Contoh Perhitungan Nilai $t_f$

Perhitungan nilai  $t_f$  saluran T1

- Data perhitungan :
  - Bentuk saluran = Lingkaran
  - Diameter (d) = 0,40 m
  - Luas saluran (A) =  $\frac{1}{4} \pi D^2$
  - Luas saluran (A) =  $\frac{1}{4} \pi 0,4^2 = 0,125$
  - Keliling basah (P) =  $\pi D$
  - Keliling basah (P) =  $\pi \times 0,4 = 1,25$
  - Jari-jari hidrolis (R) =  $\frac{A}{P}$
  - Jari-jari hidrolis (R) =  $\frac{0,125}{1,25} = 0,1$
- Data saluran :
  - Panjang saluran (Ls) = 19,76 m
  - Elevasi Hulu (H<sub>1</sub>) = +24,65 m
  - Elevasi Hilir (H<sub>2</sub>) = +24,47 m
  - Kemiringan saluran (i) =  $\Delta H / Ls$
  - Kemiringan saluran (i) =  $(24,65 - 24,47) / 19,76$
  - Kemiringan saluran (i) =  $0,18 / 19,76 = 0,0091$
  - Koefisien kekasaran beton (n) = 0,013 (Tabel 2.16)
- Mencari Nilai Kecepatan (V) :
  - $V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} i^{1/2}$
  - $V = \frac{1}{0,013} \cdot 0,1^{2/3} 0,0091^{1/2}$
  - $V = 1,581 \text{ m/s}$
- Mencari Nilai  $t_f$  pada Saluran:
  - $t_f = \frac{Ls (\text{panjang saluran})}{60 V}$
  - $t_f = \frac{19,76}{60 \times 1,581} = 0,208 \text{ menit}$

Perhitungan nilai  $t_f$  selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Estimasi Nilai  $t_f$

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	$t_f$
1	T1	24.65	24.47	0.40	19.76	0.126	1.257	0.1	0.0091	1.58	0.208
2	T2	24.62	24.52	0.40	37.7	0.126	1.257	0.1	0.0027	0.85	0.736
3	T3	24.52	24.47	0.40	14.19	0.126	1.257	0.1	0.0035	0.98	0.240
4	S1	24.47	24.4	0.50	30.7	0.196	1.571	0.125	0.0023	0.92	0.557
5	T4	25.25	24.9	0.40	37.69	0.126	1.257	0.1	0.0093	1.60	0.393
6	T5	24.9	24.4	0.40	28.73	0.126	1.257	0.1	0.0174	2.19	0.219
7	T6	25.25	24.38	0.40	61.04	0.126	1.257	0.1	0.0143	1.98	0.514
8	S2	24.4	24.38	0.50	8.1	0.196	1.571	0.125	0.0025	0.96	0.141
9	S3	24.38	24.28	0.50	41.17	0.196	1.571	0.125	0.0024	0.95	0.724
10	T7	25.25	24.9	0.40	32.1	0.126	1.257	0.1	0.0109	1.73	0.309
11	T8	25.25	24.26	0.40	64.27	0.126	1.257	0.1	0.0154	2.06	0.521

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
12	T9	24.9	24.28	0.40	36.93	0.126	1.257	0.1	0.0168	2.15	0.287
13	S4	24.28	24.26	0.60	10.92	0.283	1.886	0.15	0.0018	0.93	0.196
14	S5	24.26	24.17	0.60	35.85	0.283	1.886	0.15	0.0025	1.09	0.549
15	T10	25	24.7	0.40	33.55	0.126	1.257	0.1	0.0089	1.57	0.357
16	T11	25	24.15	0.40	59.95	0.126	1.257	0.1	0.0142	1.97	0.506
17	T12	24.7	24.17	0.40	30.92	0.126	1.257	0.1	0.0171	2.17	0.238
18	S6	24.17	24.15	0.70	10.92	0.385	2.200	0.175	0.0018	1.03	0.177
19	S7	24.15	24	0.70	36.15	0.385	2.200	0.175	0.0041	1.55	0.389
20	S8	24	23.8	0.80	40.25	0.503	2.514	0.2	0.0050	1.85	0.362
21	S9	23.8	23.6	0.80	39.11	0.503	2.514	0.2	0.0051	1.88	0.346
22	S10	23.6	19.6	0.80	48	0.503	2.514	0.2	0.0833	7.59	0.105
23	S11	19.6	19.5	0.80	27	0.503	2.514	0.2	0.0037	1.60	0.281
24	S12	19.5	19.3	0.80	58	0.503	2.514	0.2	0.0034	1.54	0.626
25	S13	19.3	19.2	0.80	25.7	0.503	2.514	0.2	0.0039	1.64	0.261



No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
26	T13	19.45	19.3	0.40	16	0.126	1.257	0.1	0.0094	1.60	0.166
27	T129	19.45	19.17	0.40	41.5	0.126	1.257	0.1	0.0067	1.36	0.508
28	T14	24	23.53	0.40	46.12	0.126	1.257	0.1	0.0102	1.67	0.459
29	T15	23.6	23.53	0.40	20.16	0.126	1.257	0.1	0.0035	0.98	0.344
30	S14	23.53	23.43	0.40	21.17	0.126	1.257	0.1	0.0047	1.14	0.310
31	S15	23.43	23.33	0.40	40.28	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.813
32	S16	23.33	23.25	0.40	32.88	0.126	1.257	0.1	0.0024	0.82	0.670
33	S17	23.25	21.65	0.40	48.7	0.126	1.257	0.1	0.0329	3.00	0.270
34	S18	21.65	19.38	0.40	47.2	0.126	1.257	0.1	0.0481	3.63	0.216
35	S19	19.38	19.26	0.40	38.7	0.126	1.257	0.1	0.0031	0.92	0.699
36	T16	24	23.9	0.40	37.8	0.126	1.257	0.1	0.0026	0.85	0.739
37	T17	23.9	23.48	0.40	52.68	0.126	1.257	0.1	0.0080	1.48	0.593
38	T18	23.48	22.05	0.40	36.1	0.126	1.257	0.1	0.0396	3.30	0.182
39	T19	22.05	19.45	0.40	36.9	0.126	1.257	0.1	0.0705	4.40	0.140

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
40	T20	19.45	19.26	0.40	18.3	0.126	1.257	0.1	0.0104	1.69	0.181
41	T21	24	23.46	0.40	34.15	0.126	1.257	0.1	0.0158	2.08	0.273
42	T22	24	23.5	0.40	43.38	0.126	1.257	0.1	0.0115	1.78	0.406
43	T23	23.5	23.46	0.40	9.76	0.126	1.257	0.1	0.0041	1.06	0.153
44	S20	23.46	23.35	0.40	43.42	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.868
45	S21	23.35	23.25	0.40	40.42	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.82	0.817
46	S22	23.25	19.38	0.40	56.3	0.126	1.257	0.1	0.0687	4.35	0.216
47	S23	19.38	19.26	0.40	38.7	0.126	1.257	0.1	0.0031	0.92	0.699
48	S24	19.26	19.17	0.50	11.7	0.196	1.571	0.125	0.0077	1.69	0.116
49	T24	23.45	23.1	0.40	34.92	0.126	1.257	0.1	0.0100	1.66	0.351
50	T25	23.1	23.02	0.40	32.92	0.126	1.257	0.1	0.0024	0.82	0.672
51	T26	23.02	22.93	0.40	38.71	0.126	1.257	0.1	0.0023	0.80	0.807
52	T27	22.93	22.15	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0195	2.31	0.288
53	T28	22.15	21.55	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0150	2.03	0.328

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
54	T29	21.55	19.55	0.40	50	0.126	1.257	0.1	0.0400	3.31	0.251
55	T30	19.55	19.26	0.40	20.85	0.126	1.257	0.1	0.0139	1.95	0.178
56	S25	19.26	19.22	0.50	11.7	0.196	1.571	0.125	0.0034	1.12	0.173
57	T31	23.16	23.07	0.40	36.98	0.126	1.257	0.1	0.0024	0.82	0.754
58	T32	23.07	23	0.40	28.16	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.568
59	T33	23	22.35	0.40	36.85	0.126	1.257	0.1	0.0176	2.20	0.279
60	T34	22.35	21.65	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0175	2.19	0.304
61	T35	21.65	20.37	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0320	2.96	0.225
62	T36	20.37	19.55	0.40	18.9	0.126	1.257	0.1	0.0434	3.45	0.091
63	T37	22.74	22.65	0.40	30	0.126	1.257	0.1	0.0030	0.91	0.551
64	T38	22.74	22.69	0.40	29.1	0.126	1.257	0.1	0.0017	0.69	0.706
65	S26	22.69	22.65	0.40	11.7	0.126	1.257	0.1	0.0034	0.97	0.201
66	S27	22.65	22.51	0.50	56	0.196	1.571	0.125	0.0025	0.96	0.971
67	S28	22.51	22.38	0.60	35.7	0.283	1.886	0.15	0.0036	1.31	0.454

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
68	S29	22.38	22.28	0.60	26.7	0.283	1.886	0.15	0.0037	1.33	0.335
69	S30	22.28	22.23	0.60	10.2	0.283	1.886	0.15	0.0049	1.52	0.112
70	S31	22.23	19.55	0.70	22.03	0.385	2.200	0.175	0.1217	8.39	0.044
71	S32	19.55	19.45	0.70	7.1	0.385	2.200	0.175	0.0141	2.86	0.041
72	T39	20	19.45	0.40	20	0.126	1.257	0.1	0.0275	2.75	0.121
73	S33	19.45	19.22	0.70	37.5	0.385	2.200	0.175	0.0061	1.88	0.332
74	T40	22.4	22.23	0.40	53.5	0.126	1.257	0.1	0.0032	0.93	0.954
75	T41	24.61	23.52	0.40	33	0.126	1.257	0.1	0.0330	3.01	0.183
76	T42	23.52	22.69	0.40	43.7	0.126	1.257	0.1	0.0190	2.28	0.319
77	T43	22.4	22	0.40	56.72	0.126	1.257	0.1	0.0071	1.39	0.679
78	T44	22	20.6	0.40	60.2	0.126	1.257	0.1	0.0233	2.53	0.397
79	T45	20.6	19.86	0.40	30	0.126	1.257	0.1	0.0247	2.60	0.192
80	T46	19.86	18.84	0.40	36.3	0.126	1.257	0.1	0.0281	2.78	0.218
81	S34	19.22	19.19	0.80	7.9	0.503	2.514	0.2	0.0038	1.62	0.081

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
82	S35	19.19	18.84	0.80	43.9	0.503	2.514	0.2	0.0080	2.35	0.311
83	S36	19.17	19.13	0.60	8.4	0.283	1.886	0.15	0.0048	1.50	0.093
84	S37	19.13	18.8	0.60	42.95	0.283	1.886	0.15	0.0077	1.90	0.376
85	S38	18.84	18.8	1.00	11.78	0.786	3.143	0.25	0.0034	1.78	0.110
86	P1	18.8	18.7	1.00	35.76	0.786	3.143	0.25	0.0028	1.61	0.369
87	P2	18.7	18.65	1.00	22.78	0.786	3.143	0.25	0.0022	1.43	0.265
88	P3	18.65	18.64	1.00	4	0.786	3.143	0.25	0.0025	1.53	0.044
89	P4	18.64	18.59	1.00	24	0.786	3.143	0.25	0.0021	1.39	0.287
90	P5	18.59	18.49	1.00	67.97	0.786	3.143	0.25	0.0015	1.17	0.967
91	P6	18.49	18.36	1.00	55.39	0.786	3.143	0.25	0.0023	1.48	0.624
92	P7	18.36	18.26	1.00	43.42	0.786	3.143	0.25	0.0023	1.47	0.494
93	P8	18.26	18.17	1.00	40	0.786	3.143	0.25	0.0023	1.45	0.460
94	P9	18.17	18.08	1.00	39.3	0.786	3.143	0.25	0.0023	1.46	0.448
95	P10	18.08	18.05	1.00	31.71	0.786	3.143	0.25	0.0009	0.94	0.563

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Elevasi Awal</b>	<b>Elevasi Akhir</b>	<b>D saluran</b>	<b>L saluran</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>i</b>	<b>V</b>	<b>tf</b>
96	P11	18.05	18.02	0.80	9.3	0.503	2.514	0.2	0.0032	1.49	0.104
97	P12	18.02	17.92	1.00	36	0.786	3.143	0.25	0.0028	1.61	0.373
98	P13	17.92	17.76	1.00	46.81	0.786	3.143	0.25	0.0034	1.78	0.437
99	P14	17.76	17.73	1.00	9.6	0.786	3.143	0.25	0.0031	1.71	0.094
100	P15	17.73	17.65	1.00	55.37	0.786	3.143	0.25	0.0014	1.16	0.795
101	T47	22.13	20.85	0.40	60	0.126	1.257	0.1	0.0213	2.42	0.413
102	T48	20.85	19	0.40	60	0.126	1.257	0.1	0.0308	2.91	0.344
103	T49	19	18.8	0.40	30	0.126	1.257	0.1	0.0067	1.35	0.370
104	T50	18.8	18.65	0.40	33.42	0.126	1.257	0.1	0.0045	1.11	0.502
105	T51	22.13	22.01	0.40	60	0.126	1.257	0.1	0.0020	0.74	1.349
106	T52	22.01	21.96	0.50	25	0.196	1.571	0.125	0.0020	0.86	0.484
107	T53	21.96	21.8	0.50	48.2	0.196	1.571	0.125	0.0033	1.11	0.725
108	T54	21.8	21.6	0.50	9	0.196	1.571	0.125	0.0222	2.87	0.052
109	T55	23.25	22.88	0.50	31	0.196	1.571	0.125	0.0119	2.10	0.246

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
110	T56	22.88	21.82	0.50	29	0.196	1.571	0.125	0.0366	3.68	0.131
111	S39	21.82	21.6	0.80	34.6	0.503	2.514	0.2	0.0064	2.10	0.275
112	T57	25.24	25.19	0.40	20	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.402
113	T58	25.19	25.09	0.40	42.5	0.126	1.257	0.1	0.0024	0.80	0.881
114	T59	25.09	24.97	0.40	45.5	0.126	1.257	0.1	0.0026	0.85	0.891
115	T60	25	24.97	0.40	13.9	0.126	1.257	0.1	0.0022	0.77	0.301
116	T61	25.25	25.14	0.40	43	0.126	1.257	0.1	0.0026	0.84	0.855
117	T62	25.14	25.04	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.805
118	T63	25.04	24.94	0.40	40.13	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.808
119	S40	24.97	24.94	0.50	9	0.196	1.571	0.125	0.0033	1.11	0.135
120	S41	24.94	24.85	0.40	36.2	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.730
121	S42	24.85	23.25	0.50	9	0.196	1.571	0.125	0.1778	8.11	0.018
122	T64	25.16	25.09	0.40	30	0.126	1.257	0.1	0.0023	0.80	0.625
123	T65	25.09	24.98	0.40	45	0.126	1.257	0.1	0.0024	0.82	0.915

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
124	T66	24.98	24.85	0.40	53.3	0.126	1.257	0.1	0.0024	0.82	1.085
125	T67	25.18	25.08	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.805
126	T68	25.08	24.98	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.805
127	T69	24.98	24.91	0.40	30	0.126	1.257	0.1	0.0023	0.80	0.625
128	T70	24.91	24.85	0.40	23	0.126	1.257	0.1	0.0026	0.85	0.453
129	T71	24.85	23.25	0.40	16	0.126	1.257	0.1	0.1000	5.24	0.051
130	S43	23.25	22.92	0.50	32	0.196	1.571	0.125	0.0103	1.95	0.273
131	S44	22.92	22.88	0.50	9.5	0.196	1.571	0.125	0.0042	1.25	0.127
132	S45	22.88	21.92	0.50	21.5	0.196	1.571	0.125	0.0447	4.06	0.088
133	T72	23.61	23.51	0.40	28.2	0.126	1.257	0.1	0.0035	0.99	0.476
134	T73	23.51	23.35	0.50	55	0.196	1.571	0.125	0.0029	1.04	0.884
135	T74	23.35	22.8	0.60	35.71	0.283	1.886	0.15	0.0154	2.70	0.221
136	T75	22.8	22.68	0.60	26.71	0.283	1.886	0.15	0.0045	1.46	0.306
137	T76	22.68	22.63	0.60	7.5	0.283	1.886	0.15	0.0067	1.77	0.070



No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
138	T77	22.63	22.4	0.60	53.5	0.283	1.886	0.15	0.0043	1.42	0.626
139	T78	22.4	22.15	0.60	56.72	0.283	1.886	0.15	0.0044	1.44	0.656
140	T79	22.15	22.06	0.70	46.2	0.385	2.200	0.175	0.0019	1.06	0.725
141	T80	22.06	21.96	0.70	39.99	0.385	2.200	0.175	0.0025	1.20	0.554
142	T81	21.96	21.92	0.70	9	0.385	2.200	0.175	0.0044	1.60	0.093
143	S46	21.92	21.82	0.80	15	0.503	2.514	0.2	0.0067	2.15	0.116
144	T82	20.36	20.25	0.40	44	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.885
145	T83	20.25	20.19	0.40	24	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.483
146	T84	20.19	20.15	0.40	12	0.126	1.257	0.1	0.0033	0.96	0.209
147	T85	20.15	19.15	0.40	22.36	0.126	1.257	0.1	0.0447	3.50	0.106
148	T86	19.15	18.25	0.40	27.83	0.126	1.257	0.1	0.0323	2.98	0.156
149	T87	20.19	19.92	0.40	48	0.126	1.257	0.1	0.0056	1.24	0.644
150	T88	19.92	19.1	0.40	48	0.126	1.257	0.1	0.0171	2.17	0.369
151	T89	19.1	18.62	0.40	24	0.126	1.257	0.1	0.0200	2.34	0.171

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
152	T90	18.81	18.74	0.40	31.1	0.126	1.257	0.1	0.0023	0.79	0.659
153	T91	18.74	18.62	0.40	48	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.965
154	T92	20.15	19.93	0.40	32	0.126	1.257	0.1	0.0069	1.37	0.388
155	T93	19.93	19.26	0.40	48	0.126	1.257	0.1	0.0140	1.96	0.409
156	T94	19.26	18.58	0.40	44	0.126	1.257	0.1	0.0155	2.06	0.356
157	T95	20.35	20.25	0.40	30.89	0.126	1.257	0.1	0.0032	0.94	0.546
158	T96	20.25	19.23	0.40	42.2	0.126	1.257	0.1	0.0242	2.58	0.273
159	T97	19.23	18.22	0.40	25.52	0.126	1.257	0.1	0.0396	3.30	0.129
160	S47	18.62	18.58	0.50	10.5	0.196	1.571	0.125	0.0038	1.19	0.147
161	S48	18.58	18.53	0.70	22.85	0.385	2.200	0.175	0.0022	1.13	0.338
162	S49	18.53	18.4	0.70	52.07	0.385	2.200	0.175	0.0025	1.20	0.722
163	S50	18.4	18.25	0.70	60.54	0.385	2.200	0.175	0.0025	1.20	0.842
164	S51	18.25	18.22	0.70	13.8	0.385	2.200	0.175	0.0022	1.12	0.205
165	S52	18.22	18.02	0.80	49.97	0.503	2.514	0.2	0.0040	1.66	0.500

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
166	T98	21.85	21.75	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0025	0.83	0.805
167	T99	21.75	21.33	0.50	59.6	0.196	1.571	0.125	0.0070	1.61	0.615
168	T100	21.33	20.05	0.50	60.62	0.196	1.571	0.125	0.0211	2.79	0.362
169	T101	20.05	18.65	0.50	58.13	0.196	1.571	0.125	0.0241	2.98	0.325
170	T102	18.65	17.65	0.50	50	0.196	1.571	0.125	0.0200	2.72	0.306
171	T103	21.85	21.78	0.40	29.74	0.126	1.257	0.1	0.0024	0.80	0.616
172	T104	21.78	21.63	0.50	60.02	0.196	1.571	0.125	0.0025	0.96	1.041
173	T105	21.63	21.4	0.50	49	0.196	1.571	0.125	0.0047	1.32	0.620
174	T106	21.4	19	0.50	60.56	0.196	1.571	0.125	0.0396	3.83	0.264
175	T107	19	17.58	0.50	49.73	0.196	1.571	0.125	0.0286	3.25	0.255
176	P16	17.65	17.58	1.00	24.1	0.786	3.143	0.25	0.0029	1.65	0.244
177	T108	17.78	17.73	1.00	33.7	0.786	3.143	0.25	0.0015	1.18	0.478
178	T109	19.25	19.2	0.50	15.85	0.196	1.571	0.125	0.0032	1.08	0.245
179	T110	19.31	19.2	0.40	38	0.126	1.257	0.1	0.0029	0.89	0.710

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
180	T111	19.4	19.31	0.40	30	0.126	1.257	0.1	0.0030	0.91	0.551
181	T112	19.4	19.27	0.40	25	0.126	1.257	0.1	0.0052	1.20	0.349
182	T113	19.27	19.15	0.40	27.54	0.126	1.257	0.1	0.0044	1.09	0.420
183	T114	19.4	19.02	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0095	1.62	0.413
184	T115	19.02	18.64	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0095	1.62	0.413
185	T116	18.64	18.3	0.40	35.3	0.126	1.257	0.1	0.0096	1.63	0.362
186	T117	19.4	19	0.40	41.5	0.126	1.257	0.1	0.0096	1.63	0.425
187	T118	19	18.6	0.40	45	0.126	1.257	0.1	0.0089	1.56	0.480
188	T119	18.6	18.26	0.40	38.58	0.126	1.257	0.1	0.0088	1.56	0.413
189	T120	19.25	19.22	0.50	11.96	0.196	1.571	0.125	0.0025	0.96	0.207
190	T121	19.31	19.22	0.40	33.95	0.126	1.257	0.1	0.0027	0.85	0.663
191	T122	19.4	19.31	0.40	30	0.126	1.257	0.1	0.0030	0.91	0.551
192	T123	19.4	19.1	0.40	40	0.126	1.257	0.1	0.0075	1.44	0.465
193	T124	19.1	18.3	0.40	57.45	0.126	1.257	0.1	0.0139	1.96	0.490

No	Nama Saluran	Elevasi Awal	Elevasi Akhir	D saluran	L saluran	A	P	R	i	V	tf
194	T125	19.04	18.35	0.40	32.4775	0.126	1.257	0.1	0.0212	2.42	0.224
195	T126	19.4	19.04	0.40	45	0.126	1.257	0.1	0.0080	1.48	0.506
196	T127	19.4	19.29	0.40	30	0.126	1.257	0.1	0.0037	1.00	0.498
197	T128	19.29	19.17	0.40	29.1	0.126	1.257	0.1	0.0041	1.06	0.456
198	S53	19.2	19.15	0.50	11.75	0.196	1.571	0.125	0.0043	1.25	0.156
199	S54	19.15	19	0.50	50.68	0.196	1.571	0.125	0.0030	1.05	0.807
200	S55	19	18.52	0.50	33.85	0.196	1.571	0.125	0.0142	2.29	0.246
201	S56	18.52	18.3	0.60	53.98	0.283	1.886	0.15	0.0041	1.39	0.649
202	S57	18.3	18.26	0.60	9.1	0.283	1.886	0.15	0.0044	1.44	0.105
203	S58	19.22	19.17	0.50	14.45	0.196	1.571	0.125	0.0035	1.13	0.213
204	S59	19.17	18.65	0.50	53.34	0.196	1.571	0.125	0.0097	1.90	0.468
205	S60	18.65	18.35	0.50	45	0.196	1.571	0.125	0.0067	1.57	0.478
206	S61	18.35	18.3	0.60	15	0.283	1.886	0.15	0.0033	1.25	0.199
207	S62	18.3	18.21	0.60	29.2	0.283	1.886	0.15	0.0031	1.21	0.404

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Elevasi Awal</b>	<b>Elevasi Akhir</b>	<b>D saluran</b>	<b>L saluran</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>i</b>	<b>V</b>	<b>tf</b>
208	S63	18.21	17.63	0.50	146.43	0.196	1.571	0.125	0.0040	1.21	2.016
209	S64	18.26	17.73	0.50	144.71	0.196	1.571	0.125	0.0037	1.16	2.072
210	S65	17.73	17.63	0.80	24.51	0.503	2.514	0.2	0.0041	1.68	0.243

*(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)*

#### 4.1.4.2.3. Perhitungan Nilai $t_c$ (Waktu Konsentrasi)

Perhitungan waktu konsentrasi aliran pada kawasan perumahan ( $t_c$ ) terdiri dari penjumlahan perhitungan waktu aliran air pada permukaan lahan yang masuk kedalam saluran ( $t_0$ ) dan perhitungan waktu aliran air yang mengalir sepanjang saluran ( $t_f$ ).

