TUGAS AKHIR – RC18-4803

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
NRP. 03111640000082

Dosen Pembimbing I
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.

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

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, Dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR – RC184803

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
NRP. 03111640000082

Dosen Pembimbing I
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.

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

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, Dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT – RC18-4803

RE-PLANNING THE DRAINAGE SYSTEM OF MULYOSARI RESIDENT, EAST SURABAYA

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
NRP. 03111640000082

Supervisor I
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.

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

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Planning, and Geo-Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
NRP. 031 116 4000 0082

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc (Pembimbing I)
2. Dr. A. A. N. Satria Damarnegara, ST., M.T. (Pembimbing II)

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

SURABAYA
JULI, 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

Nama Mahasiswa : RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
NRP : 03111640000082
Departemen : TEKNIK SIPIL FTSPK ITS
Dosen Pembimbing : 1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.
2. Dr. A. A. N. Satria Damarnegara, ST., MT.

Abstrak

Surabaya merupakan salah satu kota yang mengalami pengembangan yang cukup pesat dalam pembangunan perumahan. Daerah yang dulunya merupakan sawah, rawa, ataupun lahan kosong diubah fungsinya menjadi perumahan. Termasuk perumahan Mulyosari dengan luas ± 85,397 ha yang memiliki kondisi geografis rendah dan cenderung datar. Berdasarkan hasil survei dan pengamatan di lapangan, terjadi permasalahan yaitu adanya genangan di beberapa titik pada daerah perumahan saat musim hujan. Seperti pada tahun 2020 ini ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi, terjadi genangan setinggi ± 20 cm. Menurut warga sekitar, rata – rata waktu surut dari genangan tersebut adalah 4 – 5 jam. Terjadinya genangan pada perumahan tersebut juga terdapat pengaruh dari pasang surutnya air laut yang terjadi.

Hal ini dapat diatasi dengan merencanakan ulang dimensi saluran drainase serta dengan penambahan fasilitas drainase seperti pembangunan kolam tampung, pintu air, ataupun pompa. Oleh karena itu, dilakukan analisis yang dapat mengatasi masalah tersebut. Perencanaan pada Tugas Akhir ini menggunakan simulasi dengan program bantu Storm Water Management Model (SWMM) 5.1 yang diawali dengan melakukan pengumpulan data, yaitu data hidrologi yang terdiri dari data curah hujan, data peta yang terdiri dari peta topografi dan layout perumahan, dan data hidrolika yang didapat dengan cara tinjauan langsung pada

lapangan. Analisis yang dilakukan dengan program bantu SWMM bertujuan untuk mengetahui apakah saluran dapat menampung debit banjir yang ada. Kemudian dilakukan perencanaan ulang dimensi dan perencanaan fasilitas drainase seperti kolam tampung dan pompa. Lalu dilakukan perencanaan pintu air untuk mencegah terjadinya backwater pada bagian hilir yang disebabkan oleh pasang air laut.

Hasil dari Tugas Akhir ini adalah dengan tinggi hujan periode ulang 10 tahun sebesar 120,328 mm, didapatkan debit banjir atau maksimum pada sistem drainase Perumahan Mulyosari sebesar 12,04 m^3/dtk yaitu pada jam ke-2 setelah simulasi menggunakan program bantu SWMM dimulai. Pada tugas akhir ini direncanakan kolam tampung dan pompa pada hilir dengan spesifikasi kolam tampung direncanakan memiliki luas sebesar 500 m^2 dengan kedalaman 2,5 m dan membutuhkan 4 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas 0,65 m^3/dtk. Kolam Lalu untuk spesifikasi pintu air pada hilir sistem drainase Perumahan Mulyosari berjumlah 2 dengan pilar selebar 0,5 m di antaranya. Dimensi dari pintu air tersebut yaitu lebar 0,85 m; tinggi daun pintu 0,75 m; tebal 0,01 m; dan diameter stang 5,00 cm.

Dengan adanya tulisan ini diharapkan dapat memberikan solusi yang dapat memecahkan masalah genangan atau banjir yang terjadi di perumahan Mulyosari. Serta dapat mengetahui dimensi-dimensi dari saluran yang dapat menampung debit banjir, dan juga dimensi dari fasilitas-fasilitas drainase yang diharapkan dapat menanggulangi permasalahan tersebut.

Kata kunci : genangan, kolam tampung, perumahan Mulyosari, pintu air, pompa, saluran drainase, Storm Water Management Model.

RE-PLANNING THE DRAINAGE SYSTEM OF MULYOSARI RESIDENT, EAST SURABAYA

Student Name : **RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO**
NRP : **03111640000082**
Department : **CIVIL ENGINEERING -FTSPK-ITS**
Supervisor : **1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.**
2. Dr. A. A. N. Satria Damarnegara, ST., MT.

Abstract

Surabaya is one of the cities that has undergone rapid development in housing development including Mulyosari Housing in East Surabaya. It was a swamp area that now transformed into a residential with an area of ± 85.397 ha and has a low geographic condition and tends to be flat. Based on the results of surveys, there is a problem that there is a puddle of water at some point around the residential area when it rains in the rainy season. In 2020, when there is high rain intensity then there is a puddle of water as high as ± 20 cm and it takes 4 to 5 hours to dry.

This can be solved by re-planning the dimensions of the drainage channel and adding drainage facilities such storage units, floodgates, and the addition of pumps. To solve the flooding problem in Mulyosari housing, in this final task I use a Storm Water Management model (SWMM) 5.1 program to make a simulation that begins with collecting data that required for this final task, such as hydrological data consisting of rainfall data, map data consisting of topographical maps and residential layouts, and hydraulic data that obtained with survey. Analysis conducted with SWMM programs aims to determine whether the channel can accommodate flood existing discharge. Then I re-planning the dimension of channel and design drainage facilities such as storage units and pumps. Then, the tide gates are planning to prevent the remote from downstream caused by tidal sea water.

The result of this final task is the maximum rainwater runoff in the Mulyosari housing drainage system is 12.04 m^3/sec using

SWMM 5.1 program. On this final task is planned storage unit and pumps with the specifications of the storage unit is have an area of 500 m^2 with a depth of 2.5 m and requires 4 units of pumps with each capacity of 0.65 m^3/sec. Then for the dimensions of tide gate at the downstream are 0.85 m of wide; 0.75 m of height; and 0.01 m of thickness

This article is expected to provide a solution that can solve the problem of puddle or flooding occurring in Mulyosari housing. And can find out the dimensions of the channel that can accommodate flood discharge, and the dimensions of the drainage facilities that are expected to address the problem.

Keywords: flood, Mulyosari housing, storage units, tide gates, pumps, drainage channels, Storm Water Management Model (SWMM) 5.1

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal tugas akhir dengan judul "Perencanaan Ulang Sistem Drainase Perumahan Mulyosari, Surabaya Timur" dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memudahkan segala urusan hamba-Nya salah satunya adalah menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Keluarga penulis yang selalu mendukung dan mendoakan kesuksesan dalam perkuliahan serta khususnya penyusunan proposal tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar selalu memberikan arahan dan bimbingannya dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. A. A. N. Satria Damarnegara, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar selalu memberikan arahan dan bimbingannya dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Aldio, Tasya, Bella, Calista, Dhita, Boy, Ardhika yang membantu dalam ilmu dan semangat untuk pengerjaan tugas akhir ini.
4. Teman – teman Departemen Teknik Sipil ITS angkatan S59 yang selalu mendukung dan menemani dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan penulis. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak i
Abstract iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 3
1.4. Tujuan 3
1.5. Manfaat 3
1.6. Lokasi Tinjauan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Umum 5
2.2. Analisis Hidrologi 5
2.2.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata 6
2.2.2 Analisis Distribusi Frekuensi 7
2.2.3 Uji Kesesuaian Distribusi 14
2.2.4 Periode Ulang 19
2.2.5 Perhitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam 21
2.3. Analisis Hidrolika 22
2.3.1 Storm Water Management Model (SWMM) 22
2.3.2 Rain Gage 26
2.3.3 Junction Node 27
2.3.4 Outfall Node 29
2.3.5 Conduit 30
2.3.6 Subcatchment 40
2.3.7 Storage Unit 49
2.3.8 Routing Metode Dynamic Wave 53
2.4. Pompa 55
2.5. Pintu Air 56
BAB III METODOLOGI 59

3.1. Umum 59
3.2. Studi Lapangan 59
3.3. Studi Literatur 59
3.4. Pengumpulan Data 59
3.5. Analisis Data Dan Perhitungan 60
3.6. Diagram Alir 61
BAB IV PERHITUNGAN 67
4.1. Analisis Curah Hujan 67
4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah 67
4.1.2 Analisis Curah Hujan Maksimum 68
4.1.3 Analisis Distribusi Frekuensi 70
4.1.4 Uji Kesesuaian 80
4.1.5 Kesimpulan Hasil Analisis 88
4.1.6 Periode Ulang 89
4.1.7 Perhitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam 90
4.2. Deskripsi Wilayah Studi 90
4.3. Rain Gage 92
4.4. Junction Node 94
4.5. Outfall Node 107
4.6. Conduit 110
4.7. Subcatchment 125
4.8. Storage Unit 132
4.9. Flow Routing Awal 132
4.10. Flow Routing Evaluasi I 145
4.11. Flow Routing Evaluasi II 163
4.12. Perencanaan Pintu Air 191
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 200
5.1. Kesimpulan 201
5.2. Saran 202
DAFTAR PUSTAKA 203
LAMPIRAN 205
Lampiran 1. Dokumentasi Saluran Eksisting 205
Lampiran 2. Brosur Pompa Air 209
Lampiran 3. Brosur Pintu Air 211
Lampiran 4. Gambar Perencanaan 212

BIODATA PENULIS.....241

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi jalan di lokasi studi yang tergenang pada tahun 2016 2
Gambar 1.2 Peta Lokasi Studi Perumahan Mulyosari 4
Gambar 1.3 Peta Lokasi Perumahan Mulyosari 4
Gambar 2.1 Metode Poligon Thiessen 7
Gambar 2.2 Konseptual *Subcatchment* dalam SWMM 24
Gambar 2.3 Konseptual model *Runoff* pada SWMM 24
Gambar 2.6 Penampang Saluran Persegi 40
Gambar 2.7 Penampang Saluran Trapesium 40
Gambar 2.4 *Storage Curve* 51
Gambar 2.5 *Section View* 52
Gambar 2.8 Tipe Pompa SWMM 55
Gambar 2.9 Kombinasi Aliran Air Tenggelam 56
Gambar 2.10 Kombinasi Aliran Air Tak Tenggelam 57
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir 66
Gambar 4.1 Poligon Thiessen Kota Surabaya 67
Gambar 4.2 Poligon Thiessen DAS Perumahan Mulyosari 68
Gambar 4.3 Penamaan Titik *Junction* pada SWMM 91
Gambar 4.4 Penamaan Saluran *Conduit* pada SWMM 92
Gambar 4.5 *Time Series* 93
Gambar 4.6 *Rain Gage Properties* 94
Gambar 4.7 *Junction Property Node* Z1.9.21 96
Gambar 4.8 *Outfall Node* Perumahan Mulyosari 108
Gambar 4.9 *Outfall Node* Z1 109
Gambar 4.10 *Shape Cross Section Editor Conduit S18* 111
Gambar 4.11 Layout Perumahan Mulyosari 125
Gambar 4.12 Layout Perumahan Mulyosari pada SWMM 126
Gambar 4.13 Peta Tata Guna Lahan Perumahan Mulyosari 127
Gambar 4.14 Peta Kontur Perumahan Mulyosari 128
Gambar 4.15 *Simulation Option Flow Routing* 134
Gambar 4.16 *Status Report Flow Routing Awal* 135
Gambar 4.17 *Water Elevation Profile Flow Routing Awal* 143
Gambar 4.18 *Water Elevation Profile Flow Routing Awal* 144

Gambar 4.19 *Status Report Flow Routing Evaluasi I*.....157
Gambar 4.20 *Water Elevation Profile Flow Routing Evaluasi I Node Z1.9.37 – Z1* 161
Gambar 4.21 *Water Elevation Profile Flow Routing Evaluasi I Node Z1.9.23 – Z1* 162
Gambar 4.22 Grafik Hidrograf Inflow Kolam Tampung 176
Gambar 4.23 Layout Perencanaan Kolam Tampung dan Pompa 180
Gambar 4.24 *Storage Curve Editor*.....181
Gambar 4.25 Kurva Volume Masuk Kumulatif dan Keluar Kumulatif.....184
Gambar 4.26 Hidrograf Debit Inflow dan Outflow Kolam Tampung.....185
Gambar 4.27 Grafik Volume Tampungan Pada Kolam Tampung 186
Gambar 4.28 *Pump Curve Editor*.....188
Gambar 4.29 *Status Report Flow Routing*.....189

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Faktor Frekuensi 8
Tabel 2.2 Tabel Nilai Y_T 10
Tabel 2.3 Tabel Nilai Yn 11
Tabel 2.4 Tabel Nilai Sn 11
Tabel 2.5 Tabel Nilai K Berdasarkan Nilai Cs 13
Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat 16
Tabel 2.7 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov Kolmogorov 17
Tabel 2.8 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal 18
Tabel 2.9 Periode Ulang (tahun) 20
Tabel 2.10 *Routing Metode Dynamic Wave dan Kinematic Wave* 25
Tabel 2.11 Tinggi Jagaan pada Saluran Terbuka 28
Tabel 2.12 Koefisien Manning Saluran Terbuka 31
Tabel 2.13 Kode Gorong-gorong untuk SWMM 36
Tabel 2.14 *Geometric Properties for Open Channel Shapes* 39
Tabel 2.15 *Percent Impervious Area* 41
Tabel 2.16 Manning *Overflow Land* 43
Tabel 2.17 *Hydraulic Conductivity* 46
Tabel 2.18 Grup Tanah berdasarkan nilai Ks 47
Tabel 2.19 Nilai *Curve Number* 47
Tabel 4.1 Koefisien Thiessen 68
Tabel 4.2 Data Hujan Maksimum DAS Perumahan Mulyosari 69
Tabel 4.3 Peringkat Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil 70
Tabel 4.4 Tabel Nilai Y_T 72
Tabel 4.5 Tabel Nilai Yn 73
Tabel 4.6 Tabel Nilai Sn 73
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel 74
Tabel 4.8 Peringkat Nilai Logaritma Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil 75
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III 78
Tabel 4.10 Rekapitulasi Cs dan Ck Analisis Distribusi 79

Tabel 4.11 Menghitung Nilai K.....81
Tabel 4.12 Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III 81
Tabel 4.13 Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat 82
Tabel 4.14 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal 84
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov 86
Tabel 4.16 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov Kolmogorov.....88
Tabel 4.17 Rekapitulasi Hasil Uji Kesesuaian 89
Tabel 4.18 Tinggi Hujan Setiap Jam 90
Tabel 4.19 Rekapitulasi *Junction Node*.....96
Tabel 4.20 Rekapitulasi *Outfall Node* 110
Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit* 113
Tabel 4.22 *Node Surcharge Flow Routing Awal* 135
Tabel 4.23 *Node Flooding Flow Routing* Awal.....140
Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit* 145
Tabel 4.25 *Node Surcharge Flow Routing Evaluasi I*.....158
Tabel 4.26 *Node Flooding Flow Routing Evaluasi I*.....160
Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit* 163
Tabel 4.28 Tabel Volume Inflow Kolam Tampung 176
Tabel 4.29 Tabel Pengoperasian Pompa.....182
Tabel 4.30 Output Simulasi Sistem Drainase Mulyosari.....190
Tabel 4.31 Data Kolam Tampung Hilir.....193
Tabel 4.32 Data Kedalaman Air Saluran Sebelum Hilir 196

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah-daerah di Surabaya yang dulu merupakan sawah, tambak, rawa, ataupun lahan kosong berubah fungsi menjadi perumahan. Perumahan Mulyosari yang berada di Surabaya Timur, dahulu merupakan daerah rawa yang kini berubah fungsi menjadi lahan perumahan. Dengan terjadinya perubahan tata guna lahan tersebut, maka besarnya koefisien pengaliran pun akan berubah karena fungsi penyerapan lahan semakin kecil dan air yang mengalir di permukaan pun semakin besar.

Perumahan Mulyosari yang memiliki luas ± 85,397 ha memiliki kondisi geografis yang rendah dan cenderung datar dikarenakan dahulunya merupakan daerah rawa. Dengan kondisi geografis seperti tersebut dan dengan dimensi saluran eksisting yang sekarang, pada musim penghujan terjadi intensitas hujan yang tinggi dan terjadi banjir pada saluran drainase perumahan Mulyosari karena kapasitas eksisting yang tidak sesuai dengan debit yang terjadi.

Berdasarkan hasil survei dan pengamatan di lapangan, terjadi permasalahan diantaranya terjadi genangan di beberapa titik di sekitar daerah perumahan saat hujan turun pada musim hujan. Seperti pada tahun 2010 terjadi hujan dengan intensitas tinggi dan menyebabkan perumahan Mulyosari tersebut terjadi genangan setinggi lutut laki – laki dewasa, atau setinggi 45 cm. Kemudian ada pula pada tahun 2016 terjadi genangan pada perumahan tersebut yang ada pada **Gambar 1.1**. Serta pada tahun 2020 ini ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi maka terjadi genangan pula dan terjadi setinggi ± 20 cm. Rata – rata waktu surut dari genangan tersebut adalah 4 – 5 jam menurut warga sekitar. Terjadinya genangan pada perumahan tersebut juga terdapat pengaruh dari pasang surutnya air laut yang terjadi.

Hal ini dapat diatasi dengan menambah ataupun mengubah dimensi saluran drainase serta dengan penambahan fasilitas – fasilitas drainase seperti pembangunan kolam tampung, penambahan saluran pembuang lain agar tidak menumpuk pada satu saluran pembuang, penambahan pintu air untuk mengontrol air yang mengalir, dan juga penambahan pompa.

Gambar 1.1 Kondisi jalan di lokasi studi yang tergenang pada tahun 2016

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Berapa besarnya debit banjir rencana sistem drainase yang ada di Perumahan Mulyosari?
2. Berapa kapasitas penampang saluran eksisting dan kapasitas penampang saluran rencana untuk menanggulangi genangan pada Perumahan Mulyosari?

3. Berapa dimensi dan jumlah dari kolam tampung, pintu air, dan pompa yang dibutuhkan untuk menanggulangi genangan air?

1.3. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam tulisan ini antara lain :

1. Sistem drainase yang dianalisis adalah saluran drainase Perumahan Mulyosari.
2. Studi ini hanya meninjau debit akibat hujan dan tidak memperhitungkan akibat air limbah buangan rumah tangga.
3. Tidak menghitung sedimentasi.
4. Tidak memperhitungkan anggaran biaya.

1.4. Tujuan

Tujuan dari studi ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung debit banjir rencana sistem drainase Perumahan Mulyosari.
2. Menghitung kapasitas saluran eksisting dan rencana yang dibutuhkan untuk menanggulangi genangan pada Perumahan Mulyosari.
3. Menghitung dimensi dan jumlah dari kolam tampung, pintu air, dan pompa yang digunakan untuk menanggulangi genangan.

1.5. Manfaat

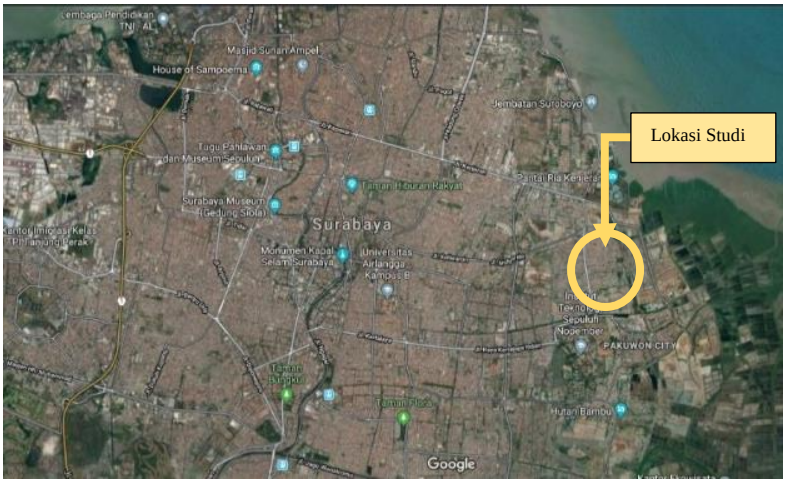
Manfaat yang dapat diambil dari studi ini adalah :

1. Menjadikan sistem drainase Perumahan Mulyosari tidak terjadi genangan dan tidak menimbulkan dampak buruk di lingkungan sekitarnya.
2. Menawarkan solusi fasilitas drainase kepada pemerintah Kota Surabaya yang nantinya dapat diterapkan di Perumahan Mulyosari.

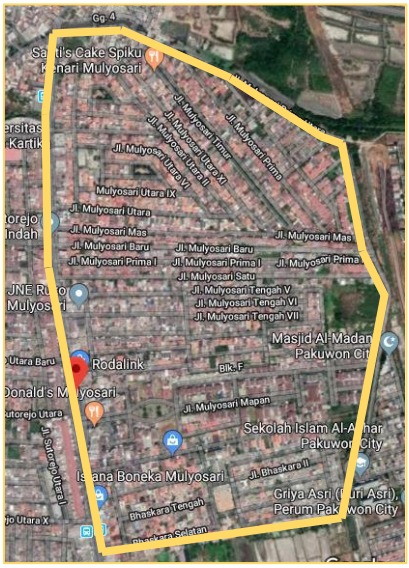
1.6. Lokasi Tinjauan

Lokasi studi tugas akhir ini terletak di Perumahan Mulyosari, Kelurahan Kalisari, Kecamatan Mulyorejo, Surabaya,

Jawa Timur. Sketsa peta lokasi dan *layout* Perumahan Mulyosari dapat dilihat pada **Gambar 1.2** dan **Gambar 1.3** berikut ini.



Gambar 1.2 Peta Lokasi Studi Perumahan Mulyosari



Gambar 1.3 Peta Lokasi Perumahan Mulyosari

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai melebihi palung sungai atau suatu kondisi dimana muka air dalam sungai atau kanal lebih tinggi dari normal. Bila muka air melebihi tebing atau tanggul sungai, air akan meluap ke lahan di kiri dan/atau kanan sungai dan menggenanginya. Genangan yang terjadi di daerah rendah akibat luapan air sungai masuk dalam kategori banjir. Sedangkan genangan adalah peristiwa terhentinya aliran atau air tidak mengalir. Genangan dapat terjadi walaupun muka air sungai dalam kondisi rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh air di lahan/jalan tidak dapat mengalir ke saluran drainase/sungai. (Lasminto, 2015)

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris yaitu *drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/ lahan, sehingga fungsi kawasan/ lahan tidak terganggu.

Dalam mengevaluasi sistem drainase, maka perlu diketahui data-data yang terpenting. Banyak sedikitnya data yang dipergunakan akan memberikan pengaruh terhadap ketelitian evaluasi sistem drainase. Adapun data-data yang akan dipergunakan dalam evaluasi sistem drainase yaitu meliputi:

- Data topografi
- Data curah hujan
- Data tata guna lahan

2.2. Analisis Hidrologi

Secara umum, analisis hidrologi merupakan satu bagian awal dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Pada analisis hidrologi didapatkan debit banjir rencana periode ulang tertentu pada perumahan Mulyosari. Bangunan hidraulik dalam

bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan lain sebagainya. Dalam mengolah data untuk analisis hidrologi sistem drainase perumahan Mulyosari digunakan beberapa teori sebagai landasan perhitungan, ialah sebagai berikut:

2.2.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

Pada Tugas Akhir ini, digunakan metode *Polygon Thiessen* untuk menentukan hujan wilayah serta menghitung curah hujan rata-ratanya.

a. Metode *Polygon Thiessen*

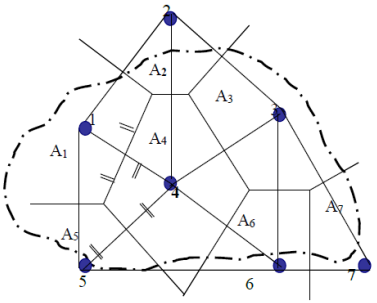
Untuk melakukan perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode *Polygon Thiessen* seperti pada **Gambar 2.1**, maka tahapan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1) Mengetahui lokasi stasiun hujan di sekitar lokasi studi, kemudian menghubungkannya sehingga membentuk sebuah poligon.
2) Kemudian membuat garis berat antara 2 stasiun hujan hingga bertemu dengan garis berat lainnya pada satu titik dalam poligon.
3) Garis berat tersebut membatasi luas daerah yang mewakili masing-masing stasiun hujan.
4) Koefisien Thiessen tiap stasiun hujan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Koef. Thiessen} = \frac{\text{Luas sub} - \text{area yang mewakili stasiun}}{\text{Luas total}} \quad \textbf{(2.1)}$$

5) Lalu mengalikan koefisien Thiessen tersebut dengan data hujan masing-masing stasiun.

6) Curah hujan yang digunakan adalah curah hujan yang maksimum.



Gambar 2.1 Metode Poligon Thiessen
(Sumber : BAPPEKO Surabaya, 2018)

2.2.2 Analisis Distribusi Frekuensi

Dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang digunakan, yaitu : Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Type III. Pada beberapa distribusi probabilitas tersebut terdapat parameter Cs dan Ck yang akan dibandingkan dengan syarat yang ada dan dipilih distribusi probabilitas yang memenuhi. Untuk menghitung nilai rata-rata ($\overline{X}$), standar deviasi (S), dan koefisien variasi (C_V) menggunakan rumus berikut:

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n} \quad \textbf{(2.2)}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \overline{X})^2}{n - 1}} \quad \textbf{(2.3)}$$

$$Cv = \frac{S}{\overline{X}} \quad \textbf{(2.4)}$$

Keterangan :
X = Nilai data
n = Jumlah data
$\overline{X}$ = Nilai rata-rata
S = Standar deviasi
C_V = Koefisien variasi

a. Metode Distribusi Normal

Persamaan yang digunakan pada distribusi normal adalah sebagai berikut:

$$X_T = \overline{X} + K \times S \quad \textbf{(2.5)}$$

Serta untuk rumus Cs dan Ck adalah sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad \textbf{(2.6)}$$

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum(X - \overline{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad \textbf{(2.7)}$$

Keterangan :
$\overline{X}$ = Nilai rata-rata
S = Standar deviasi
Cs = Koefisien kemencengan (*skewness)*
Ck = Koefisien ketajaman
K = Faktor frekuensi
Nilai faktor frekuensi (K) dapat dilihat pada **Tabel 2.1** di bawah ini.

Tabel 2.1 Nilai Faktor Frekuensi

Periode Ulang (Tahun)	Peluang	K
1,005	0,995	-2,58
1,01	0,99	-2,33
1,05	0,95	-1,64

Lanjutan Tabel 2.1 Nilai Faktor Frekuensi

Periode Ulang (Tahun)	Peluang	K
1,11	0,9	-1,28
1,25	0,8	-0,84
1,33	0,75	-0,67
1,43	0,7	-0,52
1,67	0,6	-0,25
2	0,5	0
2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,02	2,05
100	0,01	2,33

(Sumber : Soemarto, 1999)

b. Metode Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X atau variabel acak Y. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Y_T = \overline{Y} + K \times S \qquad \textbf{(2.8)}$$

Keterangan :

Y_T = Nilai hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang T-tahunan (mm)

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

S = Standar deviasi

K = Faktor frekuensi yang dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

c. Metode Distribusi Gumbel

Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel adalah :

$$X_T = \overline{X} + K \times S \quad \textbf{(2.9)}$$

$$K = \frac{Y_T - Yn}{Sn} \quad \textbf{(2.10)}$$

Keterangan :

X_T = Nilai hujan rencana yang terjadi pada periode ulang T-tahunan (mm)

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

S = Standar deviasi

Y_T = Nilai reduksi varian dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun. (**Tabel 2.2**)

Yn = Nilai rata-rata dari reduksi varian, nilai tergantung pada jumlah data (**Tabel 2.3**)

Sn = Nilai deviasi standar reduksi varian, nilai tergantung pada jumlah data (**Tabel 2.4**)

K = Faktor frekuensi

Tabel 2.2 Tabel Nilai Y_T

Periode Ulang (Tahun)	Reduce Variate (Y_T)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.3 Tabel Nilai Yn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,499	0,503	0,507	0,510	0,512	0,515	0,518	0,520	0,522
20	0,523	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,532	0,533	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,538	0,539	0,540	0,541	0,541	0,542	0,543
40	0,546	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548
50	0,548	0,548	0,549	0,549	0,550	0,550	0,550	0,551	0,551	0,551
60	0,552	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554
70	0,554	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556
80	0,556	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558
90	0,558	0,558	0,558	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
100	0,560									

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.4 Tabel Nilai Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,949	0,967	0,983	0,997	1,009	1,020	1,031	1,041	1,049	1,056
20	1,062	1,069	1,075	1,081	1,086	1,091	1,096	1,100	1,104	1,108
30	1,112	1,115	1,119	1,122	1,125	1,128	1,131	1,133	1,136	1,138
40	1,141	1,143	1,145	1,148	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159
50	1,160	1,162	1,163	1,165	1,166	1,168	1,169	1,170	1,172	1,173
60	1,174	1,175	1,177	1,178	1,179	1,180	1,181	1,182	1,183	1,184
70	1,185	1,186	1,187	1,188	1,189	1,189	1,190	1,191	1,192	1,193
80	1,193	1,194	1,195	1,195	1,196	1,197	1,198	1,198	1,199	1,200
90	1,200	1,201	1,202	1,202	1,203	1,203	1,204	1,204	1,205	1,206
100	1,206									

(Sumber : Soemarto, 1999)

d. Metode Distribusi Log Pearson Type III

Perhitungan hujan rencana dengan metode Log Pearson Type III langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Menentukan logaritma dari semua nilai varian X
- Menghitung nilai rata-rata dengan persamaan :

$$\log \overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log X_i}{n} \quad \textbf{(2.11)}$$

- Menghitung harga standar deviasi dengan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\log X_i - \log \overline{X})^2}{n-1}} \quad \textbf{(2.12)}$$

- Menghitung koefisien kemencengan (koefisien skewness) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^{n} (\log X_i - \log \overline{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad \textbf{(2.13)}$$

- Menghitung koefisien ketajaman dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^{n} (\log X_i - \log \overline{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad \textbf{(2.14)}$$

- Menghitung logaritma curah hujan harian maksimum dengan kala ulang yang dikehendaki dengan persamaan (K dapat dilihat pada **Tabel 2.5**):

$$\log X_T = \log \overline{X} + K \times S \quad \textbf{(2.15)}$$

- Menentukan anti log dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai Cs nya.

Tabel 2.5 Tabel Nilai K Berdasarkan Nilai Cs

Koef. Cs	Periode Ulang							
	10,101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,125	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449

Lanjutan Tabel 2.5 Tabel Nilai K Berdasarkan Nilai Cs

Koef. Cs	Periode Ulang							
	10,101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,449	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber : Soewarno, 1995)

Untuk parameter statistik dari masing-masing distribusi adalah sebagai berikut :

- Distribusi Normal, nilai Cs = 0 dan Ck = 3
- Distribusi Log Normal, nilai $C_s = {C_V}^3 + 3C_v$ dan $C_k = {C_V}^8 + 6{C_V}^6 + 15{C_V}^4 + 16{C_V}^2 + 3$
- Distribusi Gumbel, nilai Cs ≤ 1,14 dan Ck ≤ 5,40
- Distribusi Log Pearson III, nilai Cs dan Ck bebas

2.2.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Diperlukan penguji parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian ini biasanya dengan uji kesesuaian yang dilakukan dengan dua cara yaitu :

a. Uji Chi Kuadrat

Metode ini dilakukan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih telah mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

$$X^2 = \sum \frac{(\mathrm{Oi}-\mathrm{Ei})^2}{\mathrm{Ei}} \quad \textbf{(2.16)}$$

$$G = 1 + 3{,}322\log(n) \quad \textbf{(2.17)}$$

$$Dk = G - R - 1 \quad \textbf{(2.18)}$$

Keterangan :

X^2 = Parameter Chi kuadrat terhitung
Oi = Jumlah nilai pengamatan
Ei = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i
G = Jumlah sub kelompok
Dk = Derajat kebebasan
R = Konstanta (R=2 untuk distribusi normal dan binomial serta R=1 untuk distribusi *poisson*)

- Prosedur untuk perhitungan Chi Kuadrat adalah:

1. Mengurutkan data pengamatan dari data terbesar ke terkecil.
2. Mengelompokkan data menjadi sub-kelompok (G) minimal ke dalam 4 data pengamatan.
3. Menjumlahkan data pengamatan sebesar Oi pada tiap sub-kelompok, jumlah data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar Ei.
4. Pada tiap grup dihitung nilai $(\mathrm{Oi}-\mathrm{Ei})^2$ dan $\frac{(\mathrm{Oi}-\mathrm{Ei})^2}{\mathrm{Ei}}$
5. Menjumlahkan tiap sub grup nilai $\frac{(\mathrm{Oi}-\mathrm{Ei})^2}{\mathrm{Ei}}$ untuk menentukan nilai Chi Kuadrat hitung.
6. Menentukan derajat kebebasan Dk = G - R – 1

Persyaratan yang ada untuk uji Chi Kuadrat antara lain:
1) Bila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2) Bila peluang lebih kecil 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3) Bila peluang berada di antara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambah data.
(Sumber : Suripin,2004)

Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	**0,99**	**0,975**	**0,95**	**0,05**	**0,025**	**0,01**	**0,005**
1	0,0000 0393	0,0001 57	0,0009 82	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	0,0071 7	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
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

Lanjutan Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	**0,99**	**0,975**	**0,95**	**0,05**	**0,025**	**0,01**	**0,005**
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)

b. Uji Smirnov Kolmogorov

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

1. Urutkan data dari besar ke kecil dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritisnya berdasarkan hasil penggambaran data.
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan teoritisnya.
4. Cari nilai Do melalui **Tabel 2.7**, kemudian bandingkan :
   - Apabila D < Do, maka distribusi teoritis dapat diterima
   - Apabila D > Do, maka distribusi teoritis tidak dapat diterima

Tabel 2.7 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	α			
	0,2	**0,1**	**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

Lanjutan Tabel 2.7 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	α			
	0,2	**0,1**	**0,05**	**0,01**
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	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber: Soewarno, 1995)

Dalam perhitungan terdapat variabel P(X<) yaitu luas daerah di bawah kurva normal seperti yang ditunjukkan **Tabel 2.8** berikut ini.

Tabel 2.8 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0	0,5000	0,5040	0,508	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5822	0,5871	0,591	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,631	0,6368	0,6406	0,6443	0,648	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,67	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,695	0,6985	0,7019	0,7064	0,7088	0,7123	0,7157	0,719	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,6389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,758	0,7611	0,7642	0,7376	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,791	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8264	0,8264	0,8289	0,8315	0,834	0,8365	0,8389
1	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,877	0,879	0,881	0,883

Lanjutan Tabel 2.8 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,898	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,937	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9767
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,975	0,9757	0,9761	0,9767
2	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,983	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,985	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,989
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,994	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,996	0,9961	0,9949	0,9963	0,9962
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,997	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	0,998	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,999	0,999
3,1	0,999	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

(*Sumber : Soewarno, 1995*)

2.2.4 Periode Ulang

Pada perencanaan saluran drainase, periode ulang yang digunakan tergantung berdasarkan fungsi saluran dan daerah tangkapan hujan. Periode ulang dapat diartikan sebagai

waktu yang diduga dimana hujan atau debit dengan besaran tertentu yang akan disamakan atau dilampaui dalam jangka waktu yang telah ditentukan.

Dikutip dari Wesli, 2008, penggunaan periode ulang untuk perencanaan saluran adalah sebagai berikut:

1. Saluran kuarter : periode ulang 1 tahun
2. Saluran tersier : periode ulang 2 tahun
3. Saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
4. Saluran primer : periode ulang 10 tahun

Sedangkan berdasarkan Suripin, 2004, rekomendasi periode ulang untuk desain banjir dan genangan dapat dilihat pada **Tabel 2.9** berikut ini :

Tabel 2.9 Periode Ulang (tahun)

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

Lanjutan Tabel 2.9 Periode Ulang (tahun)

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

(*Sumber : Suripin, 2004*)

Berdasarkan referensi tersebut, maka digunakan periode ulang untuk saluran tersier digunakan Q_2, lalu untuk saluran sekunder menggunakan Q_5, dan untuk saluran primer digunakan Q_{10}.

2.2.5 Perhitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam

Pada perhitungan analisis hidrologi, diperlukan data tinggi curah hujan dalam waktu kurang atau lebih dari satu hari. Sedangkan sebagian besar data tinggi curah hujan di Indonesia yang dipublikasikan adalah data tinggi hujan harian. Dengan menggunakan rumus yang berasal dari hasil penyelidikan Hasper dan Der Weduwen di Indonesia, rumus yang digunakan untuk distribusi curah hujan 24 jam menjadi tiap jam adalah:

$$\left(\frac{100R}{R_{24}}\right)^2 = \frac{11300t}{t+3.12} \qquad \textbf{(2.19)}$$

Durasi hujan terpusat yang tidak lebih dari 7 jam, sehingga direncanakan durasi maksimum hujan rencana di Surabaya selama 4 jam (*Pitaloka,* 2017). Rumus yang digunakan untuk perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke-t yaitu:

$$R_t = \frac{R_{24}}{4} \text{ x } \left(\frac{4}{t}\right)^{2/3} \quad \textbf{(2.20)}$$

Kemudian untuk perhitungan tinggi hujan pada jam ke-t dapat menggunakan rumus:

$$R'_t = t \text{ x } R_t - (t-1) \text{x } R_{(t-1)} \quad \textbf{(2.21)}$$

dimana :
R_t = hujan rata-rata pada jam-t (mm)
R_{24} = tinggi hujan dalam 24 jam (mm)
R'_t = tinggi hujan pada jam ke t (mm)
t = waktu hujan (jam)

2.3. Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dilakukan untuk menghitung dan mengetahui apakah saluran drainase eksisting dapat menampung debit banjir. Serta melakukan perencanaan dimensi saluran yang dapat menampung kapasitas banjir. Analisis ini meliputi perhitungan kapasitas saluran dengan penampang saluran persegi dan analisis perencanaan saluran. Pada tugas akhir ini, analisis hidrolika menggunakan program bantu SWMM 5.1 atau *Storm Water Management Model*.

2.3.1 Storm Water Management Model (SWMM)

Storm Water Management Model (SWMM) merupakan model yang mampu untuk menganalisis permasalahan kuantitas dan kualitas air yang berkaitan dengan limpasan daerah perkotaan. Dengan menggunakan SWMM 5.1, sebuah program bantu yang dikembangkan oleh EPA (*Environmental Protection Agency* – US), maka dapat membuat model dari lokasi studi. SWMM tergolong model

hujan aliran dinamis yang digunakan untuk simulasi dengan rentang waktu yang menerus atau kejadian banjir sesaat. Model ini paling banyak dikembangkan untuk simulasi proses hidrologi dan hidrolika di wilayah perkotaan. Dengan menggunakan SWMM, kondisi yang terjadi di lapangan dapat dimodelkan dengan memasukkan parameter-parameter yang tercatat pada kondisi sesungguhnya (Rossman, Lewis A, 2010). Hal ini membuat program SWMM dapat cukup akurat menghasilkan simulasi yang relatif sama dengan keadaan sesungguhnya di lapangan.

Program bantu SWMM 5.1 ini menganggap *subcatchment* sebagai permukaan yang berbentuk persegi panjang dan memiliki kemiringan (S) yang sama, dan lebar (W) yang mengalir ke satu outlet seperti pada **Gambar 2.2**. Kemudian pada **Gambar 2.3**, *Subcatchment* menerima *inflow* dari presipitasi, yaitu hujan, dan mengalami *outflow* yang diakibatkan oleh evaporasi dan infiltrasi. Genangan yang berada di atas *subcatchment* memiliki kedalaman (d), sedangkan genangan yang berada di atas *depression storage* (d_s) akan menjadi limpasan (*runoff*). Asumsi bahwa air yang mengalir permukaan *subcatchment* mengalir lewat saluran berbentuk persegi dengan lebar (W), tinggi ($d-d_s$), dan kemiringan (S), sehingga persamaan manning dapat digunakan untuk mendapatkan debit limpasan air hujan dengan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{1}{n} . S^{\frac{1}{2}} . R_x^{\frac{2}{3}} . A_x \qquad \textbf{(2.22)}$$

Keterangan:

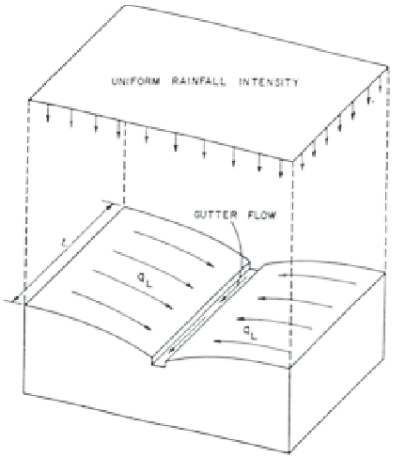
n = Koefisien manning untuk *overland flow*

S = Kemiringan rata-rata

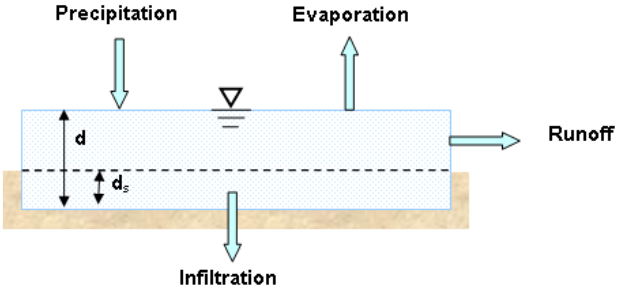
A_X = $W(d-d_s)$

R_x = $(d-d_s)$

$(d-d_s)$ = Kedalaman limpasan air hujan yang dapat dihitung dengan SCS *Curve Number Method*



Gambar 2.2 Konseptual *Subcatchment* dalam SWMM
(*Sumber : Rossman & Huber, 2016*)



Gambar 2.3 Konseptual model *Runoff* pada SWMM
(*Sumber : Rossman, 2015*)

Metode *Curve Number* menghitung ketinggian limpasan tersebut dengan menggunakan rumus:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \qquad \textbf{(2.23)}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \textbf{(2.24)}$$

Keterangan:
R = kedalaman *runoff* (inch)
P = hujan kumulatif (inch)
Ia = *Initial Abstraction* (inch)
S = *Soil moisture storage capacity* (inch)
CN = *Curve Number*

Initial Abstraction merupakan volume hujan yang menjadi infiltrasi, intersepsi, evaporasi dan kelembaban tanah. Pada program SWMM, hal ini dinamakan sebagai *Depression Storage* atau genangan yang terjadi di atas lahan. Untuk menghasilkan limpasan air hujan kritis, *Depression Storage* pada lahan *impervious* diasumsikan bernilai nol. Sedangkan untuk lahan *pervious* digunakan rumusan *Initial Abstraction* (Ia) yaitu:

$$Ia = 0{,}2\ S \quad \textbf{(2.25)}$$

Keterangan :
Ia = *Initial Abstraction* (inch)
S = *Soil moisture storage capacity* (inch)

Limpasan air hujan yang ada pada *subcatchment* akan mengalir menuju outlet, yaitu adalah node saluran. Air akan mengalir sepanjang saluran menuju node outlet. Simulasi ini akan dicek dengan *Flow Routing* metode *Dynamic Wave Analysis*. Dengan *routing* metode ini mengakomodir tekanan aliran pada saluran tertutup yang terisi penuh. Banjir akan terjadi saat elevasi air melebihi kapasitas *node* dan aliran akan tumpah kemudian menjadi genangan. Metode ini mengakomodir fitur lain dibandingkan *Routing Metode Kinematic Wave* yang dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 *Routing Metode Dynamic Wave dan Kinematic Wave*

Feature	Dynamic Wave	Kinematic Wave
Network topology	branched and looped	branched only
Flow splits	yes	with flow divider nodes

Lanjutan Tabel 2.10 *Routing Metode Dynamic Wave dan Kinematic Wave*

Feature	Dynamic Wave	Kinematic Wave
Adverse slopes	yes	no
Invert offsets	yes	ignored
Pumping	yes	only from storage nodes
Weirs and orifices	yes	only from storage nodes
Ponded overflows	yes	yes
Lateral seepage	yes	yes
Evaporation	yes	yes
Minor losses	yes	no
Culvert analysis	yes	no
Hydrograph attenuation	yes	no
Backwater effects	yes	no
Surcharge / Pressurization	yes	no
Reverse flow	yes	no
Tidal effects	yes	no

(*Sumber : Rossman, 2017*)

2.3.2 Rain Gage

Rain Gage ini berfungsi untuk merepresentasikan data hujan pada stasiun hujan yang dalam program SWMM, berisikan data presipitasi yang akan diolah untuk *subcatchment*. Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus dimasukkan untuk mendefinisikan setiap *subcatchment* yang ada, parameter tersebut antara lain:

1. *Rain Format*

   Format dari data hujan yang akan diolah terdiri dari tiga format, yaitu:

   a. *Intensity* ($^{mm}/_{jam}$), yaitu nilai hujan dari kecepatan rata-rata.
   b. *Volume* (mm) adalah nilai hujan berdasarkan volume.
   c. *Cumulative* (mm); nilai hujan kumulatif pada jam tersebut.

2. *Rain Interval*
   Waktu interval dari perekaman data hujan oleh Stasiun Hujan.
3. *Snow Catch Factor*
   Merupakan faktor koreksi yang digunakan ketika merekam presipitasi akibat leleh salju.
4. *Data Source*
   Merupakan data hujan yang akan dimasukkan untuk diolah dalam simulasi dengan metode *Timeseries*, sehingga dapat mendeskripsikan distribusi curah hujan pada setiap interval waktu.
5. *Time Series Editor*
   a. Date Column
   Merupakan tanggal saat hujan didistribusikan dan hanya dibutuhkan jika distribusi hujan rencana lebih dari satu hari.
   b. Time Column
   Merupakan interval waktu yang akan ditinjau berdasarkan durasi hujan pada lokasi studi.
   c. Value Column
   Merupakan curah hujan pada setiap interval waktu.

2.3.3 Junction Node

Junction Node merupakan titik *node* yang menyambungkan saluran. Secara sistem, *node* ini dapat menerima aliran dari luar saluran juga, seperti aliran bawah tanah. Dengan menggunakan program bantu SWMM, terdapat beberapa parameter yang harus dinput untuk mendefinisikan setiap *Junction Node* yang ada, parameter tersebut antara lain:

1. *Inflow*s
   Parameter ini digunakan ketika ada aliran tambahan yang langsung menuju *Node*.
2. *Treatment*
   Parameter berikut ini digunakan ketika perencanaannya mempertimbangkan kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian *node* ini.
3. *Invert El.*
   Merupakan elevasi dari *node* tersebut.

4. *Max. Depth*
   Kedalaman maksimum dari *node*, yang juga dapat sama dengan kedalaman maksimum saluran.
5. *Initial Depth*
   Kedalaman air eksisting saat ini, yaitu sebelum simulasi dengan program bantu SWMM dimulai.
6. *Surchage Depth*
   Merupakan kedalaman saluran tambahan di atas *Max. Depth*, digunakan sebagai faktor keamanan (Tinggi Jagaan).
7. *Ponded Area*
   Merupakan area yang diperbolehkan tergenang air saat banjir terjadi (kedalaman air lebih dari kedalaman saluran).

Tinggi ruang bebas atau tinggi jagaan untuk saluran terbuka ditentukan berdasarkan jenis permukaan saluran dan debit yang mengalir di saluran tersebut (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012). Tinggi ruang bebas tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.11**.

Tabel 2.11 Tinggi Jagaan pada Saluran Terbuka

Jenis Saluran	**Ruang Bebas**	
Saluran Tanah (Yang tidak dilapis)	Min F = $\sqrt{cy}$	
	USBR	
	Q (m^3/dt)	F(m)
	< 0.5	0.40
	0.5 – 1.5	0.50
	1.5 – 5.0	0.60
	5.0 – 10.0	0.75
	10.0 – 15.0	0.85
	> 15.0	1.00

Lanjutan Tabel 2.11 Tinggi Jagaan pada Saluran Terbuka

Jenis Saluran	Ruang Bebas	
Yang Dilapis Beton atau Batu Kali	Min F = $\sqrt{cy}$ USBR Q (m^3/dt) 0.5 – 1.5 1.5 – 5.0 5.0 – 10.0 10.0 – 15.0 > 15.0	 F(m) 0.20 0.20 0.25 0.30 0.40 0.50

(*Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012*)

2.3.4 Outfall Node

Outfall Node merupakan sistem drainase yang berupa *node* untuk menyambungkan saluran. Secara sistem, *node* ini merupakan titik akhir dari drainase sebelum aliran menuju pembuangan akhir.

Pada program bantu SWMM 5.1, terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap *Outfall Node* yang ada, parameter tersebut yaitu:

1. *Inflow*s
   Parameter ini digunakan ketika terdapat aliran tambahan yang mengalir langsung menuju *node*.
2. *Treatment*
   Parameter ini digunakan ketika dilakukan tinjauan terhadap kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian *node* ini.
3. *Invert El.*
   Merupakan elevasi dari *node* tersebut.
4. *Tide Gate*
   Pintu air yang digunakan untuk mencegah terjadinya *back flow* akibat elevasi pembuangan akhir yang lebih tinggi dibandingkan elevasi *node.*
5. *Route To*
   Subcatchment opsional yang menerima aliran dari *node* ini.

6. *Type*
   Parameter ini menjelaskan mengenai tipe *node* ini saat kondisi kritis sedang terjadi, antara lain:
   a. *Free,* yaitu elevasi muka air *node* berdasarkan kedalaman minimum aliran kritis dan kedalaman aliran normal saluran sebelum *node* ini.
   b. *Normal,* yaitu elevasi muka air *node* berdasarkan kedalaman aliran normal saluran sebelum *node* ini.
   c. *Fixed,* yaitu elevasi muka air dari *node* memiliki nilai yang tetap.
   d. *Tidal,* yaitu elevasi muka air *node* didapatkan dari tabel elevasi bukaan pintu air yang diatur oleh pengguna.
   e. *Time Series,* yaitu elevasi muka air *node* didapatkan dari tabel waktu yang diatur oleh pengguna.

2.3.5 Conduit

Conduit merupakan saluran yang berfungsi sebagai wadah untuk memindahkan air dari *node* ke sistem drainase (baik itu *node* lain atau fasilitas drainase). Saluran terdiri dari saluran terbuka (air pada saluran tidak terisi penuh) dan saluran tertutup (air pada saluran terisi penuh). Dengan menggunakan program bantu SWMM 5.1, terdapat beberapa parameter yang harus dimasukkan untuk mendefinisikan setiap *Conduit* yang ada, parameter tersebut yaitu:

1. *Inlet Node*
   Nama titik *node* pada hulu saluran.
2. *Outlet Node*
   Nama titik *node* pada hilir saluran.
3. *Shape*
   Bentuk penampang dari potongan melintang saluran.
4. *Max. Depth*
   Kedalaman air maksimum pada potongan melintang saluran.
5. *Length*
   Panjang potongan memanjang saluran (mulai dari *node* hulu hingga ke *node* hilir).

6. *Roughness*
   Koefisien kekasaran manning untuk saluran tersebut. Karena pada perencanaan tugas akhir ini, semua saluran merupakan saluran tipe terbuka. Koefisien manning untuk saluran terbuka dapat dilihat pada **Tabel 2.12**.