##### Contoh Perhitungan Nilai $t_c$

Perhitungan nilai  $t_c$  saluran T1

- Berdasarkan Tabel 4.16 dan 4.17
- Nilai  $t_{0 \max}$  saluran T1 = 12,012 menit
- Nilai  $t_f$  saluran T1 = 0,21 menit
- Mencari Nilai  $t_c$  pada Saluran

$$t_c = t_0 + t_f$$

$$t_c = (12,012 + 0,21) / 60$$

$$t_c = 0,203 \text{ jam}$$

Rekapitulasi perhitungan  $t_c$  selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Perhitungan  $t_c$

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	$t_0$ pakai	$t_f$	$t_c$
1	T1	Tersier	12.01	0.21	0.20
2	T2	Tersier	6.82	0.74	0.13
3	T3	Tersier	16.21	0.24	0.27
4	S1	Sekunder	16.45	0.56	0.28
5	T4	Tersier	8.88	0.39	0.15
6	T5	Tersier	9.27	0.22	0.16
7	T6	Tersier	10.20	0.51	0.18
8	S2	Sekunder	17.01	0.14	0.29
9	S3	Sekunder	17.15	0.72	0.30

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>to pakai</b>	<b>tf</b>	<b>tc</b>
10	T7	Tersier	9.86	0.31	0.17
11	T8	Tersier	9.84	0.52	0.17
12	T9	Tersier	10.17	0.29	0.17
13	S4	Sekunder	17.88	0.20	0.30
14	S5	Sekunder	18.07	0.55	0.31
15	T10	Tersier	9.62	0.36	0.17
16	T11	Tersier	14.31	0.51	0.25
17	T12	Tersier	9.98	0.24	0.17
18	S6	Sekunder	18.62	0.18	0.31
19	S7	Sekunder	18.80	0.39	0.32
20	S8	Sekunder	18.80	0.36	0.32
21	S9	Sekunder	18.80	0.35	0.32
22	S10	Sekunder	18.80	0.11	0.32
23	S11	Sekunder	18.80	0.28	0.32
24	S12	Sekunder	18.80	0.63	0.32
25	S13	Sekunder	18.80	0.26	0.32
26	T13	Tersier	10.83	0.17	0.18
27	T129	Tersier	1.22	0.51	0.03
28	T14	Tersier	1.53	0.46	0.03
29	T15	Tersier	9.32	0.34	0.16
30	S14	Sekunder	9.66	0.31	0.17
31	S15	Sekunder	9.97	0.81	0.18
32	S16	Sekunder	10.78	0.67	0.19
33	S17	Sekunder	11.45	0.27	0.20
34	S18	Sekunder	11.72	0.22	0.20
35	S19	Sekunder	11.94	0.70	0.21



<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>to pakai</b>	<b>tf</b>	<b>tc</b>
36	T16	Tersier	1.22	0.74	0.03
37	T17	Tersier	1.96	0.59	0.04
38	T18	Tersier	2.56	0.18	0.05
39	T19	Tersier	2.74	0.14	0.05
40	T20	Tersier	2.88	0.18	0.05
41	T21	Tersier	12.41	0.27	0.21
42	T22	Tersier	6.43	0.41	0.11
43	T23	Tersier	6.83	0.15	0.12
44	S20	Sekunder	6.99	0.87	0.13
45	S21	Sekunder	7.85	0.82	0.14
46	S22	Sekunder	8.67	0.22	0.15
47	S23	Sekunder	8.89	0.70	0.16
48	S24	Sekunder	9.58	0.12	0.16
49	T24	Tersier	1.33	0.35	0.03
50	T25	Tersier	1.68	0.67	0.04
51	T26	Tersier	2.36	0.81	0.05
52	T27	Tersier	3.16	0.29	0.06
53	T28	Tersier	3.45	0.33	0.06
54	T29	Tersier	3.78	0.25	0.07
55	T30	Tersier	4.03	0.18	0.07
56	S25	Tersier	12.64	0.17	0.21
57	T31	Tersier	12.55	0.75	0.22
58	T32	Tersier	13.31	0.57	0.23
59	T33	Tersier	13.87	0.28	0.24
60	T34	Tersier	14.15	0.30	0.24
61	T35	Tersier	14.46	0.22	0.24

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>to pakai</b>	<b>tf</b>	<b>tc</b>
62	T36	Tersier	14.68	0.09	0.25
63	T37	Tersier	1.38	0.55	0.03
64	T38	Tersier	13.27	0.71	0.23
65	S26	Sekunder	13.98	0.20	0.24
66	S27	Sekunder	14.18	0.97	0.25
67	S28	Sekunder	15.15	0.45	0.26
68	S29	Sekunder	15.60	0.33	0.27
69	S30	Sekunder	15.94	0.11	0.27
70	S31	Sekunder	16.05	0.04	0.27
71	S32	Sekunder	16.09	0.04	0.27
72	T39	Tersier	1.22	0.12	0.02
73	S33	Sekunder	16.14	0.33	0.27
74	T40	Tersier	8.09	0.95	0.15
75	T41	Tersier	1.10	0.18	0.02
76	T42	Tersier	12.86	0.32	0.22
77	T43	Tersier	9.82	0.68	0.17
78	T44	Tersier	10.50	0.40	0.18
79	T45	Tersier	10.90	0.19	0.18
80	T46	Tersier	11.09	0.22	0.19
81	S34	Sekunder	16.47	0.08	0.28
82	S35	Sekunder	16.55	0.31	0.28
83	S36	Sekunder	9.70	0.09	0.16
84	S37	Sekunder	9.70	0.38	0.17
85	S38	Sekunder	16.86	0.11	0.28
86	P1	Primer	16.97	0.37	0.29
87	P2	Primer	17.34	0.27	0.29

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>to pakai</b>	<b>tf</b>	<b>tc</b>
88	P3	Primer	17.61	0.04	0.29
89	P4	Primer	17.65	0.29	0.30
90	P5	Primer	17.94	0.97	0.32
91	P6	Primer	18.90	0.62	0.33
92	P7	Primer	19.53	0.49	0.33
93	P8	Primer	20.02	0.46	0.34
94	P9	Primer	20.48	0.45	0.35
95	P10	Primer	20.93	0.56	0.36
96	P11	Primer	21.49	0.10	0.36
97	P12	Primer	21.60	0.37	0.37
98	P13	Primer	21.97	0.44	0.37
99	P14	Primer	22.41	0.09	0.38
100	P15	Primer	22.50	0.80	0.39
101	T47	Tersier	1.69	0.41	0.04
102	T48	Tersier	2.11	0.34	0.04
103	T49	Tersier	2.45	0.37	0.05
104	T50	Tersier	2.82	0.50	0.06
105	T51	Tersier	1.69	1.35	0.05
106	T52	Tersier	3.04	0.48	0.06
107	T53	Tersier	17.37	0.73	0.30
108	T54	Tersier	18.10	0.05	0.30
109	T55	Tersier	9.25	0.25	0.16
110	T56	Tersier	9.50	0.13	0.16
111	S39	Tersier	15.14	0.27	0.26
112	T57	Tersier	1.33	0.40	0.03
113	T58	Tersier	1.74	0.88	0.04

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>to pakai</b>	<b>tf</b>	<b>tc</b>
114	T59	Tersier	2.62	0.89	0.06
115	T60	Tersier	1.33	0.30	0.03
116	T61	Tersier	12.01	0.85	0.21
117	T62	Tersier	12.87	0.80	0.23
118	T63	Tersier	13.67	0.81	0.24
119	S40	Sekunder	3.51	0.14	0.06
120	S41	Sekunder	3.64	0.73	0.07
121	S42	Sekunder	14.48	0.02	0.24
122	T64	Tersier	11.18	0.62	0.20
123	T65	Tersier	1.33	0.92	0.04
124	T66	Tersier	2.25	1.09	0.06
125	T67	Tersier	1.33	0.80	0.04
126	T68	Tersier	2.14	0.80	0.05
127	T69	Tersier	2.94	0.62	0.06
128	T70	Tersier	3.57	0.45	0.07
129	T71	Tersier	5.54	0.05	0.09
130	S43	Sekunder	14.50	0.27	0.25
131	S44	Sekunder	14.77	0.13	0.25
132	S45	Sekunder	14.90	0.09	0.25
133	T72	Tersier	6.15	0.48	0.11
134	T73	Tersier	10.88	0.88	0.20
135	T74	Tersier	11.77	0.22	0.20
136	T75	Tersier	11.99	0.31	0.20
137	T76	Tersier	12.29	0.07	0.21
138	T77	Tersier	12.36	0.63	0.22
139	T78	Tersier	12.99	0.66	0.23

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>to pakai</b>	<b>tf</b>	<b>tc</b>
140	T79	Tersier	13.65	0.72	0.24
141	T80	Tersier	14.37	0.55	0.25
142	T81	Tersier	14.93	0.09	0.25
143	S46	Sekunder	15.02	0.12	0.25
144	T82	Tersier	1.33	0.88	0.04
145	T83	Tersier	2.22	0.48	0.05
146	T84	Tersier	2.70	0.21	0.05
147	T85	Tersier	9.60	0.11	0.16
148	T86	Tersier	9.74	0.16	0.16
149	T87	Tersier	1.33	0.64	0.03
150	T88	Tersier	1.98	0.37	0.04
151	T89	Tersier	2.35	0.17	0.04
152	T90	Tersier	1.33	0.66	0.03
153	T91	Tersier	10.02	0.97	0.18
154	T92	Tersier	1.33	0.39	0.03
155	T93	Tersier	1.72	0.41	0.04
156	T94	Tersier	2.13	0.36	0.04
157	T95	Tersier	9.94	0.55	0.17
158	T96	Tersier	10.49	0.27	0.18
159	T97	Tersier	10.76	0.13	0.18
160	S47	Sekunder	10.99	0.15	0.19
161	S48	Sekunder	18.12	0.34	0.31
162	S49	Sekunder	18.45	0.72	0.32
163	S50	Sekunder	19.18	0.84	0.33
164	S51	Sekunder	1.69	0.20	0.03
165	S52	Sekunder	1.90	0.50	0.04

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	to pakai	tf	tc
166	T98	Tersier	1.95	0.80	0.05
167	T99	Tersier	2.75	0.62	0.06
168	T100	Tersier	3.37	0.36	0.06
169	T101	Tersier	3.73	0.32	0.07
170	T102	Tersier	4.05	0.31	0.07
171	T103	Tersier	1.95	0.62	0.04
172	T104	Tersier	2.56	1.04	0.06
173	T105	Tersier	3.60	0.62	0.07
174	T106	Tersier	4.22	0.26	0.07
175	T107	Tersier	4.49	0.26	0.08
176	P16	Primer	23.30	0.24	0.39
177	T108	Tersier	1.77	0.48	0.04
178	T109	Tersier	1.43	0.24	0.03
179	T110	Tersier	1.69	0.71	0.04
180	T111	Tersier	1.14	0.55	0.03
181	T112	Tersier	12.66	0.35	0.22
182	T113	Tersier	13.01	0.42	0.22
183	T114	Tersier	12.66	0.41	0.22
184	T115	Tersier	13.07	0.41	0.22
185	T116	Tersier	13.49	0.36	0.23
186	T117	Tersier	1.14	0.43	0.03
187	T118	Tersier	1.56	0.48	0.03
188	T119	Tersier	2.04	0.41	0.04
189	T120	Tersier	1.43	0.21	0.03
190	T121	Tersier	1.69	0.66	0.04
191	T122	Tersier	1.14	0.55	0.03

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	to pakai	tf	tc
192	T123	Tersier	1.93	0.46	0.04
193	T124	Tersier	2.39	0.49	0.05
194	T125	Tersier	1.64	0.22	0.03
195	T126	Tersier	1.14	0.51	0.03
196	T127	Tersier	1.14	0.50	0.03
197	T128	Tersier	1.14	0.46	0.03
198	S53	Sekunder	2.40	0.16	0.04
199	S54	Sekunder	13.43	0.81	0.24
200	S55	Sekunder	14.24	0.25	0.24
201	S56	Sekunder	14.48	0.65	0.25
202	S57	Sekunder	15.13	0.11	0.25
203	S58	Sekunder	2.35	0.21	0.04
204	S59	Sekunder	2.56	0.47	0.05
205	S60	Sekunder	3.03	0.48	0.06
206	S61	Sekunder	3.51	0.20	0.06
207	S62	Sekunder	3.71	0.40	0.07
208	S63	Sekunder	26.03	2.02	0.47
209	S64	Sekunder	15.24	2.07	0.29
210	S65	Sekunder	28.05	0.24	0.47

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

#### 4.1.4.4. Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Setelah didapatkan tinggi hujan rencana ( $R_{24}$ ) dan lamanya waktu konsentrasi ( $t_c$ ), maka intensitas hujan dapat diperhitungkan menggunakan rumus Mononobe.

##### Contoh perhitungan Intensitas Hujan (I)

Perhitungan intensitas hujan (I) saluran T1

- Diketahui :

$$t_c = 0,203 \text{ jam (Tabel 4.18)}$$

$$R_{24} = 158,2415 \text{ mm (PUH 10 tahun)}$$

- Mencari Nilai I pada Saluran T1

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

$$I = \frac{158,2415^{24}}{24} \left( \frac{24}{0,203} \right)^{2/3} = 158,4731 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan (I) selengkapnya di Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan (I)

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	tc	I
1	T1	Tersier	0.204	158.4731
2	T2	Tersier	0.126	218.3545
3	T3	Tersier	0.274	129.9724
4	S1	Sekunder	0.284	127.1184
5	T4	Tersier	0.155	190.465
6	T5	Tersier	0.158	187.5243
7	T6	Tersier	0.179	172.9829
8	S2	Sekunder	0.286	126.4194
9	S3	Sekunder	0.298	122.9826
10	T7	Tersier	0.170	179.0774
11	T8	Tersier	0.173	176.9097
12	T9	Tersier	0.174	175.7908
13	S4	Sekunder	0.301	122.0925
14	S5	Sekunder	0.310	119.6801
15	T10	Tersier	0.166	181.4124
16	T11	Tersier	0.247	139.3639
17	T12	Tersier	0.170	178.5894



<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>tc</b>	<b>I</b>
18	S6	Sekunder	0.313	118.9289
19	S7	Sekunder	0.320	117.3174
20	S8	Sekunder	0.319	117.4271
21	S9	Sekunder	0.319	117.4895
22	S10	Sekunder	0.315	118.4866
23	S11	Sekunder	0.318	117.7579
24	S12	Sekunder	0.324	116.3607
25	S13	Sekunder	0.318	117.8405
26	T13	Tersier	0.183	170.0327
27	T129	Tersier	0.029	582.7711
28	T14	Tersier	0.033	532.3433
29	T15	Tersier	0.161	185.3601
30	S14	Sekunder	0.166	181.5006
31	S15	Sekunder	0.180	172.2591
32	S16	Sekunder	0.191	165.4705
33	S17	Sekunder	0.195	162.9182
34	S18	Sekunder	0.199	160.9433
35	S19	Sekunder	0.211	154.9539
36	T16	Tersier	0.033	536.1299
37	T17	Tersier	0.043	449.6097
38	T18	Tersier	0.046	429.4242
39	T19	Tersier	0.048	415.4098
40	T20	Tersier	0.051	398.8986
41	T21	Tersier	0.211	154.5956
42	T22	Tersier	0.114	233.522
43	T23	Tersier	0.116	230.0922

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>tc</b>	<b>I</b>
44	S20	Sekunder	0.131	212.8168
45	S21	Sekunder	0.144	199.2236
46	S22	Sekunder	0.148	195.9826
47	S23	Sekunder	0.160	186.3354
48	S24	Sekunder	0.162	184.8519
49	T24	Tersier	0.028	593.897
50	T25	Tersier	0.039	474.8559
51	T26	Tersier	0.053	390.1636
52	T27	Tersier	0.058	368.1403
53	T28	Tersier	0.063	346.4928
54	T29	Tersier	0.067	331.9325
55	T30	Tersier	0.070	322.5182
56	S25	Tersier	0.214	153.5526
57	T31	Tersier	0.222	149.7358
58	T32	Tersier	0.231	145.6204
59	T33	Tersier	0.236	143.7
60	T34	Tersier	0.241	141.6778
61	T35	Tersier	0.245	140.2274
62	T36	Tersier	0.246	139.6493
63	T37	Tersier	0.032	541.3999
64	T38	Tersier	0.233	144.8932
65	S26	Sekunder	0.236	143.519
66	S27	Sekunder	0.253	137.3215
67	S28	Sekunder	0.260	134.6446
68	S29	Sekunder	0.266	132.7523
69	S30	Sekunder	0.268	132.1351

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>tc</b>	<b>I</b>
70	S31	Sekunder	0.268	131.8955
71	S32	Sekunder	0.269	131.6697
72	T39	Tersier	0.022	689.6531
73	S33	Sekunder	0.274	129.8961
74	T40	Tersier	0.151	193.7283
75	T41	Tersier	0.021	710.8997
76	T42	Tersier	0.220	150.6657
77	T43	Tersier	0.175	175.3616
78	T44	Tersier	0.182	171.0755
79	T45	Tersier	0.185	169.0938
80	T46	Tersier	0.188	166.9152
81	S34	Sekunder	0.276	129.4708
82	S35	Sekunder	0.281	127.8712
83	S36	Sekunder	0.163	183.6745
84	S37	Sekunder	0.168	180.2236
85	S38	Sekunder	0.283	127.3162
86	P1	Primer	0.289	125.5025
87	P2	Primer	0.293	124.2377
88	P3	Primer	0.294	124.0327
89	P4	Primer	0.299	122.7056
90	P5	Primer	0.315	118.4824
91	P6	Primer	0.325	115.9438
92	P7	Primer	0.334	114.0289
93	P8	Primer	0.341	112.3137
94	P9	Primer	0.349	110.7039
95	P10	Primer	0.358	108.7627

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>tc</b>	<b>I</b>
96	P11	Primer	0.360	108.4141
97	P12	Primer	0.366	107.1838
98	P13	Primer	0.373	105.7853
99	P14	Primer	0.375	105.4912
100	P15	Primer	0.388	103.0764
101	T47	Tersier	0.035	511.7174
102	T48	Tersier	0.041	462.6686
103	T49	Tersier	0.047	421.3029
104	T50	Tersier	0.055	377.7265
105	T51	Tersier	0.051	400.456
106	T52	Tersier	0.059	362.8856
107	T53	Tersier	0.302	121.9855
108	T54	Tersier	0.302	121.7509
109	T55	Tersier	0.158	187.4994
110	T56	Tersier	0.160	185.7886
111	S39	Tersier	0.257	135.7741
112	T57	Tersier	0.029	582.0944
113	T58	Tersier	0.044	442.7305
114	T59	Tersier	0.058	364.1692
115	T60	Tersier	0.027	605.919
116	T61	Tersier	0.214	153.1171
117	T62	Tersier	0.228	147.0497
118	T63	Tersier	0.241	141.5241
119	S40	Sekunder	0.061	355.1096
120	S41	Sekunder	0.073	314.3954
121	S42	Sekunder	0.242	141.4037

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>tc</b>	<b>I</b>
122	T64	Tersier	0.197	162.1929
123	T65	Tersier	0.037	489.8047
124	T66	Tersier	0.056	376.71
125	T67	Tersier	0.036	506.5819
126	T68	Tersier	0.049	409.4313
127	T69	Tersier	0.059	360.1257
128	T70	Tersier	0.067	332.5456
129	T71	Tersier	0.093	266.9884
130	S43	Sekunder	0.246	139.6555
131	S44	Sekunder	0.248	138.8614
132	S45	Sekunder	0.250	138.3162
133	T72	Tersier	0.110	238.4294
134	T73	Tersier	0.196	162.5167
135	T74	Tersier	0.200	160.5147
136	T75	Tersier	0.205	157.8415
137	T76	Tersier	0.206	157.2409
138	T77	Tersier	0.217	152.1462
139	T78	Tersier	0.227	147.2327
140	T79	Tersier	0.240	142.2391
141	T80	Tersier	0.249	138.6984
142	T81	Tersier	0.250	138.1222
143	S46	Sekunder	0.252	137.4132
144	T82	Tersier	0.037	494.2601
145	T83	Tersier	0.045	433.4696
146	T84	Tersier	0.049	412.4584
147	T85	Tersier	0.162	184.7506

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>tc</b>	<b>I</b>
148	T86	Tersier	0.165	182.4259
149	T87	Tersier	0.033	533.705
150	T88	Tersier	0.039	476.1241
151	T89	Tersier	0.042	454.353
152	T90	Tersier	0.033	530.9132
153	T91	Tersier	0.183	170.0958
154	T92	Tersier	0.029	585.2782
155	T93	Tersier	0.036	507.8225
156	T94	Tersier	0.041	458.1188
157	T95	Tersier	0.175	175.4981
158	T96	Tersier	0.179	172.5169
159	T97	Tersier	0.181	171.1515
160	S47	Sekunder	0.186	168.5913
161	S48	Sekunder	0.308	120.3963
162	S49	Sekunder	0.320	117.3564
163	S50	Sekunder	0.334	114.0411
164	S51	Sekunder	0.032	548.4791
165	S52	Sekunder	0.040	469.2539
166	T98	Tersier	0.046	428.1157
167	T99	Tersier	0.056	374.233
168	T100	Tersier	0.062	349.6352
169	T101	Tersier	0.068	330.7105
170	T102	Tersier	0.073	315.0291
171	T103	Tersier	0.043	448.8001
172	T104	Tersier	0.060	357.634
173	T105	Tersier	0.070	321.735

<b>No</b>	<b>Nama Saluran</b>	<b>Tipe Saluran</b>	<b>tc</b>	<b>I</b>
174	T106	Tersier	0.075	309.0085
175	T107	Tersier	0.079	297.8293
176	P16	Primer	0.392	102.3625
177	T108	Tersier	0.037	490.4653
178	T109	Tersier	0.028	595.467
179	T110	Tersier	0.040	469.5063
180	T111	Tersier	0.028	593.503
181	T112	Tersier	0.217	152.0048
182	T113	Tersier	0.224	148.8217
183	T114	Tersier	0.218	151.5078
184	T115	Tersier	0.225	148.4006
185	T116	Tersier	0.231	145.8048
186	T117	Tersier	0.026	624.9688
187	T118	Tersier	0.034	522.6426
188	T119	Tersier	0.041	462.1697
189	T120	Tersier	0.027	604.5362
190	T121	Tersier	0.039	475.7696
191	T122	Tersier	0.028	593.503
192	T123	Tersier	0.040	469.974
193	T124	Tersier	0.048	415.1217
194	T125	Tersier	0.031	554.8511
195	T126	Tersier	0.027	604.2691
196	T127	Tersier	0.027	606.1727
197	T128	Tersier	0.027	616.9242
198	S53	Sekunder	0.043	450.163
199	S54	Sekunder	0.237	143.1405

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	tc	I
200	S55	Sekunder	0.241	141.5125
201	S56	Sekunder	0.252	137.4369
202	S57	Sekunder	0.254	136.8027
203	S58	Sekunder	0.043	449.0351
204	S59	Sekunder	0.051	401.5026
205	S60	Sekunder	0.058	364.1753
206	S61	Sekunder	0.062	350.9977
207	S62	Sekunder	0.069	327.6282
208	S63	Sekunder	0.467	91.08075
209	S64	Sekunder	0.288	125.653
210	S65	Sekunder	0.472	90.55822

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

#### 4.1.4.5. Perhitungan Debit Banjir (Q)

Penghitungan debit banjir memakai Metode Rasional. Metode Rasional sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha. (Suripin, 2004)

Untuk menghitung debit banjir diperlukan nilai koefisien pengaliran (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah pengaliran (DAS).

##### Contoh perhitungan Debit Banjir (Q)

Perhitungan debit banjir (Q) saluran T1

- Diketahui :

C saluran = 0,3 (Tabel 4.15)

Catchment Area (A) = 597,28 m<sup>2</sup>

= 0,0006 km<sup>2</sup> (Tabel 4.15)

Intensitas hujan (I) = 158,4731 mm/jam (Tabel 4.19)



Mencari Nilai Q hidrologi pada Saluran T1

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 158,4731 \cdot 0,0006 = 0,01 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan debit banjir (Q) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
1	T1	Tersier	0.30	158.47	0.0006	0.01
2	T2	Tersier	0.67	218.35	0.0015	0.06
3	T3	Tersier	0.51	129.97	0.0023	0.04
4	S1	Sekunder	0.51	127.12	0.0035	0.06
5	T4	Tersier	0.69	190.46	0.0008	0.03
6	T5	Tersier	0.71	187.52	0.0016	0.06
7	T6	Tersier	0.67	172.98	0.0012	0.04
8	S2	Sekunder	0.57	126.42	0.0051	0.10
9	S3	Sekunder	0.60	122.98	0.0069	0.14
10	T7	Tersier	0.69	179.08	0.0008	0.03
11	T8	Tersier	0.69	176.91	0.0014	0.05
12	T9	Tersier	0.70	175.79	0.0016	0.05
13	S4	Sekunder	0.62	122.09	0.0085	0.18
14	S5	Sekunder	0.63	119.68	0.0102	0.21

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
15	T10	Tersier	0.66	181.41	0.0006	0.02
16	T11	Tersier	0.65	139.36	0.0013	0.03
17	T12	Tersier	0.70	178.59	0.0015	0.05
18	S6	Sekunder	0.64	118.93	0.0117	0.25
19	S7	Sekunder	0.64	117.32	0.0132	0.27
20	S8	Sekunder	0.65	117.43	0.0106	0.22
21	S9	Sekunder	0.65	117.49	0.0112	0.24
22	S10	Sekunder	0.65	118.49	0.0114	0.24
23	S11	Sekunder	0.64	117.76	0.0117	0.25
24	S12	Sekunder	0.71	116.36	0.0101	0.23
25	S13	Sekunder	0.71	117.84	0.0105	0.24
26	T13	Tersier	0.61	170.03	0.0004	0.01
27	T129	Tersier	0.71	582.77	0.0013	0.15
28	T14	Tersier	0.71	532.34	0.0014	0.14
29	T15	Tersier	0.56	185.36	0.0010	0.03

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
30	S14	Sekunder	0.60	181.50	0.0026	0.08
31	S15	Sekunder	0.62	172.26	0.0033	0.10
32	S16	Sekunder	0.64	165.47	0.0041	0.12
33	S17	Sekunder	0.66	162.92	0.0052	0.15
34	S18	Sekunder	0.67	160.94	0.0064	0.19
35	S19	Sekunder	0.65	154.95	0.0069	0.19
36	T16	Tersier	0.71	536.13	0.0008	0.09
37	T17	Tersier	0.72	449.61	0.0022	0.19
38	T18	Tersier	0.72	429.42	0.0031	0.26
39	T19	Tersier	0.72	415.41	0.0044	0.37
40	T20	Tersier	0.72	398.90	0.0045	0.36
41	T21	Tersier	0.32	154.60	0.0006	0.01
42	T22	Tersier	0.46	233.52	0.0003	0.01
43	T23	Tersier	0.37	230.09	0.0006	0.02
44	S20	Sekunder	0.71	212.82	0.0009	0.04

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
45	S21	Sekunder	0.72	199.22	0.0020	0.08
46	S22	Sekunder	0.72	195.98	0.0037	0.15
47	S23	Sekunder	0.67	186.34	0.0044	0.15
48	S24	Sekunder	0.69	184.85	0.0091	0.32
49	T24	Tersier	0.69	593.90	0.0006	0.06
50	T25	Tersier	0.70	474.86	0.0011	0.10
51	T26	Tersier	0.71	390.16	0.0021	0.16
52	T27	Tersier	0.71	368.14	0.0032	0.23
53	T28	Tersier	0.72	346.49	0.0043	0.30
54	T29	Tersier	0.72	331.93	0.0057	0.38
55	T30	Tersier	0.72	322.52	0.0058	0.37
56	S25	Tersier	0.68	153.55	0.0128	0.37
57	T31	Tersier	0.67	149.74	0.0007	0.02
58	T32	Tersier	0.70	145.62	0.0015	0.04
59	T33	Tersier	0.71	143.70	0.0025	0.07

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
60	T34	Tersier	0.71	141.68	0.0035	0.10
61	T35	Tersier	0.71	140.23	0.0048	0.13
62	T36	Tersier	0.72	139.65	0.0053	0.15
63	T37	Tersier	0.61	541.40	0.0009	0.08
64	T38	Tersier	0.41	144.89	0.0004	0.01
65	S26	Sekunder	0.39	143.52	0.0021	0.03
66	S27	Sekunder	0.52	137.32	0.0061	0.12
67	S28	Sekunder	0.50	134.64	0.0073	0.14
68	S29	Sekunder	0.52	132.75	0.0082	0.16
69	S30	Sekunder	0.49	132.14	0.0092	0.17
70	S31	Sekunder	0.52	131.90	0.0109	0.21
71	S32	Sekunder	0.58	131.67	0.0162	0.35
72	T39	Tersier	0.72	689.65	0.0005	0.07
73	S33	Sekunder	0.60	129.90	0.0177	0.38
74	T40	Tersier	0.69	193.73	0.0016	0.06

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
75	T41	Tersier	0.60	710.90	0.0001	0.02
76	T42	Tersier	0.36	150.67	0.0016	0.02
77	T43	Tersier	0.36	175.36	0.0011	0.02
78	T44	Tersier	0.57	171.08	0.0030	0.08
79	T45	Tersier	0.61	169.09	0.0040	0.12
80	T46	Tersier	0.63	166.92	0.0052	0.15
81	S34	Sekunder	0.63	129.47	0.0308	0.70
82	S35	Sekunder	0.63	127.87	0.0310	0.70
83	S36	Sekunder	0.72	183.67	0.0059	0.22
84	S37	Sekunder	0.71	180.22	0.0061	0.22
85	S38	Sekunder	0.63	127.32	0.0362	0.81
86	P1	Primer	0.64	125.50	0.0435	0.98
87	P2	Primer	0.64	124.24	0.0435	0.97
88	P3	Primer	0.65	124.03	0.0499	1.12
89	P4	Primer	0.66	122.71	0.0606	1.37

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
90	P5	Primer	0.66	118.48	0.0611	1.32
91	P6	Primer	0.66	115.94	0.0628	1.33
92	P7	Primer	0.66	114.03	0.0640	1.33
93	P8	Primer	0.66	112.31	0.0652	1.34
94	P9	Primer	0.66	110.70	0.0664	1.34
95	P10	Primer	0.65	108.76	0.0669	1.32
96	P11	Primer	0.65	108.41	0.0670	1.32
97	P12	Primer	0.66	107.18	0.0881	1.72
98	P13	Primer	0.66	105.79	0.0889	1.72
99	P14	Primer	0.66	105.49	0.0889	1.71
100	P15	Primer	0.66	103.08	0.0893	1.68
101	T47	Tersier	0.71	511.72	0.0021	0.21
102	T48	Tersier	0.71	462.67	0.0042	0.38
103	T49	Tersier	0.71	421.30	0.0053	0.43
104	T50	Tersier	0.71	377.73	0.0064	0.47



No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
105	T51	Tersier	0.71	400.46	0.0021	0.17
106	T52	Tersier	0.71	362.89	0.0030	0.22
107	T53	Tersier	0.63	121.99	0.0043	0.09
108	T54	Tersier	0.63	121.75	0.0043	0.09
109	T55	Tersier	0.65	187.50	0.0013	0.04
110	T56	Tersier	0.68	185.79	0.0024	0.09
111	S39	Tersier	0.63	135.77	0.0297	0.71
112	T57	Tersier	0.71	582.09	0.0005	0.06
113	T58	Tersier	0.72	442.73	0.0017	0.15
114	T59	Tersier	0.72	364.17	0.0029	0.21
115	T60	Tersier	0.70	605.92	0.0003	0.03
116	T61	Tersier	0.53	153.12	0.0008	0.02
117	T62	Tersier	0.64	147.05	0.0019	0.05
118	T63	Tersier	0.67	141.52	0.0030	0.08
119	S40	Sekunder	0.72	355.11	0.0031	0.22

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
120	S41	Sekunder	0.69	314.40	0.0064	0.39
121	S42	Sekunder	0.68	141.40	0.0091	0.24
122	T64	Tersier	0.37	162.19	0.0004	0.01
123	T65	Tersier	0.61	489.80	0.0015	0.13
124	T66	Tersier	0.66	376.71	0.0027	0.19
125	T67	Tersier	0.71	506.58	0.0008	0.08
126	T68	Tersier	0.71	409.43	0.0018	0.15
127	T69	Tersier	0.71	360.13	0.0025	0.17
128	T70	Tersier	0.71	332.55	0.0030	0.19
129	T71	Tersier	0.69	266.99	0.0032	0.16
130	S43	Sekunder	0.68	139.66	0.0138	0.36
131	S44	Sekunder	0.68	138.86	0.0139	0.36
132	S45	Sekunder	0.67	138.32	0.0142	0.37
133	T72	Tersier	0.71	238.43	0.0012	0.06
134	T73	Tersier	0.64	162.52	0.0037	0.11

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
135	T74	Tersier	0.60	160.51	0.0060	0.16
136	T75	Tersier	0.59	157.84	0.0061	0.16
137	T76	Tersier	0.54	157.24	0.0071	0.17
138	T77	Tersier	0.57	152.15	0.0085	0.21
139	T78	Tersier	0.55	147.23	0.0097	0.22
140	T79	Tersier	0.56	142.24	0.0110	0.25
141	T80	Tersier	0.58	138.70	0.0125	0.28
142	T81	Tersier	0.58	138.12	0.0126	0.28
143	S46	Sekunder	0.63	137.41	0.0268	0.64
144	T82	Tersier	0.72	494.26	0.0013	0.13
145	T83	Tersier	0.71	433.47	0.0021	0.18
146	T84	Tersier	0.70	412.46	0.0023	0.18
147	T85	Tersier	0.67	184.75	0.0026	0.09
148	T86	Tersier	0.63	182.43	0.0029	0.09
149	T87	Tersier	0.72	533.70	0.0013	0.14

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
150	T88	Tersier	0.72	476.12	0.0027	0.25
151	T89	Tersier	0.72	454.35	0.0036	0.33
152	T90	Tersier	0.71	530.91	0.0010	0.10
153	T91	Tersier	0.64	170.10	0.0024	0.07
154	T92	Tersier	0.72	585.28	0.0009	0.10
155	T93	Tersier	0.72	507.82	0.0022	0.22
156	T94	Tersier	0.72	458.12	0.0033	0.31
157	T95	Tersier	0.39	175.50	0.0004	0.01
158	T96	Tersier	0.65	172.52	0.0019	0.06
159	T97	Tersier	0.67	171.15	0.0026	0.08
160	S47	Sekunder	0.69	168.59	0.0060	0.19
161	S48	Sekunder	0.67	120.40	0.0100	0.22
162	S49	Sekunder	0.65	117.36	0.0106	0.23
163	S50	Sekunder	0.65	114.04	0.0126	0.26
164	S51	Sekunder	0.65	548.48	0.0155	1.54

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
165	S52	Sekunder	0.66	469.25	0.0198	1.70
166	T98	Tersier	0.70	428.12	0.0017	0.14
167	T99	Tersier	0.70	374.23	0.0044	0.32
168	T100	Tersier	0.70	349.64	0.0071	0.49
169	T101	Tersier	0.70	330.71	0.0097	0.63
170	T102	Tersier	0.70	315.03	0.0116	0.71
171	T103	Tersier	0.71	448.80	0.0015	0.14
172	T104	Tersier	0.71	357.63	0.0042	0.30
173	T105	Tersier	0.71	321.73	0.0063	0.40
174	T106	Tersier	0.71	309.01	0.0092	0.56
175	T107	Tersier	0.71	297.83	0.0113	0.66
176	P16	Primer	0.66	102.36	0.1009	1.90
177	T108	Tersier	0.72	490.47	0.0008	0.08
178	T109	Tersier	0.60	595.47	0.0001	0.01
179	T110	Tersier	0.60	469.51	0.0003	0.02

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
180	T111	Tersier	0.60	593.50	0.0001	0.01
181	T112	Tersier	0.28	152.00	0.0005	0.01
182	T113	Tersier	0.28	148.82	0.0011	0.01
183	T114	Tersier	0.31	151.51	0.0006	0.01
184	T115	Tersier	0.31	148.40	0.0012	0.02
185	T116	Tersier	0.31	145.80	0.0018	0.02
186	T117	Tersier	0.23	624.97	0.0025	0.10
187	T118	Tersier	0.23	522.64	0.0051	0.17
188	T119	Tersier	0.23	462.17	0.0076	0.22
189	T120	Tersier	0.60	604.54	0.0001	0.01
190	T121	Tersier	0.60	475.77	0.0003	0.02
191	T122	Tersier	0.60	593.50	0.0001	0.01
192	T123	Tersier	0.74	469.97	0.0027	0.26
193	T124	Tersier	0.74	415.12	0.0055	0.47
194	T125	Tersier	0.31	554.85	0.0012	0.06

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
195	T126	Tersier	0.32	604.27	0.0006	0.03
196	T127	Tersier	0.29	606.17	0.0006	0.03
197	T128	Tersier	0.29	616.92	0.0011	0.06
198	S53	Sekunder	0.60	450.16	0.0004	0.03
199	S54	Sekunder	0.37	143.14	0.0023	0.03
200	S55	Sekunder	0.37	141.51	0.0029	0.04
201	S56	Sekunder	0.37	137.44	0.0037	0.05
202	S57	Sekunder	0.35	136.80	0.0055	0.07
203	S58	Sekunder	0.60	449.04	0.0004	0.03
204	S59	Sekunder	0.45	401.50	0.0012	0.06
205	S60	Sekunder	0.42	364.18	0.0019	0.08
206	S61	Sekunder	0.38	351.00	0.0032	0.12
207	S62	Sekunder	0.61	327.63	0.0087	0.48
208	S63	Sekunder	0.41	91.08	0.0194	0.20
209	S64	Sekunder	0.26	125.65	0.0263	0.24

No	Nama Saluran	Tipe Saluran	C gab	I (mm/jam)	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
210	S65	Sekunder	0.26	90.56	0.0263	0.17

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Dari hasil perhitungan saluran pada kawasan eksisting, didapatkan debit puncak terdapat pada saluran P16 sebesar 1,9 m<sup>3</sup>/dt. Namun jaringan eksisting masih terbagi menjadi 2 area, yaitu area saluran T1 – P16 dan area T108 – S65 serta belum terdapat saluran inlet menuju waduk, sehingga perlu dilakukan perencanaan jaringan drainase yang baru untuk merencanakan saluran inlet dari kawasan studi menuju Waduk Slamet. Data – data yang ada pada subbab Analisis Hidrologi selanjutnya akan digunakan untuk perencanaan saluran pada subbab Analisis Hidrolika.



## 4.2. Analisis Hidrolika

Pada saluran eksisting di kawasan subsistem Waduk Slamet, dibutuhkan perencanaan saluran baru dan evaluasi saluran eksisting agar jaringan saluran dapat mengalir secara gravitasi ke Waduk Slamet sehingga akan terdapat beberapa perubahan tipe saluran. Oleh karena itu, beberapa saluran membutuhkan perencanaan ulang.

### 4.2.1. Evaluasi Elevasi Dasar Saluran Eksisting

Terdapat beberapa saluran yang harus dilakukan perencanaan ulang terkait elevasi saluran agar air dapat mengalir secara gravitasi ke Waduk Slamet.

#### Contoh Perhitungan Perencanaan Elevasi Saluran T53

##### 1. Mencari Elevasi Dasar Saluran Hulu Eksisting

Elv. Muka Saluran Hulu Eksisting = +21,96

Dimensi Saluran Eksisting =  $\varnothing$  0,5 m

Tebal Saluran Eksisting = 0,045 m

Elv. Dasar Saluran Hulu Eksisting =

(Elv. Muka Saluran Hulu Eksisting - Dimensi Saluran Eksisting - Tebal Saluran Eksisting) =  $21,96 - 0,5 - 0,045 = +21,42$

##### 2. Mencari Elevasi Dasar Saluran Hilir Eksisting

Elv. Muka Saluran Hilir Eksisting = +21,80

Dimensi Saluran Eksisting =  $\varnothing$  0,5 m

Tebal Saluran Eksisting = 0,045 m

Elv. Dasar Saluran Hilir Eksisting =

(Elv. Muka Saluran Hilir Eksisting - Dimensi Saluran Eksisting - Tebal Saluran Eksisting) =  $21,80 - 0,5 - 0,045 = +21,26$

##### 3. Mencari Elevasi Dasar Saluran Hulu Rencana

Elv. Muka Saluran Hulu Rencana = +21,96

Dimensi Saluran Rencana = 0,4 x 0,4 m

Tebal Saluran Rencana = 0,075 m

Elv. Dasar Saluran Hulu Rencana =

(Elv. Muka Saluran Hulu Rencana - Dimensi Saluran Rencana - Tebal Saluran Rencana) =  $21,96 - 0,4 - 0,075 = +21,49$

## 4. Mencari Elevasi Muka Saluran Hilir Rencana

$$\begin{aligned}
 \text{Elv. Muka Saluran Hilir Rencana} &= \\
 \text{Elv Muka Saluran Hulu Rencana} - (i \text{ saluran} \times L \text{ saluran}) \\
 i \text{ saluran rencana} &= 0,0100 \\
 L \text{ saluran} &= 48,2 \text{ meter} \\
 \text{Elevasi Muka Saluran Hilir Rencana} &= 21,96 - (0,0100 \times 48,2) \\
 &= +21,48
 \end{aligned}$$

## 5. Mencari Elevasi Dasar Saluran Hilir Rencana

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Saluran Rencana} &= 0,4 \times 0,4 \text{ m} \\
 \text{Tebal Saluran Rencana} &= 0,075 \text{ m} \\
 \text{Elv. Dasar Saluran Hilir Rencana} &= \\
 (\text{Elv. Muka Saluran Hilir Rencana} - \text{Dimensi Saluran Rencana} - \\
 \text{Tebal Saluran Rencana}) = 21,48 - 0,4 - 0,075 = +21,00
 \end{aligned}$$

## 6. Mencari Elevasi Muka Air Hulu Rencana

$$\begin{aligned}
 \text{Elv. Dasar Saluran Hulu Rencana} &= +21,49 \\
 \text{Dimensi Saluran Rencana} &= 0,4 \times 0,4 \text{ m} \\
 H \text{ jagaan} &= 0,2 \text{ m} \\
 H \text{ air} = \text{Dimensi Sal. Rencana} - h \text{ jagaan} &= 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ m} \\
 \text{Tebal Saluran Rencana} &= 0,075 \text{ m} \\
 \text{Elv. Muka Air Hulu Rencana} = \text{Elv. Dasar Saluran Hulu Rencana} \\
 + h \text{ air} + \text{Tebal Saluran Rencana} \\
 \text{Elv. Muka Air Hulu Rencana} = 21,49 + 0,2 + 0,075 = +21,76
 \end{aligned}$$

## 7. Mencari Elevasi Muka Air Hilir Rencana

$$\begin{aligned}
 \text{Elv. Dasar Saluran Hilir Rencana} &= +21,49 \\
 \text{Dimensi Saluran Rencana} &= 0,4 \times 0,4 \text{ m} \\
 H \text{ jagaan} &= 0,2 \text{ m} \\
 H \text{ air} = \text{Dimensi Saluran Rencana} - h \text{ jagaan} &= 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ m} \\
 \text{Tebal Saluran Rencana} &= 0,075 \text{ m} \\
 \text{Elv. Muka Air Hilir Rencana} = \text{Elv. Dasar Saluran Hilir Rencana} \\
 + h \text{ air} + \text{Tebal Saluran Rencana} \\
 \text{Elv. Muka Air Hilir Rencana} = 21,00 + 0,2 + 0,075 = +21,28
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perencanaan evaluasi dasar saluran rencana dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Elevasi Rencana Dasar Saluran

Nama Saluran	Eksisting				Rencana						Evaluasi	
	Elv. Saluran Hulu	Elv. Saluran Hilir	El. Dasar Sal. Hulu	El. Dasar Sal. Hilir	Elv. Saluran Hulu	Elv. Saluran Hilir	El. Muka Air Hulu	El. Muka Air Hilir	El. Dasar Sal. Hulu	El. Dasar Sal. Hilir	Elv. Saluran Hulu	Elv. Saluran Hilir
T53	21,96	21,8	21,42	21,26	21,96	21,48	21,76	21,28	21,49	21,00	DIURUG	DIGALI
T54	21,8	21,6	21,26	21,06	21,60	21,48	21,40	21,28	20,71	20,59	DIGALI	DIGALI
T98	21,85	21,75	21,41	21,31	20,98	20,58	20,78	20,38	20,09	19,69	DIGALI	DIGALI
T99	21,75	21,33	21,21	20,79	20,58	19,98	20,38	19,78	19,69	19,09	DIGALI	DIGALI
T100	21,33	20,05	20,79	19,51	19,98	19,38	19,78	19,18	19,09	18,49	DIGALI	DIGALI
T101	20,05	18,65	19,51	18,11	19,38	18,79	19,18	18,59	18,49	17,90	DIGALI	DIGALI
T102	18,65	17,65	18,11	17,11	18,79	18,29	18,59	18,09	17,90	17,40	DIGALI	DIURUG
T107	19	17,58	18,46	17,04	19,00	18,54	18,80	18,34	18,11	17,65	DIGALI	DIURUG
S63	18,21	17,63	17,67	17,09	18,21	17,84	18,01	17,64	17,53	17,16	DIGALI	DIURUG
S65	17,73	17,63	16,85	16,75	17,84	17,73	17,64	17,53	17,16	17,05	DIURUG	DIURUG
T108	17,78	17,73	16,70	16,65	17,73	17,69	17,53	17,49	16,84	16,80	DIURUG	DIURUG
P16	17,65	17,58	16,57	16,50	18,54	18,29	18,34	18,09	17,65	17,40	DIURUG	DIURUG
P15	17,73	17,65	16,65	16,57	18,29	17,73	18,09	17,53	17,40	16,84	DIURUG	DIURUG

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

#### 4.2.2. Perencanaan Saluran

Dikarenakan adanya perubahan arah aliran, serta berubahnya elevasi eksisting sesuai dengan elevasi rencana, maka perlu dilakukan perencanaan ulang saluran.

##### Contoh Perhitungan Perencanaan Ulang Dimensi Saluran

Perhitungan perencanaan ulang saluran T108

Karena adanya perubahan elevasi dan arah aliran, tipe saluran ini menjadi saluran primer. Saluran yang mengalir menuju T108 adalah saluran S64 dan S65. Sehingga diketahui data perencanaan sebagai berikut:

$$\text{Koefisien Pengaliran (C)} = 0,30$$

$$\text{Intensitas Hujan (I)} = 89,38 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Luas Catchment (A)} = 58855,16 \text{ m}^2 = 0,0589 \text{ km}^2$$

$$Q_{\text{hidrologi}} = 0,436 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- Mencari Nilai  $Q_{\text{hidrolika}}$  pada perencanaan ulang saluran T108  
Saluran direncanakan menggunakan *box culvert* tipe BC 80 x 80

$$b = h = 0,8 \text{ meter}$$

$$h \text{ jagaan} = 0,2 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang saluran (Ls)} = 33,7 \text{ meter}$$

$$\text{Luas penampang (A)} = b \times h$$

$$\text{Luas penampang (A)} = 0,8 \times 0,6 = 0,48 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + (2h)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 0,8 \times (2 \times 0,6) = 2 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari hidraulik (R)} = \frac{A}{P}$$

$$\text{Jari-jari hidraulik (R)} = \frac{0,48}{2} = 0,24$$

$$\text{Koefisien manning (n)} = 0,013 \text{ (beton)}$$

$$\text{Kemiringan saluran (i)} = \frac{\Delta H}{Ls} = \frac{17,73 - 17,69}{33,7} = 0,0013$$

$$\text{Kecepatan (V)} = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\text{Kecepatan (V)} = \frac{1}{0,013} \cdot 0,24^{2/3} 0,0013^{1/2} = 1,086 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{hidrolika}} = V \times A$$

$$Q_{\text{hidrolika}} = 1,086 \times 0,48 = 0,521 \text{ m}^3/\text{s}$$

Karena  $Q_{\text{hidrologi}} < Q_{\text{hidrolika}}$ , maka OK.

Perhitungan perencanaan saluran baru S66

Saluran S66 merupakan saluran baru yang direncanakan agar saluran eksisting dapat mengalir menuju Waduk Slamet. Saluran S66 menghubungkan antara saluran S54 ke saluran T98. Diketahui data perencanaan sebagai berikut:

Koefisien Pengaliran (C) = 0,63

Intensitas Hujan (I) = 121,81 mm/jam

Luas Catchment (A) = 0,0340 km<sup>2</sup>

Q<sub>hidrologi</sub> = 0,727 m<sup>3</sup>/dt

- Mencari Nilai Q<sub>hidrolika</sub> pada perencanaan saluran S66

Saluran direncanakan menggunakan *box culvert* tipe BC 80 x 80 (brosur *box culvert* terdapat pada lampiran)

b = h = 0,8 meter

h jagaan = 0,2 meter

Panjang saluran (Ls) = 49,98 meter

Luas penampang (A) =  $b \times h$

Luas penampang (A) =  $0,8 \times 0,6 = 0,48 \text{ m}^2$

Keliling basah (P) =  $b + (2h)$

Keliling basah (P) =  $0,8 \times (2 \times 0,6) = 2 \text{ m}$

Jari-jari hidraulik (R) =  $\frac{A}{P}$

Jari-jari hidraulik (R) =  $\frac{0,48}{2} = 0,24$

Koefisien manning (n) = 0,013 (beton)

Kemiringan saluran (i) = 0,0100 (i rencana)

Kecepatan (V) =  $\frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2}$

Kecepatan (V) =  $\frac{1}{0,013} \cdot 0,24^{2/3} 0,0100^{1/2} = 2,971 \text{ m/s}$

Q<sub>hidrolika</sub> =  $V \times A$

Q<sub>hidrolika</sub> =  $2,971 \times 0,48 = 1,426 \text{ m}^3/\text{s}$

Karena Q<sub>hidrologi</sub> < Q<sub>hidrolika</sub>, maka OK.