Tabel 2.12 Koefisien Manning Saluran Terbuka

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
1. Natural streams - minor streams (top width at flood stage < 100 ft)			
a. clean, straight, full stage, no rifts, or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. clean, winding, some pools, and shoals	0.033	0.040	0.045
d. same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. same as above, lower stages, more ineffective slopes, and sections	0.040	0.048	0.055
f. same as "d" with more stones	0.045	0.050	0.060
g. sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stand of timber and underbrush	0.075	0.100	0.150
2. Mountain streams, no vegetation in channel, banks usually steep, trees and brush along banks submerged at high stages			
a. bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
3. Floodplains			
a. Pasture, no brush			

Lanjutan Tabel 2.12 Koefisien Manning Saluran Terbuka

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
1.short grass	0.025	0.030	0.035
2. high grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. no crop	0.020	0.030	0.040
2. mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
2. cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
3. same as above, but with heavy growth of sprouts	0.050	0.060	0.080
4. heavy stand of timber, a few down trees, little undergrowth, flood stage below branches	0.080	0.100	0.120
5. same as 4. with flood stage reaching branches	0.100	0.120	0.160
4. Excavated or Dredged Channels			
a. Earth, straight, and uniform			
1. clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
2. clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
3. gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030

Lanjutan Tabel 2.12 Koefisien Manning Saluran Terbuka

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
4. with short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
b. Earth winding and sluggish			
1. no vegetation	0.023	0.025	0.030
2. grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
3. dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
4. earth bottom and rubble sides	0.028	0.030	0.035
5. stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
6. cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
c. Dragline-excavated or dredged			
1. no vegetation	0.025	0.028	0.033
2. light brush on banks	0.035	0.050	0.060
d. Rock cuts			
1. smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
2. jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
e. Channels not maintained, weeds and brush uncut			
1. dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
2. clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
3. same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
4. dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140
5. Lined or Constructed Channels			
a. Cement			
1. neat surface	0.010	0.011	0.013
2. mortar	0.011	0.013	0.015
b. Wood			
1. planed, untreated	0.010	0.012	0.014
2. planed, creosoted	0.011	0.012	0.015
3. unplaned	0.011	0.013	0.015

Lanjutan Tabel 2.12 Koefisien Manning Saluran Terbuka

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
4. plank with battens	0.012	0.015	0.018
5. lined with roofing paper	0.010	0.014	0.017
c. Concrete			
1. trowel finish	0.011	0.013	0.015
2. float finish	0.013	0.015	0.016
3. finished, with gravel on bottom	0.015	0.017	0.020
4. unfinished	0.014	0.017	0.020
5. gunite, good section	0.016	0.019	0.023
6. gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
7. on good excavated rock	0.017	0.020	
8. on irregular excavated rock	0.022	0.027	
d. Concrete bottom float finish with sides of:			
1. dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
2. random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
3. cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
4. cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
5. dry rubble or riprap	0.020	0.030	0.035
e. Gravel bottom with sides of:			
1. formed concrete	0.017	0.020	0.025
2. random stone mortar	0.020	0.023	0.026
3. dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036
f. Brick			
1. glazed	0.011	0.013	0.015
2. in cement mortar	0.012	0.015	0.018
g. Masonry			
1. cemented rubble	0.017	0.025	0.030
2. dry rubble	0.023	0.032	0.035
h. Dressed ashlar/stone paving	0.013	0.015	0.017
i. Asphalt			

Lanjutan Tabel 2.12 Koefisien Manning Saluran Terbuka

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
1. smooth	0.013	0.013	
2. rough	0.016	0.016	
j. Vegetal lining	0.030		0.500

(*Sumber : Rossman, 2017*)

7. *Inlet Offset*
   Parameter ini digunakan jika saluran direncanakan terdapat panjang tambahan dari saluran tersebut pada *inlet node*.
8. *Outlet Offset*
   Parameter ini digunakan jika saluran direncanakan terdapat panjang tambahan dari saluran tersebut pada *outlet node*.
9. *Initial Flow*
   Debit eksisting pada saluran sebelum dilakukan simulasi.
10. *Maximum Flow*
    Debit maksimum pada saluran saat telah dilakukan simulasi.
11. *Entry Loss Coef.*
    Parameter ini digunakan untuk mendefinisikan koefisien kehilangan energi yang dapat terjadi saat air masuk ke dalam sebuah saluran.
12. *Exit Loss Coef.*
    Parameter ini digunakan untuk mendefinisikan koefisien kehilangan energi yang dapat terjadi saat air keluar dari dalam sebuah saluran.
13. *Avg. Loss Coef.*
    Parameter ini digunakan untuk mendefinisikan koefisien kehilangan energi yang dapat terjadi saat air mengalami gesekan di dalam sebuah saluran.
14. *Flap Gate*
    Parameter ini mendefinisikan ada atau tidaknya pintu air untuk menahan *backflow* yang melewati saluran tersebut.

15. *Culvert Code*

Parameter ini berisikan kode dari bentuk geometri inlet jika saluran merupakan gorong-gorong. *Culvert Code* untuk program bantu SWMM dapat dilihat pada **Tabel 2.13**.

Tabel 2.13 Kode Gorong-gorong untuk SWMM

Culvert Shape and Material	Inlet Configuration	Code
Circular Concrete	Square edge with headwall	1
	Groove end with headwall	2
	Groove end projecting	3
Circular Corrugated Metal Pipe	Headwall	4
	Mitered to slope	5
	Projecting	6
Circular Pipe, Beveled Ring Entrance	45 deg. bevels	7
	33.7 deg. bevels	8
Rectangular Box; Flared Wingwalls	30-75 deg. wingwall flares	9
	90 or 15 deg. wingwall flares	10
	0 deg. wingwall flares (straight sides)	11
Rectangular Box; Flared Wingwalls and Top Edge Bevel	45 deg flare; 0.43D top edge bevel	12
	18-33.7 deg. flare; 0.083D top edge bevel	13
Rectangular Box, 90-deg Headwall, Chamfered / Beveled Inlet Edges	Chamfered 3/4-in.	14
	Beveled 1/2-in/ft at 45 deg (1:1)	15
	Beveled 1-in/ft at 33.7 deg (1:1.5)	16

Lanjutan Tabel 2.13 Kode Gorong-gorong untuk SWMM

Culvert Shape and Material	Inlet Configuration	Code
Rectangular Box, Skewed Headwall, Chamfered / Beveled Inlet Edges	3/4" chamfered edge, 45 deg skewed headwall	17
	3/4" chamfered edge, 30 deg skewed headwall	18
	3/4" chamfered edge, 15 deg skewed headwall	19
	45 deg beveled edge, 10-45 deg skewed headwall	20
Rectangular Box, Non-offset Flared Wingwalls, 3/4" Chamfer at Top of Inlet	45^0 (1:1) wingwall flare	
	8.4^0 (3:1) wingwall flare	
	18.4^0 (3:1) wingwall flare, 30 deg inlet skews	
Rectangular Box, Offset Flared Wingwalls, Beveled Edge at Inlet Top	45 deg (1:1) flare, 0.042D top edge bevel	24
	33.7 deg (1.5:1) flare, 0.083D top edge bevel	25
	18.4 deg (3:1) flare, 0.083D top edge bevel	26
Corrugated Metal Box	90 deg headwall	27
	Thick wall projecting	28
	Thin wall projecting	29
Horizontal Ellipse Concrete	Square edge with headwall	30
	Grooved end with headwall	31
	Grooved end projecting	32
Vertical Ellipse Concrete	Square edge with headwall	33
	Grooved end with headwall	34
	Grooved end projecting	35

Lanjutan Tabel 2.13 Kode Gorong-gorong untuk SWMM

Culvert Shape and Material	Inlet Configuration	Code
Pipe Arch, 18" Corner Radius, Corrugated Metal	90 deg headwall	36
	Mitered to slope	37
	Projecting	38
Pipe Arch, 18" Corner Radius, Corrugated Metal	Projecting	39
	No bevels	40
Pipe Arch, 18" Corner Radius, Corrugated Metal	33.7 deg bevels	41
Pipe Arch, 31" Corner Radius, Corrugated Metal	Projecting	42
	No bevels	43
	33.7 deg. bevels	44
Arch, Corrugated Metal	90 deg headwall	45
	Mitered to slope	46
	Thin wall projecting	47
Circular Culvert	Smooth tapered inlet throat	48
	Rough tapered inlet throat	49
Elliptical Inlet Face	Tapered inlet, beveled edges	50
	Tapered inlet, square edges	51
	Tapered inlet, thin edge projecting	52
Rectangular	Tapered inlet throat	53
Rectangular Concrete	Side tapered, less favorable edges	54

Lanjutan Tabel 2.13 Kode Gorong-gorong untuk SWMM

Culvert Shape and Material	Inlet Configuration	Code
	Side tapered, more favorable edges	55
	Slope tapered, less favorable edges	56
	Slope tapered, more favorable edges	57

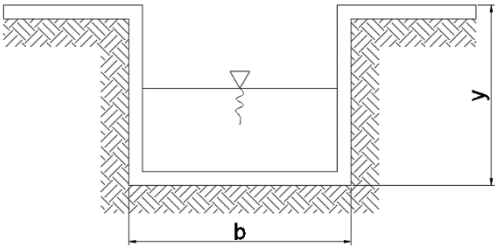
(*Sumber : Rossman, 2017*)

Berdasarkan teori debit hidrolika Manning, geometri atau bentuk penampang saluran akan memengaruhi kapasitas debit aliran yang lewat pada saluran tersebut. Pada program bantu SWMM menggunakan parameter geometri saluran seperti pada **Tabel 2.14**, dan untuk ilustrasi dari bentuk penampang saluran dapat dilihat pada **Gambar 2.4** dan **Gambar 2.5**.

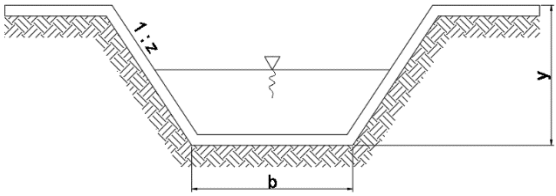
Tabel 2.14 *Geometric Properties for Open Channel Shapes*

Shape	Luas Penampang (A)	Keliling Penampang Basah (P)	R
Rectangular	bh	b + 2h	$\frac{bh}{b+2h}$
Trapezoidal	(b + zh)h	b + 2zh	$\frac{(b+zh)h}{b+2h\sqrt{1+z^2}}$

(*Sumber : Rossman, 2017*)



Gambar 2.4 Penampang Saluran Persegi



Gambar 2.5 Penampang Saluran Trapesium

2.3.6 Subcatchment

Subcatchment merupakan daerah tangkapan air dimana pada perencanaan simulasi akan disesuaikan dengan kondisi lapangan, serta diusahakan tanpa mengubah secara keseluruhan. Hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan daerah tangkapan air ini adalah tata guna lahan, karakteristik tanah, dan topografi lahan.

Tiap *subcatchment* mengalirkan air limpasan berdasarkan perbedaan elevasi yang melewati permukaan dengan tingkat kekasaran tertentu, dimana kemiringan tersebut tegak lurus terhadap lebar dari *subcatchment*.

Dengan program bantu SWMM, ada beberapa parameter yang harus dimasukkan untuk mendefinisikan setiap *subcatchment* yang ada, parameter tersebut yaitu:

1. *Rain Gage*
   Stasiun hujan dengan data hujan yang akan digunakan dalam simulasi.
2. *Outlet*
   Nama titik *node* yang menerima limpasan air hujan dari *subcatchment* tersebut.
3. *Area*
   Merupakan luas dari *subcatchment*.
4. *Width (W)*
   Lebar dari *subcatchment*, yaitu tegak lurus terhadap panjang aliran *subcatchment* menuju outlet. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka diambil rata-ratanya dengan rumus:

$$\mathrm{W} = \frac{\text{luas } subcatchment}{\text{panjang aliran rata} - \text{rata}} \qquad \textbf{(2.26)}$$

5. % *Slope*
   Kemiringan dari *subcatchment* dari titik terjauh sampai outlet. Kemiringan dideskripsikan sebagai jarak vertikal dibagi dengan jarak horizontal. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka diambil rata-ratanya dengan rumus:

$$\%\ Slope = \frac{\Delta\text{H elevasi panjang aliran rata} - \text{rata}}{\text{panjang aliran rata} - \text{rata}} \qquad \textbf{(2.27)}$$

6. % *Impervious*
   Merupakan persentase lahan *impervious* dalam sebuah *subcatchment*. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka diambil rata-ratanya dengan rumus:

$$\%\ \text{impervious} = \frac{\sum(\%\text{impervious area x land use area})}{\text{A subcatchment}} \qquad \textbf{(2.28)}$$

   Percent Impervious Area pada sebuah lahan dapat dilihat pada **Tabel 2.15** berikut ini.

Tabel 2.15 *Percent Impervious Area*

Land Use	Percent Impervious Area
Commercial	56
Industrial	76
High density residential	51
Medium density residential	38
Low density residential	19
Institutional	34
Agricultural	2
Forest	1.9
Open Urban Land	11

(*Sumber : Rossman & Huber, 2016*)

7. *N-Impervvious*
   Menggambarkan kekasaran dari permukaan lahan *impervious* yang menyebabkan limpasan air mengalir lebih lama. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka N manning untuk aliran pada lahan *impervious* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\mathrm{N} - Impervious = \frac{\sum(\mathrm{N} \times \mathrm{A})}{\sum \mathrm{A}} \quad \textbf{(2.29)}$$

8. *N-Pervious*
   Menggambarkan kekasaran dari permukaan lahan *pervious* yang menyebabkan limpasan air mengalir lebih lama. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka N manning (Tabel 2.16) untuk aliran pada lahan *impervious* dapat dihitung dengan rumus:

$$\mathrm{N} - Pervious = \frac{\sum(\mathrm{N} \times \mathrm{A})}{\sum \mathrm{A}} \quad \textbf{(2.30)}$$

Tabel 2.16 Manning *Overflow Land*

Source	Ground Cover	n	Range
Crawford and Linsley (1966)[a]	Smooth asphalt	0.01	
	Asphalt of concrete paving	0.014	
	Packed clay	0.03	
	Light turf	0.2	
	Dense turf	0.35	
	Dense shrubbery and forest litter	0.4	
Engman (1986)[b]	Concrete or asphalt	0.011	0.010-0.013
	Bare sand	0.01	0.01-0.016
	Graveled surface	0.02	0.012-0.03
	Bare clay-loam (eroded)	0.02	0.012-0.033
	Range (natural)	0.13	0.01-0.32
	Bluegrass sod	0.45	0.39-0.63
	Short grass prairie	0.15	0.10-0.20
	Bermuda grass	0.41	0.30-0.48
Yen (2001)[c]	Smooth asphalt pavement	0.012	0.010-0.015
	Smooth impervious surface	0.013	0.011-0.015
	Tar and sand pavement	0.014	0.012-0.016
	Concrete pavement	0.017	0.014-0.020
	Rough impervious surface	0.019	0.015-0.023
	Smooth bare packed soil	0.021	0.017-0.025

Tabel 2.17 Manning *Overflow Land*

Source	Ground Cover	n	Range
Yen (2001)[c]	Moderate bare packed soil	0.03	0.025-0.035
	Rough bare packed soil	0.038	0.032-0.045
	Gravel soil	0.032	0.025-0.045
	Mowed poor grass	0.038	0.030-0.045
	Average grass, closely clipped sod	0.05	0.040-0.060
	Pasture	0.055	0.040-0.070
	Timberland	0.09	0.060-0.120
	Dense grass	0.09	0.060-0.120
	Shrubs and bushes	0.12	0.080-0.180
	Business land use	0.022	0.014-0.035
	Semi-business land use	0.035	0.022-0.050
	Industrial land use	0.035	0.020-0.050
	Dense residential land use	0.04	0.025-0.060
	Suburban residential land use	0.055	0.030-0.080
	Parks and lawns	0.075	0.040-0.120
[a] Obtained by calibration of Stanford Watershed Model.			
[b] Computed by Engman (1986) by kinematic wave and storage analysis of measured rainfall-runoff data.			
[c] Computed on basis of kinematic wave analysis.			

(*Sumber : Rossman & Huber, 2016*)

9. *Dstore-Impervious*
   Kedalaman dari *depression storage* di atas lahan *impervious* yang diasumsikan bernilai nol untuk mendapatkan limpasan air hujan dalam kondisi kritis.
10. *Dstore-Pervious*
    Kedalaman dari *depression storage* di atas lahan *Pervious* sama dengan *Initial Abstraction* (Ia) yaitu 0.2S yang dapat dilihat pada persamaan 2.25.
11. *% Zero-Impervious*
    Persentase lahan *impervious* tanpa *depression storage* diasumsikan 100% untuk mendapatkan limpasan air hujan dalam kondisi kritis.
12. *Subarea Routing*
    Arah aliran *subcatchment* yang terdiri dari lahan *impervious* dan *pervious.*
    a. *Impervious*
       Limpasan dari lahan *pervious* mengalir ke lahan *impervious*.
    b. *Pervious*
       Limpasan dari lahan *impervious* yang mengalir ke lahan *pervious*.
    c. *Outlet*
       Limpasan dari *subcatchment* yang mengalir ke outlet.
13. *Percent Routed*
    Persentase limpasan air hujan yang mengalir di *subcatchment* diasumsikan 100% mengalir menuju outlet.
14. *Infiltration*
    Infiltrasi untuk *subcatchment* pada SWMM 5.1 menggunakan Metode *Curve Number* untuk seluruh *subcatchment*. Metode ini bekerja dengan mengestimasikan limpasan air, yaitu dengan cara mengasumsikan bahwa total kapasitas infiltrasi tanah dapat diukur berdasarkan tabel *Curve Number* tanah. Parameter yang dimasukkan ke dalam SWMM untuk Metode *Curve Number* adalah:

a. *Drying Time* (T_{dry})
Drying Time (T_{dry}) merupakan waktu yang dibutuhkan tanah untuk benar-benar kering untuk regenerasi konstan (K_r), dimana T_{dry} dapat diketahui dengan rumus:

$$T_{dry} = \frac{3.125}{\sqrt{Ks}} \quad \textbf{(2.31)}$$

Nilai dari variabel *Hydraulic Conductivity* (K_s) dapat dilihat pada **Tabel 2.17** berikut ini.

Tabel 2.18 *Hydraulic Conductivity*

Soil Class	**Porosity, ø**	**Effective Porosity, $ø_e^*$**	**Wetting Front Suction Head, Ψ_S (in)**	**Saturated Hydraulic Conductivity, K_S (in/hr)**
Sand	0.437 (0.374–0.500)	0.417 (0.354–0.480)	1.95 (0.38–9.98)	4.74
Loamy sand	0.437 (0.363–0.506)	0.401 (0.329–0.473)	2.41 (0.53–11.00)	1.18
Sandy loam	0.453 (0.351–0.555)	0.412 (0.283–0.541)	4.33 (1.05–17.90)	0.43
Loam	0.463 (0.375–0.551)	0.434 (0.334–0.534)	3.50 (0.52–23.38)	0.13
Silt loam	0.501 (0.420–0.582)	0.486 (0.394–0.578)	6.57 (1.15–37.56)	0.26
Sandy clay loam	0.398 (0.332–0.464)	0.330 (0.235–0.425)	8.60 (1.74–42.52)	0.06
Clay loam	0.464 (0.409–0.519)	0.309 (0.279–0.501)	8.22 (1.89–35.87)	0.04
Silty clay loam	0.471 (0.418–0.524)	0.432 (0.347–0.517)	10.75 (2.23–51.77)	0.04
Sandy clay	0.430 (0.370–0.490)	0.321 (0.207–0.435)	9.41 (1.61–55.20)	0.02
Silty clay	0.479 (0.425–0.533)	0.423 (0.334–0.512)	11.50 (2.41–54.88)	0.02
Clay	0.475 (0.427–0.523)	0.385 (0.269–0.501)	12.45 (2.52–61.61)	0.01

(*Sumber : Rossman & Huber, 2016*)

b. *Curve Number*

Parameter berikut ini membutuhkan grup tanah yang diklasifikasikan berdasarkan nilai *Saturated Conductivity* (K_s) yang dapat dilihat pada **Tabel 2.18**.

Tabel 2.19 Grup Tanah berdasarkan nilai Ks

Group	**Meaning**	**Saturated Conductivity (in/hr)**
A	Low runoff potential	> 1,42
B	Moderately low runoff potential	0,57 – 1,42
C	Moderately high runoff potential	0,06 – 0,57
D	High runoff potential	< 0,06

(*Sumber : Rossman & Huber, 2016*)

Kemudian untuk nilai *Curve Number* untuk setiap permukaan tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.19**.

Tabel 2.20 Nilai *Curve Number*

	Hydrologic Soil Group			
Land Use Description	A	B	C	D
Cultivated land[1]				
Without conservation treatment	72	81	88	91
With conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land				
Poor condition	68	79	86	89
Good condition	39	61	74	80
Meadow				
Good condition	30	58	71	78
Wood or forest land				
Thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83

Lanjutan Tabel 2.19 Nilai *Curve Number*

		Hydrologic Soil Group			
Good cover[2]		25	55	70	77
Open spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.					
Good condition: grass cover on 75% or more of the area		39	61	74	80
Fair condition: grass cover on 50 – 75% of the area		49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)		89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)		81	88	91	93
Residential[3]					
Average lot size	Average % impervious[4]				
1/8 ac or less	65	77	85	90	92
1/4 ac	38	61	75	83	87
1/3 ac	30	57	72	81	86
1/2 ac	25	54	70	80	85
1 ac	20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc.[5]		98	98	98	98
Streets and roads					
Paved with curbs and storm sewers[5]		98	98	98	98
Gravel		76	85	89	91
Dirt		72	82	87	89

(*Sumber : Rossman & Huber, 2016*)

15. *LID Control*
    Low Impact Development (LID) adalah suatu lahan yang didesain sehingga dapat mengurangi limpasan air hujan dengan menyediakan kombinasi detensi, infiltrasi dan evapotranspirasi di dalamnya.
16. *Groundwater Flow*
    Merupakan aliran bawah tanah yang digunakan untuk menyambungkan *subcatchment* ke akuifer (air yang meresap ke *Lower Zone Soil*) dan *node* (Saluran).
17. *Snow Pack*
    Presipitasi akibat lelehan dari salju.
18. *Land Uses*
    Parameter ini hanya digunakan untuk menghitung variasi spasial dari polusi berdasarkan fungsi lahan yang telah dikategorikan (perumahan, perdagangan, industri ataupun lahan yang belum dibangun).
19. *Initial Buildup*
    Parameter ini digunakan untuk menghitung jumlah bangunan pada *subctachment* yang menghasilkan polusi saat melakukan simulasi.
20. *Curb Length*
    Parameter berikut ini hanya digunakan jika parameter *Initial Buildup* digunakan.

2.3.7 Storage Unit

Storage Unit merupakan sistem drainase yang berupa *node* yang dapat menampung volume limpasan air hujan. Secara fisik, *node* ini merupakan fasilitas penampung dengan ukuran seperti kolam detensi maupun danau. Volume dari *node* ini dapat didefinisikan dengan luas permukaan dikalikan dengan tinggi. Dengan menggunakan program bantu SWMM, terdapat beberapa parameter yang harus dimasukkan untuk mendefinisikan *Storage Unit* yang ada, parameter tersebut, yaitu:

1. *Inflows*
   Parameter ini digunakan ketika terdapat aliran tambahan yang mengalir langsung menuju *node*.
2. *Treatment*
   Parameter ini digunakan ketika dilakukan tinjauan terhadap kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian *node* ini.
3. *Invert El.*
   Merupakan elevasi dari *node* tersebut.
4. *Max. Depth*
   Merupakan kedalaman maksimum dari *node*.
5. *Initial Depth*
   Kedalaman air eksisting saat ini, yaitu sebelum simulasi dengan program bantu SWMM dimulai..
6. *Surchage Depth*
   Merupakan kedalaman saluran tambahan di atas *Max. Depth*, digunakan sebagai faktor keamanan (Tinggi Jagaan).
7. *Evap. Factor*
   Merupakan tingkat kemungkinan evaporasi yang berasal dari luas permukaan *Storage Unit* (bernilai 1 untuk mengalami evaporasi secara keseluruhan dan 0 untuk tidak mengalami evaporasi).
8. *Seepage Loss*
   Parameter ini digunakan untuk mendeskripsikan spesifikasi jenis tanah yang akan mengalami resapan lewat dasar atau dinding *Storage Unit*. Parameter tanah yang dimasukkan untuk mendefinisikan *Seepage Loss* antara lain:

   a. *Suction Head* (Ψs)

   $$\Psi s = 3.237 \text{ x } K_s{}^{-0.328} \quad \textbf{(2.32)}$$

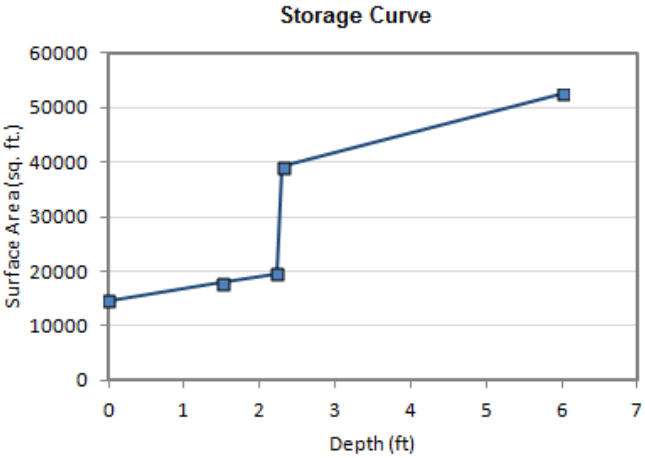
   b. *Conductivity* (Ks)
      Parameter berikut ini dapat dilihat pada **Tabel 2.17**.
   c. *Initial Deficit*

   $$\theta_d = \frac{S}{d_{wt}} \quad \textbf{(2.33)}$$

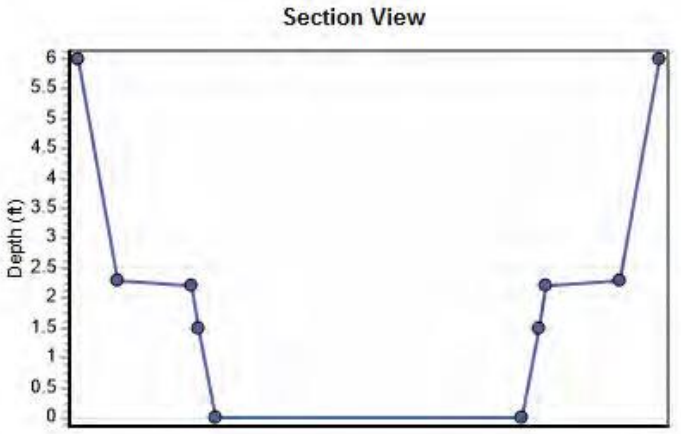
Keterangan:
S = *Soil's moisture storage capacity* (mm)
d_{wt} = Kedalaman muka air tanah (mm)
Θ_d = *Initial moisture deficit*

9. *Storage Curve*

Parameter ini merupakan sebuah metode Tabel untuk mendeskripsikan luas permukaan dengan kedalaman air. Variabel yang harus dimasukkan ke dalam tabel yaitu kedalaman dan luas tampungan, sehingga akan menghasilkan sebuah kurva. Contoh dari kurva tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.6** dan **Gambar 2.7**.



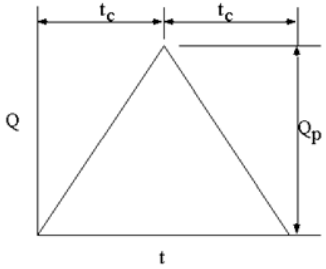
Gambar 2.6 *Storage Curve*
(*Sumber : Rossman, 2017*)



Gambar 2.7 *Section View*
(*Sumber : Rossman, 2017*)

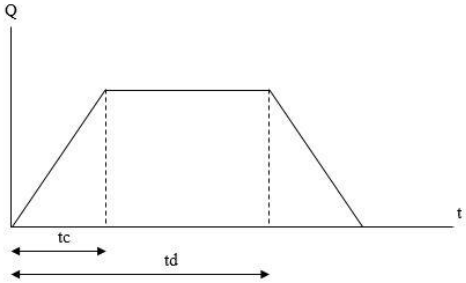
Dilakukan juga perhitungan manual dari *Storage Unit* atau Kolam Tampung untuk mengecek apakah Kolam Tampung yang direncanakan dapat dimanfaatkan dengan efektif. Besarnya dimensi kolam tampungan tergantung dari besarnya hasil perhitungan volume limpasan air dari kolam tampungan sementara.

Volume yang dapat dialirkan ke kolam tampungan untuk analisis kolam tampungan perhitungannya menggunakan cara hidrograf rasional.



Gambar 2.8 Hidrograf Rasional Kolam Tampungan tc = td
(Sumber : Sofia, 2006)

Untuk **tc = td**, yang berarti debit limpasan *Catchment Area* langsung dialirkan ke saluran luar kawasan melalui kolam tampung dengan Hidrograf Rasional Kolam Tampung yang dapat dilihat pada **Gambar 2.8.** Untuk **td > tc**, dimana debit limpasan *Catchment Area* ditampung dikolam pada jangka waktu tertentu. dengan Hidrograf Rasional Kolam Tampung yang dapat dilihat pada **Gambar 2.9.**



Gambar 2.9 Hidrograf Rasional Kolam Tampungan td > tc
(Sumber : Sofia, 2006)

- **Hidrograf Rasional**

Luas bidang segitiga

$$\text{Volume aliran} = tc \times Qp \quad \textbf{(2.34)}$$

Luas bidang trapesium

$$\text{Volume aliran} = td \times Qp \quad \textbf{(2.35)}$$

Keterangan :
tc = Waktu konsentrasi
td = Waktu hujan
Qp= Laju aliran puncak (m^3/dtk)

2.3.8 Routing Metode Dynamic Wave

Routing dengan metode *Dynamic Wave* memberikan hasil yang paling akurat. Metode ini mencakup persamaan kontinuitas dan momentum untuk saluran dan persamaan volume untuk *node*. Dengan menggunakan program bantu

SWMM, terdapat beberapa parameter yang harus dimasukkan untuk mendefinisikan *Dynamic Wave Analysis Method*, parameter tersebut yaitu:

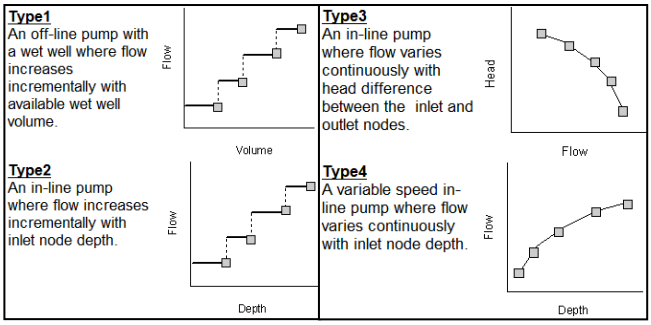
1. *Initial Terms*
   Parameter ini mengindikasikan inersia dalam persamaan momentum.
   a. *Keep* : Menggunakan inersia dalam setiap kondisi.
   b. *Dampen* : Mengurangi inersia ketika aliran mendekati kritis dan tidak menggunakan saat aliran super kritis. (Standar SWMM)
   c. *Ignore* : Tidak menggunakan persamaan momentum.
2. *Define Supercritical Flow By*
   a. Kemiringan air lebih dari kemiringan saluran.
   b. Bilangan froude lebih dari 1.
   c. Kemiringan dan bilangan froude. (Standar SWMM)
3. *Force Main Equation*
   Persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan energi akibat gesekan saat air memiliki tekanan pada saluran berbentuk lingkaran (aliran penuh).
4. *Surcharge Method*
   Metode yang digunakan apabila ketinggian air sudah mencapai tinggi jagaan.
   a. *Extran* : Memperbarui ketinggian *node* saat saluran yang terhubung mulai penuh. (Standar SWMM).
   b. *Slot* : Menambahkan lebar permukaan pipa.
5. *Variable Time Step*
   Parameter ini menghasilkan panjang dari waktu yang digunakan untuk menghitung memulai simulasi (standar SWMM: 75%).
6. *Minimum Variable Step*
   Waktu minimum yang dibutuhkan untuk memulai simulasi (standar SWMM: 0.5 detik).
7. *Time Step for Conduit Lengthenig*

Waktu yang dibutuhkan untuk memperpanjang saluran sehingga waktu air mengalir tidak lebih kecil dari saluran artifisial (standar SWMM: 0 detik).

8. *Minimum Nodal Surface Area*
   Luas permukaan minimum *node* saat menghitung perubahan ketinggian muka air (standar SWMM: 12,566 ft^2).
9. *Maximum Trials Per Time Step*
   Jumlah maksimum percobaan yang digunakan SWMM untuk melakukan *routing* (standar SWMM: 8).
10. *Head Convergence Tolerance*
    Toleransi perbedaan ketinggian dari *node* dan saluran (standar SWMM: 0.005 ft.).

2.4. Pompa

Pompa merupakan penghubung antar *node* untuk membawa air ke hilir dengan elevasi yang lebih tinggi, sehingga air dapat mengalir dengan tidak menggunakan gaya gravitasi. Pompa air merupakan alat untuk menambah tenaga dari air, tambahan tenaga yang dimaksud dinyatakan dalam tinggi tenaga atau tenaga per satuan berat air. Pada program bantu SWMM 5.1, pompa dibagi menjadi 4 tipe yang dapat dilihat pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Tipe Pompa SWMM
(*Sumber : Rossman, 2017*)

Dengan menggunakan program bantu SWMM, terdapat beberapa parameter yang harus dimasukkan untuk mendefinisikan setiap *Pump* yang ada, parameter tersebut antara lain:

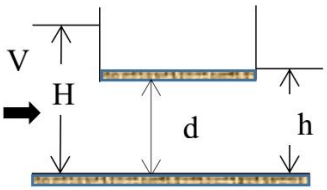
1. *Inlet Node*
   Nama titik *node* pada hulu saluran.
2. *Outlet Node*
   Nama titik *node* pada hilir saluran.
3. *Pump Curve*
   Merupakan nama kurva yang berisi data pengoperasian untuk pompa dengan tipe pompa yang telah dipilih sebelumnya.
4. *Initial Status*
   Status pompa (hidup atau mati) sebelum dimulainya simulasi.
5. *Startup Depth*
   Kedalaman air di *node* pada hulu saluran saat pompa menyala.
6. *Shutoff Depth*
   Kedalaman air di *node* pada hulu saluran saat pompa mati.

2.5. Pintu Air

Pintu air dibuka saat muka air saluran di luar kawasan perumahan lebih rendah dan ditutup untuk menahan masuknya air banjir ke saluran drainase. Pompa air difungsikan bila pengaliran secara gravitasi tidak memungkinkan dan tidak perlu menunggu sampai permukaan air di hilir surut. Besar debit yang melewati pintu air dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

a. Bentuk aliran tenggelam

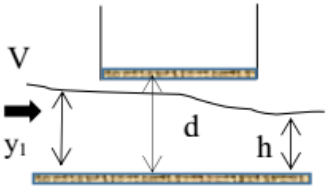
$$Q = C_d . A_0 . \sqrt{2gh} \qquad \textbf{(2.36)}$$



Gambar 2.11 Kombinasi Aliran Air Tenggelam
(Sumber : Martono, 2007)

b. Bentuk aliran tak tenggelam

$$Q = \mu . b . a . \sqrt{2g . y1} \qquad \textbf{(2.37)}$$



Gambar 2.12 Kombinasi Aliran Air Tak Tenggelam
(Sumber : Martono, 2007)

dimana:
Q = debit outflow (m^3/dtk)
C_d = koefisien debit
H = ketinggian air di belakang pintu di atas ambang (m)
A_0 = luas penampang bukaan pintu air (m^2)
g = percepatan gravitasi (m^2/dtk)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III
METODOLOGI

3.1. Umum

Metodologi disusun untuk mempermudah pelaksanaan studi, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang sistematis sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3.2. Studi Lapangan

Studi lapangan yang dilakukan untuk tugas akhir ini yaitu dengan melihat kondisi eksisting pada saluran yang ada di Perumahan Mulyosari. Kegiatan yang dilakukan meliputi wawancara kepada warga Perumahan Mulyosari mengenai masalah genangan yang terjadi, dan mengambil foto dokumentasi saluran eksisting perumahan Mulyosari yang dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Survei ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dan membuat analisis kapasitas saluran, serta mengetahui kendala apa saja yang mungkin akan menghambat penanggulangan banjir dan pemeliharaan saluran.

3.3. Studi Literatur

Studi literatur meliputi kegiatan memahami teori hidrologi dan hidrolika yang berkaitan dengan perencanaan pematusan kota yang kemudian dijadikan dasar perencanaan. Serta memahami mengenai panduan penggunaan program bantu SWMM 5.1

3.4. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan antara lain seperti data curah hujan, layout perumahan, peta topografi, tata guna lahan, dan jaringan saluran eksisting. Untuk dimensi saluran eksisting dapat dilihat pada **Tabel 4.21** yang didapat melalui pengukuran langsung di lapangan.

3.5. Analisis Data Dan Perhitungan

Dengan data yang telah diperoleh, maka kemudian dilakukan pengolahan data. Analisis yang dilakukan yaitu:

a. Analisis hidrologi
   - Menghitung curah hujan rata-rata dengan cara menghitung rata-rata hujan maksimum tahunan yang diperoleh dari stasiun yang berpengaruh.
   - Menghitung distribusi frekuensi untuk menentukan hujan rencana pada masing-masing periode waktu.
   - Melakukan uji kecocokan distribusi menggunakan uji Chi Kuadrat dan uji Smirnov Kolmogorov.
   - Mencari periode ulang untuk menentukan nilai dari R_{24}.
   - Menghitung tinggi curah hujan 1-24 jam.
   - Menginput parameter berikut ke dalam program bantu SWMM:
     - *Rain Gage*
     - *Subcatchment*

b. Analisis hidrolika

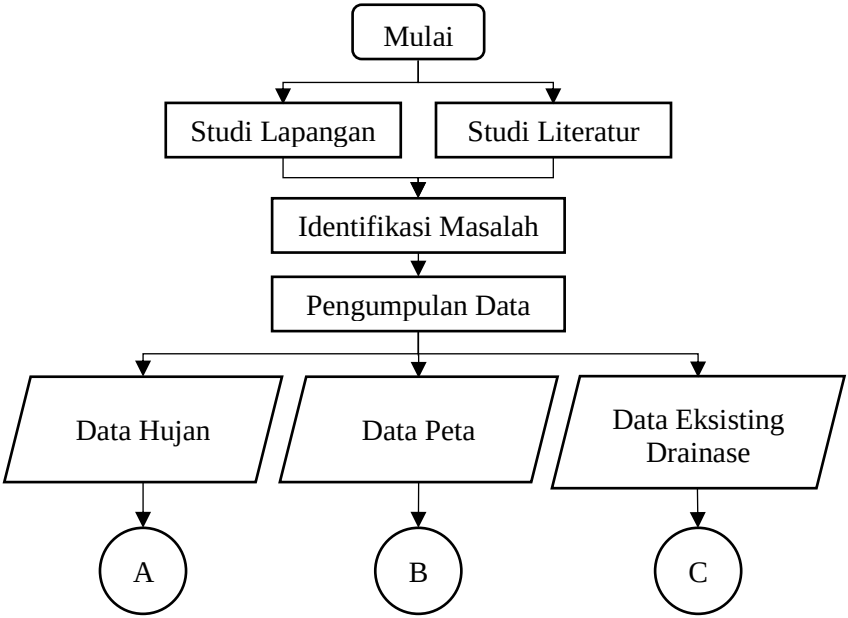
   Parameter hidrolika yang akan dimasukkan ke dalam program bantu SWMM antara lain:
   - *Junction node*
   - *Outfall node*
   - *Storage unit*
   - *Pump*
   - *Conduit*

c. *Routing metode dynamic wave*

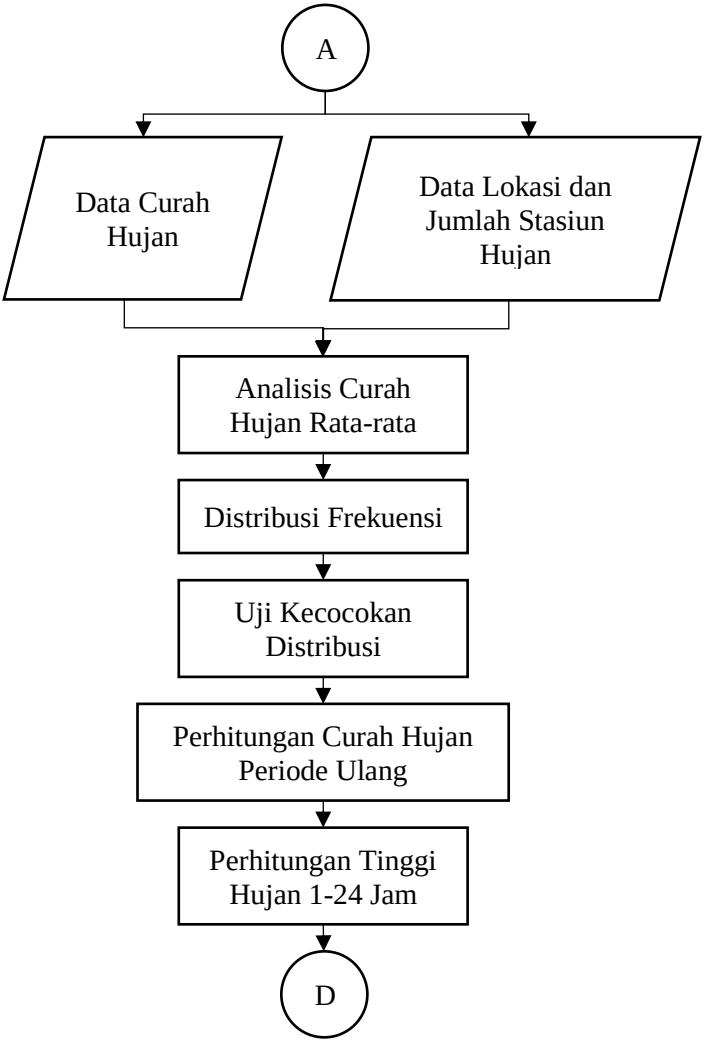
   Pada tugas akhir ini dilakukan tiga kali *Flow Routing*. Pertama dilakukan untuk mengecek sistem drainase eksisting Perumahan Mulyosari terhadap banjir dengan curah hujan periode ulang. Kedua untuk mengecek perencanaan ulang sistem drainase Perumahan Mulyosari. Ketiga untuk mengecek boezem yang dilengkapi pompa dan pintu rencana pada bagian hilir sistem drainase Perumahan Mulyosari rencana.

3.6. Diagram Alir

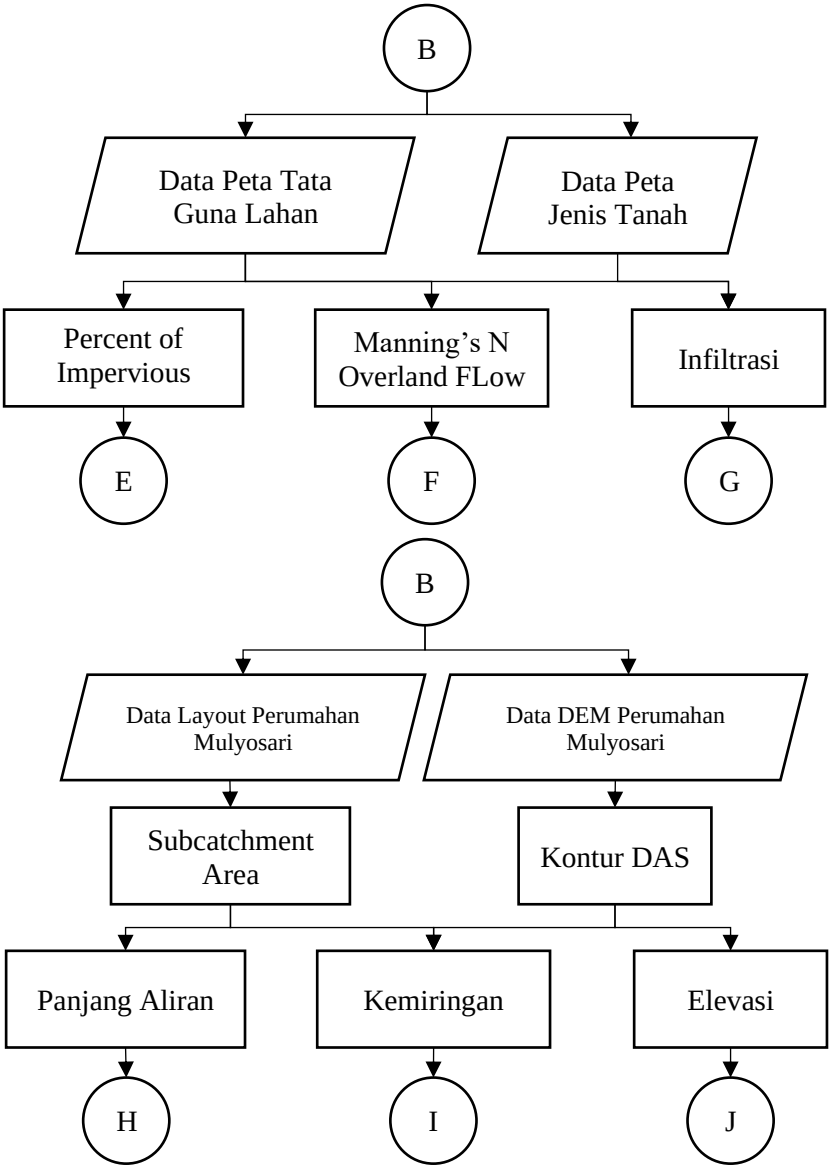
Untuk mempermudah perhitungan dan perencanaan saluran drainase perumahan Mulyosari, maka dibuat skema diagram alir seperti pada **Gambar 3.1.**



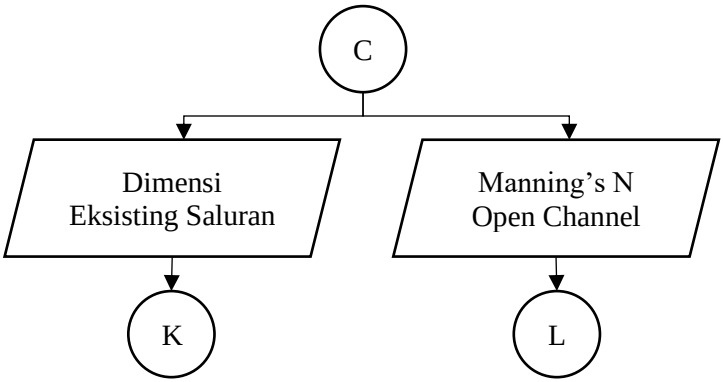
a. Diagram Alir Bagian



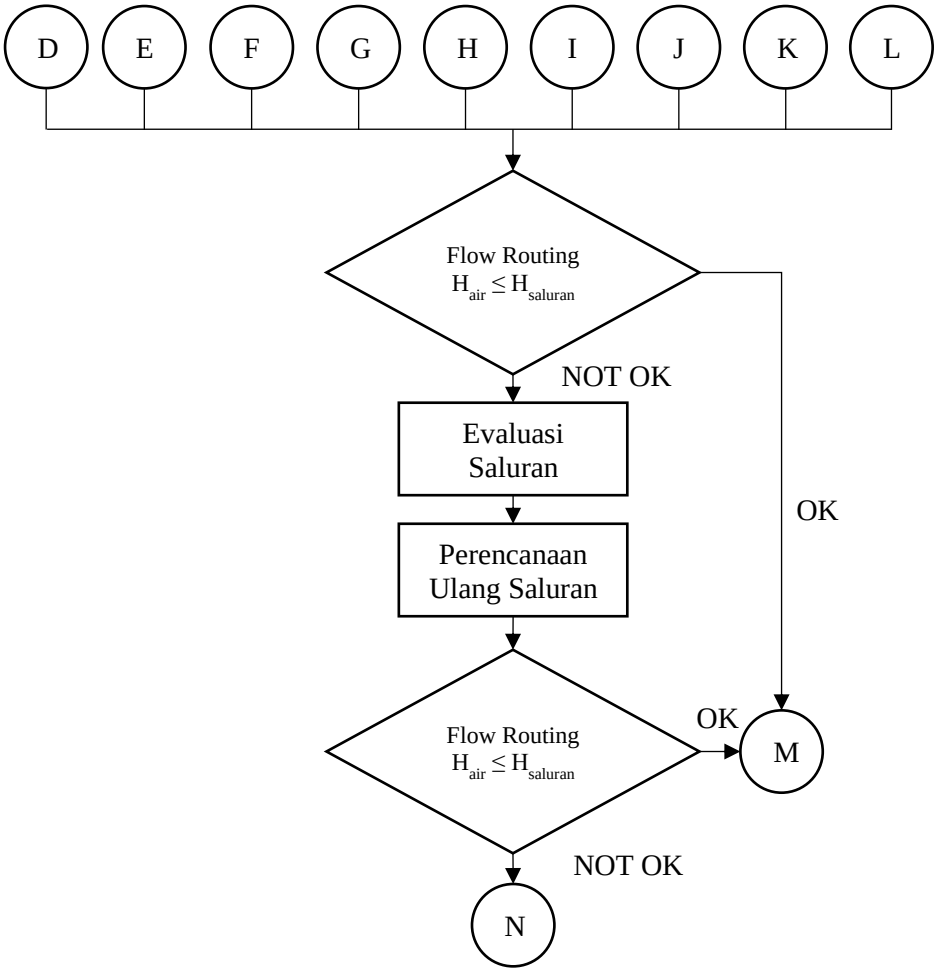
b. Diagram Alir Bagian



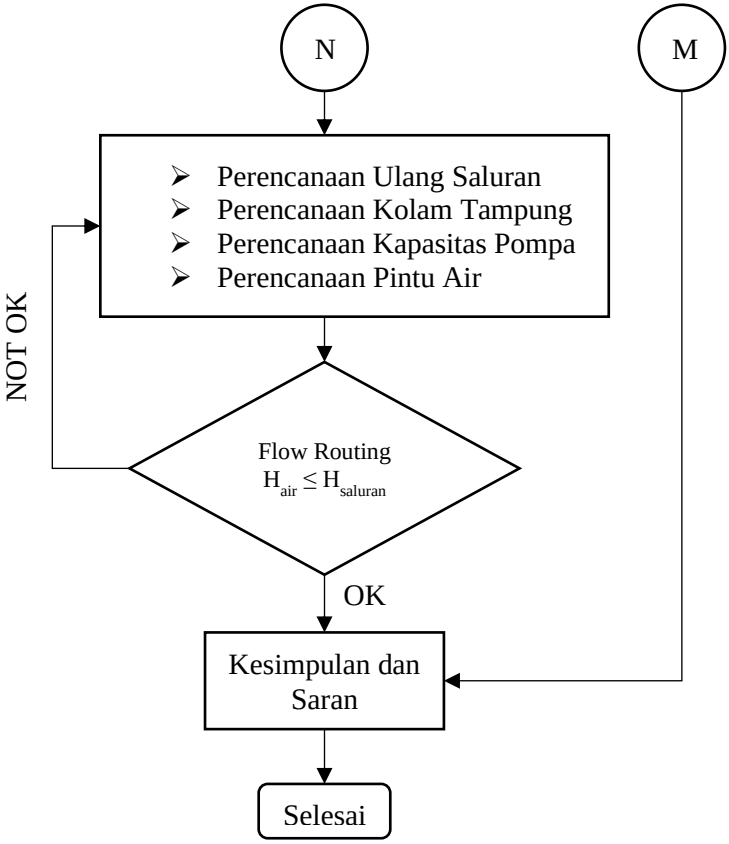
c. Diagram Alir Bagian



d. Diagram Alir Bagian



e. Diagram Alir Bagian



f. Diagram Alir Bagian

Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir
(Sumber : Perhitungan, 2020)

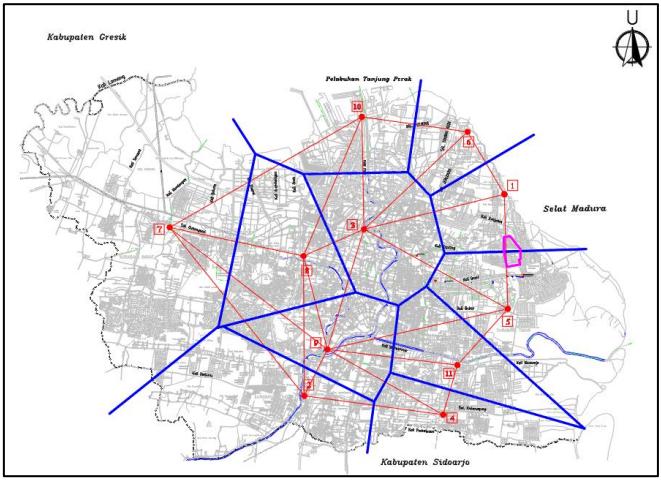
BAB IV
PERHITUNGAN

4.1. Analisis Curah Hujan

Analisis berikut ini bertujuan untuk menghitung besarnya tinggi curah hujan pada perumahan Mulyosari.