Rekapitulasi perhitungan ada pada tabel 4.25

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Perencanaan Ulang Saluran

Nama Saluran	Tipe Saluran	Dimensi Box		Panjang Saluran (m)	i	A	P	R	n	V	Q hidrolika (m <sup>3</sup> /dt)	C gabungan	I	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Q hidrologi	Keterangan
		(m <sup>2</sup> )	(m)			m/dt	mm/jam			(m <sup>3</sup> /dt)						
T53	Tersier	0,40	0,40	48,2	0,0100	0,08	0,8	0,100	0,013	1,66	0,133	0,63	123,08	0,0043	0,091	OK
T54	Sekunder	0,80	0,80	12	0,0102	0,48	2	0,240	0,013	3,00	1,438	0,63	135,38	0,0297	0,702	OK
S66	Sekunder	0,80	0,80	49,98	0,0100	0,48	2	0,240	0,013	2,97	1,426	0,63	121,81	0,0340	0,727	OK
T98	Sekunder	0,80	0,80	40	0,0100	0,48	2	0,240	0,013	2,97	1,426	0,63	120,81	0,0357	0,760	OK
T99	Sekunder	0,80	0,80	59,6	0,0100	0,48	2	0,240	0,013	2,97	1,426	0,64	119,37	0,0376	0,798	OK
T100	Sekunder	0,80	0,80	60,62	0,0100	0,48	2	0,240	0,013	2,97	1,426	0,65	117,94	0,0395	0,836	OK
T101	Sekunder	0,80	0,80	58,13	0,0100	0,48	2	0,240	0,013	2,97	1,426	0,65	116,61	0,0413	0,871	OK
T102	Sekunder	0,80	0,80	50	0,0100	0,48	2	0,240	0,013	2,97	1,426	0,65	115,50	0,0425	0,891	OK
T107	Tersier	0,80	0,80	49,73	0,0093	0,48	2	0,240	0,013	2,87	1,378	0,71	296,43	0,0113	0,659	OK
S63	Sekunder	0,60	0,60	146,43	0,0025	0,24	1,4	0,171	0,013	1,19	0,286	0,41	91,02	0,0194	0,203	OK
S65	Sekunder	0,60	0,60	24,51	0,0045	0,24	1,4	0,171	0,013	1,59	0,382	0,33	90,47	0,0326	0,268	OK
T108	Primer	0,80	0,80	33,7	0,0013	0,48	2	0,240	0,013	1,09	0,521	0,30	89,38	0,0589	0,436	OK
P16	Tersier	0,80	0,80	24,1	0,0100	0,48	2	0,240	0,013	2,97	1,426	0,71	302,95	0,0113	0,674	OK
P15	Sekunder	0,80	0,80	55,37	0,0102	0,48	2	0,240	0,013	3,00	1,440	0,66	114,31	0,0538	1,136	OK
P17	Primer	1,20	1,20	9	0,0050	1,2	3,2	0,375	0,013	2,83	3,394	0,66	105,33	0,1428	2,756	OK
P18	Primer	1,20	1,20	30	0,0050	1,2	3,2	0,375	0,013	2,83	3,394	0,66	89,02	0,1767	2,903	OK

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Dari hasil perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa Q inflow Waduk Slamet adalah yang berasal dari saluran P18, yaitu sebanyak 2,903 m<sup>3</sup>/detik

### 4.2.3. Analisis Waduk / Boezem

Waduk direncanakan untuk menampung sementara air limpasan dari barat laut sebelum dialirkan keluar menuju saluran selanjutnya yaitu saluran outlet eksisting pada selatan waduk. Kondisi waduk sudah terisi air (*dead storage*) setinggi 0,9 meter (perhitungan di lapangan) dari tinggi total yaitu 2 meter (perhitungan di lapangan) dengan total luas permukaan sebesar 30740,23 m<sup>2</sup> (*google earth*)

Lamanya hujan terpusat di Indonesia sendiri tidak lebih dari 7 jam. Hal ini didasari dari Laporan Akhir Departemen Pekerjaan Umum. (Pitaloka, 2017). Karena lamanya hujan terpusat di Indonesia yang tidak lebih dari 7 jam, maka direncanakan durasi optimum hujan rencana di wilayah Kota Surabaya sebesar 3 jam. Dari perhitungan saluran, didapatkan debit *inflow* sebesar 2,903 m<sup>3</sup>/dt. Untuk menentukan volume tampungan waduk yang dibutuhkan, maka dilakukan pendekatan dengan cara hidrograf rasional.

#### Perhitungan volume menggunakan hidrograf rasional

Didapatkan dari perhitungan sebelumnya:

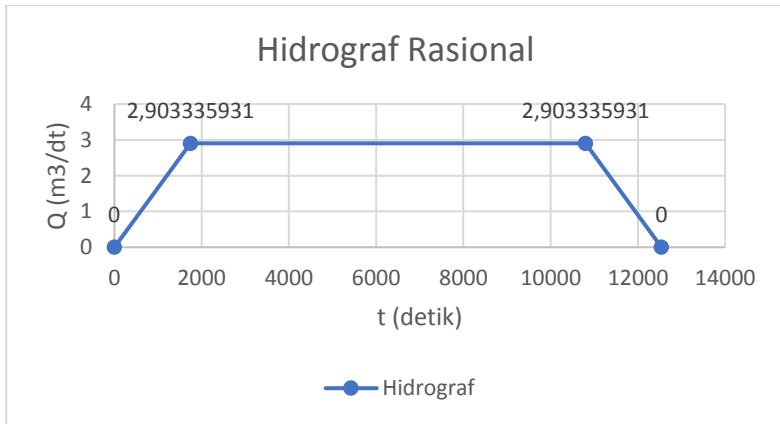
- $Q_p = 2,903 \text{ m}^3/\text{dt}$   
 $T_c = 0,484 \text{ jam} = 29,03 \text{ menit} = 1741,639 \text{ detik}$   
 $T_d = 3 \text{ jam} = 10800 \text{ detik (asumsi)}$   
 $T_b = T_c + T_d = 12541,6 \text{ detik}$

Dari data diatas, kemudian dibuat grafik seperti pada Gambar 4.4. Tabel hubungan antara Q dan t terdapat pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Hidrograf Rasional hubungan antara Q dan t

t	Q
(detik)	(m <sup>3</sup> /dt)
0	0
1360,794	3,42
9000	3,42
10360,79	0

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)



Gambar 4. 4 Grafik Hidrograf Rasioal

Dari grafik tersebut, kemudian dihitung luasannya untuk mendapatkan volume tampungan.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bidang trapesium} &= \text{volume aliran} \\
 &= \frac{1}{2} \times ((2t_c + T_d) + (T_d - t_c)) \times Q_p \\
 &= \frac{1}{2} \times ((2 \times 1741,639 + 10800) + (10800 - \\
 &\quad 1741,639)) \times 2,903 \\
 &= 33441,1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan luas hidrograf rasional, didapatkan kebutuhan volume tampungan sebesar 33441,1  $\text{m}^3$ .

Untuk data dimensi waduk eksisting sebagai berikut :

Luas (A) = 30740,23  $\text{m}^2$  (dari google earth, Gambar 4.5)

Hair = 0,9 meter (pengukuran di lapangan)

W = 1,1 meter (pengukuran di lapangan)

Tinggi total = 2 meter (pengukuran di lapangan)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Waduk saat kosong} &= \text{Luas} \times \text{Tinggi total} \\
 &= 30740,23 \text{ m}^2 \times 2 \text{ meter} \\
 &= 61480,46 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



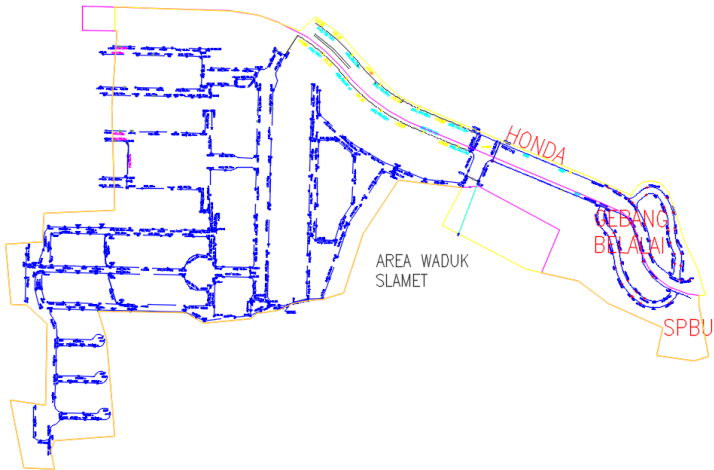
$$\begin{aligned}\text{Volume dead storage} &= \text{Luas} \times \text{H air} \\ &= 30740,23 \text{ m}^2 \times 0,9 \text{ meter} \\ &= 27666,207 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas tersedia} &= \text{Vol. Waduk saat kosong} - \text{Vol. Dead storage} \\ &= 61480,46 \text{ m}^3 - 27666,207 \text{ m}^3 \\ &= 33814,253 \text{ m}^3\end{aligned}$$



Gambar 4. 5 Luas Eksisting Waduk

Untuk saluran *inlet* menuju waduk direncanakan menggunakan *box culvert* dari “DIMENSICON” (brosur ada di lampiran) yaitu tipe produk BC 120 x 120 HDD dengan ukuran 1,2 meter x 1,2 meter. Sket *inflow* waduk dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Sket *Inflow* Waduk

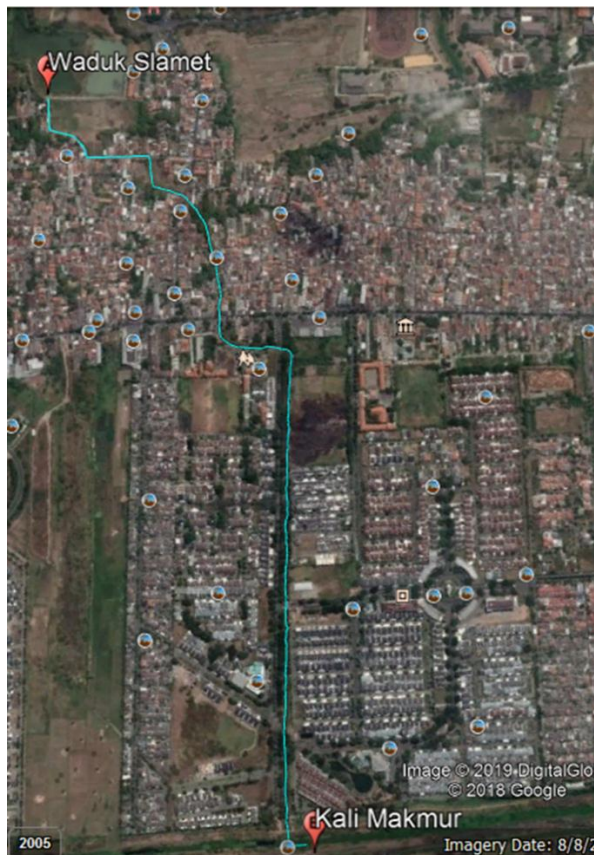
Dari hasil perhitungan hidrograf rasional dapat diketahui bahwa dibutuhkan kapasitas volume waduk sebesar  $33441,1 \text{ m}^3$ . Kapasitas waduk yang tersedia adalah sebesar  $33814,253 \text{ m}^3$ . Karena kapasitas waduk yang tersedia lebih besar daripada kebutuhan volume tampungan, maka tidak dibutuhkan perbesaran dimensi waduk karena kebutuhan tampungan dengan kapasitas tampungan eksisting tercukupi.

Volume yang dibutuhkan < volume yang tersedia

$$33441,1 \text{ m}^3 < 33814,253 \text{ m}^3 \quad \text{(OK)}$$

#### 4.2.4. Analisis Bagian Hilir Waduk

Kapasitas Saluran Outlet didapatkan dari data primer dengan cara mengukur dimensi saluran outlet eksisting pada bagian hilir waduk dari Waduk Slamet sampai ke buangan akhir yaitu Kali Makmur. Perhitungan debit pada saluran-saluran *outlet* digunakan sebagai batas  $Q$  ijin yang dapat dikeluarkan dari Waduk Slamet. Jaringan eksisting saluran pada hilir waduk dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Data dimensi saluran dapat dilihat pada Tabel 4.27



Gambar 4. 7 Daerah Hilir Waduk Slamet

Tabel 4. 27 Data Saluran Eksisting Hilir Waduk

Nama Saluran	Penampang Saluran	Bahan Saluran	Dimensi			L Saluran (m)
			a (m)	b (m)	h (m)	
ST 1	Persegi	beton	-	1,3	1,5	72,4
ST 2	Persegi	beton	-	0,45	0,45	348,81
ST 3	Persegi	beton	-	0,55	0,55	348,81
ST 4	Persegi	beton	-	3	1,1	112,4
ST 5	Persegi	beton	-	1,2	1	37,2
ST 6	Persegi	pas batu kali	-	1,05	0,9	101
ST 7	Persegi	beton	-	0,85	1,4	138,54
ST 8	Persegi	beton	-	1,8	1,1	6
Sal. Lidah Kulon 4	Trapesium	pas batu kali	4,1	3,5	1,2	197
Sal UNESA	Persegi	pas batu kali	-	14,7	1,62	290,96
SS 1	Trapesium	pas batu kali	3,7	3,1	2,3	239
Sal. Lidah Kulon 3	Persegi	beton	-	1,5	1,5	981,5
SS 2	Trapesium	pas batu kali	12,6	7,4	2	197
Sal. Lidah Kulon	Persegi	pas batu kali	-	12,7	2,5	1004

(Sumber : Data Pengukuran, 2019)

#### 4.2.5. Perhitungan Kapasitas Saluran Bagian Hilir Waduk

##### Contoh Perhitungan Kapasitas Saluran

##### Perhitungan Saluran ST1

- Mencari Nilai  $Q_{hidrolika}$  pada saluran ST1 (penampang persegi)

$$b = 1,3 \text{ meter}$$

$$h = 1,5 \text{ meter}$$

$$\text{Luas penampang (A)} = b \times h$$

$$\text{Luas penampang (A)} = 1,3 \times 1,5 = 1,95 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + (2h)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 1,3 + (2 \times 1,5) = 4,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jari-jari hidraulik (R)} &= \frac{A}{P} \\
 \text{Jari-jari hidraulik (R)} &= \frac{1,95}{4,3} = 0,453 \\
 \text{Koefisien manning (n)} &= 0,013 \text{ (beton)} \\
 \text{Kemiringan saluran (i)} &= 0,002 \\
 \text{Kecepatan (V)} &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2} \\
 \text{Kecepatan (V)} &= \frac{1}{0,013} \cdot 0,453^{2/3} 0,002^{1/2} = 2,03 \text{ m/s} \\
 Q_{\text{hidrolika}} &= V \times A \\
 Q_{\text{hidrolika}} &= 2,03 \times 1,95 = 3,96 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Saluran SS1

- Mencari Nilai  $Q_{\text{hidrolika}}$  saluran ST11 (penampang trapesium)

$$\begin{aligned}
 \text{Atas (a)} &= 3,7 \text{ meter} \\
 \text{Bawah (b)} &= 3,1 \text{ meter} \\
 h &= 2,3 \text{ meter} \\
 m &= \frac{(a-b)/2}{h} = \frac{(3,7-3,1)/2}{1,2} = 0,13 \\
 \text{Luas penampang (A)} &= (b + mh)h \\
 &= (3,1 + 0,13 \times 2,3) 2,3 = 7,82 \text{ m}^2 \\
 \text{Keliling basah (P)} &= b + 2h\sqrt{1 + m^2} \\
 &= 3,1 + 2 \times 2,3 \sqrt{1 + 0,13^2} = 7,74 \text{ m} \\
 \text{Jari-jari hidraulik (R)} &= \frac{A}{P} \\
 \text{Jari-jari hidraulik (R)} &= \frac{7,82}{7,74} = 1,01 \\
 \text{Koefisien manning (n)} &= 0,025 \text{ (pasangan batu kali)} \\
 \text{Kemiringan saluran (i)} &= 0,001 \\
 \text{/Kecepatan (V)} &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2} \\
 \text{Kecepatan (V)} &= \frac{1}{0,025} \cdot 1,01^{2/3} 0,001^{1/2} = 1,27 \text{ m/s} \\
 Q_{\text{hidrolika}} &= V \times A \\
 Q_{\text{hidrolika}} &= 1,27 \times 7,82 = 9,96 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan  $Q_{\text{hidrolika}}$  saluran bagian hilir waduk dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Perhitungan Q hidrolika Saluran Hilir

Nama Saluran	Dimensi			m	A (m <sup>2</sup> )	P	R	i	V (m/s)	Q hidrolika (m <sup>3</sup> /s)
	a (m)	b (m)	h (m)							
ST 1	-	1,3	1,5	-	1,95	4,3	0,453	0,002	2,03	3,96
ST 2	-	0,45	0,45	-	0,2025	1,35	0,150	0,016	2,75	0,56
ST 3	-	0,55	0,55	-	0,3025	1,65	0,183	0,016	3,14	0,95
ST 4	-	3	1,1	-	3,3	5,2	0,635	0,001	1,80	5,93
ST 5	-	1,2	1	-	1,2	3,2	0,375	0,002	1,79	2,15
ST 6	-	1,05	0,9	-	0,945	2,85	0,332	0,005	1,35	1,28
ST 7	-	0,85	1,4	-	1,19	3,65	0,326	0,005	2,58	3,07
ST 8	-	1,8	1,1	-	1,98	4	0,495	0,005	3,40	6,74
Sal. Lidah Kulon 4	4,1	3,5	1,2	0,25	4,56	5,97	0,763	0,001	1,06	4,82
Sal UNESA	-	14,7	1,62	-	23,814	17,94	1,327	0,001	1,53	36,38
SS 1	3,7	3,1	2,3	0,13	7,82	7,74	1,010	0,001	1,27	9,96
Sal. Lidah Kulon 3	-	1,5	1,5	-	2,25	4,50	0,500	0,001	1,53	3,45
SS 2	12,6	7,4	2	1,3	20	13,96	1,433	0,0005	1,14	22,73
Sal. Lidah Kulon	-	12,7	2,5	-	31,75	17,70	1,794	0,0008	1,67	53,03

Dari data diatas, debit saluran terkecil adalah dari saluran ST6 sebesar  $1,28 \text{ m}^3/\text{dt}$ , debit ini digunakan sebagai batas  $Q_{\text{outflow}}$  ijin maksimum yang diperbolehkan untuk dikeluarkan dari waduk. Catatan: Seperti yang terlihat pada skema jaringan, saluran ST2, ST3, ST7, dan Sal. Lidah Kulon 3 merupakan bagian jaringan dari saluran bagian hilir waduk yang tidak dilewati debit limpasan dari waduk secara langsung, sehingga tidak diperhitungkan dalam penentuan  $Q_{\text{outflow}}$  ijin.

#### 4.2.6. Evaluasi Saluran Bagian Hilir Waduk

Untuk mengantisipasi terjadinya banjir pada daerah hilir waduk, maka dilakukan perhitungan evaluasi apakah saluran daerah hilir cukup untuk menerima debit limpasan.

##### **Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) dan Sub DAS (A)**

Perkiraan limpasan air hujan yang melimpas dari suatu kawasan disebut koefisien pengaliran. Pada tiap permukaan lahan mempunyai nilai koefisien pengaliran yang berbeda. Karena dalam satu kawasan terdiri dari bermacam-macam jenis permukaan dan dengan luas yang berbeda-beda, maka nilai koefisien pengaliran yang dipakai adalah koefisien pengaliran gabungan atau  $C_{\text{gabungan}}$

Berdasarkan Tabel 2. 14 koefisien pengaliran untuk :

- $C_{\text{Rumah}} = 0,75$
- $C_{\text{Taman}} = 0,2$
- $C_{\text{Jalan}} = 0,6$

##### Contoh Perhitungan Nilai $C_{\text{gabungan}}$

Untuk saluran ST1

$$\begin{aligned} \text{Luas bangunan} &= 0 \text{ m}^2 + 130390,01 \text{ m}^2 \text{ (dari waduk)} \\ &= 130390,01 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas taman} &= 11053 \text{ m}^2 + 20600,02 \text{ m}^2 \text{ (dari waduk)} \\ &= 31653,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas jalan} &= 217,2 \text{ m}^2 + 25679,61 \text{ m}^2 \text{ (dari waduk)} \\ &= 25896,81 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{gabungan} &= \frac{\sum C \cdot A}{\sum A} \\
 C_{gabungan} &= \frac{(130390,01 \times 0,75) + (31653,02 \times 0,2) + (25896,81 \times 0,6)}{130390,01 + 31653,02 + 25896,81} \\
 C_{gabungan} &= \frac{(97792,5) + (6330,6) + (15538,08)}{187939,8} \\
 C_{gabungan} &= \frac{119661,2}{187939,8} = 0,64
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan C gabungan dan Total *Catchment Area* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.29

Tabel 4. 29 Rekapitulasi C gabungan dan A Saluran Hilir Waduk

<b>Nama Saluran</b>	<b><math>\Sigma A_i</math> (m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\Sigma A_i C_i</math></b>	<b>C gabungan</b>
ST 1	187939,842	119661,1968	0,64
ST 2	16111,43	9660,608	0,60
ST 3	16505,43	9055,758	0,55
ST 4	225969,902	140488,8328	0,62
ST 5	226081,502	140555,7928	0,62
ST 6	230889,502	144116,3428	0,62
ST 7	10736,62	6467,922	0,60
ST 8	230889,502	144116,3428	0,62
Sal. Lidah Kulon 4	254617,122	1866	0,61
Sal UNESA	3743000	-	0,43
SS 1	291330,122	156233,9648	0,43
Sal. Lidah Kulon 3	72600	-	0,43
SS 2	318465,482	190802,5648	0,44
Sal. Lidah Kulon	614760,482	198181,7808	0,45

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)



Perhitungan C gabungan untuk Sal. UNESA dan Sal. Lidah Kulon 3 diambil dari laporan Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase UNESA dengan Adanya Pengembangan Kawasan Surabaya Barat (Norman, 2017).

### Perhitungan Nilai $t_c$ (Waktu Konsentrasi)

Perhitungan waktu konsentrasi aliran pada kawasan perumahan ( $t_c$ ) terdiri dari penjumlahan perhitungan waktu aliran air pada permukaan lahan yang masuk kedalam saluran ( $t_0$ ) dan perhitungan waktu aliran air yang mengalir sepanjang saluran ( $t_f$ ).

#### Contoh Perhitungan Nilai $t_c$

Perhitungan nilai  $t_c$  saluran ST1

- Nilai  $t_0$  saluran ST1 = 31,63 menit
- Nilai  $t_f$  saluran ST1 = 0,30 menit
- Mencari Nilai  $t_c$  pada Saluran

$$t_c = t_0 + t_f$$

$$t_c = (31,63 + 0,30)$$

$$t_c = 31,94 \text{ menit}$$

Rekapitulasi perhitungan  $t_c$  selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4. 30 Rekapitulasi Perhitungan  $t_c$  Saluran Hilir

<b>Nama Saluran</b>	<b><math>t_0</math></b>	<b><math>t_f</math></b>	<b><math>t_c</math></b>
ST 1	31,63	0,30	31,94
ST 2	2,11	10,45	12,56
ST 3	19,29	6,12	25,41
ST 4	31,94	0,32	32,26
ST 5	32,26	0,29	32,54
ST 6	32,26	1,31	33,57
ST 7	21,40	0,75	22,15

<b>Nama Saluran</b>	<b>t<sub>0</sub></b>	<b>t<sub>f</sub></b>	<b>t<sub>c</sub></b>
ST 8	33,57	0,01	33,58
Sal. Lidah Kulon 4	43,95	0,68	44,63
Sal UNESA	-	-	43,95
SS 1	44,63	0,40	45,03
Sal. Lidah Kulon 3	-	-	15,23
SS 2	45,03	0,14	45,18
Sal. Lidah Kulon	45,18	0,32	45,49

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Perhitungan t<sub>c</sub> untuk Sal. UNESA dan Sal. Lidah Kulon 3 didapat nilai dari laporan Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase UNESA dengan Adanya Pengembangan Kawasan Surabaya Barat (Norman, 2017).

### **Perhitungan Intensitas Hujan (I)**

Setelah didapatkan tinggi hujan rencana (R<sub>24</sub>) dan lamanya waktu konsentrasi (t<sub>c</sub>), maka intensitas hujan dapat diperhitungkan menggunakan rumus Mononobe.

#### Contoh perhitungan Intensitas Hujan (I)

Perhitungan intensitas hujan (I) saluran ST1

- Diketahui :

$$t_c = 31,94 \text{ menit} = 0,53 \text{ jam (Tabel 4.30)}$$

$$R_{24} = 158,2415 \text{ mm (PUH 10 tahun)}$$

- Mencari Nilai I pada Saluran T1

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

$$I = \frac{158,2415}{24} \left( \frac{24}{0,53} \right)^{2/3} = 83,52 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan (I) selengkapnya di Tabel 4.31.

Tabel 4. 31 Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan (I)

<b>Nama Saluran</b>	<b>tc</b>	<b>I</b>
ST 1	31,94	83,29480008
ST 2	12,56	155,6322914
ST 3	25,41	97,27826626
ST 4	32,26	82,3007002
ST 5	32,54	82,09454814
ST 6	33,57	81,62480991
ST 7	22,15	106,5996984
ST 8	33,58	81,60420526
Sal. Lidah Kulon 4	44,63	66,36977241
Sal UNESA	43,95	67,51155706
SS 1	45,03	66,25119165
Sal. Lidah Kulon 3	15,23	136,8413789
SS 2	45,18	66,15456329
Sal. Lidah Kulon	45,49	65,70613358

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

### **Perhitungan Debit Banjir (Q)**

Perhitungan debit banjir memakai Metode Rasional. Metode Rasional sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha. (Suripin, 2004)

Untuk menghitung debit banjir diperlukan nilai koefisien pengaliran (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah pengaliran (DAS).