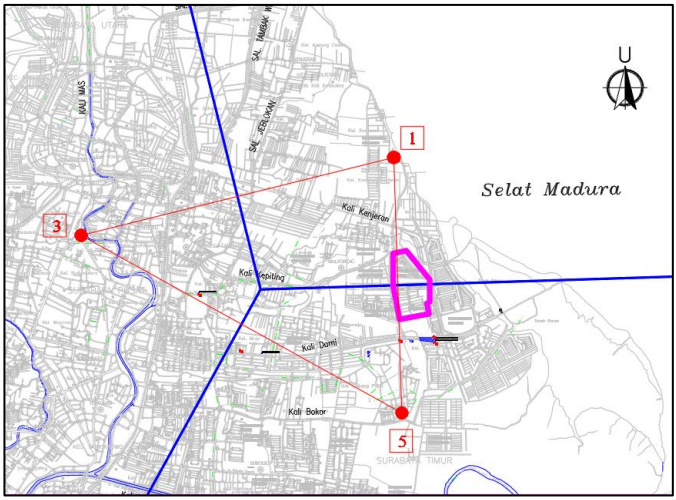
4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah

Dalam melakukan analisis curah hujan, yang harus dilakukan pertama adalah menentukan letak stasiun hujan yang ada di sekitar lokasi studi. Kemudian untuk menentukan stasiun hujan mana yang berpengaruh pada lokasi studi, digunakan metode Poligon Thiessen. Di Kota Surabaya, diketahui terdapat 11 stasiun hujan. Cara menggunakan metode Poligon Thiessen yaitu dengan menghubungkan 11 stasiun hujan, kemudian dibuat garis sumbu tegak lurus, hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Poligon Thiessen Kota Surabaya
(*Sumber : Badan Pengembangan Pembangunan Kota Surabaya, 2000*)

Setelah dilakukan pembuatan poligon, diketahui bahwa DAS perumahan Mulyosari hanya dipengaruhi oleh 2 stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Larangan (nomor 1) dan Keputih (nomor 5). Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Poligon Thiessen DAS Perumahan Mulyosari

4.1.2 Analisis Curah Hujan Maksimum

Untuk mengolah data tinggi hujan maksimum harian dibutuhkan variabel berupa koefisien Thiessen seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Koefisien Thiessen

Nama Stasiun	Area yang Berpengaruh (Ha)	Koefisien Thiessen
Larangan	43,699	0,512
Keputih	41,698	0,488
Total	85,397	1

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Data hujan harian diperoleh untuk stasiun hujan Larangan dan Keputih adalah data hujan dari tahun 1995 hingga tahun 2014 atau sama dengan 20 tahun. Data tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Data Hujan Maksimum DAS Perumahan Mulyosari

Nomor	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	1995	87,44
2	1996	87,44
3	1997	123,70
4	1998	100,82
5	1999	62,97
6	2000	72,18
7	2001	84,39
8	2002	155,75
9	2003	59,37
10	2004	58,00
11	2005	86,46
12	2006	104,69
13	2007	62,91
14	2008	84,98
15	2009	89,30
16	2010	101,77
17	2011	74,93
18	2012	77,32
19	2013	80,00
20	2014	119,16

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

4.1.3 Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis distribusi frekuensi berfungsi untuk menghitung debit dalam periode waktu tertentu. Periode ulang rencana yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini yaitu periode ulang 10 tahun. Kemudian untuk metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini, antara lain distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel, dan Log-Pearson Type III. Hasil dari beberapa metode tersebut kemudian dibandingkan dengan syarat yang ada, dan diambil yang memenuhi syarat tersebut.

a. Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

Langkah-langkah untuk perhitungan metode distribusi Normal adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data curah hujan dari nilai terbesar hingga nilai terkecil seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Peringkat Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil

Peringkat	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2002	155,75
2	1997	123,70
3	2014	119,16
4	2006	104,69
5	2010	101,77
6	1998	100,82
7	2009	89,30
8	1995	87,44
9	1996	87,44
10	2005	86,46
11	2008	84,98
12	2001	84,39
13	2013	80,00

Lanjutan Tabel 4.3 Peringkat Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil

Peringkat	Tahun	Curah Hujan (mm)
14	2012	77,32
15	2011	74,93
16	2000	72,18
17	1999	62,97
18	2007	62,91
19	2003	59,37
20	2004	58,00
Total		1773,59

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

2. Berdasarkan **Tabel 4.3**, dihitung nilai rata-rata curah hujan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2, berikut perhitungannya:

$$\overline{\mathbf{X}} = \frac{\sum \mathbf{X}}{\mathbf{n}} = \frac{\mathbf{1773,59}}{\mathbf{20}} = \mathbf{88,68\ mm}$$

3. Menghitung nilai standar deviasi dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.3, berikut perhitungannya:

$$\mathbf{S} = \sqrt{\frac{\sum\ (\mathbf{X} - \overline{\mathbf{X}})^{\mathbf{2}}}{\mathbf{n-1}}} = \sqrt{\frac{\mathbf{11060,15}}{\mathbf{20-1}}} = \mathbf{24,127}$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.4, berikut perhitungannya:

$$\mathrm{Cv} = \frac{\mathrm{S}}{\overline{\mathrm{X}}} = \frac{24{,}127}{88{,}68} = 0{,}272$$

5. Menghitung nilai koefisien kemencengan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.6, berikut merupakan perhitungannya:

$$\mathrm{Cs} = \frac{\mathrm{n}\ \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}}(\mathrm{X_i} - \overline{\mathrm{X}})^3}{(\mathrm{n}-1)(\mathrm{n}-2)\mathrm{S}^3}$$

$$= \frac{20 \,.\, 283611{,}27}{(20-1)\,.\,(20-2)\,.\,(24{,}127)^3}$$
$$= 1{,}181$$

6. Menghitung nilai koefisien ketajaman dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.7, berikut perhitungannya:

$$Ck = \frac{n^2 \,.\, \sum(X - \overline{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$
$$= \frac{20^2 \,.\, 25354361{,}38}{(20-1)(20-2)(20-3)\,.\,(24{,}127)^4}$$
$$= 5{,}148$$

7. Menghitung hujan rencana 10 tahun dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.5, berikut perhitungannya:

   $X_T = \overline{X} + K \times S$

   Nilai faktor frekuensi, K, didapatkan dari **Tabel 2.1**. Untuk periode ulang 10 tahun, diperoleh K = 1,28. Maka nilai X_T adalah:

   $X_T = \overline{X} + K \times S$
   $= 88{,}68 + 1{,}28 \,.\, 24{,}127$
   $= 119{,}562$ mm

b. Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

Perhitungan menggunakan metode distribusi Gumbel melakukan tahapan yang sama dengan metode distribusi Normal, hanya nilai faktor frekuensi (K) saja yang berbeda.

Tabel 4.4 Tabel Nilai Y_T

Periode Ulang (Tahun)	**Reduce Variate (Y_T)**
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019

Lanjutan Tabel 4.4 Tabel Nilai Y_T

Periode Ulang (Tahun)	Reduce Variate (Y_T)
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

(Sumber : Soemarto, 1999)

Berdasarkan **Tabel 4.4**, nilai Y_T = 2,2502

Tabel 4.5 Tabel Nilai Yn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,499	0,503	0,507	0,510	0,512	0,515	0,518	0,520	0,522
20	0,523	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,532	0,533	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,538	0,539	0,540	0,541	0,541	0,542	0,543
40	0,546	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548
50	0,548	0,548	0,549	0,549	0,550	0,550	0,550	0,551	0,551	0,551
60	0,552	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554
70	0,554	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556
80	0,556	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558
90	0,558	0,558	0,558	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
100	0,560									

(Sumber : Soemarto, 1999)

Berdasarkan **Tabel 4.5**, nilai Yn = 0,523

Tabel 4.6 Tabel Nilai Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,949	0,967	0,983	0,997	1,009	1,020	1,031	1,041	1,049	1,056
20	1,062	1,069	1,075	1,081	1,086	1,091	1,096	1,100	1,104	1,108
30	1,112	1,115	1,119	1,122	1,125	1,128	1,131	1,133	1,136	1,138
40	1,141	1,143	1,145	1,148	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159

Lanjutan Tabel 4.6 Tabel Nilai Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	1,160	1,162	1,163	1,165	1,166	1,168	1,169	1,170	1,172	1,173
60	1,174	1,175	1,177	1,178	1,179	1,180	1,181	1,182	1,183	1,184
70	1,185	1,186	1,187	1,188	1,189	1,189	1,190	1,191	1,192	1,193
80	1,193	1,194	1,195	1,195	1,196	1,197	1,198	1,198	1,199	1,200
90	1,200	1,201	1,202	1,202	1,203	1,203	1,204	1,204	1,205	1,206
100	1,206									

(Sumber : Soemarto, 1999)

Berdasarkan **Tabel 4.6**, nilai Sn = 1,062 sehingga berdasarkan rumus pada persamaan 2.10, dapat dihitung:

$$K = \frac{Y_T - Yn}{Sn} = 1{,}078$$

Sehingga perhitungan hujan rencana periode ulang 10 tahun adalah sebagai berikut:

$X_T = \overline{X} + K \times S$

$= 88{,}68 + 1{,}078 \cdot 24{,}127$

$= 114{,}692$ mm

Tabel hasil perhitungan parameter statistik untuk metode distribusi Normal dan distribusi Gumbel dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

Peringkat	Tahun	Xi	$(Xi-\overline{X})$	$(Xi-\overline{X})^2$	$(Xi-\overline{X})^3$	$(Xi-\overline{X})^4$
1	2002	155,75	67,07	4498,46	301714,65	20236180,06
2	1997	123,70	35,02	1226,38	42947,40	1504004,72
3	2014	119,16	30,48	929,06	28318,27	863155,32
4	2006	104,69	16,01	256,37	4104,96	65727,23
5	2010	101,77	13,09	171,35	2242,96	29360,33
6	1998	100,82	12,14	147,40	1789,59	21727,32
7	2009	89,30	0,62	0,38	0,24	0,15

Lanjutan Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

Peringkat	Tahun	Xi	$(Xi-\bar{X})$	$(Xi-\bar{X})^2$	$(Xi-\bar{X})^3$	$(Xi-\bar{X})^4$
8	1995	87,44	-1,24	1,53	-1,90	2,35
9	1996	87,44	-1,24	1,53	-1,90	2,35
10	2005	86,46	-2,22	4,92	-10,92	24,23
11	2008	84,98	-3,70	13,71	-50,78	188,03
12	2001	84,39	-4,29	18,36	-78,68	337,15
13	2013	80,00	-8,68	75,33	-653,88	5675,36
14	2012	77,32	-11,36	128,94	-1464,22	16626,79
15	2011	74,93	-13,75	189,06	-2599,55	35743,58
16	2000	72,18	-16,50	272,12	-4488,90	74049,06
17	1999	62,97	-25,71	660,85	-16988,53	436724,57
18	2007	62,91	-25,77	664,27	-17120,33	441248,21
19	2003	59,37	-29,31	858,87	-25170,50	737659,12
20	2004	58,00	-30,68	941,24	-28876,72	885925,45
Total		1773,59		11060,15	283611,27	25354361,38

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

c. Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

Langkah-langkah untuk perhitungan menggunakan metode distribusi Log Normal adalah sebagai berikut:

1. Menyusun data curah hujan maksimum dari nilai terbesar hingga nilai terkecil, kemudian nilai data hujan tersebut diubah menjadi bentuk persamaan logaritma, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Peringkat Nilai Logaritma Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil

Peringkat	Tahun	Xi	Yi = Log Xi
1	2002	155,75	2,1924
2	1997	123,70	2,0924

Lanjutan Tabel 4.8 Peringkat Nilai Logaritma Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil

Peringkat	Tahun	Xi	Yi = Log Xi
3	2014	119,16	2,0761
4	2006	104,69	2,0199
5	2010	101,77	2,0076
6	1998	100,82	2,0035
7	2009	89,30	1,9508
8	1995	87,44	1,9417
9	1996	87,44	1,9417
10	2005	86,46	1,9368
11	2008	84,98	1,9293
12	2001	84,39	1,9263
13	2013	80,00	1,9031
14	2012	77,32	1,8883
15	2011	74,93	1,8747
16	2000	72,18	1,8584
17	1999	62,97	1,7992
18	2007	62,91	1,7987
19	2003	59,37	1,7736
20	2004	58,00	1,7634
Total		1773,59	38,6781

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

2. Berdasarkan **Tabel 4.8**, dihitung nilai rata-rata curah hujan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.11, berikut perhitungannya:

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log X_i}{n} = \frac{38,6781}{20} = 1,934 \text{ mm}$$

3. Menghitung nilai standar deviasi dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.12, berikut perhitungannya:

$$\mathbf{S} = \sqrt{\frac{\sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{n}}(\mathbf{\log X_i - \log \overline{X}})^{\mathbf{2}}}{\mathbf{n-1}}} = \sqrt{\frac{\mathbf{0,2338}}{\mathbf{20-1}}} = \mathbf{0,111}$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi dengan menggunakan rumus berikut:

$$\mathrm{Cv} = \frac{\mathrm{S}}{\log\overline{\mathrm{X}}} = \frac{0{,}111}{1{,}934} = 0{,}057$$

5. Menghitung nilai koefisien kemencengan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.13, berikut adalah perhitungannya:

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

$$= \frac{20\ .\ 0{,}0108}{(20-1)\ .\ (20-2)\ .\ (0{,}111)^3}$$

= 0,461

6. Menghitung nilai koefisien ketajaman dengan menggunakan persamaan rumus 2.14, berikut merupakan perhitungannya:

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

$$= \frac{20^2.\ 0{,}0078}{(20-1)(20-2)(20-3)\ .\ (0{,}111)^4}$$

= 3,449

7. Menghitung hujan rencana 10 tahun dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.15, berikut perhitungannya:

log X_T = log $\overline{X}$ + K x S

Dimana nilai K diperoleh dari **Tabel 2.1**, untuk periode ulang 10 tahun nilai K = 1,28. Maka nilai log X_T adalah:

log X_T = log $\overline{X}$ + K x S
= 1,934 + 1,28 . 0,111
= 2,034 mm

Sehingga X_T = 119,094 mm

d. Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III

Perhitungan menggunakan metode distribusi Log Pearson III melakukan tahapan yang sama dengan metode distribusi Log Normal, hanya nilai faktor frekuensi (K) saja yang berbeda. Nilai K untuk metode Log Pearson III berdasar pada **Tabel 2.5**, yaitu K = 1,32. Sehingga perhitungan hujan rencana periode ulang 10 tahun adalah sebagai berikut:

$\log X_T = \log \bar{X} + K \times S$

$= 1{,}934 + 1{,}32 \cdot 0{,}111$

$= 2{,}080$ mm

Sehingga $X_T = 120{,}328$ mm

Tabel hasil perhitungan parameter statistik untuk metode distribusi Log Normal dan distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III

Peringkat	**Yi = LogXi**	**$(Yi-\bar{Y})$**	**$(Yi-\bar{Y})^2$**	**$(Yi-\bar{Y})^3$**	**$(Yi-\bar{Y})^4$**
1	2.1924	0.2585	0.0668	0.0173	0.0045
2	2.0924	0.1585	0.0251	0.0040	0.0006
3	2.0761	0.1422	0.0202	0.0029	0.0004
4	2.0199	0.0860	0.0074	0.0006	0.0001
5	2.0076	0.0737	0.0054	0.0004	0.0000
6	2.0035	0.0696	0.0049	0.0003	0.0000
7	1.9508	0.0169	0.0003	0.0000	0.0000
8	1.9417	0.0078	0.0001	0.0000	0.0000
9	1.9417	0.0078	0.0001	0.0000	0.0000
10	1.9368	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000
11	1.9293	-0.0046	0.0000	0.0000	0.0000
12	1.9263	-0.0076	0.0001	0.0000	0.0000
13	1.9031	-0.0308	0.0009	0.0000	0.0000

Lanjutan Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III

Peringkat	Yi = LogXi	(Yi-$\bar{Y}$)	(Yi-$\bar{Y}$)^2	(Yi-$\bar{Y}$)^3	(Yi-$\bar{Y}$)^4
14	1.8883	-0.0456	0.0021	-0.0001	0.0000
15	1.8747	-0.0592	0.0035	-0.0002	0.0000
16	1.8584	-0.0755	0.0057	-0.0004	0.0000
17	1.7992	-0.1348	0.0182	-0.0024	0.0003
18	1.7987	-0.1352	0.0183	-0.0025	0.0003
19	1.7736	-0.1603	0.0257	-0.0041	0.0007
20	1.7634	-0.1705	0.0291	-0.0050	0.0008
Total	38.6781		0.2338	0.0108	0.0078

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Untuk menentukan distribusi hujan rencana yang akan digunakan, maka akan ditinjau parameter statistik dari masing-masing distribusi yang dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Cs dan Ck Analisis Distribusi

No.	Jenis Distribusi	Syarat		Hasil Analisis Frekuensi		Keterangan
1	Normal	Cs	0	Cs	1,181	NOT OK
		Ck	3	Ck	5,148	NOT OK
2	Log Normal	Cs	$= C_V{}^3 + 3C_v$	Cs	0,461	NOT OK
		Ck	$= C_V{}^8 + 6C_V{}^6 + 15C_V{}^4 + 16C_V{}^2 + 3$	Ck	3,449	NOT OK
3	Gumbel	Cs	1,14	Cs	1,181	NOT OK
		Ck	5,40	Ck	5,148	NOT OK
4	Log-Pearson III	Cs	Bebas	Cs	0,461	**OK**
		Ck	Bebas	Ck	3,449	**OK**

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Berdasarkan **Tabel 4.7**, metode distribusi yang memenuhi persyaratan parameter statistik adalah distribusi Log Pearson III.

4.1.4 Uji Kesesuaian

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan uji kesesuaian untuk menentukan apakah data curah hujan yang ada sudah sesuai dengan jenis distribusi yang dipilih. Untuk menentukan kesesuaian distribusi frekuensi tersebut, digunakan dua cara pengujian yaitu Chi Kuadrat dan *Smirnov Kolmogorov*.

a. Uji Chi Kuadrat

Jumlah data (n) yang ada sebanyak 20, untuk menentukan jumlah grup maka digunakan rumus pada persamaan 2.17, berikut perhitungannya:

G = 1 + 3,322 log n
= 1 + 3,322 log 20
= 5,322 maka digunakan 6

Kemudian data pengamatan dibagi menjadi 6 sub grup dengan interval peluang (P) = $^1/_6$ = 0.16667. Besarnya peluang untuk setiap sub grup adalah :

- Sub grup 1 = $P \leq 0{,}1667$
- Sub grup 2 = $0{,}1667 \leq P \leq 0{,}3333$
- Sub grup 3 = $0{,}3333 \leq P \leq 0{,}5000$
- Sub grup 4 = $0{,}5000 \leq P \leq 0{,}6667$
- Sub grup 5 = $0{,}6667 \leq P \leq 0{,}8333$
- Sub grup 6 = $0{,}8333 \leq P$

- Distribusi Log Pearson III

Untuk mengelompokkan data ke dalam tiap sub grup maka ditentukan terlebih dahulu batas-batas yang ada dengan menghitung interpolasi dari nilai Cs untuk mendapatkan nilai K berdasarkan **Tabel 2.5** seperti pada Tabel berikut ini:

Tabel 4.11 Menghitung Nilai K

Cs	0,4	Cs	0,6
Tahun	K	Tahun	K
6	1,0665	6	1,064
3	0,228	3	0,200667
2	-0,066	2	-0,099
1,5	-0,592	1,5	-0,60433
1,2	-1,09969	1,2	-1,07021
Cs =	0,461005		
Tahun	K	$LogX_T$	X_T
6	1,065737	2,052121	112,7513
3	0,219663	1,95827	90,83843
2	-0,07607	1,925466	84,22976
1,5	-0,59576	1,867818	73,75945
1,2	-1,0907	1,812917	65,00048

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Sehingga dapat diperoleh hasil perhitungan Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson III dan ditunjukkan pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12 Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

No	**Nilai Batas Sub Grup**			**Oi**	**Ei**	**$(Oi - Ei)^2$**	**$\frac{(Oi - Ei)^2}{Ei}$**
1	112,751	≤	X	3	3,333	0.111	0.033
2	90,834	≤ X ≤	112,751	3	3,333	0.111	0.033
3	84,229	≤ X ≤	90,834	6	3,333	7.111	2.133
4	73,759	≤ X ≤	84,229	3	3,333	0.111	0.033
5	65,001	≤ X ≤	73,759	1	3,333	5.444	1.633
6	X	≤	65,001	4	3,333	0.444	0.133
Jumlah				20	Jumlah		4,000

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Berdasarkan **Tabel 4.12**, didapatkan nilai $Xh^2 = 4{,}000$; kemudian menentukan derajat kebebasan dengan nilai R = 2 untuk distribusi normal dan binominal;

Dk = G – R – 1
= 6 – 2 – 1
= 3

Dengan menggunakan nilai derajat kepercayaan α = 5% dan nilai Dk = 3, maka didapatkan nilai Xh^2cr dengan melihat pada Tabel 4.12 yaitu sebesar $Xh^2cr = 7{,}815$.

Tabel 4.13 Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	**0,99**	**0,975**	**0,95**	**0,05**	**0,025**	**0,01**	**0,005**
1	0,0000 0393	0,0001 57	0,0009 82	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	0,0071 7	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
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

(Sumber : Suripin, 2004)

Berdasarkan perhitungan maka didapatkan kesimpulan:
$Xh^2 < Xh^2cr$
4,000 < 7,815 (**OK**)
Sehingga persamaan distribusi Log Pearson III **dapat diterima**.

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji *Smirnov Kolmogorov* sering juga disebut dengan uji kecocokan non-para metrik dikarenakan pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

- Distribusi Log Pearson III

Didapatkan dari perhitungan yang sebelumnya harga rata-rata dan standar deviasi untuk perhitungan distribusi Log Pearson III yaitu:
$\log \overline{X} = 1{,}934$ mm
S = 0,111
Adapun contoh perhitungan uji *Smirnov Kolmogorov* untuk data hujan n = 20 tahun adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data hujan dari yang terbesar ke terkecil kemudian mengubahnya menjadi bentuk persamaan logaritma, seperti pada **Tabel 4.8.**
2. Menentukan peluang;
   tinggi hujan (Xi) = 155,75
   log X = 2,1924
   m (peringkat) = 1
   Dengan menggunakan rumus peluang maka didapatkan:
   $$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 0{,}0476$$
3. Kemudian menghitung nilai P(X<);
   P(X<) = 1 – P(X)
   = 1 – 0,0476
   = 0,9524
4. Selanjutnya menghitung peluang teoritis f(t);
   $$f(t) = \frac{\log X - \log \overline{X}}{S \log X} = \frac{2{,}1924 - 1{,}934}{0{,}111} = 2{,}331$$

5. Nilai P'(X<) yang didapatkan dari **Tabel 4.14** dengan melihat nilai f(t):
   Untuk f(t) = 2,331 dengan melihat **Tabel 4.14** maka didapatkan nilai P'(X<) = 0,9901
6. Menghitung besar P'(X):
   P'(X) = 1 – P'(X<)
   = 1 – 0,9901
   = 0,0099
7. Menghitung nilai D:
   D = |P'(X) – P(X)|
   = |0,0099 – 0,0476|
   = 0,0377

Tabel 4.14 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0	0,5000	0,5040	0,508	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5822	0,5871	0,591	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,631	0,6368	0,6406	0,6443	0,648	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,67	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,695	0,6985	0,7019	0,7064	0,7088	0,7123	0,7157	0,719	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,6389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,758	0,7611	0,7642	0,7376	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,791	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8264	0,8264	0,8289	0,8315	0,834	0,8365	0,8389
1	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,877	0,879	0,881	0,883
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,898	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,937	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	9608	0,9616	0,9625	0,9633

Lanjutan Tabel 4.14 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9767
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,975	0,9757	0,9761	0,9767
2	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,983	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,985	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,989
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,994	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,996	0,9961	0,9949	0,9963	0,9962
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,997	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	0,998	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,999	0,999
3,1	0,999	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

(*Sumber : Soewarno, 1995*)

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

m	Tahun	Rmax (Xi) (mm)	logX	P (logX)	P (logX <)	f(t)	P' (logX <)	P' (logX)	D
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = 1 - (5)	(7)	(8)	(9) = 1 - (8)	(10) = |(5) - (9)|
1	2002	155.75	2.1924	0.0476	0.9524	2.33	0.9901	0.0099	0.0377
2	1997	123.70	2.0924	0.0952	0.9048	1.43	0.9236	0.0764	0.0188
3	2014	119.16	2.0761	0.1429	0.8571	1.28	0.8997	0.1003	0.0426
4	2006	104.69	2.0199	0.1905	0.8095	0.78	0.7823	0.2177	0.0272
5	2010	101.77	2.0076	0.2381	0.7619	0.66	0.7454	0.2546	0.0165
6	1998	100.82	2.0035	0.2857	0.7143	0.63	0.7357	0.2643	0.0214
7	2009	89.30	1.9508	0.3333	0.6667	0.15	0.5596	0.4404	0.1071
8	1995	87.44	1.9417	0.3810	0.6190	0.07	0.5279	0.4721	0.0911
9	1996	87.44	1.9417	0.4286	0.5714	0.07	0.5279	0.4721	0.0435
10	2005	86.46	1.9368	0.4762	0.5238	0.03	0.5120	0.4880	0.0118
11	2008	84.98	1.9293	0.5238	0.4762	-0.04	0.4840	0.5160	0.0078
12	2001	84.39	1.9263	0.5714	0.4286	-0.07	0.4721	0.5279	0.0435
13	2013	80.00	1.9031	0.6190	0.3810	-0.28	0.3897	0.6103	0.0087
14	2012	77.32	1.8883	0.6667	0.3333	-0.41	0.3409	0.6591	0.0076

Lanjutan Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

m	Tahun	Rmax (Xi) (mm)	logX	P (logX)	P (logX <)	f(t)	P' (logX <)	P' (logX)	D
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = 1 - (5)	(7)	(8)	(9) = 1 - (8)	(10) = |(5) - (9)|
15	2011	74.93	1.8747	0.7143	0.2857	-0.53	0.2981	0.7019	0.0124
16	2000	72.18	1.8584	0.7619	0.2381	-0.68	0.2483	0.7517	0.0102
17	1999	62.97	1.7992	0.8095	0.1905	-1.21	0.1131	0.8869	0.0774
18	2007	62.91	1.7987	0.8571	0.1429	-1.22	0.1112	0.8888	0.0317
19	2003	59.37	1.7736	0.9048	0.0952	-1.45	0.0735	0.9265	0.0217
20	2004	58.00	1.7634	0.9524	0.0476	-1.54	0.0618	0.9382	0.0142
	Total	1773.59	38.6781						

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Tabel 4.16 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	α			
	0,2	**0,1**	**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	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber: Soewarno, 1995)

Berdasarkan **Tabel 4.15**, diperoleh Dmax = 0,1071; dengan menggunakan derajat kepercayaan (α) = 5% dan n = 20 tahun maka didapatkan nilai Do = 0,29 (Tabel 4.16).
Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa:
Dmax < Do
0,1071 < 0,27 (**OK**)
Maka persamaan distribusi Log Pearson III **dapat diterima**.

4.1.5 Kesimpulan Hasil Analisis

Berdasarkan perhitungan distribusi Log-Pearson III dan dilakukan uji Chi Kuadrat dan *Smirnov Kolmogorov*, maka didapatkan hasil rekapitulasi seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.17**.

Tabel 4.17 Rekapitulasi Hasil Uji Kesesuaian

Persamaan Distribusi	Uji Kecocokan							
	Chi Kuadrat				*Smirnov Kolmogorov*			
	Xh^2	<	Xh^2cr	Ket	Dmax	<	Do	Ket
Log Pearson III	4	<	7,815	**OK**	0,1071	<	0,27	**OK**

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Berdasarkan **Tabel 4.17**, dapat disimpulkan bahwa distribusi yang memenuhi persyaratan dalam uji kecocokan dan yang akan digunakan sebagai curah hujan rencana adalah distribusi **Log Pearson III**.

4.1.6 Periode Ulang

Perhitungan curah hujan periode ulang menggunakan persamaan Distribusi Log Pearson III. Berdasarkan Tabel 2.9 untuk DAS yang memiliki luas 50-100 ha menggunakan periode ulang 5-10 tahun, maka dipilih periode ulang sebesar 10 tahun dengan perhitungan sebagai berikut:

a. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan data untuk distribusi Log Pearson III adalah:
   $\overline{X}$ = 1,934
   S = 0,111
   Cs = 0,461
   K = 1,32
b. Untuk nilai R_{24} periode ulang 10 tahun adalah:
   $\log X_T = \log \overline{X} + K \cdot S$
   = 1,934 + 1,32. 0,111
   = 2,080 mm
   $R_{24} = X_T$ = 120,328 mm

4.1.7 Perhitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam

Durasi hujan maksimum yang terjadi di Surabaya umumnya sebesar 4 jam (Pitaloka, 2017), dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.19 dapat dihitung tinggi hujan dalam kurun waktu 4 jam sebesar:

$$\left(\frac{100\mathrm{R}}{\mathrm{R}_{24}}\right)^2 = \frac{11300\mathrm{t}}{\mathrm{t}+3.12}$$

$$\frac{100R_4}{R_{24}} = \sqrt{\frac{11300 \text{ x } 4}{4+3{,}12}}$$

$$\frac{100R_4}{120{,}328} = \sqrt{6348{,}315}$$

R_4 = 95,873 mm

Untuk perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke-t digunakan persamaan rumus 2.20 dan 2.21, sehingga tinggi hujan setiap jam dapat dilihat pada **Tabel 4.18**.

Tabel 4.18 Tinggi Hujan Setiap Jam

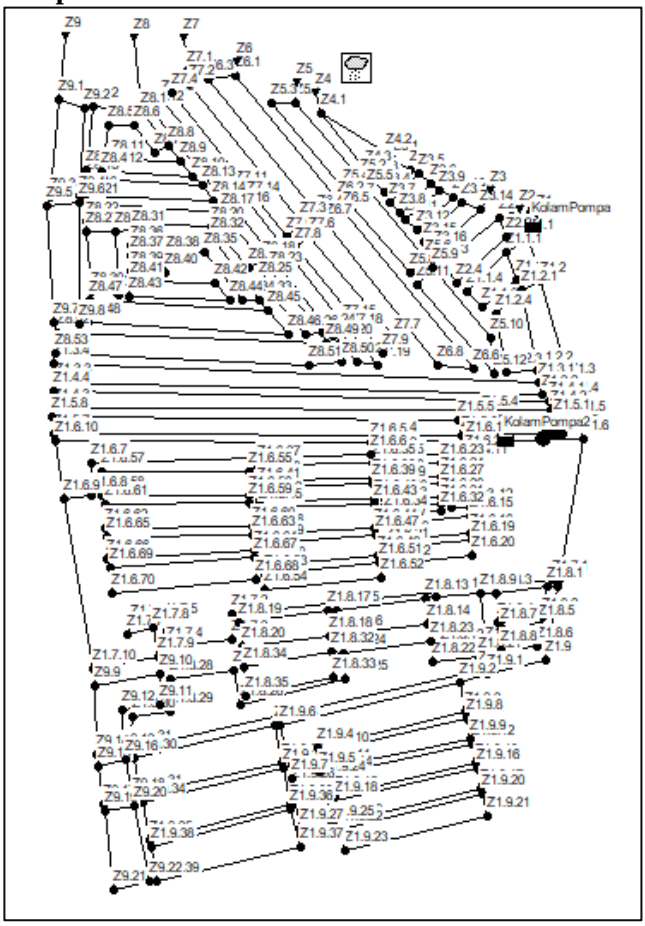
t (jam)	Rt (mm)	R't (mm)
0	0	0
1	56.067	56.067
2	35.320	14.573
3	26.954	10.223
4	22.250	8.138

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

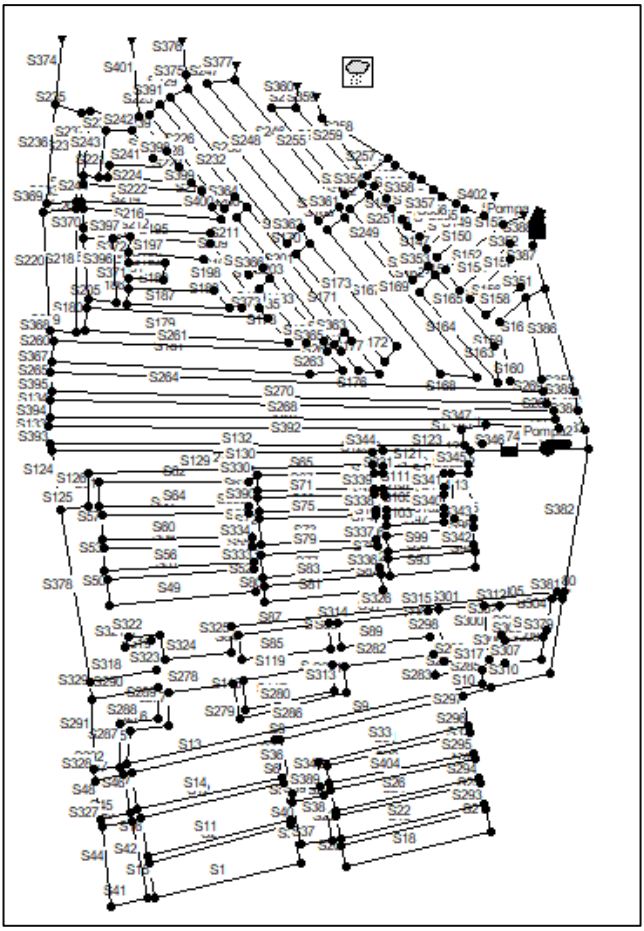
4.2. Deskripsi Wilayah Studi

Wilayah studi yang ditinjau pada tugas akhir ini adalah Perumahan Mulyosari. Penamaan dari titik *junction* dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dan penamaan dari *conduit* dapat dilihat pada

Gambar 4.4 . untuk arah aliran dapat dilihat pada skema aliran pada **Lampiran 4.4.**



Gambar 4.3 Penamaan Titik *Junction* pada SWMM (*Sumber : Perhitungan, 2020*)



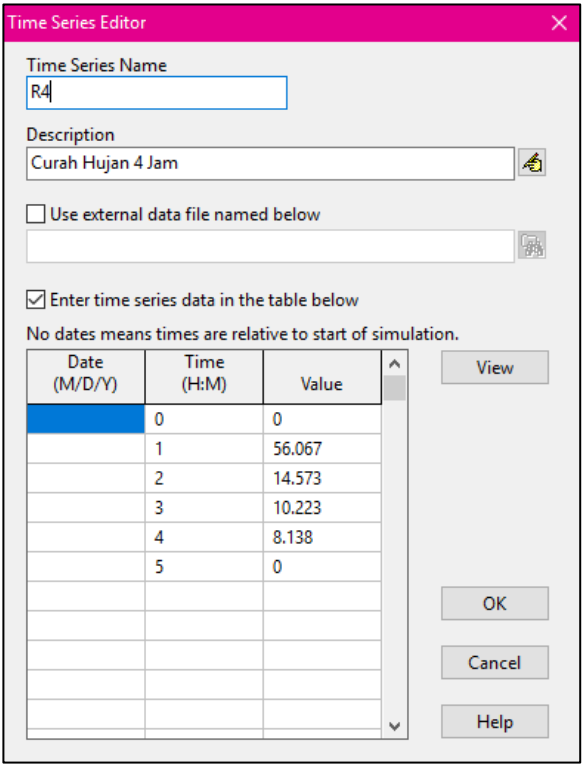
Gambar 4.4 Penamaan Saluran *Conduit* pada SWMM
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

4.3. Rain Gage

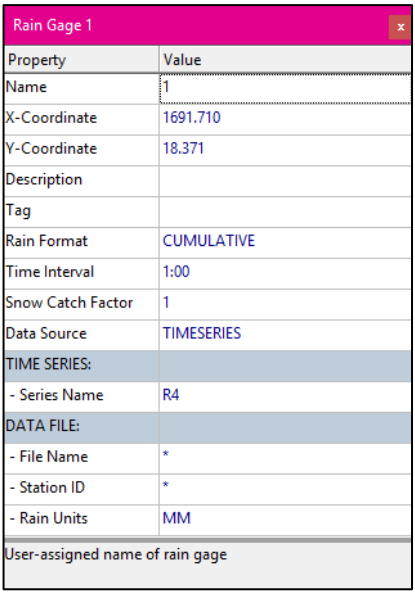
Stasiun hujan yang digunakan pada tugas akhir ini dan yang akan dimasukkan ke dalam program bantu SWMM menggunakan curah hujan periode ulang 10 tahun yaitu sebesar 120,328 mm.

Kemudian data pada **Tabel 4.18** akan dimasukkan untuk *Time Series* seperti pada **Gambar 4.5**.

Lalu data *Time Series* tersebut digunakan untuk mengisi parameter pada *Rain Gage Properties* seperti pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.5 *Time Series*
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)



Gambar 4.6 *Rain Gage Properties*
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

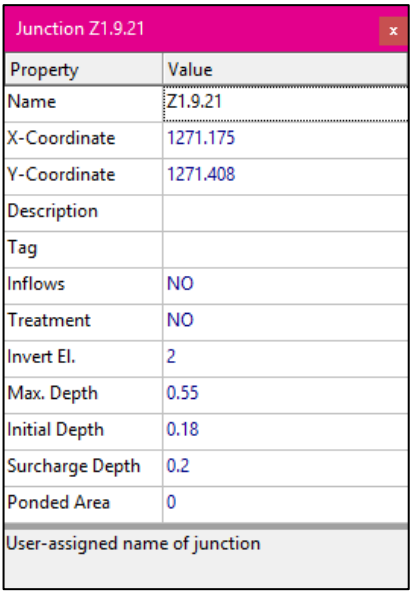
4.4. Junction Node

Junction Node merupakan salah satu dari fitur yang berfungsi untuk menyambungkan saluran, serta dapat berfungsi sebagai penerima aliran *subcatchment* atau disebut outlet. Penamaan *junction* dapat dilihat pada **Gambar 4.3.** Untuk melakukan perhitungan dengan program bantu SWMM, perlu mendefinisikan beberapa parameter. Contoh perhitungan dilakukan pada node Z1.9.21 berikut ini:

1. *Inflows*

   Inflows berfungsi ketika adanya aliran yang menuju ke node tersebut selain limpasan air hujan dari *subcatchment* atau *inflow* dari node yang sebelumnya. Dalam tugas akhir ini *junction node* direncanakan tidak menerima aliran selain dari *subcatchment* atau *inflow* node yang sebelumnya. Sehingga untuk pengisian *inflows* dapat didefinisikan **NO**.

2. *Treatment*
   Untuk *Treatment* dalam tugas akhir ini tidak meninjau kualitas dari air yang mengalir, sehingga dapat didefinisikan **NO**.
3. *Invert El.*
   Invert El. untuk node Z1.9.21 diperoleh dari peta kontur yang berdasar data DEMNAS (Digital Elevation Model Nasional), diketahui node Z1.9.21 memiliki elevasi sebesar **2 m**.
4. *Max Depth*
   Max depth atau kedalaman air maksimum untuk node direncanakan sama dengan kedalaman maksimum dari saluran. Untuk node Z1.9.21 didapatkan *max depth* sebesar **0,55 m**.
5. *Initial Depth*
   Initial Depth merupakan kedalaman air eksisting yang didapatkan dari hasil survei pengukuran di lapangan dan didapatkan sebesar **0,18 m**.
6. *Surcharge Depth*
   Surcharge Depth didapatkan berdasarkan **Tabel 2.11** dengan tinggi jagaan ditentukan berdasarkan besar debit air dan jenis saluran. Saluran S21 pada junction Z1.9.21 memiliki debit kecil dengan jenis saluran yang dilapisi beton, sehingga nilai untuk *Surcharge Depth* sebesar **0,2 m**.
7. *Ponded Area*
   Ponded Area atau genangan air ketika terjadi banjir, untuk tugas akhir ini direncanakan tidak boleh ada area yang tergenang air sehingga untuk nilai *ponded area* bernilai **0**.



Gambar 4.7 *Junction Property Node* Z1.9.21
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Pada DAS perumahan Mulyosari mempunyai *junction node* sebanyak 327 buah. Seluruh *junction node* pada DAS perumahan Mulyosari dapat dilihat pada **Tabel 4.19**.

Tabel 4.19 Rekapitulasi *Junction Node*

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z1.1	1.56	2.50	2.00	0.20	0
Z1.1.1	5	0.61	0.24	0.20	0
Z1.1.2	5.4	0.55	0.18	0.20	0
Z1.1.3	6	0.55	0.18	0.20	0
Z1.1.4	5.8	0.55	0.18	0.20	0
Z1.2	1.58	2.40	2.00	0.20	0
Z1.2.1	2.8	0.55	0.18	0.20	0
Z1.2.2	2.92	0.52	0.15	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z1.2.3	3	0.52	0.15	0.20	0
Z1.2.4	2.82	0.52	0.15	0.20	0
Z1.3	1.6	2.20	1.50	0.20	0
Z1.3.1	2.8	0.67	0.30	0.20	0
Z1.3.2	2.82	0.60	0.23	0.20	0
Z1.3.3	2.88	1.50	1.00	0.20	0
Z1.3.4	2.82	1.50	0.40	0.20	0
Z1.4	1.63	2.20	1.50	0.20	0
Z1.4.1	2.8	0.61	0.24	0.20	0
Z1.4.2	2.82	0.82	0.45	0.20	0
Z1.4.3	3.14	1.50	1.00	0.20	0
Z1.4.4	3	0.82	0.45	0.20	0
Z1.5	1.65	2.10	1.50	0.20	0
Z1.5.1	2.16	0.67	0.30	0.20	0
Z1.5.2	2.2	0.65	0.28	0.20	0
Z1.5.3	2.4	0.60	0.23	0.20	0
Z1.5.4	2.3	0.75	0.38	0.20	0
Z1.5.5	2.36	0.55	0.18	0.20	0
Z1.5.6	2.4	0.75	0.13	0.20	0
Z1.5.7	3.2	0.55	0.13	0.20	0
Z1.5.8	3.16	0.65	0.28	0.20	0
Z1.6	1.7	2.10	1.50	0.20	0
Z1.6.1	2.1	0.67	0.11	0.20	0
Z1.6.10	3.24	0.55	0.16	0.20	0
Z1.6.11	2.12	0.55	0.16	0.20	0
Z1.6.12	2.31	0.70	0.16	0.20	0
Z1.6.13	2.6	0.53	0.13	0.20	0
Z1.6.14	2.14	0.57	0.14	0.20	0
Z1.6.15	2.34	0.69	0.15	0.20	0
Z1.6.16	2.36	0.55	0.18	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z1.6.17	2.6	0.55	0.13	0.20	0
Z1.6.18	2.8	0.55	0.13	0.20	0
Z1.6.19	2.38	0.67	0.18	0.20	0
Z1.6.2	2.11	0.70	0.14	0.20	0
Z1.6.20	2.4	0.67	0.14	0.20	0
Z1.6.21	2.7	0.52	0.16	0.20	0
Z1.6.22	2.8	0.90	0.18	0.20	0
Z1.6.23	2.16	0.70	0.14	0.20	0
Z1.6.24	2.4	0.57	0.18	0.20	0
Z1.6.25	2.2	0.55	0.13	0.20	0
Z1.6.26	2.8	0.55	0.13	0.20	0
Z1.6.27	2.52	0.69	0.13	0.20	0
Z1.6.28	2.54	0.55	0.14	0.20	0
Z1.6.29	2.6	0.55	0.16	0.20	0
Z1.6.3	2.8	0.85	0.18	0.20	0
Z1.6.30	2.8	0.55	0.18	0.20	0
Z1.6.31	2.56	0.70	0.13	0.20	0
Z1.6.32	2.6	0.55	0.13	0.20	0
Z1.6.33	2.7	0.55	0.16	0.20	0
Z1.6.34	2.8	0.55	0.14	0.20	0
Z1.6.35	2.23	0.70	0.15	0.20	0
Z1.6.36	2.26	0.70	0.15	0.20	0
Z1.6.37	2.88	0.75	0.13	0.20	0
Z1.6.38	3	0.70	0.13	0.20	0
Z1.6.39	2.3	0.53	0.16	0.20	0
Z1.6.4	2.7	0.81	0.16	0.20	0
Z1.6.40	2.38	0.70	0.16	0.20	0
Z1.6.41	2.84	0.65	0.13	0.20	0
Z1.6.42	3	0.60	0.14	0.20	0
Z1.6.43	2.4	0.51	0.14	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z1.6.44	2.54	0.60	0.15	0.20	0
Z1.6.45	2.8	0.60	0.14	0.20	0
Z1.6.46	3	0.60	0.13	0.20	0
Z1.6.47	2.6	0.55	0.15	0.20	0
Z1.6.48	2.7	0.63	0.13	0.20	0
Z1.6.49	2.84	0.60	0.18	0.20	0
Z1.6.5	2.74	0.67	0.14	0.20	0
Z1.6.50	3	0.65	0.16	0.20	0
Z1.6.51	2.78	0.51	0.18	0.20	0
Z1.6.52	2.8	0.70	0.16	0.20	0
Z1.6.53	2.86	0.90	0.13	0.20	0
Z1.6.54	3	0.60	0.15	0.20	0
Z1.6.55	3.2	0.65	0.18	0.20	0
Z1.6.56	3.4	0.75	0.14	0.20	0
Z1.6.57	4.4	0.70	0.15	0.20	0
Z1.6.58	4.6	0.60	0.18	0.20	0
Z1.6.59	3.46	0.51	0.13	0.20	0
Z1.6.6	2.8	0.55	0.14	0.20	0
Z1.6.60	3.48	0.65	0.13	0.20	0
Z1.6.61	4.4	0.65	0.16	0.20	0
Z1.6.62	4.6	0.65	0.14	0.20	0
Z1.6.63	3.52	0.55	0.13	0.20	0
Z1.6.64	3.54	0.68	0.18	0.20	0
Z1.6.65	4.6	0.60	0.13	0.20	0
Z1.6.66	4.8	0.65	0.13	0.20	0
Z1.6.67	3.6	0.51	0.16	0.20	0
Z1.6.68	4	0.60	0.16	0.20	0
Z1.6.69	4.8	0.65	0.14	0.20	0
Z1.6.7	2.94	0.55	0.15	0.20	0
Z1.6.70	5	0.55	0.18	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z1.6.8	3	0.75	0.18	0.20	0
Z1.6.9	3.28	1.50	0.13	0.20	0
Z1.7	1.76	2.00	1.50	0.20	0
Z1.7.1	2	0.83	0.46	0.20	0
Z1.7.10	3.36	0.75	0.38	0.20	0
Z1.7.2	2.46	0.70	0.33	0.20	0
Z1.7.3	2.5	0.70	0.33	0.20	0
Z1.7.4	2.6	0.70	0.33	0.20	0
Z1.7.5	2.64	0.80	0.43	0.20	0
Z1.7.6	2.74	0.80	0.43	0.20	0
Z1.7.7	2.86	1.00	0.63	0.20	0
Z1.7.8	3	0.75	0.38	0.20	0
Z1.7.9	3.2	0.60	0.23	0.20	0
Z1.8	1.8	2.00	1.50	0.25	0
Z1.8.1	1.86	0.60	0.23	0.20	0
Z1.8.10	2	0.54	0.17	0.20	0
Z1.8.11	2.4	0.54	0.17	0.20	0
Z1.8.12	3	0.54	0.17	0.20	0
Z1.8.13	2.44	0.60	0.23	0.20	0
Z1.8.14	2.7	0.90	0.28	0.20	0
Z1.8.15	2.5	0.52	0.15	0.20	0
Z1.8.16	3	0.54	0.17	0.20	0
Z1.8.17	2.6	0.58	0.21	0.20	0
Z1.8.18	2.7	0.55	0.18	0.20	0
Z1.8.19	2.8	0.90	0.28	0.20	0
Z1.8.2	2.3	0.75	0.38	0.20	0
Z1.8.20	3	0.51	0.13	0.20	0
Z1.8.21	2.2	0.60	0.23	0.20	0
Z1.8.22	2.3	0.70	0.33	0.20	0
Z1.8.23	2.38	0.85	0.48	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z1.8.24	2.4	0.70	0.33	0.20	0
Z1.8.25	2.5	0.85	0.48	0.20	0
Z1.8.26	2.53	0.60	0.23	0.20	0
Z1.8.27	2.56	0.85	0.48	0.20	0
Z1.8.28	2.6	0.80	0.43	0.20	0
Z1.8.29	2.8	0.85	0.48	0.20	0
Z1.8.3	1.9	0.80	0.43	0.20	0
Z1.8.30	2.88	0.80	0.43	0.20	0
Z1.8.31	3.2	0.85	0.48	0.20	0
Z1.8.32	2.6	0.60	0.23	0.20	0
Z1.8.33	2.7	0.85	0.28	0.20	0
Z1.8.34	2.8	0.62	0.25	0.20	0
Z1.8.35	3	0.62	0.25	0.20	0
Z1.8.36	3	0.85	0.48	0.20	0
Z1.8.4	3	0.65	0.28	0.20	0
Z1.8.5	2.54	0.57	0.20	0.20	0
Z1.8.6	2.8	0.58	0.21	0.20	0
Z1.8.7	2.6	0.60	0.23	0.20	0
Z1.8.8	3	0.77	0.40	0.20	0
Z1.8.9	1.94	0.53	0.16	0.20	0
Z1.9	1.82	2.00	1.50	0.20	0
Z1.9.1	1.83	0.70	0.33	0.20	0
Z1.9.10	1.9	0.60	0.23	0.20	0
Z1.9.11	2	0.69	0.28	0.20	0
Z1.9.12	1.92	0.67	0.30	0.20	0
Z1.9.13	1.94	0.67	0.28	0.20	0
Z1.9.14	1.94	0.80	0.43	0.20	0
Z1.9.15	1.97	0.65	0.28	0.20	0
Z1.9.16	1.95	0.70	0.33	0.20	0
Z1.9.17	1.96	1.50	0.28	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z1.9.18	1.97	0.65	0.28	0.20	0
Z1.9.19	1.98	0.65	0.28	0.20	0
Z1.9.2	1.84	0.65	0.28	0.20	0
Z1.9.20	1.98	0.67	0.30	0.20	0
Z1.9.21	2	0.55	0.18	0.20	0
Z1.9.22	1.99	0.70	0.28	0.20	0
Z1.9.23	2.1	0.55	0.18	0.20	0
Z1.9.24	3	0.83	0.46	0.20	0
Z1.9.25	3.2	0.55	0.18	0.20	0
Z1.9.26	3.4	0.71	0.28	0.20	0
Z1.9.27	3.6	0.75	0.28	0.20	0
Z1.9.28	2	0.65	0.28	0.20	0
Z1.9.29	2.1	0.65	0.14	0.20	0
Z1.9.3	1.86	0.55	0.18	0.20	0
Z1.9.30	2.2	0.65	0.28	0.20	0
Z1.9.31	2.4	0.60	0.23	0.20	0
Z1.9.32	2.2	0.60	0.11	0.20	0
Z1.9.33	2.3	0.60	0.11	0.20	0
Z1.9.34	2.5	0.60	0.23	0.20	0
Z1.9.35	2.7	0.65	0.28	0.20	0
Z1.9.36	2.4	0.60	0.11	0.20	0
Z1.9.37	2.5	0.63	0.11	0.20	0
Z1.9.38	2.7	0.63	0.14	0.20	0
Z1.9.39	2.8	0.63	0.15	0.20	0
Z1.9.4	2.8	0.60	0.23	0.20	0
Z1.9.5	2.9	0.55	0.18	0.20	0
Z1.9.6	1.9	0.65	0.28	0.20	0
Z1.9.7	3	0.75	0.28	0.20	0
Z1.9.8	1.87	0.76	0.39	0.20	0
Z1.9.9	1.89	0.67	0.26	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z2.1	3	0.55	0.18	0.20	0
Z2.2	4.2	0.55	0.18	0.20	0
Z2.3	4.6	0.55	0.18	0.20	0
Z2.4	5.8	0.54	0.17	0.20	0
Z3.1	3.6	0.72	0.35	0.20	0
Z3.10	3.1	0.57	0.20	0.20	0
Z3.11	4.2	0.65	0.28	0.20	0
Z3.12	5.8	0.55	0.18	0.20	0
Z3.13	3	0.54	0.17	0.20	0
Z3.14	2.8	0.83	0.46	0.20	0
Z3.15	4.2	0.62	0.25	0.20	0
Z3.16	5.8	0.55	0.18	0.20	0
Z3.2	3.56	0.53	0.16	0.20	0
Z3.3	4.2	0.55	0.18	0.20	0
Z3.4	5.8	0.72	0.35	0.20	0
Z3.5	3.4	0.65	0.28	0.20	0
Z3.6	3.36	0.53	0.16	0.20	0
Z3.7	4.2	0.59	0.22	0.20	0
Z3.8	5.8	0.72	0.35	0.20	0
Z3.9	3.2	0.57	0.20	0.20	0
Z4.1	3	0.53	0.16	0.20	0
Z4.2	3.6	0.55	0.18	0.20	0
Z4.3	4.2	0.55	0.18	0.20	0
Z5.1	3	0.53	0.16	0.20	0
Z5.10	4.6	0.53	0.16	0.20	0
Z5.11	4.8	0.72	0.35	0.20	0
Z5.12	5	0.56	0.19	0.20	0
Z5.2	3.4	0.65	0.28	0.20	0
Z5.3	3.4	0.65	0.28	0.20	0
Z5.4	3.6	0.70	0.33	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z5.5	3.6	0.57	0.20	0.20	0
Z5.6	3.8	0.67	0.30	0.20	0
Z5.7	3.9	0.82	0.45	0.20	0
Z5.8	4	0.67	0.30	0.20	0
Z5.9	4	0.53	0.16	0.20	0
Z6.1	2.6	0.80	0.43	0.20	0
Z6.2	2.8	0.82	0.45	0.20	0
Z6.3	3	0.67	0.30	0.20	0
Z6.4	3.6	0.60	0.23	0.20	0
Z6.5	3	0.51	0.14	0.20	0
Z6.6	3.8	1.00	0.63	0.20	0
Z6.7	3.2	0.95	0.58	0.20	0
Z6.8	4	0.53	0.16	0.20	0
Z7.1	1.96	0.75	0.38	0.20	0
Z7.10	2.8	0.80	0.43	0.20	0
Z7.11	3.2	0.63	0.26	0.20	0
Z7.12	3	1.00	0.63	0.20	0
Z7.13	4	0.51	0.14	0.20	0
Z7.14	3.4	0.53	0.16	0.20	0
Z7.15	3.8	0.72	0.35	0.20	0
Z7.16	4	0.85	0.48	0.20	0
Z7.17	5	0.85	0.48	0.20	0
Z7.18	4	0.51	0.14	0.20	0
Z7.19	4.8	0.55	0.18	0.20	0
Z7.2	2	0.80	0.43	0.20	0
Z7.20	4.2	0.60	0.23	0.20	0
Z7.21	5	0.55	0.18	0.20	0
Z7.3	3.6	0.80	0.43	0.20	0
Z7.4	2.6	0.75	0.38	0.20	0
Z7.5	4	0.60	0.23	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z7.6	3.8	0.53	0.16	0.20	0
Z7.7	4	0.55	0.18	0.20	0
Z7.8	4	0.65	0.28	0.20	0
Z7.9	5	0.60	0.23	0.20	0
Z8.1	2.2	0.63	0.26	0.20	0
Z8.10	2.8	1.00	0.63	0.20	0
Z8.11	3	0.63	0.26	0.20	0
Z8.12	3.6	0.57	0.20	0.20	0
Z8.13	3.2	0.80	0.43	0.20	0
Z8.14	3.3	0.70	0.33	0.20	0
Z8.15	3.8	0.85	0.48	0.20	0
Z8.16	4	0.59	0.22	0.20	0
Z8.17	3.4	0.85	0.48	0.20	0
Z8.18	3.6	0.63	0.26	0.20	0
Z8.19	5	0.63	0.26	0.20	0
Z8.2	3	0.60	0.23	0.20	0
Z8.20	4.8	0.85	0.48	0.20	0
Z8.21	4.5	0.85	0.48	0.20	0
Z8.22	4.6	0.83	0.46	0.20	0
Z8.23	3.8	0.80	0.43	0.20	0
Z8.24	4	0.55	0.18	0.20	0
Z8.25	4	0.55	0.18	0.20	0
Z8.26	4.8	0.55	0.18	0.20	0
Z8.27	4.8	0.80	0.43	0.20	0
Z8.28	4.9	0.85	0.48	0.20	0
Z8.29	5.4	0.77	0.40	0.20	0
Z8.3	4	0.60	0.23	0.20	0
Z8.30	5	0.85	0.48	0.20	0
Z8.31	5	0.80	0.43	0.20	0
Z8.32	5.4	0.65	0.28	0.20	0

Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z8.33	5.6	0.55	0.18	0.20	0
Z8.34	5.5	0.65	0.28	0.20	0
Z8.35	5.4	0.65	0.28	0.20	0
Z8.36	5.3	0.65	0.28	0.20	0
Z8.37	5.37	0.80	0.43	0.20	0
Z8.38	5.4	0.65	0.28	0.20	0
Z8.39	5.4	0.85	0.48	0.20	0
Z8.4	3.6	0.60	0.23	0.20	0
Z8.40	5.48	0.67	0.30	0.20	0
Z8.41	5.5	0.80	0.43	0.20	0
Z8.42	5.6	0.67	0.30	0.20	0
Z8.43	5.6	0.55	0.18	0.20	0
Z8.44	5.76	0.80	0.43	0.20	0
Z8.45	5.8	0.80	0.43	0.20	0
Z8.46	6	0.55	0.18	0.20	0
Z8.47	6	0.55	0.18	0.20	0
Z8.48	6.2	0.53	0.16	0.20	0
Z8.49	4.6	0.80	0.43	0.20	0
Z8.5	3.4	0.82	0.45	0.20	0
Z8.50	5	0.90	0.53	0.20	0
Z8.51	5.2	0.90	0.53	0.20	0
Z8.52	2.76	1.50	1.00	0.20	0
Z8.53	2.8	1.50	1.00	0.20	0
Z8.6	3.2	0.70	0.33	0.20	0
Z8.7	3	0.60	0.23	0.20	0
Z8.8	2.4	0.60	0.23	0.20	0
Z8.9	2.6	0.75	0.38	0.20	0
Z9.1	2.5	1.50	1.00	0.20	0
Z9.10	2.7	0.55	0.18	0.20	0
Z9.11	2.8	0.55	0.18	0.20	0

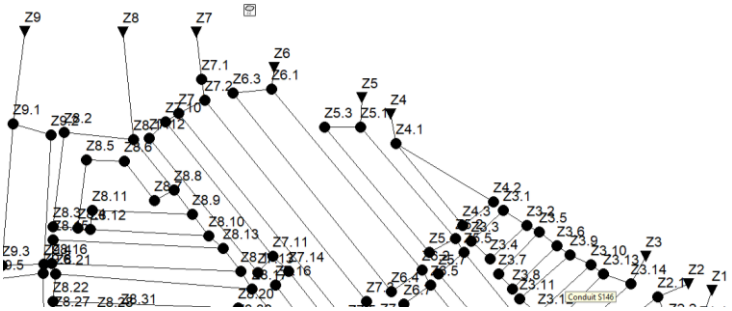
Lanjutan Tabel 4.19 Rekapitulasi Junction Node

Node	Invert Elevation	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Aponded
	m	m	m	m	m
Z9.12	2.86	0.60	0.23	0.20	0
Z9.13	3	0.85	0.48	0.20	0
Z9.14	3.44	1.50	1.00	0.20	0
Z9.15	3.5	0.60	0.23	0.20	0
Z9.16	3.45	0.60	0.23	0.20	0
Z9.17	3.6	0.63	0.26	0.20	0
Z9.18	3.56	0.60	0.23	0.20	0
Z9.19	3.7	0.63	0.26	0.20	0
Z9.2	3	0.60	0.23	0.20	0
Z9.20	3	0.63	0.26	0.20	0
Z9.21	3.8	0.63	0.26	0.20	0
Z9.22	3.2	0.63	0.26	0.20	0
Z9.3	2.55	1.50	1.00	0.20	0
Z9.4	3.2	0.60	0.23	0.20	0
Z9.5	2.6	1.50	1.00	0.20	0
Z9.6	3.6	0.92	0.55	0.20	0
Z9.7	2.7	1.50	1.00	0.20	0
Z9.8	4	0.69	0.32	0.20	0
Z9.9	3.4	0.58	0.21	0.20	0

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

4.5. Outfall Node

Outfall Node memiliki fungsi sebagai node titik akhir dari suatu saluran sistem drainase. Pada tugas akhir ini DAS perumahan Mulyosari memiliki sembilan *outfall* dengan simbol berupa segitiga yang dapat dilihat pada **Gambar 4.8.**

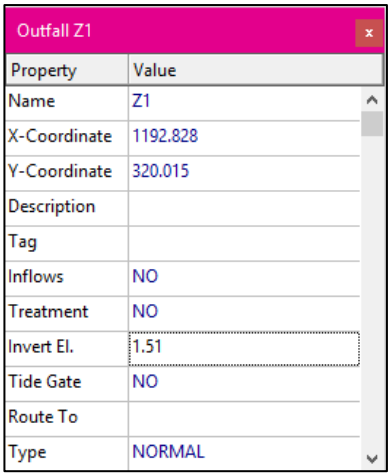


Gambar 4.8 *Outfall Node* Perumahan Mulyosari
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Untuk contoh perhitungan, diambil contoh *outfall node* Z1 (Gambar 4.9), parameter yang diperlukan untuk *outfall node* Z1 pada program bantu SWMM yaitu:

1. *Inflows*
   Inflows berfungsi ketika adanya aliran yang menuju ke node tersebut selain limpasan air hujan dari *subcatchment* atau *inflow* dari node yang sebelumnya. Dalam tugas akhir ini *junction node* direncanakan tidak menerima aliran selain dari *subcatchment* atau *inflow* node yang sebelumnya. Sehingga untuk pengisian *inflows* dapat didefinisikan **NO**.
2. *Treatment*
   Untuk *Treatment* dalam tugas akhir ini tidak meninjau kualitas dari air yang mengalir, sehingga dapat didefinisikan **NO**.
3. *Invert El.*
   Invert El. untuk node Z1 diperoleh dari peta kontur yang berdasar data DEMNAS (Digital Elevation Model Nasional), diketahui node Z1 memiliki elevasi sebesar **1,51 m**.
4. *Tide Gate*
   Pada keadaan eksisting, *Tide Gate* atau pintu air tidak ada sehingga tidak ada yang menahan jika terjadi *backwater* akibat dari pengaruh pasang air laut maka didefinisikan sebagai **NO**.

5. *Route To*
   Route To dalam tugas akhir ini untuk *outfall* Z1, air dialirkan langsung menuju laut sehingga parameter ini bisa **dikosongkan**.
6. *Type*
   Type yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah tipe **Normal.** Karena pada keadaan eksisting air dapat mengalir dengan bebas.



Gambar 4.9 *Outfall Node* Z1
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Pada DAS perumahan Mulyosari mempunyai *outfall node* sebanyak 9 buah. Seluruh *outfall node* pada DAS perumahan Mulyosari dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4.20 Rekapitulasi *Outfall Node*

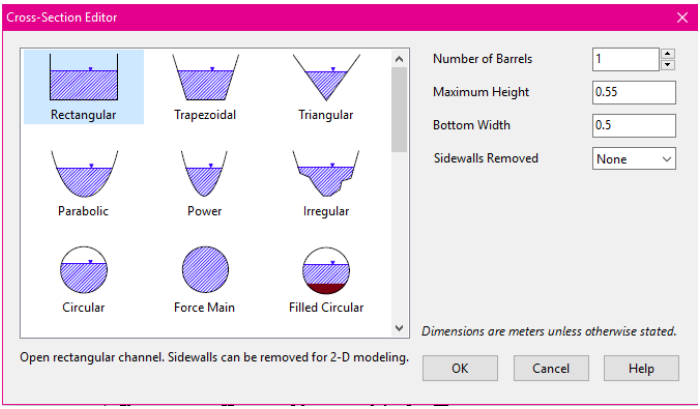
Outfall Node	Invert Elevation	Type
	m	
Z1	1,51	NORMAL
Z2	1,5	NORMAL
Z3	2	NORMAL
Z4	2,8	NORMAL
Z5	0	NORMAL
Z6	-0,6	NORMAL
Z7	-0,4	NORMAL
Z8	-0,2	NORMAL
Z9	2,4	NORMAL

(Sumber : Perhitungan, 2020)

4.6. Conduit

Conduit adalah salah satu *tools* yang berfungsi untuk menghubungkan antar *junction* dan membentuk saluran yang membawa limpasan air hujan yang diterima dari *subcatchment* dan akan dibuang ke *outfall*. *Conduit* pada perumahan Mulyosari dapat dilihat pada **Gambar 4.4** berikut ini. Untuk perhitungan pada tugas akhir ini, diambil contoh perhitungan pada *conduit*, parameter yang diperlukan untuk *conduit* S18 pada program bantu SWMM yaitu:

1. *Inlet Node*
   Pada *conduit* S18, titik *inlet* saluran ini adalah pada node **Z1.9.23.**
2. *Outlet Node*
   Outlet saluran ini adalah pada node **Z1.9.21**.
3. *Shape*
   Shape berfungsi untuk mendefinisikan bagaimana bentuk dari penampang saluran yang digunakan. Untuk *conduit* S18 dapat dilihat pada **Gambar 4.10** berikut.



Gambar 4.10 *Shape Cross Section Editor Conduit S18* (*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Untuk dimensi yang dimasukkan pada fitur tersebut berasal dari hasil survei lapangan dan didapatkan bentuk penampang adalah saluran terbuka persegi dengan kedalaman saluran sebesar **0,55 m** dan lebar **0,5 m**.

4. *Max. Depth*
   Max depth atau kedalaman air maksimum sama dengan nilai *Maximum Height*. Untuk *conduit* S18 dimasukkan nilai *max depth* sebesar **0,55 m**.
5. *Length*
   Length atau panjang saluran dari *conduit* S18 adalah sebesar **230 m** yang didapatkan dari pengukuran melalui *Google Earth*.
6. *Roughness*
   Saluran ini termasuk ke dalam tipe saluran dimana pada bagian dasar *gravel* dengan sisi samping masing-masing terbuat dari beton. Berdasarkan **Tabel 2.12** saluran ini termasuk ke dalam kategori 5, yaitu *Lined or Constructed Channels* – e. *Gravel bottom with sides of* – 1. *formed concrete*, sehingga koefisien manning sebesar **0,020**.
7. *Inlet Offset*
   Conduit S18 tidak memiliki panjang tambahan pada *inlet node*, sehingga dapat diisi dengan **0**.

8. *Outlet Offset*
   Conduit S18 tidak memiliki panjang tambahan pada *outlet node*, sehingga dapat diisi dengan **0**.
9. *Initial Flow*
   Debit eksisting pada saluran didapatkan dengan:
   - Menghitung beda ketinggian bagian hulu dan bagian hilir (ΔH) dengan cara survei lapangan.
   - ΔH dibagi dengan panjang saluran, sehingga didapatkan kemiringan air eksisting pada saluran tersebut.
   - Input kemiringan pada persamaan manning untuk debit saluran terbuka dengan bentuk geometris yang sama dengan perhitungan sebelumnya.
   - Dan yang berpengaruh adalah tinggi muka air eksisting.

   Sehingga debit eksisting saluran sebesar **0,1336 m^3/dtk.**
10. *Maximum Flow*
    Maximum Flow atau debit maksimal yang sanggup ditampung oleh saluran didapatkan dengan cara menginput bentuk geometris saluran ke dalam persamaan manning. Dari perhitungan di atas maka didapatkan *maximum flow* untuk *conduit* S18 sebesar **0,0505 m^3/dtk**. Dapat dilihat bahwa Initial Flow > Maximum Flow, hal ini terjadi karena tinggi air eksisting lebih tinggi dari tinggi saluran dikurangi tinggi jagaan yang berarti bahwa saluran sudah dalam keadaan banjir sebelum hujan terjadi.
11. *Entry Loss Coeff.*
    Entry Loss Coeff. digunakan untuk menghitung kehilangan energi pada saluran. Dikarenakan pada tugas akhir ini kehilangan energi dibatasi, maka kehilangan energi diisi sebesar **0**.
12. *Exit Loss Coeff.*
    Exit Loss Coeff. digunakan untuk menghitung kehilangan energi pada saluran. Dikarenakan pada tugas akhir ini kehilangan energi dibatasi, maka kehilangan energi diisi sebesar **0**.

13. *Avg. Loss Coeff.*
    Avg. Loss Coeff. digunakan untuk menghitung kehilangan energi pada saluran. Dikarenakan pada tugas akhir ini kehilangan energi dibatasi, maka kehilangan energi diisi sebesar **0**.
14. *Flap Gate*
    Pada keadaan eksisting, *Flap Gate* yang digunakan dalam tugas akhir ini seluruh saluran tidak mempunyai pintu air, sehingga parameter ini diisi dengan **NO**.
15. *Culvert Code*
    Culvert Code digunakan untuk menghitung kehilangan energi pada saluran. Dikarenakan pada tugas akhir ini kehilangan energi dibatasi, maka kehilangan energi diisi sebesar **0**.

Pada DAS perumahan Mulyosari mempunyai *conduit* sebanyak 404 buah. Seluruh *conduit* pada DAS perumahan Mulyosari dapat dilihat pada **Tabel 4.21**.

Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S1	0,63	0,50	231,61	0,02	0,1194	0,1131
S2	0,63	0,45	228,57	0,02	0,1067	0,0979
S3	0,63	0,50	60,72	0,02	0,1960	0,1275
S4	0,60	0,55	9,07	0,02	0,5475	0,3446
S5	0,60	0,55	57,51	0,02	0,2174	0,1369
S6	0,60	0,50	10,53	0,02	0,4707	0,2798
S7	0,65	0,60	58,27	0,02	0,2634	0,1783
S8	0,65	0,60	9,85	0,02	0,9705	0,4336
S9	0,65	0,50	291,7	0,02	0,1580	0,0477
S10	0,65	0,60	44,77	0,02	0,4552	0,0643
S11	0,65	0,50	229,59	0,02	0,1781	0,1388
S12	0,60	0,45	228,97	0,02	0,1457	0,0895
S13	0,65	0,50	227,8	0,02	0,1788	0,0985
S14	0,60	0,50	229,93	0,02	0,1560	0,1037
S15	0,65	0,50	60,95	0,02	0,3457	0,1347
S16	0,55	0,45	56,51	0,02	0,2501	0,1245

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S17	0,65	0,50	58,36	0,02	0,3533	0,1947
S18	0,55	0,50	230	0,02	0,1336	0,0505
S19	0,70	0,65	229,28	0,02	0,2125	0,0363
S20	0,55	0,50	32,03	0,02	0,3580	0,1421
S21	0,55	0,50	36,16	0,02	0,3370	0,0570
S22	0,65	0,60	226,74	0,02	0,2023	0,0404
S23	1,00	1,00	34,62	0,02	0,7478	0,3098
S24	0,65	0,60	228,39	0,02	0,2015	0,0403
S25	1,50	1,00	30,79	0,02	0,7929	0,5940
S26	0,65	0,60	228,58	0,02	0,2015	0,0493
S27	0,69	0,65	34,21	0,02	0,5501	0,1588
S28	0,67	0,60	30,44	0,02	0,5521	0,1165
S29	0,69	0,60	229,84	0,02	0,2009	0,1048
S30	0,65	0,65	28,24	0,02	0,6055	0,2863
S31	0,60	0,55	226,95	0,02	0,1677	0,0377
S32	0,67	0,55	33,11	0,02	0,4754	0,0988
S33	1,65	1,55	238,41	0,02	0,3657	4,4750
S34	0,55	0,50	37,71	0,02	0,3300	0,1248
S35	0,75	0,65	44,97	0,02	0,4798	0,2924
S36	1,60	1,60	86,77	0,02	0,5552	8,0401
S37	0,80	0,60	49,43	0,02	0,4332	0,5538
S38	0,55	0,50	71,1	0,02	0,2403	0,1286
S39	0,80	0,60	48,97	0,02	0,4353	0,5564
S40	0,55	0,50	68,83	0,02	0,2442	0,1307
S41	0,63	0,45	61,897	0,02	0,3046	0,2662
S42	0,63	0,45	122,16	0,02	0,2168	0,1094
S43	0,63	0,45	48,4	0,02	0,3444	0,3251
S44	1,00	0,70	123,89	0,02	0,3044	0,3102
S45	0,63	0,45	47,55	0,02	0,3475	0,0784
S46	0,60	0,55	60,23	0,02	0,3256	0,1403
S47	0,60	0,55	43,95	0,02	0,3811	0,1107
S48	1,00	0,70	59,13	0,02	0,4406	0,4490
S49	0,70	0,50	227,72	0,02	0,1343	0,2509
S50	0,70	0,45	41,58	0,02	0,2606	0,2253

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S51	0,90	0,75	228,87	0,02	0,1590	0,7426
S52	0,90	0,85	36,63	0,02	0,4717	1,2808
S53	0,65	0,55	35,82	0,02	0,3013	0,2845
S54	0,90	0,75	230,56	0,02	0,1526	0,7019
S55	0,68	0,55	23,72	0,02	0,4460	0,1198
S56	0,90	0,70	232,56	0,02	0,1547	0,6835
S57	0,65	0,50	39,91	0,02	0,2764	0,2354
S58	0,95	0,75	228,96	0,02	0,1705	0,7152
S59	0,65	0,50	38,65	0,02	0,2693	0,0756
S60	0,90	0,70	232,95	0,02	0,1434	0,6439
S61	0,60	0,55	37,47	0,02	0,3548	0,2398
S62	0,90	0,75	231,35	0,02	0,1639	0,7386
S63	0,90	0,75	39,07	0,02	0,3849	0,7337
S64	0,90	0,75	232,94	0,02	0,1690	0,7361
S65	1,30	1,15	181,27	0,02	0,2478	1,9787
S66	0,70	0,55	24,42	0,02	0,3649	0,3043
S67	1,30	1,15	181,28	0,02	0,2891	2,1112
S68	0,70	0,65	23,6	0,02	0,4578	0,1961
S69	1,10	0,95	180,48	0,02	0,2181	1,1499
S70	0,70	0,65	23,66	0,02	0,4737	0,3199
S71	0,65	0,55	182,12	0,02	0,1336	0,2073
S72	0,60	0,55	42,44	0,02	0,2768	0,2253
S73	0,63	0,55	177,56	0,02	0,1630	0,1831
S74	0,60	0,55	36,66	0,02	0,3226	0,2028
S75	0,60	0,55	182,1	0,02	0,1392	0,1538
S76	0,65	0,60	35,14	0,02	0,3653	0,2904
S77	0,60	0,55	182,07	0,02	0,1336	0,1332
S78	0,63	0,55	31,83	0,02	0,3196	0,2016
S79	0,60	0,55	182,58	0,02	0,1607	0,1190
S80	0,60	0,50	26,04	0,02	0,3561	0,2105
S81	0,59	0,50	185,65	0,02	0,1281	0,0913
S82	0,70	0,65	24,53	0,02	0,4652	0,1571
S83	0,90	0,55	183,1	0,02	0,1333	0,1364
S84	0,51	0,40	39,87	0,02	0,2240	0,1078