Contoh perhitungan Debit Banjir (Q)

Perhitungan debit banjir (Q) saluran ST1

- Diketahui :

C saluran = 0,64 (Tabel 4.29)

Catchment Area (A) = 187939,8 m<sup>2</sup> (Tabel 4.29)  
= 0,188 km<sup>2</sup>

Intensitas hujan (I) = 82,66 mm/jam (Tabel 4.31)

Mencari Nilai Q hidrologi pada Saluran ST1

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot 0,64 \cdot 82,66 \cdot 0,188 = 2,78 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan debit banjir (Q) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Q hidrologi Saluran Hilir

Nama Saluran	C gabungan	I	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Q hidrologi (m <sup>3</sup> /dt)
ST 1	0,64	83,52193349	0,188	2,78
ST 2	0,60	155,6322914	0,016	0,42
ST 3	0,55	97,27826626	0,017	0,24
ST 4	0,62	82,97551686	0,226	3,24
ST 5	0,62	82,48387528	0,226	3,22
ST 6	0,62	80,79486755	0,231	3,24
ST 7	0,60	106,5996984	0,011	0,19
ST 8	0,62	80,77106783	0,231	3,24
Sal. Lidah Kulon 4	0,61	66,8225236	0,255	2,90
Sal UNESA	0,43	67,51155706	3,743	30,09
SS 1	0,43	66,4263143	4,034	32,98
Sal. Lidah Kulon 3	0,43	83,52193349	0,073	1,19

<b>Nama Saluran</b>	<b>C gabungan</b>	<b>I</b>	<b>Catchment Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Q hidrologi (m<sup>3</sup>/dt)</b>
SS 2	0,43	136,8413789	4,061	33,20
Sal. Lidah Kulon	0,44	66,28466065	4,358	36,16

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

### **Evaluasi Saluran Hilir Waduk**

Dari perhitungan di atas didapat nilai Q hidrologi dan Q hidrolika eksisting saluran bagian hilir waduk. Perhitungan evaluasi dapat dilakukan dengan membandingkan antara debit hidrologi dan hidrolika, manakah yang lebih besar. Jika nilai Q hidrolika lebih besar daripada Q hidrologi maka saluran dapat aman dan dapat menampung debit yang masuk. Sebaliknya, jika Q hidrologi lebih besar daripada Q hidrolika maka saluran eksisting tidak dapat menampung debit yang masuk dan dibutuhkan perencanaan saluran baru. Perhitungan selengkapnya ada pada Tabel 4.33

Tabel 4. 33 Perhitungan Evaluasi Saluran Hilir Waduk

<b>Nama Saluran</b>	<b>Q hidrolika (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>Q hidrologi (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b><math>\Delta Q</math></b>	<b>Keterangan</b>
ST 1	3,96	2,78	1,18	AMAN
ST 2	0,56	0,42	0,14	AMAN
ST 3	0,95	0,24	0,70	AMAN
ST 4	5,93	3,24	2,69	AMAN
ST 5	2,15	3,22	-1,08	LUBER
ST 6	1,28	3,24	-1,96	LUBER
ST 7	3,07	0,19	2,87	AMAN
ST 8	6,74	3,24	3,50	AMAN

Nama Saluran	Q hidrolika (m <sup>3</sup> /dt)	Q hidrologi (m <sup>3</sup> /dt)	ΔQ	Keterangan
Sal. Lidah Kulon 4	4,82	2,90	1,92	AMAN
Sal UNESA	36,38	30,09	6,29	AMAN
SS 1	9,96	32,98	-23,02	LUBER
Sal. Lidah Kulon 3	3,45	1,19	2,26	AMAN
SS 2	22,73	33,20	-10,47	LUBER
Sal. Lidah Kulon	53,03	36,16	16,87	AMAN

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

Dari Tabel 4.33, diketahui terdapat 4 saluran yang tidak aman dan perlu direncanakan ulang, yaitu saluran ST5, ST6, SS1, dan SS2. Disisi lain, dengan tinggi dimensi saluran tidak seragam, hal ini dapat menyebabkan terjadinya perbedaan energi antar saluran sehingga perlunya dilakukan normalisasi saluran dengan perencanaan saluran baru. Catatan: saluran yang dinormalisasi hanya saluran yang satu jalur dan dilewati oleh debit limpasan dari waduk.

#### Contoh Perhitungan Perencanaan Ulang Saluran SS1

Dengan menggunakan Excel, dicari kebutuhan saluran dengan menggunakan *goalseek*. Didapatkan kebutuhan saluran sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 b \text{ saluran} &= 2h &&= 5,06 \text{ meter} \approx 5,1 \text{ meter} \\
 h &&&= 2,53 \text{ meter} \\
 h \text{ jagaan} &&&= 0,2 \text{ meter} \\
 h \text{ saluran} &&&= 2,53 + 0,2 = 2,73 \text{ meter} \approx 2,8 \text{ meter} \\
 a = 2b &&&= 10,126 \text{ meter} \approx 10,1 \text{ meter} \\
 m &&&= \frac{(a-b)/2}{h} = \frac{(10,1-5,1)/2}{2,53} = 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas penampang (A)} &= (b + mh)h \\
&= (5,1 + 1 \times 2,53)2,53 = 19,23 \text{ m}^2 \\
\text{Keliling basah (P)} &= b + 2h\sqrt{1 + m^2} \\
&= 5,1 + 2 \times 2,53\sqrt{1 + 1^2} = 12,22 \text{ m} \\
\text{Jari-jari hidraulik (R)} &= \frac{A}{P} \\
\text{Jari-jari hidraulik (R)} &= \frac{19,23}{12,22} = 1,57 \\
\text{Koefisien manning (n)} &= 0,025 \text{ (pasangan batu kali)} \\
\text{Kemiringan saluran (i)} &= 0,001 \\
\text{Kecepatan (V)} &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2} \\
\text{Kecepatan (V)} &= \frac{1}{0,025} \cdot 1,57^{2/3} 0,001^{1/2} = 1,71 \text{ m/s} \\
Q_{\text{hidrolika}} &= V \times A \\
Q_{\text{hidrolika}} &= 1,71 \times 19,23 = 32,89 \text{ m}^3/\text{s} \\
Q_{\text{hidrologi}} &= 32,89 \text{ m}^3/\text{s} \\
\text{Karena } Q_{\text{hidrologi}} &\leq Q_{\text{hidrolika}}, \text{ maka OK.}
\end{aligned}$$

Rekapitulasi saluran rencana pada bagian hilir waduk dapat dilihat pada Tabel 4.34 dan 4.35.

Tabel 4. 34 Rekapitulasi Dimensi Rencana Saluran Hilir

Nama Saluran	Dimensi Eksisting			Dimensi Rencana			Keterangan
	a (m)	b (m)	h (m)	a (m)	b (m)	h (m)	
ST 1	-	1,3	1,5	-	1,70	1,10	DIMENSI BARU
ST 2	-	0,45	0,45	-	0,45	0,45	TETAP
ST 3	-	0,55	0,55	-	0,55	0,55	TETAP
ST 4	-	3	1,1	-	2,10	1,30	DIMENSI BARU
ST 5	-	1,2	1	-	2,10	1,30	DIMENSI BARU
ST 6	-	1,05	0,9	-	2,10	1,30	DIMENSI BARU
ST 7	-	0,85	1,4	-	0,85	1,40	TETAP
ST 8	-	1,8	1,1	-	2,10	1,30	DIMENSI BARU
Sal. Lidah Kulon 4	4,1	3,5	1,2	4,9	2,20	1,30	DIMENSI BARU
Sal UNESA	-	14,7	1,62	-	14,70	1,62	TETAP
SS 1	3,7	3,1	2,3	10,9	5,50	3,00	DIMENSI BARU
Sal. Lidah Kulon 3	-	1,5	1,5	-	1,50	1,50	TETAP
SS 2	12,6	7,4	2	12,4	6,20	3,30	DIMENSI BARU
Sal. Lidah Kulon	-	12,7	2,5	-	7,20	3,80	DIMENSI BARU

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)



Tabel 4. 35 Perhitungan Evaluasi Saluran Rencana Hilir Waduk

<b>Nama Saluran</b>	<b>Q hidrolika (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b>Q hidrologi (m<sup>3</sup>/dt)</b>	<b><math>\Delta Q</math></b>	<b>Keterangan</b>
ST 1	2,77	2,77	0,000	AMAN
ST 2	0,56	0,42	0,138	AMAN
ST 3	0,95	0,24	0,705	AMAN
ST 4	3,21	3,21	0,000	AMAN
ST 5	5,04	3,21	1,830	AMAN
ST 6	4,14	3,27	0,872	AMAN
ST 7	3,07	0,19	2,874	AMAN
ST 8	7,99	3,27	4,717	AMAN
Sal. Lidah Kulon 4	3,56	3,47	0,092	AMAN
Sal UNESA	36,38	30,09	6,289	AMAN
SS 1	39,83	39,59	0,244	AMAN
Sal. Lidah Kulon 3	3,45	1,19	2,260	AMAN
SS 2	39,92	39,88	0,042	AMAN
Sal. Lidah Kulon	43,39	43,31	0,080	AMAN

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

#### 4.3. Perencanaan Pintu Air

Pada perencanaan pintu air ini, sesuai dengan perhitungan pada Tabel 4.28, diketahui debit yang diperbolehkan untuk dikeluarkan sebesar  $Q_{\text{outflow}} = 1,28 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

Selanjutnya dilakukan perhitungan routing untuk mengetahui apakah terjadi *overflow* pada waduk. Waduk direncanakan memiliki h jagaan setinggi 0,3 m sehingga ketinggian maksimum dari dasar setinggi 1,7 m. *Overflow* dapat terjadi apabila ketinggian melebihi ketinggian maksimum, yaitu 1,7 meter. Perhitungan ini juga dilakukan untuk mengetahui pengoperasian pintu air.

Dari perhitungan, didapatkan bahwa pintu air dioperasikan dengan dibuka dengan durasi mulai saat menit ke-30 sampai menit ke-120 Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.35

Tabel 4. 36 Rekapitulasi *Routing* Pintu Air

t	Inflow			Outflow			Boezem		Keterangan
	Q inflow	V inflow	V inflow kumulatif	Q outflow pintu	V outflow pintu	V outflow pintu kumulatif	Tampungan Akhir	H dari dasar	
(menit)	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m)	
0	0.000	0	0	0	0	0	27666	0,9	AMAN
10	1.000	300	300	0	0	0	27966	0,91	AMAN
20	2.000	900	1200	0	0	0	28866	0,94	AMAN
29.03	2.903	1328	2528	0	0	0	30194	0,98	AMAN
30	2.903	169	2698	1,280	75	75	30289	0,99	AMAN
40	2.903	1742	4440	1,280	768	843	31263	1,02	AMAN
50	2.903	1742	6182	1,280	768	1611	32237	1,05	AMAN
60	2.903	1742	7924	1,280	768	2380	33210	1,08	AMAN
70	2.903	1742	9666	1,280	768	3148	34184	1,11	AMAN
80	2.903	1742	11408	1,280	768	3916	35158	1,14	AMAN
90	2.903	1742	13150	1,280	768	4684	36132	1,18	AMAN

t	Inflow			Outflow			Boezem		AMAN
	Q inflow	V inflow	V inflow kumulatif	Q outflow pintu	V outflow pintu	V outflow pintu kumulatif	Tampungan Akhir	H dari dasar	
100	2.903	1742	14892	1,280	768	5453	37105	1,21	AMAN
110	2.903	1742	16634	1,280	768	6221	38079	1,24	AMAN
120	2.903	1742	18376	1,280	768	6989	39053	1,27	AMAN
130	2.903	1742	20118	0	0	6989	40795	1,33	AMAN
140	2.903	1742	21860	0	0	6989	42537	1,38	AMAN
150	2.903	1742	23602	0	0	6989	44279	1,44	AMAN
160	2.903	1742	25344	0	0	6989	46021	1,50	AMAN
170	2.903	1742	27086	0	0	6989	47763	1,55	AMAN
180	2.903	1742	28828	0	0	6989	49505	1,61	AMAN
190	1.903	1442	30270	0	0	6989	50947	1,66	AMAN
200	0.903	842	31111	0	0	6989	51788	1,68	AMAN
209.03	0.000	245	31356	0	0	6989	52033	1,69	AMAN

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2019)

### 4.3.1. Perhitungan Dimensi Pintu Air

Pintu air berfungsi untuk mengalirkan debit limpasan dari waduk menuju saluran *outlet* waduk. Pintu air dibuat dari pelat dan rangka baja. Namun dalam perencanaan ini, perhitungan pintu air hanya difokuskan di tinggi bukaan pintu, tebal pelat, dan diameter stang yang dibutuhkan.

Data yang diketahui :

Debit pintu (Q) = 1,28 m<sup>3</sup>/s (Q outflow ijin)

Perhitungan Tinggi Bukaan Pintu

Untuk mencari tinggi air maksimum pada saat melewati pintu dapat menggunakan data dari perhitungan sebelumnya, maka:

b saluran outlet = 1,3 m

h saluran outlet = 1,5 m

Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s

beda kedalaman air (z) = 0,1 (asumsi)

b pintu = *b saluran* + (2 x 0,1)

= 1,3 + 0,2

= 1,5 m

$$a = \frac{Q}{\mu b \sqrt{2gz}} = \frac{1,28}{0,8 \times 1,5 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,1}} = 0,7618 \approx 0,8 \text{ m}$$

Keterangan :

a = tinggi bukaan pintu

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

$\mu$  = koefisien debit untuk bukaan dibawah permukaan dengan tinggi energi kecil = 0,8

b = lebar pintu (meter)

g = percepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/detik)

z = beda kedalaman air (meter)

h pintu = a + 0,1

= 0,8 + 0,1 = 0,9 m

Dari perhitungan, diperoleh tinggi bukaan pintu yaitu 0,8 meter dan tinggi pintu air direncanakan 0,9 meter.

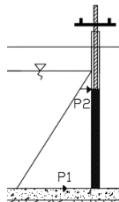
- Perhitungan Dimensi Pintu Air

Direncanakan pintu air menggunakan pelat baja. Untuk mendapatkan tebal pintu air, digunakan rumus gaya hidrostatik akibat air dan menghitung Mmax pada daun pintu.

Diketahui :

- $\gamma_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$   
 $H_1 = H \text{ saluran} - H \text{ pintu} = 1,5 \text{ m} - 0,9 \text{ m} = 0,6 \text{ m}$   
 Tinggi pintu ( $h_p$ ) = 0,9 meter  
 Lebar pintu air ( $b$ ) = 1,5 meter  
 Direncanakan pintu air terbuat dari plat baja

a. Mencari tekanan air



$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$P1 = \gamma_w \times h_{\text{air}} = 1 \times 1,5 = 1,5 \text{ t/m}^2$$

$$P2 = \gamma_w \times h_1 = 1 \times 0,6 = 0,6 \text{ t/m}^2$$

Sehingga beban yang bekerja pada pintu akibat tekanan air:

$$q = \frac{p1+p2}{2} \times h_p = \frac{1,5+0,6}{2} \times 0,9 = 0,945 \text{ t/m} = 9,45 \text{ kg/cm}$$

b. Momen maksimum pada daun pintu

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{8} \times q \times b^2 = \frac{1}{8} \times 9,45 \times 1,5^2 = 2,66 \text{ tm}$$

$$= 26578,13 \text{ kgcm}$$

c. Tebal daun pintu yang dibutuhkan

$$\Sigma = \text{tegangan ijin baja (1600 kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$w \geq \frac{m}{\sigma} = \frac{26578,13}{1600} = 16,611$$

$$w \geq 16,611$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times w}{b}} = \sqrt{\frac{6 \times 16,611}{150}} = 0,815 \text{ cm} \rightarrow t < t_{\text{min}} \text{ untuk}$$

pintu = 1,20 cm, direncanakan menggunakan 2,5 cm.

$$t = 2,5 \text{ cm}$$

Maka digunakan tebal pintu adalah 2,5 cm

d. Kontrol tebal plat terhadap kelendutan:

$$\text{Lendutan ijin, } \bar{f} = \frac{L}{360}$$

$$\bar{f} = \frac{150}{360} = 0,4167 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi,

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{9,45 \times L^4}{E \times I}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{13,8 \times 150^4}{2,1 \times 10^6 \times \frac{1}{12} \times 90 \times 2,5^3}$$

$$f = 0,253 \text{ cm} \leq \bar{f} = 0,416 \text{ cm (OK)}$$

Jadi dipakai pintu dengan tebal 2,5 cm.

Sehingga didapatkan ukuran pintu:

lebar pintu air	= 1,5 m
tinggi bukaan pintu air	= 0,8 meter
tinggi pintu air	= 0,9 meter
tebal pintu air	= 0,025 meter

- Perencanaan Diameter Stang Pintu

Diketahui :

lebar pintu air	= 1,5 m
tinggi bukaan pintu air	= 0,8 meter
tinggi pintu air	= 0,9 meter
tebal pintu air	= 0,025 meter

Perhitungan Stang Pintu

Stang direncanakan dari baja

Pembebanan :

$$\gamma_{\text{baja}} = 7,85 \text{ t/m}^3 = 7850 \text{ kg/m}^3$$

**Akibat berat sendiri**

$$\text{Berat pintu} = 0,9 \times 1,5 \times 0,025 \times 7850 = 264,94 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat penyambung} &= 25\% \times 264,94 \text{ kg} \\ &= 66,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W \text{ total} = 264,94 \text{ kg} + 66,23 \text{ kg} = 331,17 \text{ kg}$$

**Akibat tekanan air**

$$\begin{aligned} H_a &= q \times H_{\text{pintu}} \\ &= 9,45 \times 0,9 \\ &= 8,505 \text{ ton} \end{aligned}$$

**Gaya gesek pelat dengan air**

$$\begin{aligned} G &= f \times H_a \\ &= 0,40 \times 8,505 \\ &= 3,402 \text{ ton} \end{aligned}$$

**Pada saat pintu dinaikan**

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban} = \text{Str} &= w (\downarrow) + G (\downarrow) \\
 &= 331,1719 + 3402 \\
 &= 3733,172 \text{ kg } (\downarrow)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Str} &= A \times \sigma \\
 3733,17 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d_1^2 \times 1600
 \end{aligned}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times 3733,17}{\pi \times 1600}}$$

$$d_1 = 1,72 \text{ cm} \approx 1,8 \text{ cm}$$

**Pada saat pintu diturunkan**

$$\begin{aligned}
 \text{Beban yang bekerja} &= w (\text{berat pintu}) (\downarrow) + G (\text{gaya gesek}) (\uparrow) \\
 &= 331,1719 + (-3402) \\
 &= 3070,83 \text{ kg } (\uparrow)
 \end{aligned}$$

$$\text{Str (gaya tarik pada stang)} = A \times \sigma$$

$$3070,83 = \frac{1}{4} \times \pi \times d_2^2 \times 1600$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{3070,83}{\pi \times 400}}$$

$$d_2 = 1,56 \text{ cm} \approx 1,6 \text{ cm}$$

Diameter stang yang digunakan adalah 7 cm



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah melakukan berbagai analisis dan perhitungan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dari pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis hidrologi (PUH 10 tahun) dengan tinggi hujan 158,241 mm, besar debit *inflow* rencana ( $Q_{\text{hidrologi}}$ ) yang mengalir dari saluran dalam *catchment area* sebesar 2,903 m<sup>3</sup>/detik
2. Menurut perhitungan, volume tampungan yang dibutuhkan sebesar 33441,1 m<sup>3</sup>, sedangkan volume waduk yang tersedia sebagai tampungan sebesar 33814,253 m<sup>3</sup>, maka dari itu tidak diperlukan pembesaran dimensi waduk.
3. Dari perhitungan saluran hilir waduk, didapatkan debit *outflow* ijin sebesar 1,28 m<sup>3</sup>/dt.
4. Pada pengoperasiannya digunakan pintu air dengan dimensi:  
B pintu = 1,5 m  
H pintu = 0,9 m  
t pintu = 2,5 cm  
Dan bukaan pintu sebesar 0,8 m  
Dengan diameter stang = 7 cm

#### **5.2. Saran**

Terdapat saran dari penulis setelah melakukan studi lapangan, analisis, dan perhitungan yaitu :

1. Pemilihan data hujan yang cukup akan menghindari terjadinya kesalahan analisis distribusi persebaran data.
2. Perlunya ada perawatan berkala untuk waduk dan pintu air agar sistem pembuangan dapat berjalan lancar.
3. Adanya peninjauan teknis terhadap operator pintu agar sistem berjalan optimal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

## DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum, 2006. **Perencanaan Sistem Drainase Jalan, Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-02-2006-B.**

Departemen Pekerjaan Umum, 2010. **Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Saluran KP-03.**

Hadisusanto, N., 2010. **Aplikasi Hidrologi.** Malang. Jogja Mediautama : Haryo Istanto.

Soemarto, C. D., 1999. **Hidrologi Teknik.** Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Suripin, 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.** Yogyakarta: ANDI Offset.

Triatmodjo, B., 2008. **Hidrologi Terapan.** Yogyakarta : Beta Offset.

Sofia, F., 2006. **Modul Ajar Sistem dan Bangunan Drainase.** Surabaya.

Norman. P., 2017. **Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase UNESA Dengan Adanya Pengembangan Kawasan Surabaya Barat.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Harto, S., 1981. **Hidrologi Terapan.** Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Lasminto, U., 2015. **Laporan Akhir Perencanaan Penataan Saluran Drainase Sekunder dan Tersier Kawasan Surabaya Sisi Barat.** Surabaya: Dinas Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya.

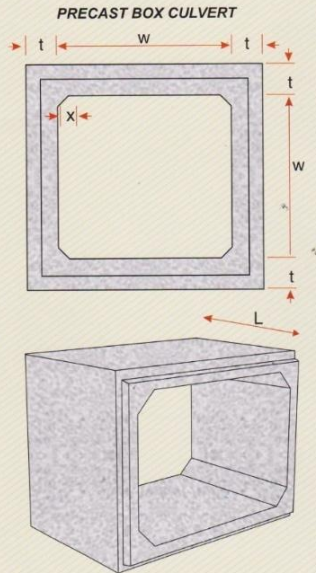
Pitaloka, M. G., 2017. **Perencanaan Sistem Drainase Kebon Agung Kota Surabaya, Jawa Timur.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

## **LAMPIRAN**

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

## DIMENSI BETON PRECAST BOX CULVERT



TYPE BOX CULVERT	AXLE LOAD	MIN. LOADING CAPACITY CRACK LOAD	ULT. LOAD
BC LIGHT DUTY	P = 10 ton	CL > 4,5 t	UL > 8,0 t
BC HEAVY DUTY	P = 22,5 ton	CL > 10,5 t	UL > 21 t

**SPECIFICATION :**  
Concrete Strength K-350  
Reinforcement Bar U-50 HDDW  
Water Cement Ratio 0,4

### A. PRECAST BOX CULVERT LIGHT DUTY

Axle Load / Beban Gandar P = 10 ton

TYPE BOX CULVERT	DIMENSION ( mm )				WEIGHT pcs (kg)
	W	t	x	L	
BC 40 x 40 LD	400	75	75	1000	371
BC 50 x 50 LD	500	80	80	1000	483
BC 60 x 60 LD	600	85	85	1000	608
BC 80 x 80 LD	800	90	90	1000	855
BC 100 x 100 LD	1000	110	110	1000	1260

### B. PRECAST BOX CULVERT HEAVY DUTY

Axle Load / Beban Gandar P = 22,5 ton

TYPE BOX CULVERT	DIMENSION ( mm )				WEIGHT pcs (kg)
	W	t	x	L	
BC 40 x 40 HD	400	90	70	1000	468
BC 50 x 50 HD	500	100	80	1000	619
BC 60 x 60 HD	600	110	90	1000	804
BC 80 x 80 HD	800	150	120	1000	1464
BC 100 x 100 HD	1000	150	150	1000	1757
BC 120 x 120 HD	1200	160	160	1000	2261
BC 140 x 140 HD	1400	180	180	1000	2961
BC 150 x 150 HD	1500	200	200	1000	3549
BC 160 x 160 HD	1600	220	220	1000	4332
BC 200 x 200 HD	2000	240	240	1000	5714

Data is subject to change without notice



CU0312

Lampiran 1. Brosur *Box Culvert* "Dimensicon"

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



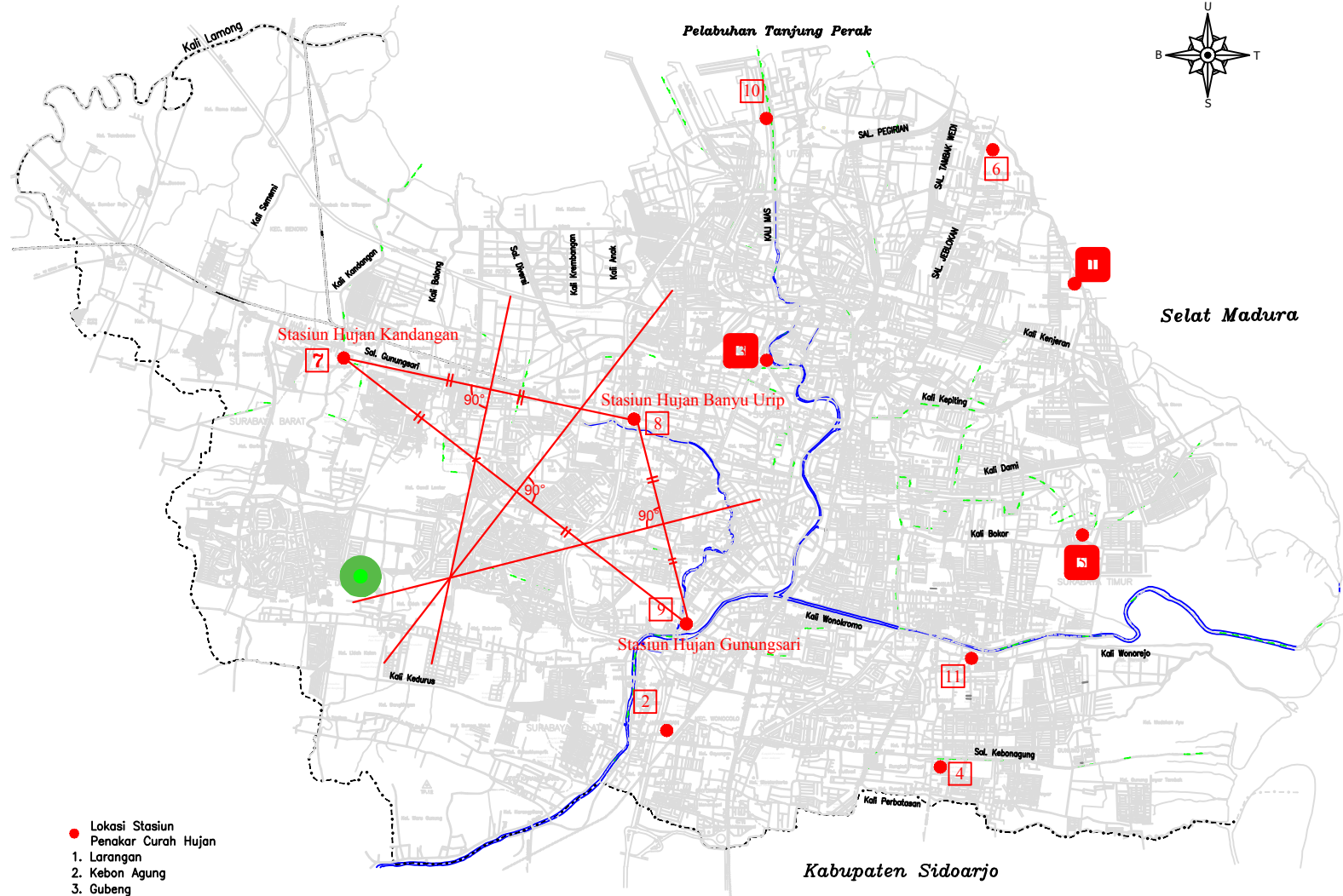


Lampiran 2. Pengukuran lebar saluran eksisting hilir waduk



Lampiran 3. Pengukuran tinggi saluran eksisting hilir waduk

Kabupaten Gresik



- Lokasi Stasiun Penakar Curah Hujan
  - 1. Larangan
  - 2. Kebon Agung
  - 3. Gubeng
  - 4. Wonorejo
  - 5. Keputih
  - 6. Kedung Cowek
  - 7. Kandangan
  - 8. Banyu Urip
  - 9. Gunungsari
  - 10. Perak
  - 11. Wonokromo
- Sumber : DPUD Surabaya  
Brantas Surabaya



## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

Metode Poligon  
Thiessen

NOMOR

JUMLAH

1

15

### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059



## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,  
DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN  
DRAINASE PADA  
SUBSISTEM WADUK  
SLAMET DI SURABAYA  
BARAT**

### NAMA GAMBAR

Layout Lokasi Studi  
Hulu Waduk

**NOMOR**

**JUMLAH**

2A

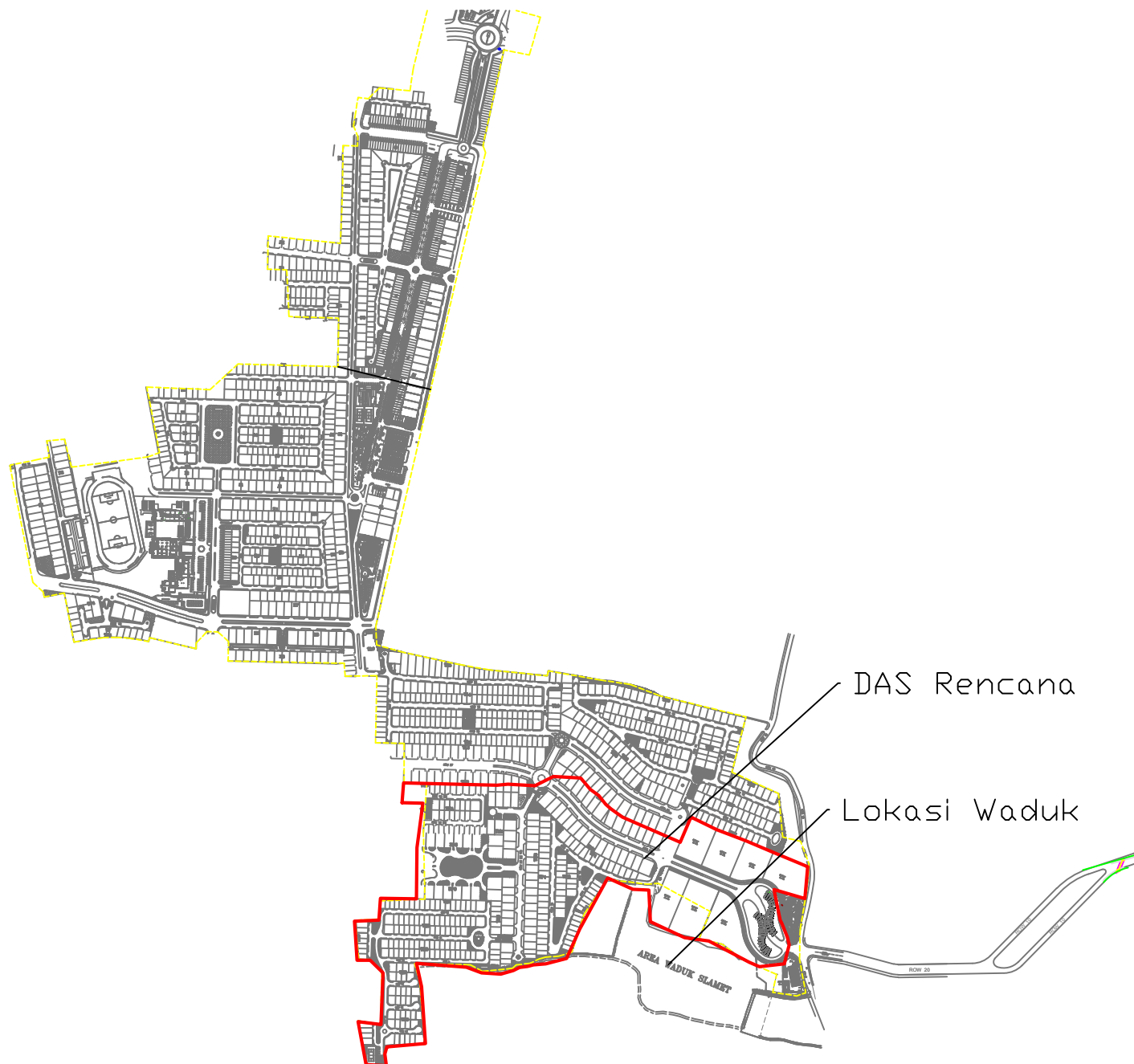
15

### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro  
Lasminto, ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno,  
CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar  
Adriyani  
0311154000059





## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,  
DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN  
DRAINASE PADA  
SUBSISTEM WADUK  
SLAMET DI SURABAYA  
BARAT**

### NAMA GAMBAR

Layout Lokasi Studi  
Hulu Waduk

NOMOR

JUMLAH

2B

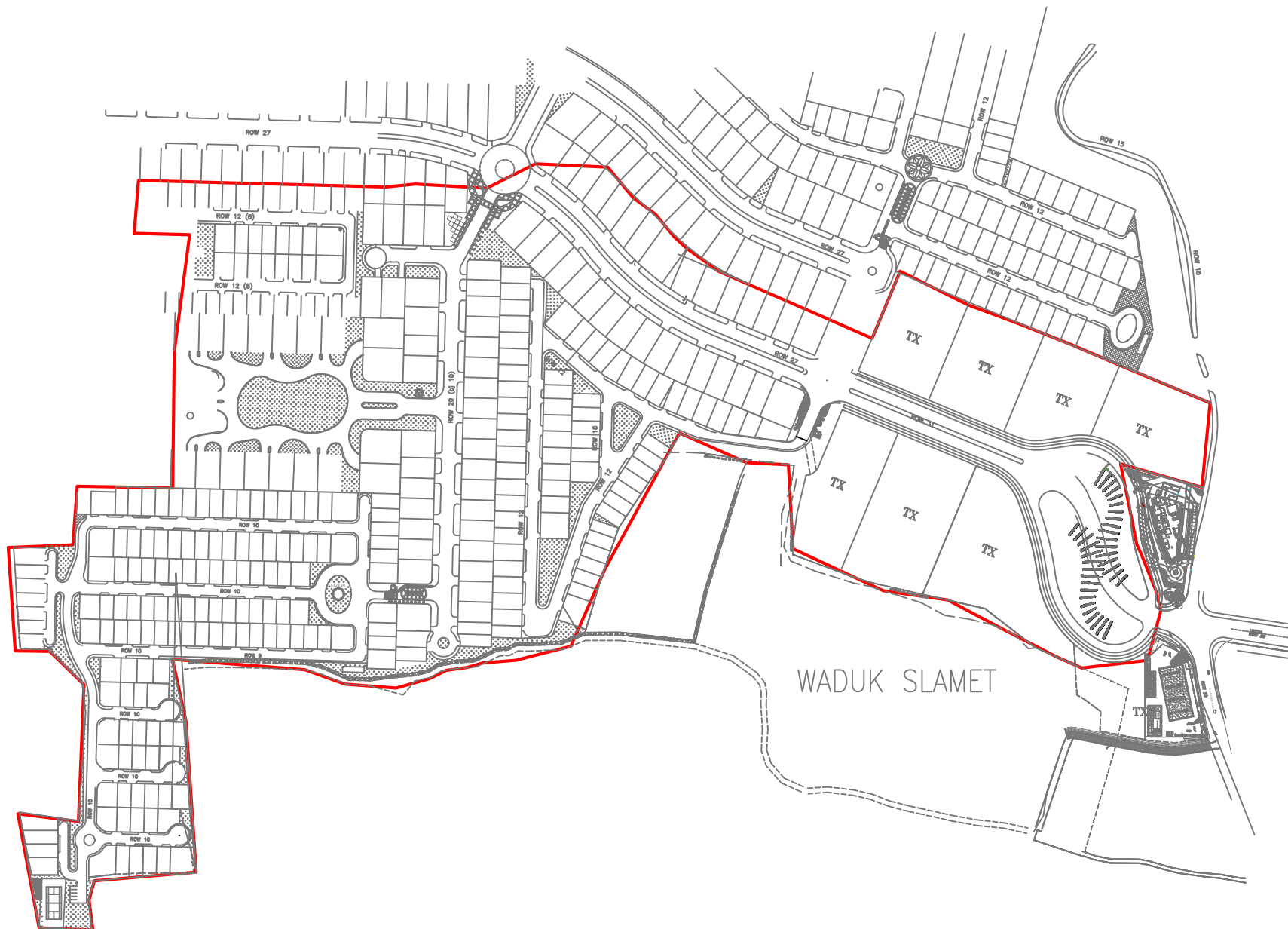
15

### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro  
Lasminto, ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno,  
CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar  
Adriyani  
0311154000059





## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,  
DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN  
DRAINASE PADA  
SUBSISTEM WADUK  
SLAMET DI SURABAYA  
BARAT**

### NAMA GAMBAR

**ARAH ALIRAN  
EKSISTING HULU**

**NOMOR**

**JUMLAH**

3

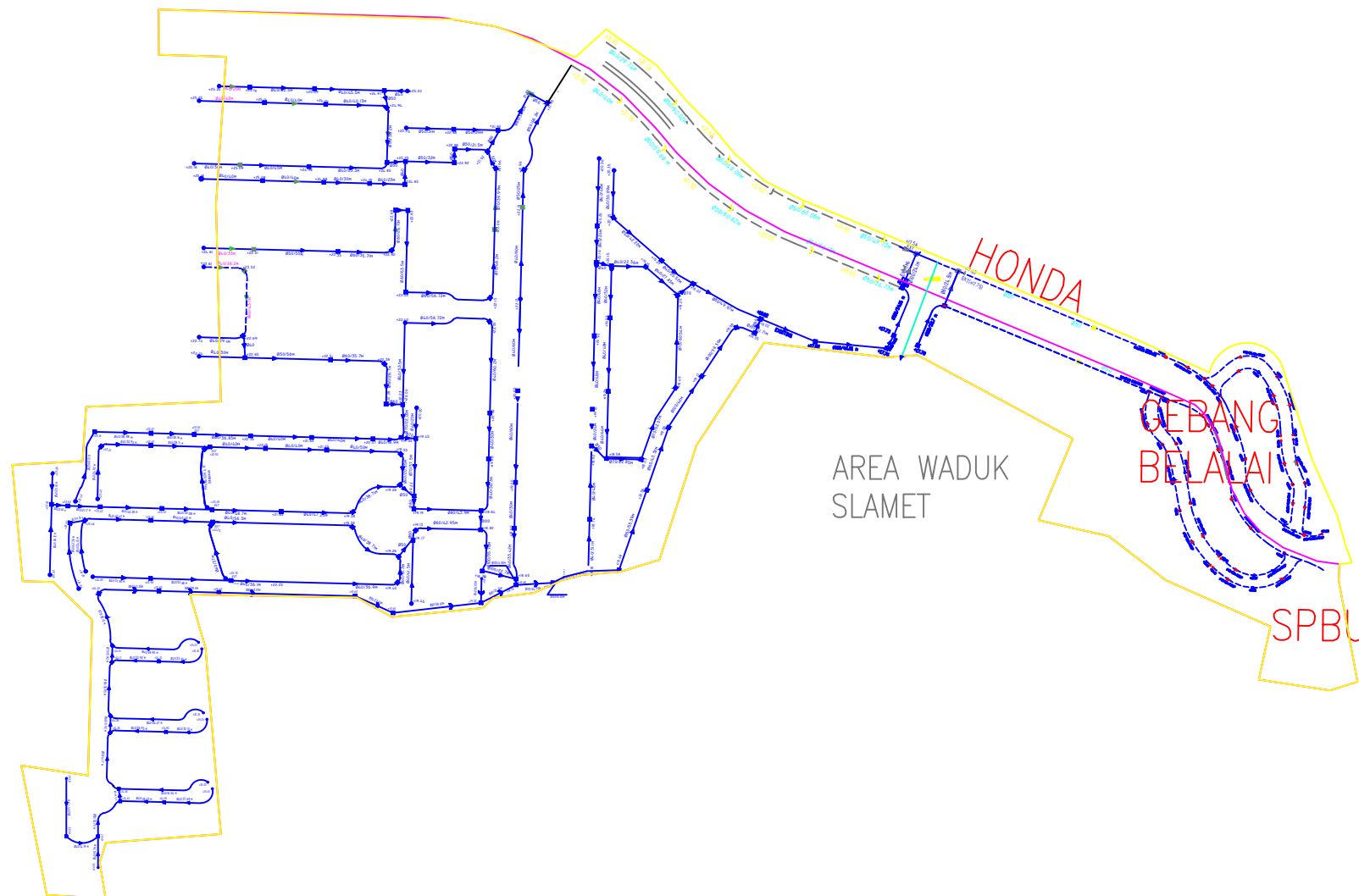
15

### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro  
Lasminto, ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno,  
CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar  
Adriyani  
0311154000059





## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,  
DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN  
DRAINASE PADA  
SUBSISTEM WADUK  
SLAMET DI SURABAYA  
BARAT**

### NAMA GAMBAR

**ARAH ALIRAN HULU  
RENCANA**

**NOMOR**

**JUMLAH**

4

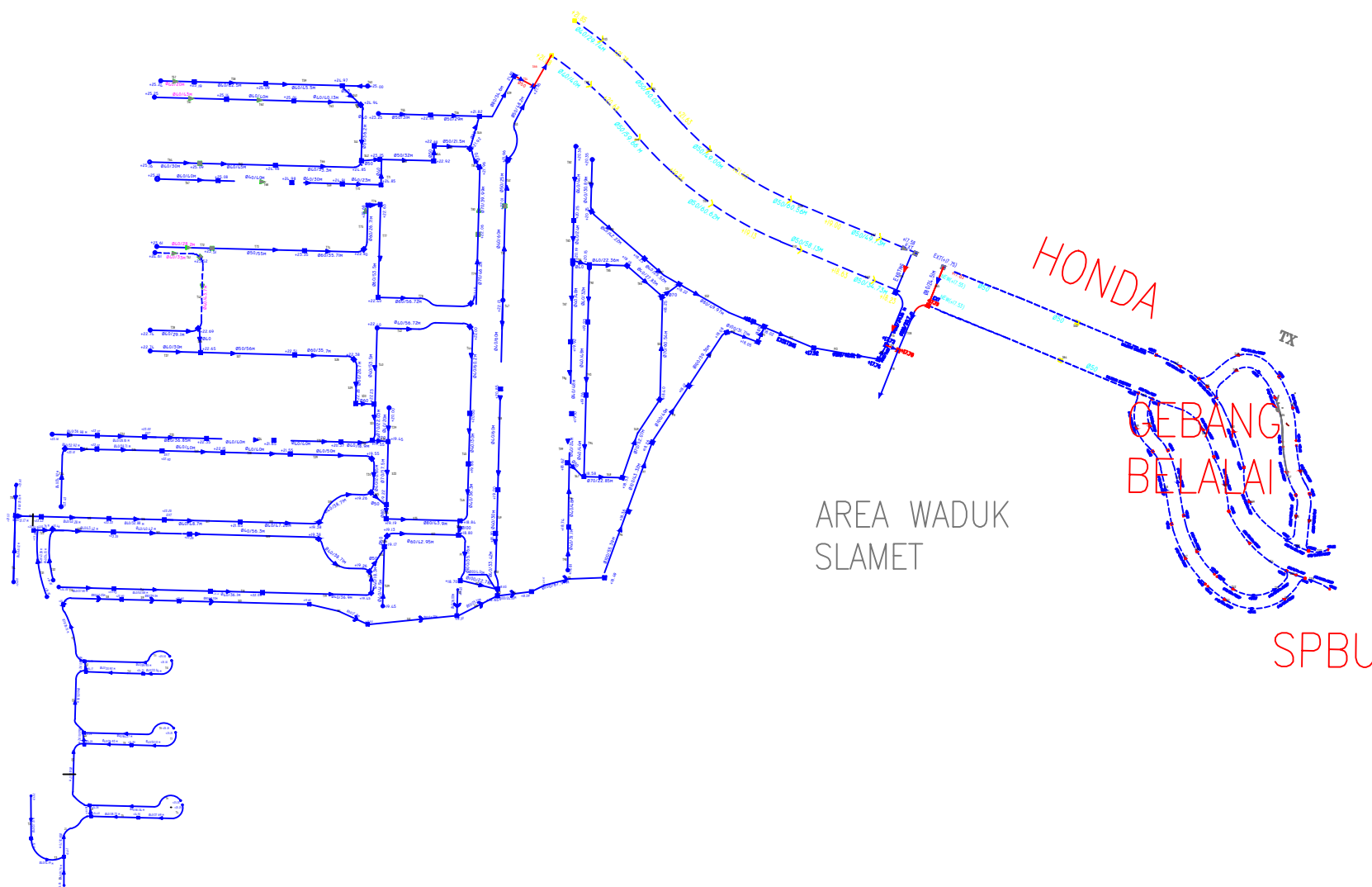
15

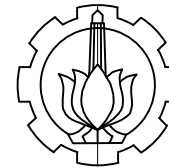
### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro  
Lasminto, ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno,  
CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar  
Adriyani  
0311154000059





## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

BATAS DAS  
JARINGAN HILIR  
WADUK

**NOMOR**

5

**JUMLAH**

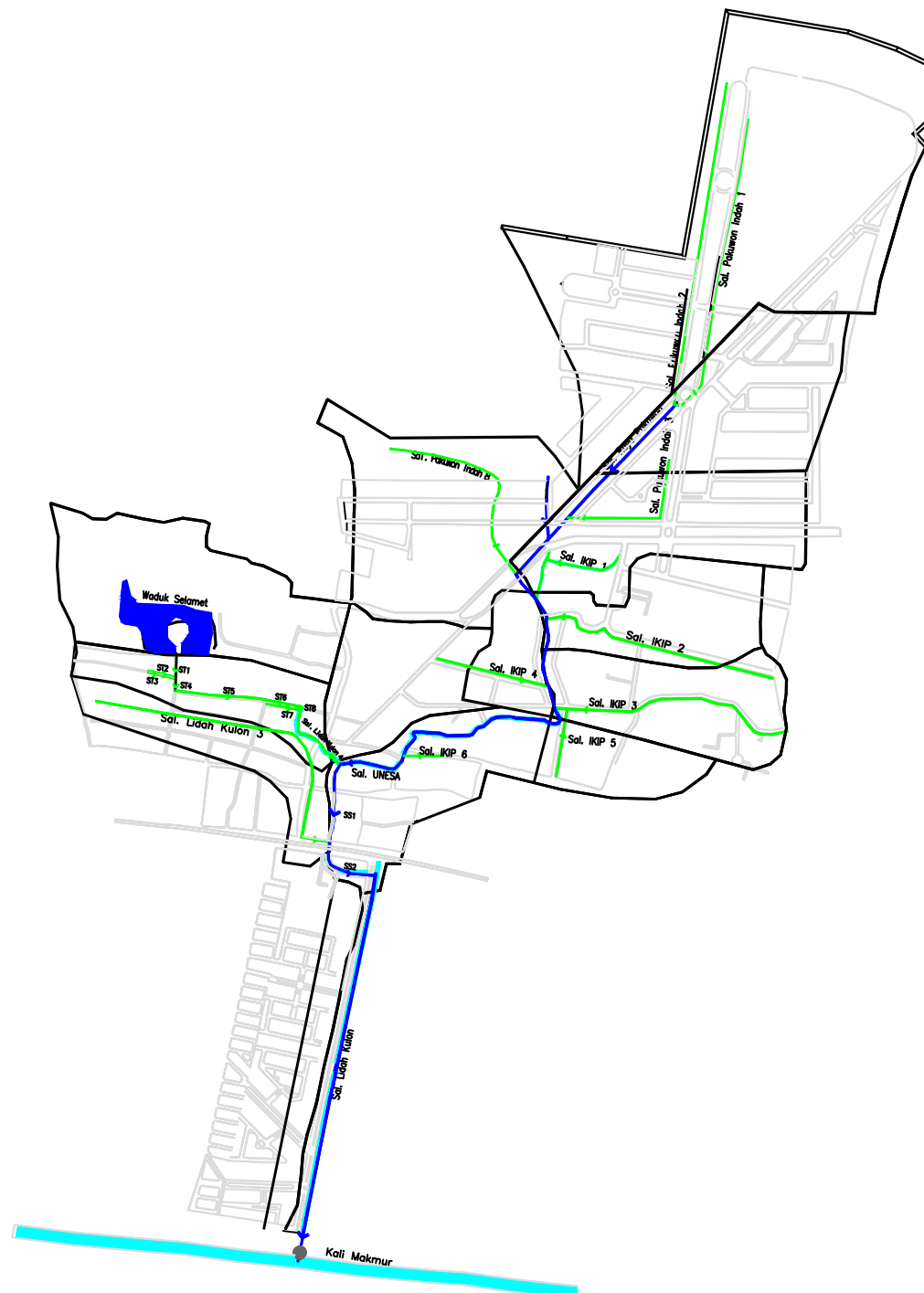
15

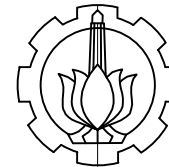
### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059





## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

ARAH ALIRAN  
SALURAN HILIR  
WADUK

**NOMOR**

**JUMLAH**

6

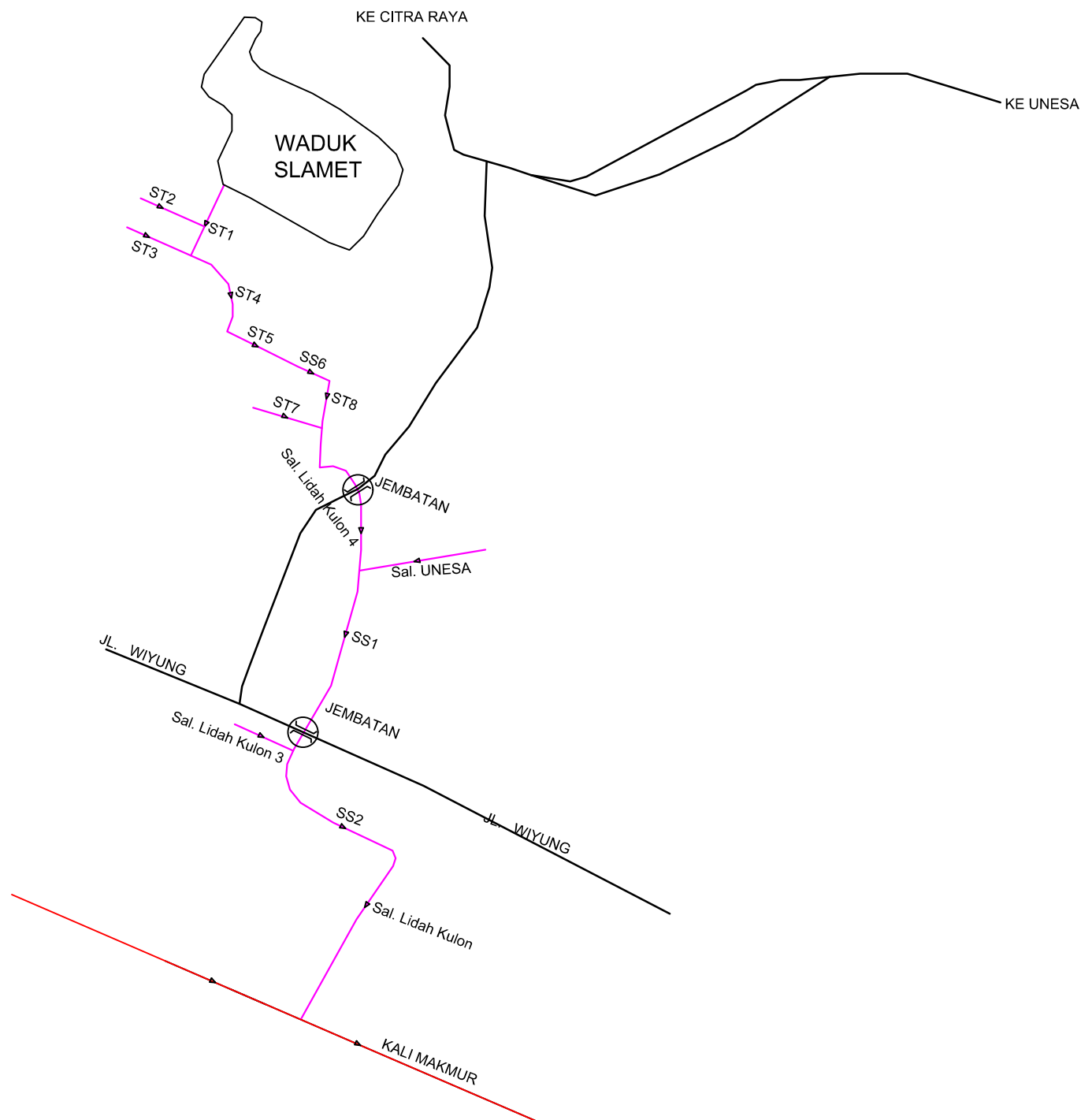
15

### DOSEN PEMBIMBING

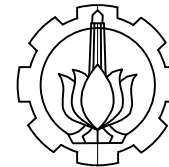
Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059







# S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

## JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

## NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN SALURAN  
RENCANA HULU WADUK

## NOMOR

7A

## JUMLAH

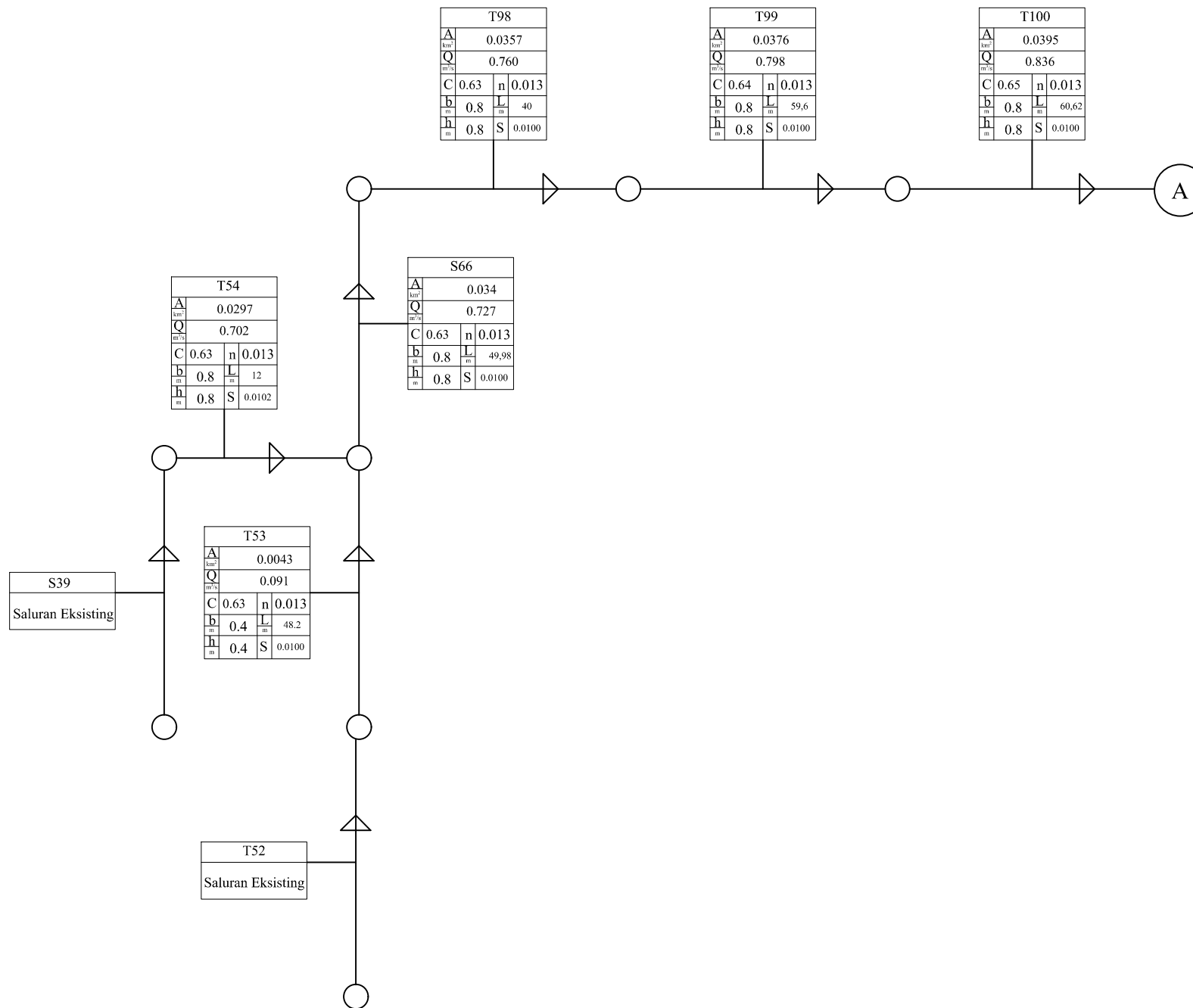
15

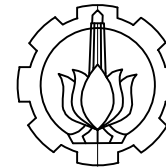
## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

## NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059





# S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

## JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

## NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN SALURAN  
RENCANA HULU WADUK

## NOMOR

7B

## JUMLAH

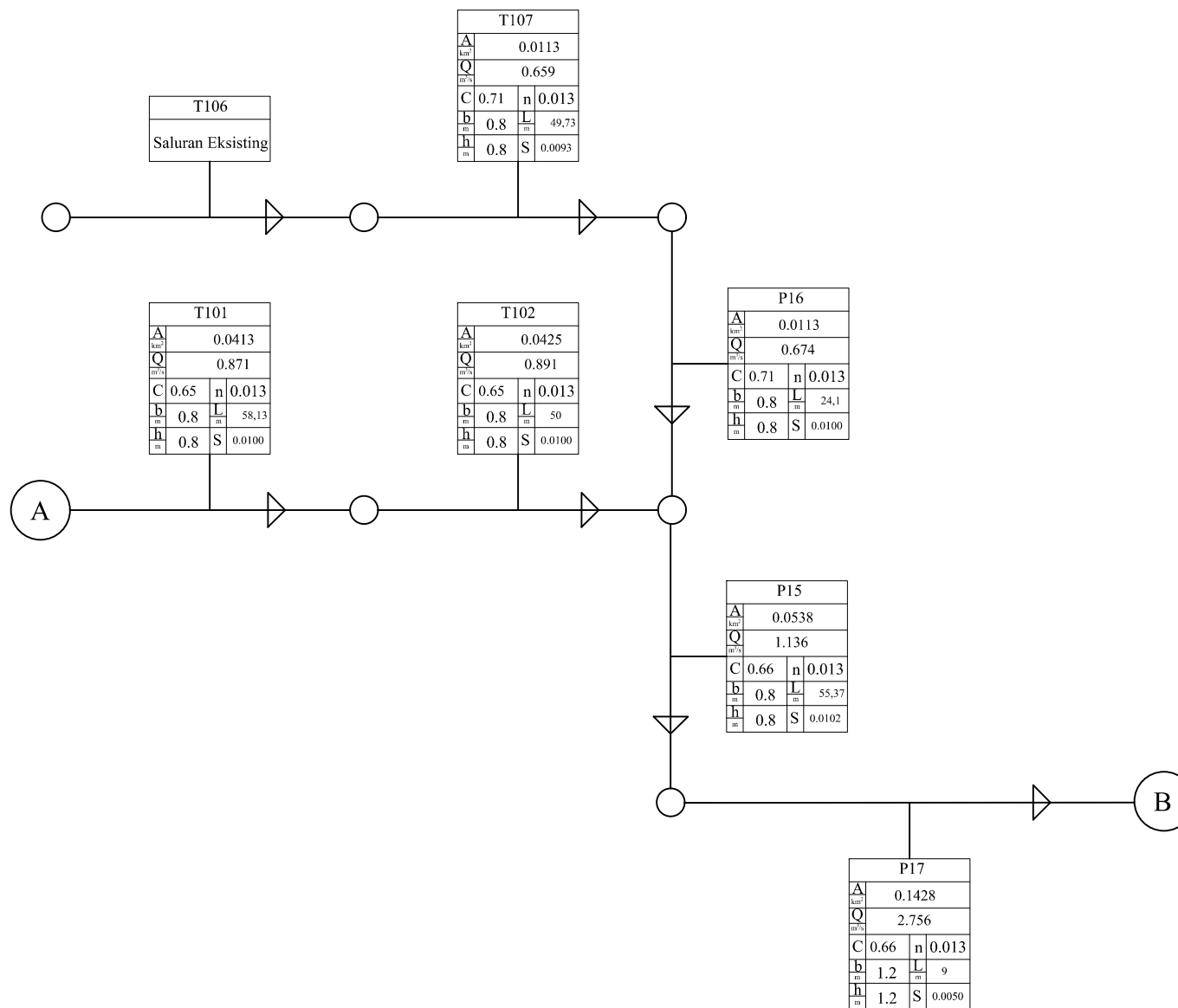
15

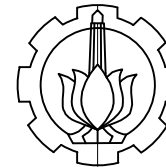
## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

## NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059





# S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

## JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

## NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN SALURAN  
RENCANA HULU WADUK

## NOMOR

7C

## JUMLAH

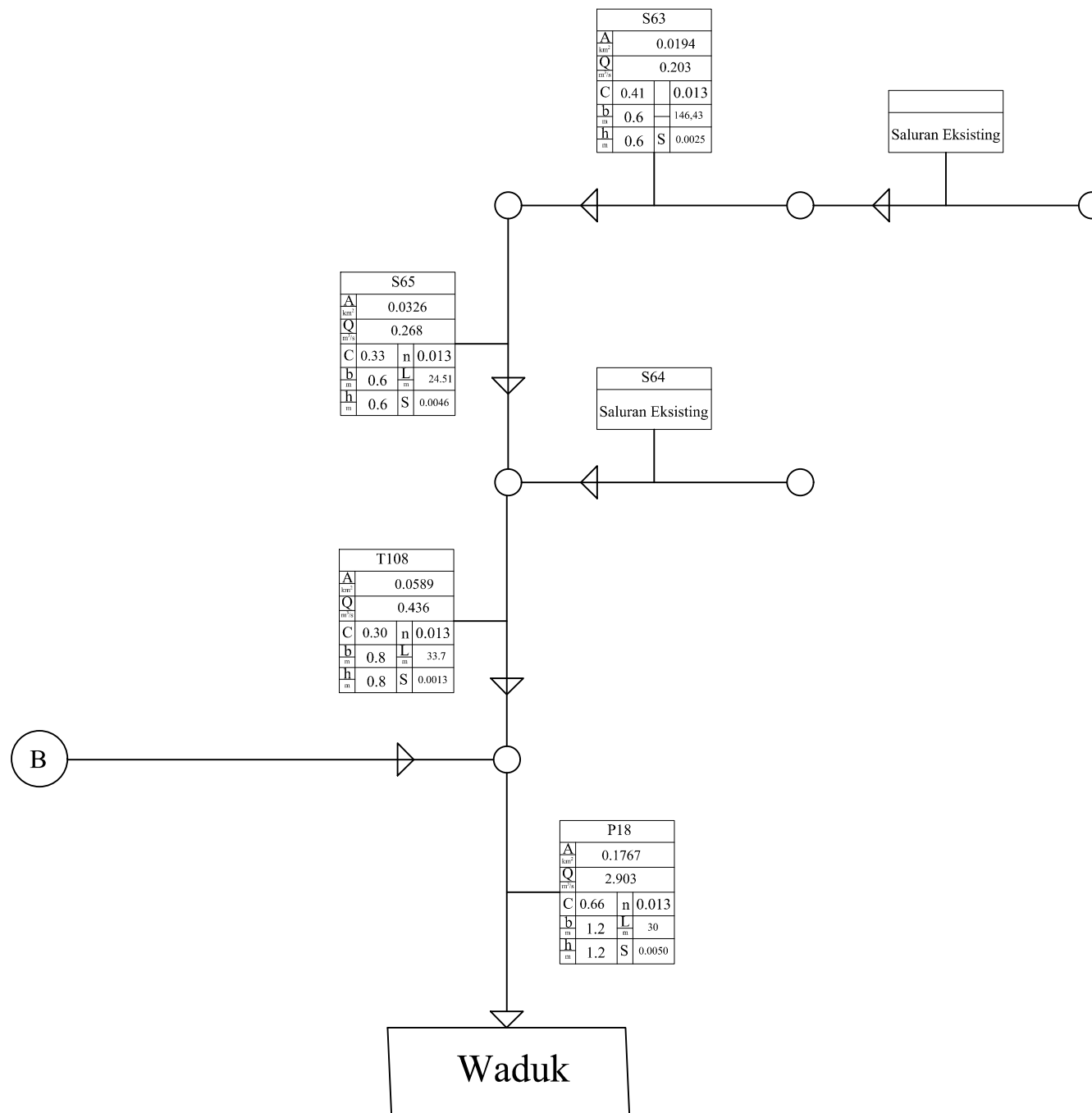
15

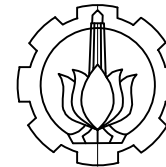
## DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

## NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059





## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN  
HILIR WADUK

### NOMOR

8A

### JUMLAH

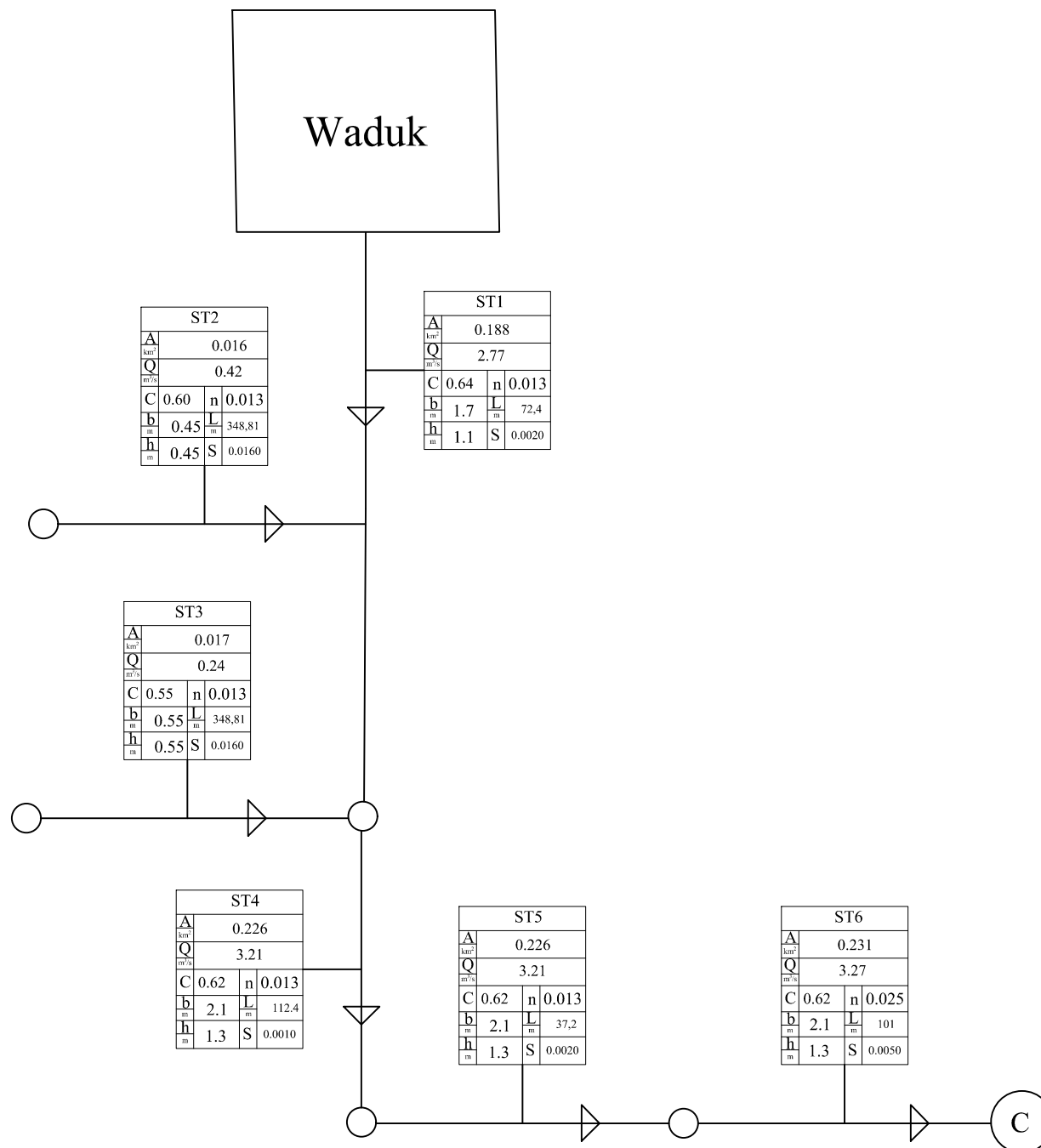
15

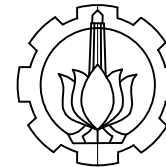
### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059





# S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

## JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

## NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN  
HILIR WADUK

## NOMOR

8B

## JUMLAH

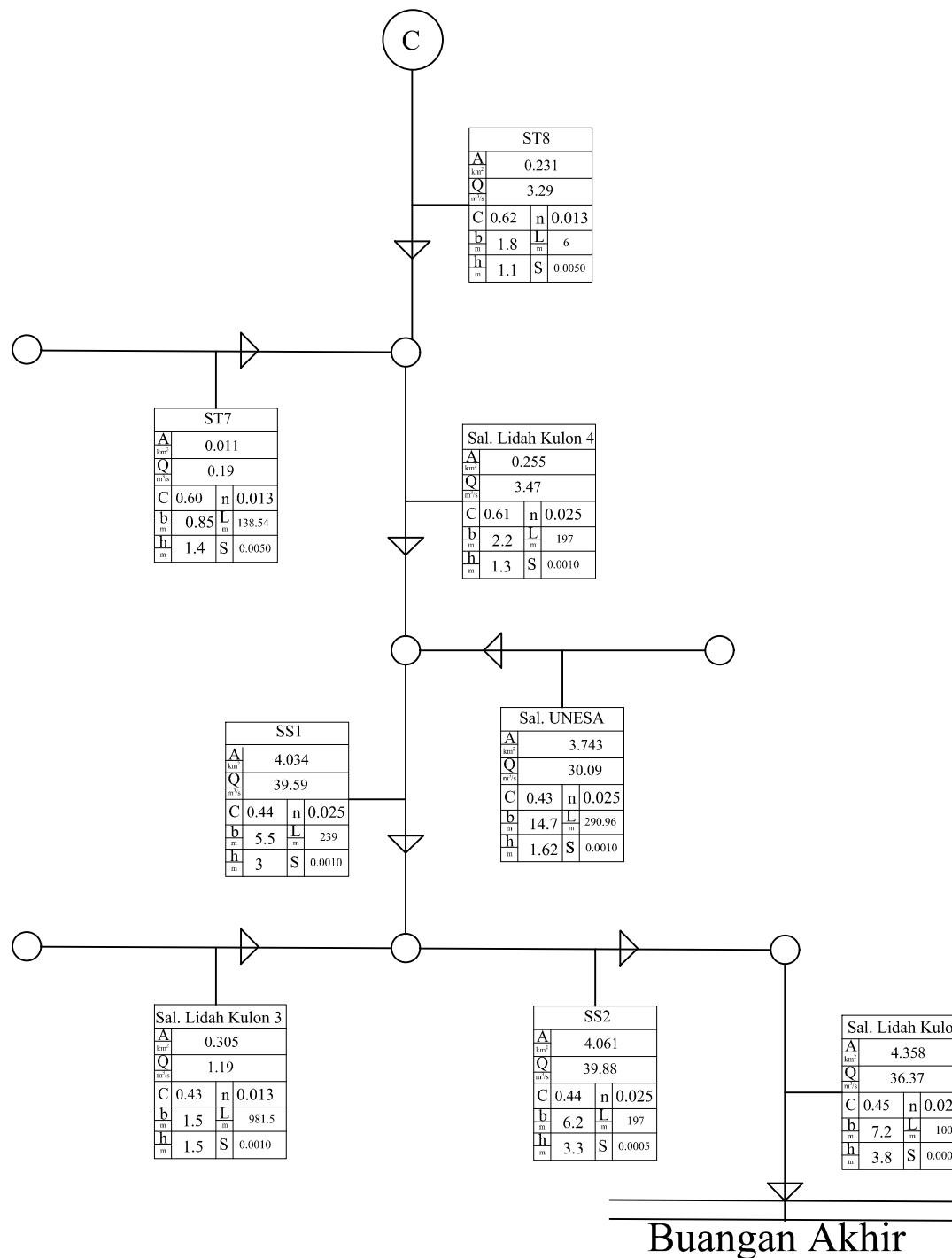
15

## DOSEN PEMBIMBING

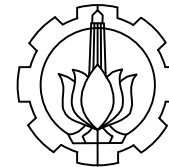
Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

## NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059



Buangan Akhir



## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

### POTONGAN PENAMPANG MELINTANG SALURAN

NOMOR

JUMLAH

9

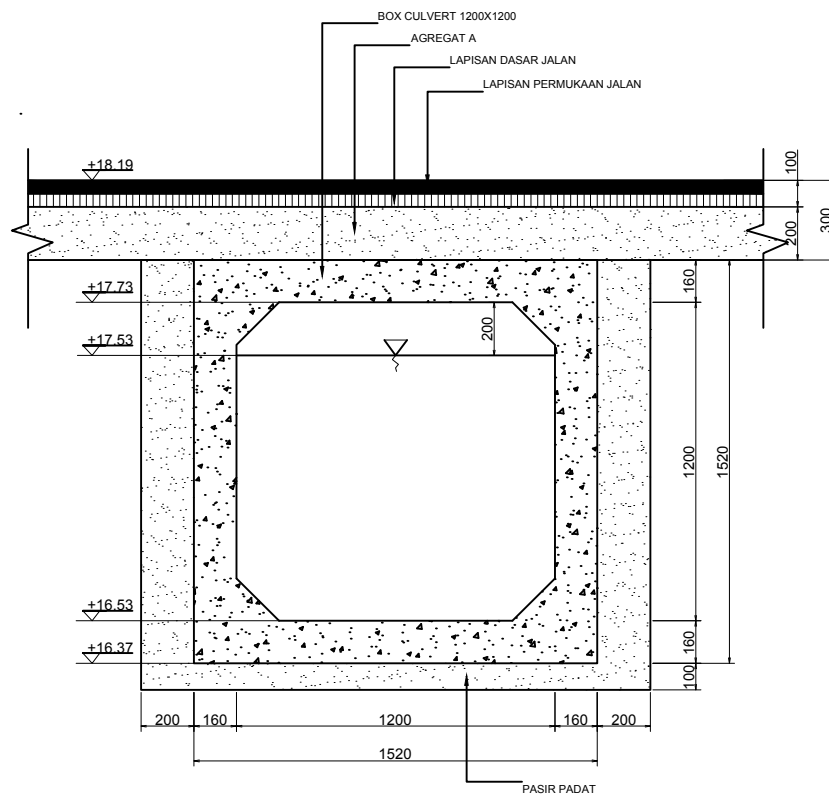
15


### DOSEN PEMBIMBING

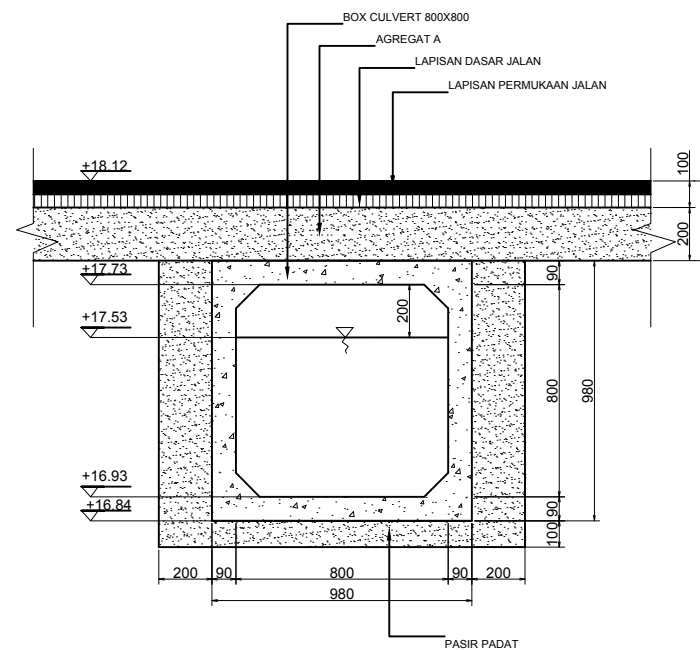
Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA


### NAMA MAHASISWA

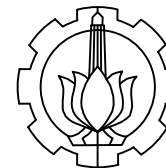
Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059



 PENAMPANG SALURAN P17  
SKALA 1 : 20



 PENAMPANG SALURAN T108  
SKALA 1 : 20



## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

### POTONGAN PENAMPANG MELINTANG SALURAN

### NOMOR

### JUMLAH

10

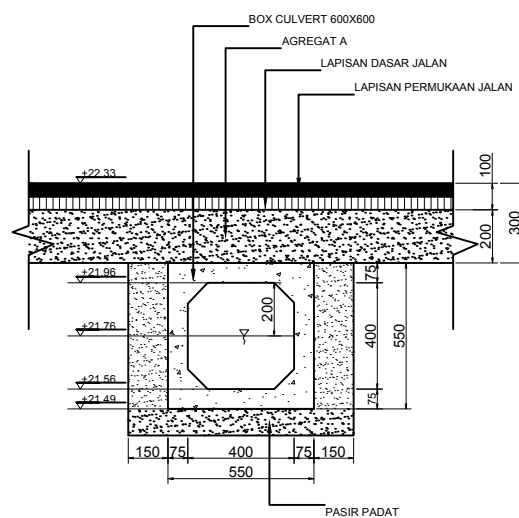
15

### DOSEN PEMBIMBING

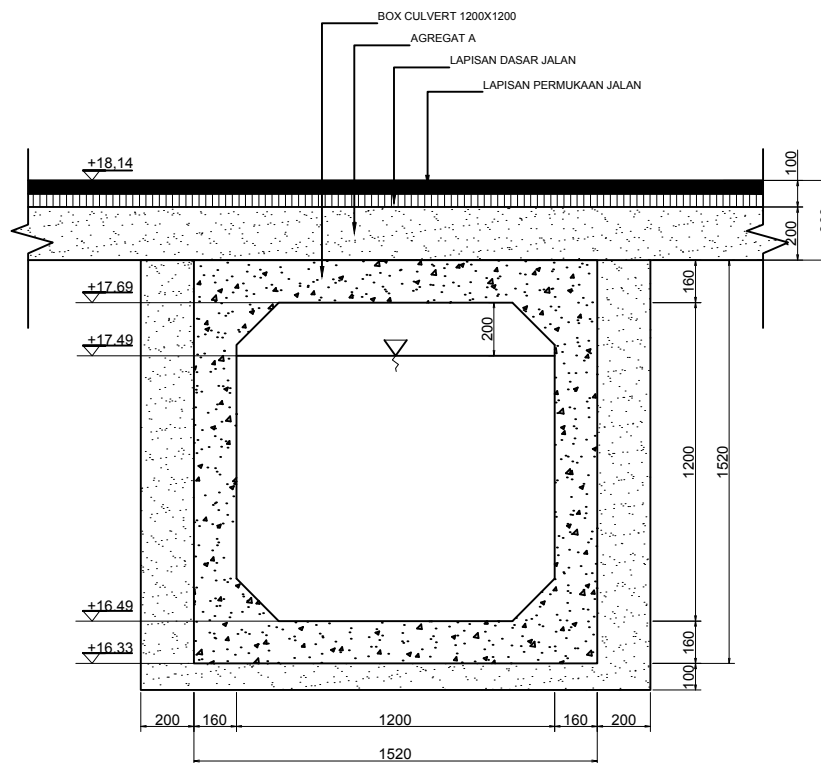
Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

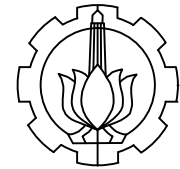
Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059



PENAMPANG SALURAN T53  
SKALA 1 : 20



PENAMPANG SALURAN P18  
SKALA 1 : 20



## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

DENAH WADUK

NOMOR

11

JUMLAH

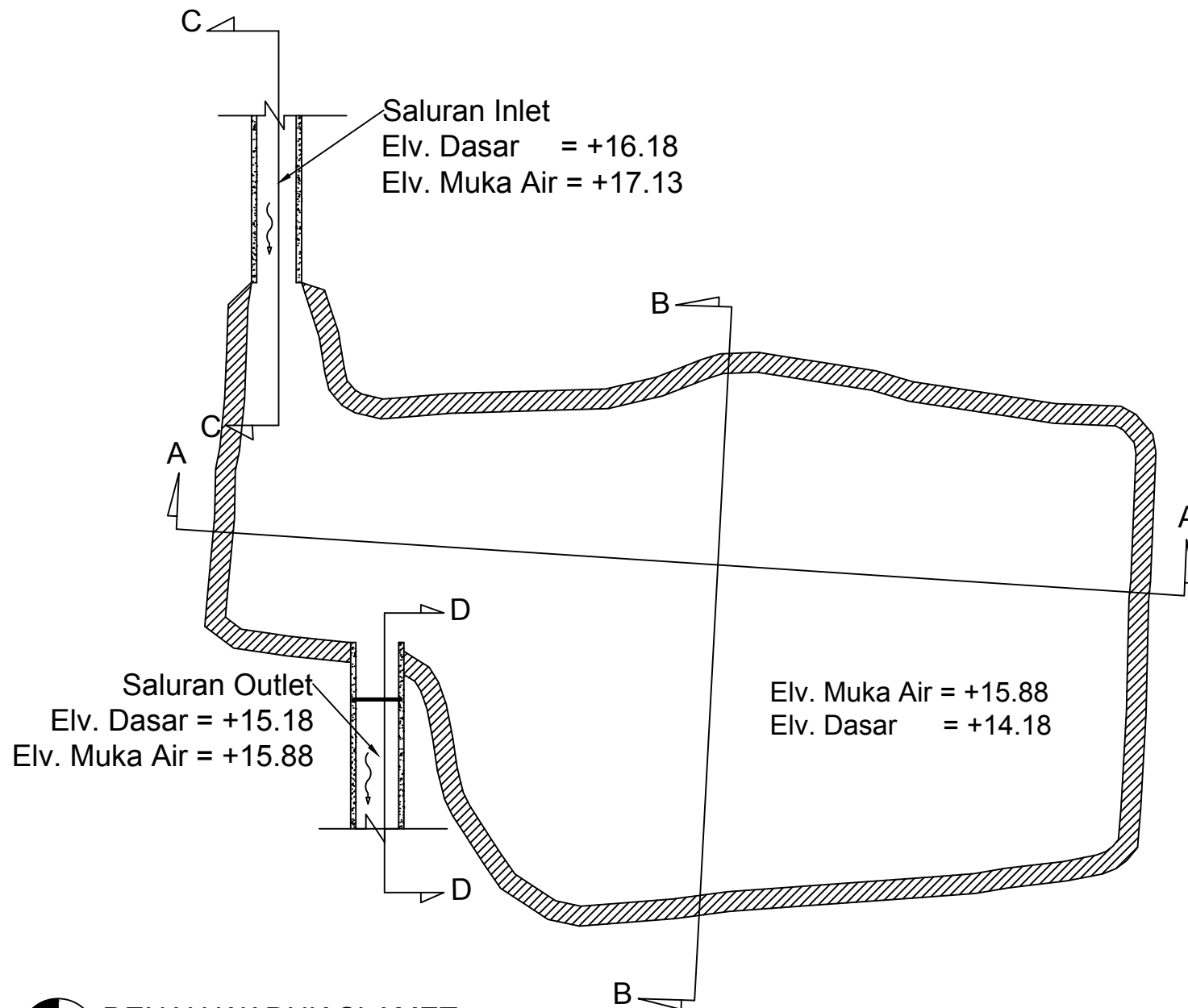
15

### DOSEN PEMBIMBING

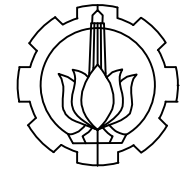
Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059







## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

POT. A-A DAN B-B

### NOMOR

12

### JUMLAH

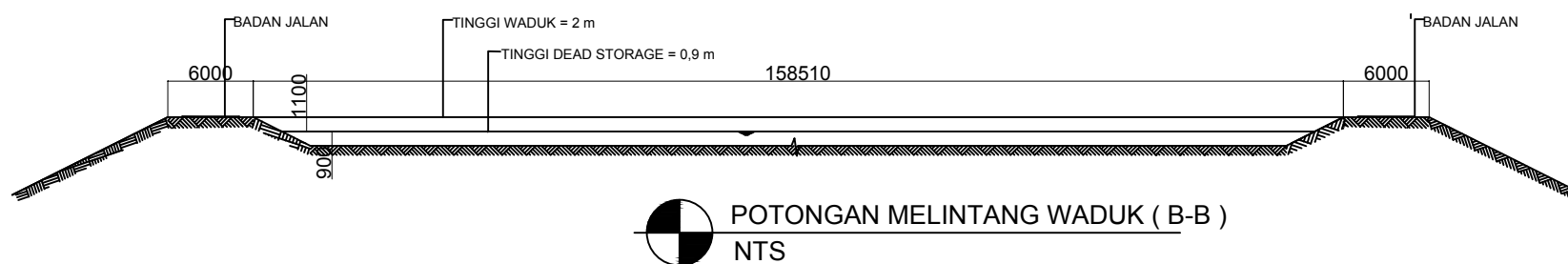
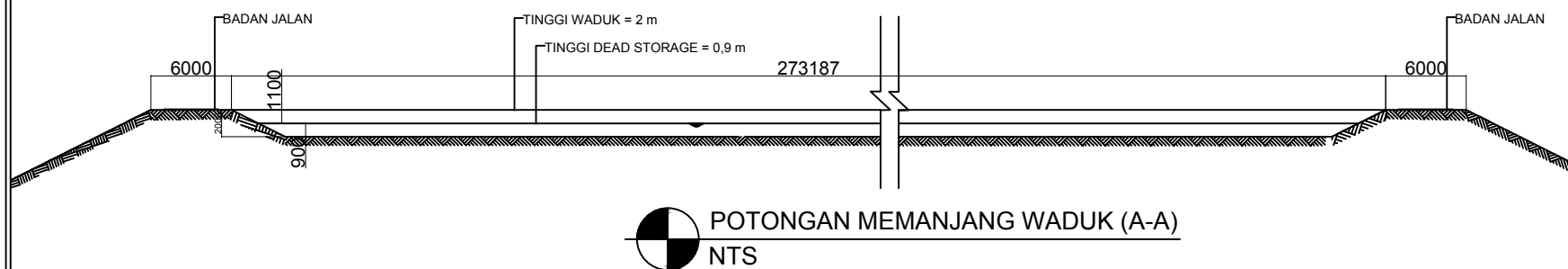
15

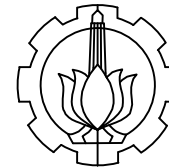
### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059





## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN  
DRAINASE PADA  
SUBSISTEM WADUK  
SLAMET DI SURABAYA  
BARAT**

### NAMA GAMBAR

POTONGAN C-C

### NOMOR

13

### JUMLAH

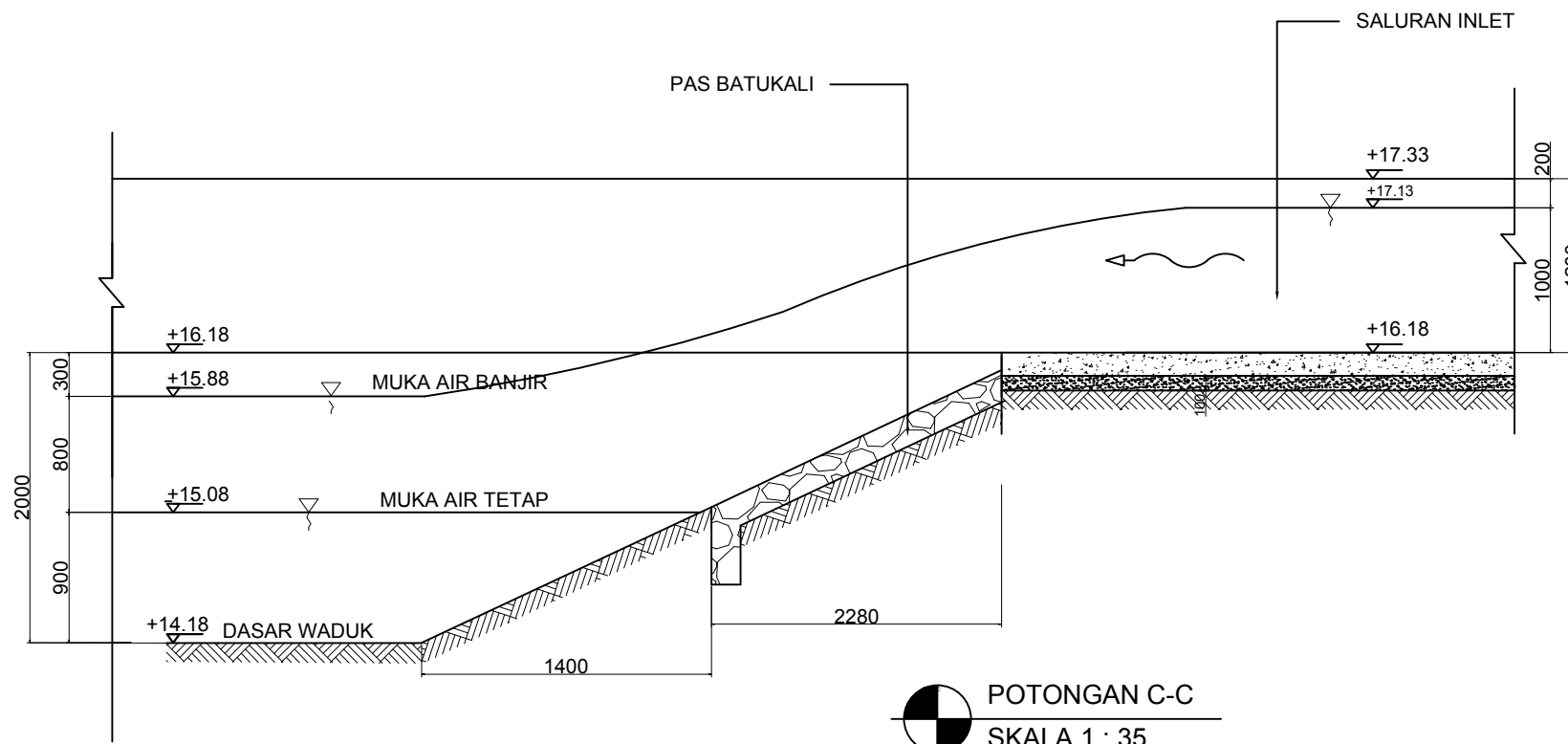
15

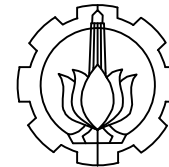
### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059





## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN DRAINASE PADA SUBSISTEM WADUK SLAMET DI SURABAYA BARAT

### NAMA GAMBAR

### POTONGAN D-D

### NOMOR

14

### JUMLAH

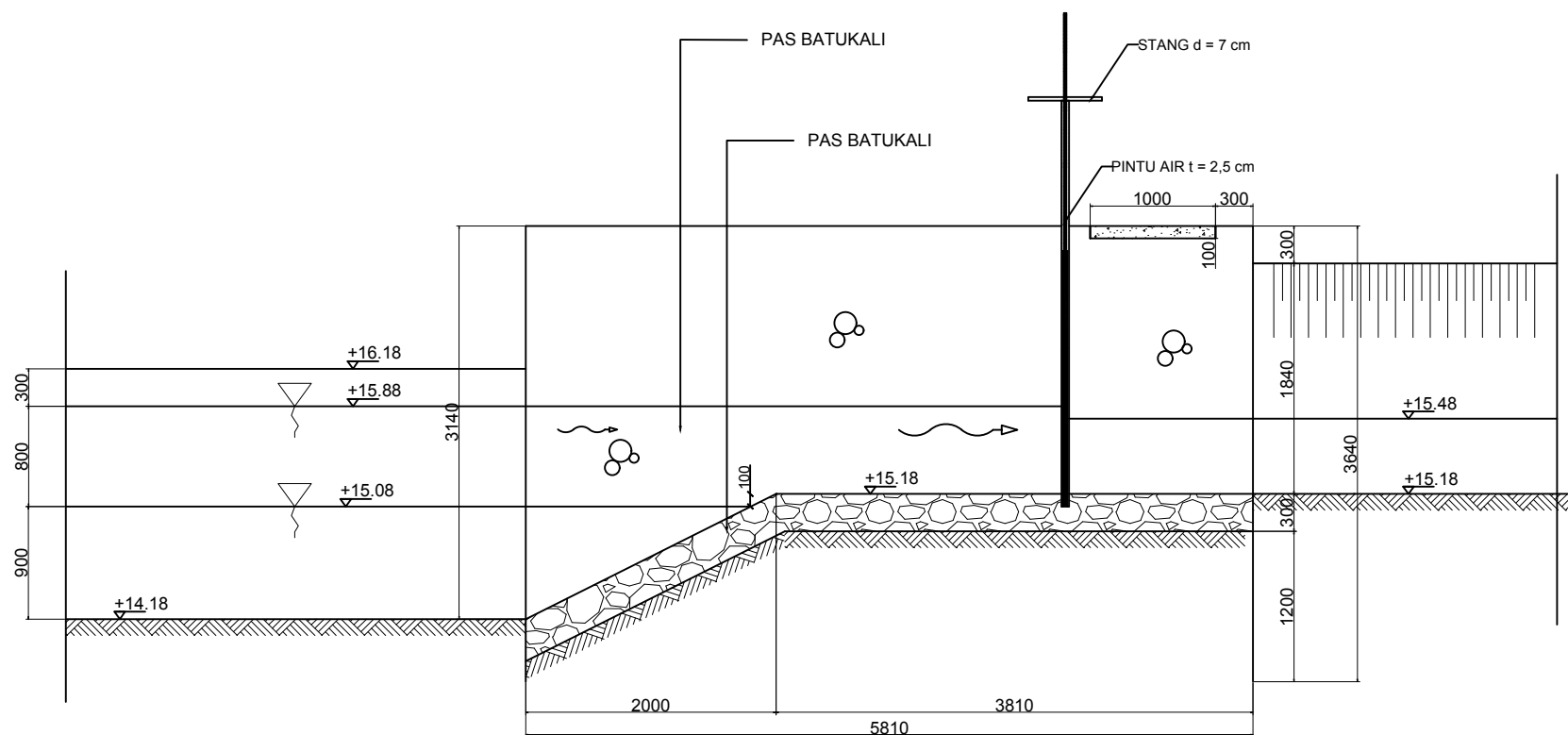
15

### DOSEN PEMBIMBING

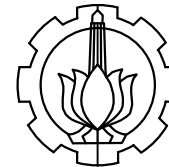
Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059



 POTONGAN D-D  
SKALA 1 : 40



## S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 2019

### JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN  
DRAINASE PADA  
SUBSISTEM WADUK  
SLAMET DI SURABAYA  
BARAT**

### NAMA GAMBAR

### DETAIL PINTU AIR

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

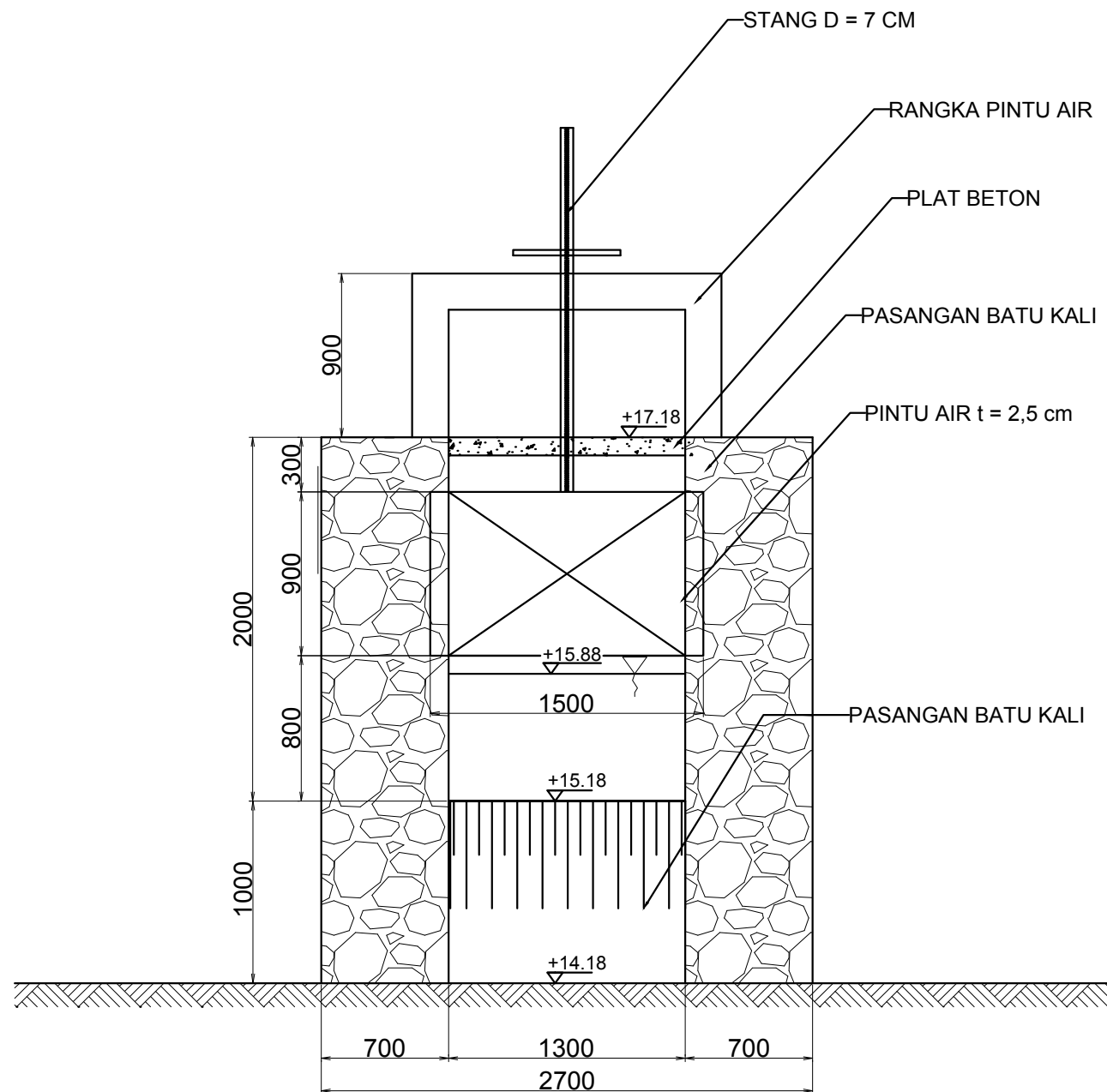
15	15
----	----

### DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasminto,  
ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

### NAMA MAHASISWA

Alysia Lunar Adriyani  
0311154000059



POTONGAN PINTU AIR

SKALA 1 : 25

## BIODATA PENULIS



Alysia Lunar Adriyani. Lahir di Surabaya, pada tanggal 3 Februari 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kendangsari III/278 Surabaya, SMP Negeri 6 Surabaya, SMA Negeri 2 Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Sipil (FTSLK) Surabaya melalui Program Sarjana dan terdaftar dengan NRP

03111440000059. Penulis adalah salah satu Mahasiswi Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Hidroteknik dengan mengambil judul tugas akhir “Perencanaan Drainase Pada Waduk Slamet di Surabaya Barat”. Penulis pernah menjadi Sekertaris Departemen PSDM HMS FTSP-ITS, serta penulis juga aktif dalam kegiatan UKM PSM ITS dan pernah menjadi Staff Departemen PSDM dan Kepala Biro Manajerial Departemen PSDM PSM ITS.

Narahubung

Email : [alysialunar@gmail.com](mailto:alysialunar@gmail.com)