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S85	0,90	0,55	139,26	0,02	0,2435	0,3029
S86	0,55	0,50	39,72	0,02	0,3215	0,1216
S87	0,90	0,55	140,83	0,02	0,2421	0,2460
S88	0,54	0,45	39,18	0,02	0,2898	0,2279
S89	0,55	0,50	138,48	0,02	0,1722	0,1128
S90	0,90	0,55	39,72	0,02	0,4559	0,5281
S91	0,52	0,40	140,93	0,02	0,1300	0,0327
S92	0,90	0,55	26,15	0,02	0,4248	0,4036
S93	0,55	0,50	134,12	0,02	0,1569	0,1324
S94	0,67	0,55	24,42	0,02	0,3802	0,1151
S95	0,52	0,40	136,36	0,02	0,1376	0,0767
S96	0,55	0,45	26,09	0,02	0,3024	0,1832
S97	0,55	0,45	134,05	0,02	0,1334	0,0921
S98	0,55	0,45	26,09	0,02	0,3680	0,0579
S99	0,55	0,45	133,26	0,02	0,1456	0,1202
S100	0,55	0,45	13,86	0,02	0,4333	0,1777
S101	0,55	0,45	89,1	0,02	0,1851	0,0829
S102	0,55	0,45	11,42	0,02	0,4571	0,1238
S103	0,55	0,45	87,64	0,02	0,1650	0,1000
S104	0,55	0,45	22,03	0,02	0,4005	0,1994
S105	0,63	0,50	91,52	0,02	0,1899	0,1675
S106	0,55	0,45	21,22	0,02	0,3502	0,0642
S107	0,55	0,50	91,48	0,02	0,1973	0,0717
S108	0,55	0,45	23,6	0,02	0,3180	0,3336
S109	0,55	0,45	93,02	0,02	0,1602	0,0434
S110	0,57	0,45	22,79	0,02	0,3938	0,2302
S111	0,57	0,45	93,03	0,02	0,1742	0,1471
S112	0,57	0,45	27,08	0,02	0,3100	0,0610
S113	0,70	0,65	72,15	0,02	0,2713	0,2823
S114	0,53	0,40	70,15	0,02	0,1689	0,1333
S115	0,75	0,60	31,01	0,02	0,3469	0,5349
S116	0,62	0,50	46,16	0,02	0,3680	0,2009
S117	0,70	0,65	139,78	0,02	0,3031	0,2549
S118	0,85	0,75	39,62	0,02	0,5653	0,4700

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S119	0,62	0,50	140,1	0,02	0,2112	0,1153
S120	1,40	0,80	22,03	0,02	0,6164	1,4493
S121	1,15	1,00	133,58	0,02	0,2738	1,6223
S122	1,60	1,50	20,41	0,02	0,9662	1,4413
S123	1,50	0,90	133,56	0,02	0,2589	1,8886
S124	1,90	1,50	92,15	0,02	0,4403	1,7187
S125	0,95	0,75	44,1	0,02	0,3488	0,8894
S126	0,75	0,50	49,65	0,02	0,2876	0,1478
S127	0,55	0,50	442,24	0,02	0,0864	0,0431
S128	0,55	0,50	20,35	0,02	0,3871	0,1316
S129	0,55	0,50	499,27	0,02	0,0845	0,0767
S130	0,55	0,45	645,55	0,02	0,0608	0,0737
S131	0,75	0,50	22,67	0,02	0,3516	0,1785
S132	0,65	0,50	640,8	0,02	0,1066	0,1175
S133	0,90	1,00	26,87	0,02	1,2638	0,5939
S134	1,50	1,50	28,76	0,02	2,4603	4,1448
S135	0,55	0,50	47,72	0,02	0,2933	0,2718
S136	0,75	0,55	27,68	0,02	0,6368	1,1735
S137	0,70	0,55	53,51	0,02	0,3550	0,8883
S138	0,72	0,60	30,18	0,02	0,6444	0,1879
S139	0,75	0,55	63	0,02	0,3095	0,5500
S140	0,70	0,55	22	0,02	0,7142	1,1708
S141	0,70	0,50	66,81	0,02	0,3302	0,7235
S142	0,65	0,55	23,97	0,02	0,5868	0,1556
S143	0,75	0,55	72,64	0,02	0,3371	0,5727
S144	0,70	0,50	25,02	0,02	0,4051	0,9573
S145	0,70	0,50	77,36	0,02	0,2304	0,7072
S146	0,70	0,55	86,85	0,02	0,2861	0,5103
S147	0,70	0,50	22,95	0,02	0,4230	0,9996
S148	0,70	0,50	98,4	0,02	0,2043	0,6610
S149	0,54	0,50	31,32	0,02	0,3497	0,1867
S150	0,70	0,50	114,37	0,02	0,1895	0,4478
S151	0,70	0,50	40,63	0,02	0,3070	0,6506
S152	0,70	0,50	107,86	0,02	0,2407	0,4611

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S153	0,70	0,50	31,09	0,02	0,3634	0,7437
S154	0,55	0,45	87,8	0,02	0,2006	0,1997
S155	0,55	0,45	34,37	0,02	0,3207	0,1596
S156	0,52	0,45	71,06	0,02	0,1994	0,1716
S157	0,55	0,45	45,75	0,02	0,2779	0,1956
S158	0,52	0,45	54,42	0,02	0,2278	0,0358
S159	0,52	0,45	93,13	0,02	0,1741	0,0821
S160	0,52	0,45	46,71	0,02	0,2459	0,0773
S161	0,52	0,45	129,26	0,02	0,1478	0,0569
S162	0,80	0,60	34,46	0,02	0,6030	0,9380
S163	0,80	0,65	56,14	0,02	0,3389	0,5830
S164	1,00	0,80	184,95	0,02	0,3152	0,4360
S165	0,75	0,55	144,77	0,02	0,1685	0,3142
S166	1,10	0,80	35,79	0,02	1,0134	1,1433
S167	0,90	0,70	285,75	0,02	0,1445	0,4913
S168	1,10	0,80	56,3	0,02	0,8080	0,9116
S169	1,10	0,90	322,69	0,02	0,3850	0,9037
S170	0,95	0,80	27,76	0,02	0,7075	1,0396
S171	0,70	0,55	216,19	0,02	0,1718	0,2953
S172	0,70	0,55	32,77	0,02	0,4414	0,7584
S173	0,90	0,70	209,02	0,02	0,1802	0,2872
S174	0,95	0,75	21	0,02	0,6897	1,0892
S175	0,70	0,55	41,21	0,02	0,3384	0,6049
S176	0,95	0,75	32,28	0,02	0,5563	0,8786
S177	0,70	0,55	67,02	0,02	0,2653	0,4743
S178	0,90	0,70	50,74	0,02	0,3658	0,5830
S179	0,90	0,70	281,98	0,02	0,1552	0,2473
S180	0,90	0,70	34,17	0,02	0,4178	0,7104
S181	0,90	0,70	316,85	0,02	0,1464	0,2333
S182	0,90	0,70	21,04	0,02	0,5681	0,9053
S183	0,90	0,70	126,42	0,02	0,2318	0,3693
S184	0,90	0,75	26,82	0,02	0,5310	1,7712
S185	0,70	0,55	111,18	0,02	0,2060	0,3683
S186	0,55	0,40	24,73	0,02	0,3483	0,1126

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S187	0,80	0,70	160,24	0,02	0,3561	0,2426
S188	0,85	0,75	38,28	0,02	0,8221	0,6049
S189	0,67	0,50	132,11	0,02	0,2463	0,0965
S190	0,85	0,90	24,58	0,02	1,1531	0,4226
S191	0,67	0,50	56,05	0,02	0,3781	0,1326
S192	0,55	0,50	26,09	0,02	0,3967	0,1342
S193	0,65	0,50	58,7	0,02	0,3523	0,0752
S194	0,55	0,50	126,22	0,02	0,1804	0,0965
S195	0,65	0,50	125,26	0,02	0,2412	0,1879
S196	0,65	0,50	25,98	0,02	0,5295	0,3574
S197	0,65	0,50	115,13	0,02	0,2515	0,0980
S198	0,65	0,50	97	0,02	0,2741	0,1068
S199	0,65	0,50	26,72	0,02	0,5222	0,2034
S200	0,85	0,90	21	0,02	1,2475	2,0445
S201	0,72	0,60	246,46	0,02	0,2255	0,2079
S202	0,85	0,90	26	0,02	1,1211	2,5985
S203	0,77	0,60	249,97	0,02	0,2460	0,3656
S204	0,85	0,90	46,71	0,02	0,8364	0,5596
S205	0,77	0,60	41,72	0,02	0,6020	0,5660
S206	0,85	0,75	94,7	0,02	0,5227	0,4300
S207	0,83	0,70	30,16	0,02	0,8608	0,4697
S208	0,85	0,70	200,23	0,02	0,3444	0,2679
S209	0,63	0,55	87,11	0,02	0,2931	0,1723
S210	0,85	0,70	23,98	0,02	0,9952	2,0485
S211	0,63	0,50	98,71	0,02	0,2583	0,1415
S212	0,85	0,70	212,76	0,02	0,3341	0,6096
S213	0,70	0,60	30,87	0,02	0,6119	0,2797
S214	0,85	0,70	184,36	0,02	0,3589	0,4837
S215	0,59	0,55	25,98	0,02	0,4820	0,2788
S216	0,72	0,65	204,28	0,02	0,2609	0,3383
S217	0,92	0,70	51,22	0,02	0,7521	1,3428
S218	0,69	0,60	192,54	0,02	0,2399	0,2184
S219	0,57	0,45	41,58	0,02	0,3118	0,3967
S220	1,50	1,50	185,05	0,02	0,9699	1,3810

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S221	0,57	0,45	20,66	0,02	0,4423	0,3824
S222	0,63	0,55	128,26	0,02	0,2415	0,2840
S223	1,00	0,50	29,47	0,02	0,9135	0,5454
S224	0,63	0,55	107,74	0,02	0,2635	0,2191
S225	1,00	0,50	24,82	0,02	0,9954	0,5943
S226	0,63	0,55	185,55	0,02	0,2008	0,1670
S227	0,51	0,40	23,91	0,02	0,3025	0,2783
S228	0,59	0,55	186,39	0,02	0,1799	0,2328
S229	0,75	0,65	31,17	0,02	0,7066	0,8602
S230	0,80	0,65	278,75	0,02	0,2577	0,5233
S231	0,60	0,50	31,7	0,02	0,4203	0,3225
S232	0,80	0,65	292,28	0,02	0,2517	0,4780
S233	0,60	0,50	45,41	0,02	0,3511	0,3435
S234	0,89	0,80	139,57	0,02	0,4744	0,4182
S235	0,60	0,50	42,13	0,02	0,3645	0,3128
S236	1,50	1,50	153,31	0,02	1,0656	1,0728
S237	0,60	0,50	103,13	0,02	0,2330	0,2827
S238	0,60	0,50	75,16	0,02	0,2729	0,2962
S239	0,60	0,50	70,16	0,02	0,2825	0,1533
S240	0,60	0,50	23,98	0,02	0,4832	0,4542
S241	0,70	0,65	53,08	0,02	0,4918	0,3377
S242	0,82	0,60	41,38	0,02	0,6583	0,4454
S243	0,60	0,45	74,34	0,02	0,2557	0,1282
S244	0,82	0,60	26,72	0,02	0,8192	0,7839
S245	0,60	0,50	40,64	0,02	0,3712	0,4028
S246	0,82	0,60	254,23	0,02	0,2656	0,1797
S247	0,67	0,50	41,56	0,02	0,4391	0,3442
S248	0,82	0,60	274,11	0,02	0,2558	0,2998
S249	0,67	0,50	147,54	0,02	0,2331	0,0914
S250	0,82	0,60	32,47	0,02	0,7432	0,5028
S251	0,67	0,50	146,03	0,02	0,2343	0,1299
S252	0,82	0,60	36,39	0,02	0,7020	0,5817
S253	0,65	0,50	158,11	0,02	0,2147	0,1673
S254	0,65	0,50	38,69	0,02	0,4339	0,3381

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S255	0,70	0,65	176,47	0,02	0,2697	0,1852
S256	0,55	0,50	31,79	0,02	0,3594	0,1923
S257	0,55	0,50	42,26	0,02	0,3117	0,2889
S258	0,55	0,50	122,7	0,02	0,1829	0,1695
S259	0,65	0,55	114,33	0,02	0,2687	0,3901
S260	1,50	1,50	34,25	0,02	2,2545	2,0302
S261	0,80	0,75	425,9	0,02	0,2282	0,5564
S262	0,90	0,90	39,31	0,02	0,9759	1,3402
S263	0,90	0,90	53,8	0,02	0,8342	0,8100
S264	0,85	0,75	229,88	0,02	0,2543	0,7247
S265	1,50	1,50	400	0,02	2,4624	2,7158
S266	0,82	0,60	28,71	0,02	1,0840	0,2320
S267	0,82	0,60	15,26	0,02	0,1516	0,1026
S268	0,60	0,50	780,63	0,02	0,0853	0,0254
S269	0,60	0,50	768,69	0,02	0,5354	0,0919
S270	1,50	1,50	19,53	0,02	0,2654	0,3035
S271	0,60	0,50	766,32	0,02	0,4298	0,1649
S272	0,65	0,60	30,31	0,02	0,2664	0,1683
S273	0,65	0,60	130,74	0,02	0,5957	0,1684
S274	0,75	0,65	26,14	0,02	0,3679	0,2164
S275	0,85	0,75	114,94	0,02	0,6953	0,7235
S276	0,80	0,60	53,51	0,02	0,5356	0,2276
S277	0,85	0,75	58,5	0,02	0,7047	0,5797
S278	0,80	0,60	52,09	0,02	0,4046	0,1216
S279	0,85	0,75	102,49	0,02	0,6872	0,2189
S280	0,60	0,50	54,78	0,02	0,1819	0,0382
S281	0,85	0,75	169,13	0,02	0,7905	0,4598
S282	0,70	0,60	41,4	0,02	0,2864	0,0585
S283	0,85	0,75	140,93	0,02	0,8941	0,4652
S284	0,70	0,60	32,36	0,02	0,3930	0,1796
S285	0,85	0,75	74,85	0,02	1,1342	1,8661
S286	0,60	0,50	20,11	0,02	0,0994	0,0539
S287	0,85	0,75	566,87	0,02	0,6257	0,4307
S288	0,60	0,50	66,07	0,02	0,3042	0,0904

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S289	0,55	0,50	60,52	0,02	0,2924	0,1106
S290	0,58	0,50	48,04	0,02	0,2191	0,2211
S291	1,50	1,50	103,69	0,02	1,2596	1,1343
S292	0,55	0,50	109,72	0,02	0,3092	0,2454
S293	0,67	0,50	42,94	0,02	0,8886	0,1558
S294	0,70	0,60	10,15	0,02	1,1196	0,1618
S295	0,67	0,50	9,22	0,02	0,9704	0,2083
S296	0,76	0,65	8,51	0,02	1,2714	0,2007
S297	0,55	0,45	9,98	0,02	0,2695	0,0424
S298	0,54	0,45	48,64	0,02	0,1998	0,1721
S299	0,55	0,45	82,45	0,02	0,2212	0,2462
S300	0,54	0,45	72,2	0,02	0,1985	0,0541
S301	0,54	0,45	83,53	0,02	0,2186	0,1648
S302	0,65	0,55	68,88	0,02	0,4199	0,5837
S303	0,65	0,60	46,81	0,02	0,3591	0,4245
S304	0,75	0,65	71,95	0,02	0,5626	0,5865
S305	0,80	0,75	49,17	0,02	0,5193	0,1867
S306	0,77	0,65	82,27	0,02	0,6898	0,6917
S307	0,60	0,55	35,13	0,02	0,3324	0,1931
S308	0,58	0,50	57,79	0,02	0,3889	0,2392
S309	0,60	0,55	32,92	0,02	0,3257	0,1036
S310	0,70	0,60	60,17	0,02	0,3503	0,0506
S311	0,60	0,55	94,21	0,02	0,6506	0,2070
S312	0,53	0,45	15,08	0,02	0,3529	0,0784
S313	0,60	0,50	24,52	0,02	0,5666	0,3075
S314	0,58	0,50	17,44	0,02	0,5757	0,2196
S315	0,60	0,45	15,02	0,02	0,5221	0,1171
S316	0,57	0,45	17,83	0,02	0,5714	0,3124
S317	0,60	0,45	12,38	0,02	0,4836	0,2426
S318	0,75	0,65	20,78	0,02	0,3869	0,2433
S319	0,60	0,45	103,93	0,02	0,3274	0,1642
S320	0,75	0,65	45,33	0,02	0,6010	0,3535
S321	1,00	0,75	43,08	0,02	1,5061	1,0156
S322	0,80	0,65	16,96	0,02	0,6177	0,3136

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S323	0,80	0,70	48,52	0,02	0,7195	0,2451
S324	0,70	0,60	39,24	0,02	0,3348	0,1530
S325	0,70	0,55	103,1	0,02	0,4989	0,1348
S326	0,70	0,60	41,51	0,02	0,1504	0,1475
S327	1,50	1,50	510,76	0,02	3,8873	5,5349
S328	1,50	1,50	11,52	0,02	3,0285	3,3402
S329	1,50	1,50	18,98	0,02	2,5174	2,2669
S330	0,65	0,55	27,47	0,02	0,5148	0,5106
S331	0,70	0,50	17,8	0,02	0,4926	0,1777
S332	0,70	0,50	13,61	0,02	0,5005	0,1535
S333	0,51	0,40	12,17	0,02	0,4912	0,1139
S334	0,55	0,45	10,7	0,02	0,4417	0,1197
S335	0,51	0,40	12,23	0,02	0,4343	0,1144
S336	0,51	0,40	10,61	0,02	0,5211	0,1295
S337	0,55	0,45	11,05	0,02	0,4837	0,1475
S338	0,51	0,40	12,07	0,02	0,5172	0,0752
S339	0,53	0,45	8,18	0,02	0,5828	0,1296
S340	0,70	0,50	8,99	0,02	0,4937	0,1579
S341	0,69	0,60	11,5	0,02	0,5717	0,4911
S342	0,67	0,60	11,42	0,02	0,6737	0,1870
S343	0,69	0,60	11,83	0,02	0,5596	0,2223
S344	0,67	0,60	13,93	0,02	0,5040	0,2279
S345	0,55	0,50	15,92	0,02	0,5074	0,0652
S346	0,67	0,60	13,84	0,02	0,1299	0,2110
S347	0,55	0,50	185,66	0,02	0,3282	0,0962
S348	0,67	0,60	38,11	0,02	0,5035	0,5128
S349	0,61	0,55	40,09	0,02	0,4114	0,5803
S350	0,67	0,60	39,84	0,02	0,4580	0,7155
S351	0,55	0,50	48,46	0,02	0,3521	0,4653
S352	0,61	0,55	33,12	0,02	0,4056	0,9810
S353	0,53	0,45	40,99	0,02	0,4331	0,2153
S354	0,57	0,45	16,28	0,02	0,4780	0,2386
S355	0,57	0,45	17,69	0,02	0,4963	0,1751
S356	0,57	0,45	16,41	0,02	0,4008	0,1414

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S357	0,53	0,45	25,17	0,02	0,4176	0,1857
S358	0,53	0,45	17,51	0,02	0,4513	0,2007
S359	0,53	0,45	14,99	0,02	0,3070	0,1526
S360	0,53	0,45	32,41	0,02	0,3093	0,5955
S361	0,51	0,45	31,91	0,02	0,3714	0,1847
S362	0,53	0,45	18,86	0,02	0,3334	0,1657
S363	0,51	0,45	27,47	0,02	0,3757	0,1868
S364	0,53	0,45	18,43	0,02	0,3577	0,1778
S365	0,75	0,65	23,86	0,02	0,9379	1,1419
S366	0,80	0,75	17,69	0,02	1,0175	0,8178
S367	1,50	1,50	21,43	0,02	3,2541	2,0721
S368	1,50	1,50	16,44	0,02	3,3909	3,7398
S369	1,50	1,50	15,14	0,02	3,3246	3,3472
S370	0,80	0,65	15,75	0,02	1,1080	0,7954
S371	0,80	0,65	15,08	0,02	1,1616	0,5897
S372	0,80	0,70	13,72	0,02	1,1116	0,5010
S373	0,80	0,75	16,44	0,02	1,0247	0,8236
S374	1,50	1,50	21,13	0,02	1,3121	9,3414
S375	0,80	0,65	101,11	0,02	0,8988	0,2885
S376	0,75	0,65	22,92	0,02	0,5489	1,3255
S377	0,80	0,75	51,64	0,02	0,9655	3,1040
S378	1,50	1,50	23,8	0,02	0,8006	1,0195
S379	2,00	2,00	271,62	0,02	1,9471	1,7509
S380	0,83	0,70	117,28	0,02	1,5585	1,3175
S381	2,00	1,55	9,2	0,02	5,2072	5,1315
S382	2,00	1,50	12,2	0,02	1,1910	1,4433
S383	2,00	1,50	224,82	0,02	3,2220	3,5643
S384	2,20	2,00	30,72	0,02	3,7027	3,7903
S385	2,20	2,00	32,43	0,02	3,9169	4,9107
S386	2,20	2,00	28,98	0,02	1,6276	1,6662
S387	2,65	2,45	167,83	0,02	3,5184	4,4339
S388	2,50	2,20	69,95	0,02	4,3504	4,6225
S389	0,83	0,70	40,4	0,02	1,2197	0,6656
S390	0,80	0,65	15,02	0,02	0,9301	0,5972

Lanjutan Tabel 4.21 Rekapitulasi *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S391	0,80	0,65	21,4	0,02	1,0283	0,7382
S392	0,75	0,65	17,51	0,02	0,1410	0,1253
S393	0,80	0,75	783,22	0,02	1,4169	0,5093
S394	1,10	1,00	11,05	0,02	1,6812	0,7970
S395	0,63	0,70	14,04	0,02	0,9202	0,4952
S396	0,83	0,70	12,36	0,02	0,4765	0,5814
S397	0,80	0,65	98,41	0,02	0,8491	0,4310
S398	0,75	0,65	25,68	0,02	0,6943	0,4880
S399	0,80	0,75	32,28	0,02	1,0269	1,1672
S400	0,85	0,75	21,04	0,02	1,0704	0,6226
S401	0,63	0,70	22,58	0,02	0,2999	0,7216
S402	0,83	0,70	116,39	0,02	0,8120	1,2533
S403	0,80	0,65	33,89	0,02	0,6226	1,2241
S404	0,80	0,65	47,76	0,02	0,2838	0,0644

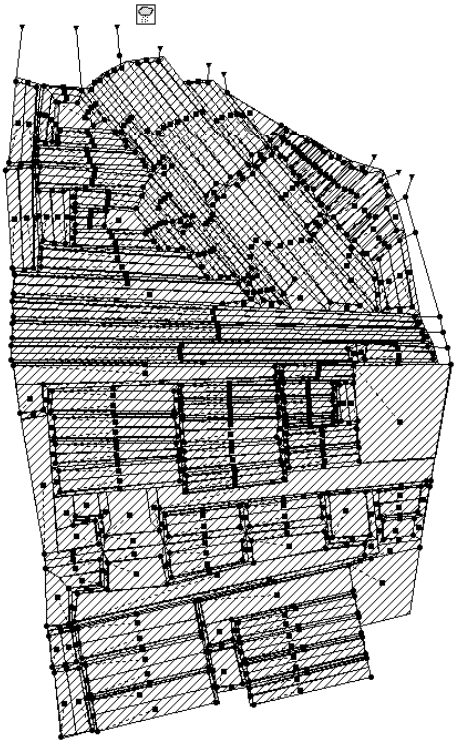
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

4.7. Subcatchment

Subcatchment yang akan diinput ke dalam program bantu SWMM didapat dari layout perumahan Mulyosari yang dapat dilihat pada **Gambar 4.11.**

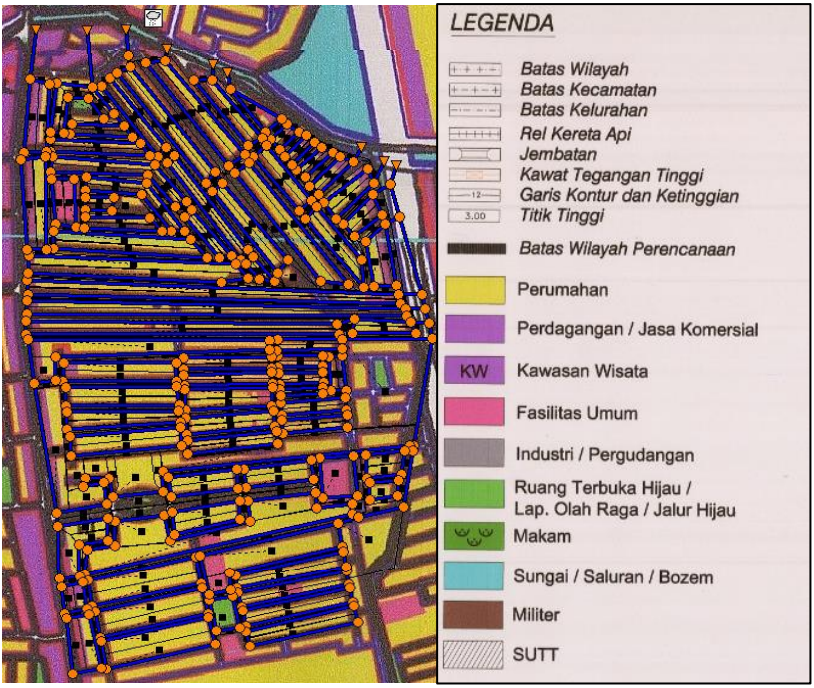
Gambar 4.11 Layout Perumahan Mulyosari
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Sehingga didapatkan *Layout* Perumahan Mulyosari yang telah diinput pada program SWMM yang dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



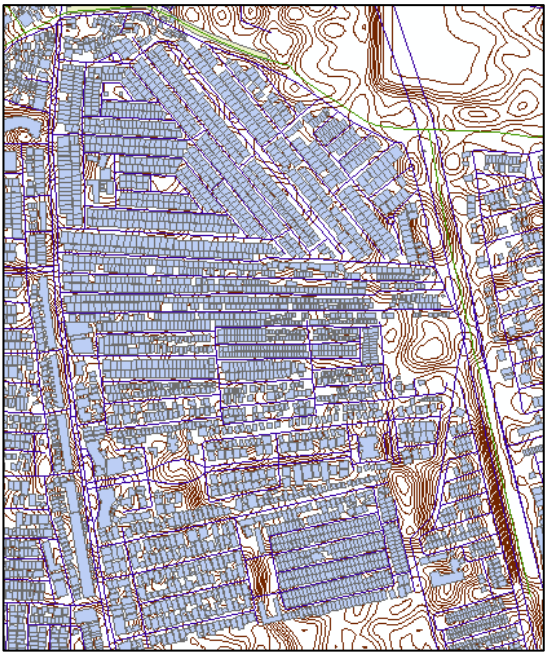
Gambar 4.12 Layout Perumahan Mulyosari pada SWMM (*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Tata guna lahan dari Perumahan Mulyosari yang akan diolah pada SWMM didapat berdasarkan Peta Rincian Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya yang dapat dilihat pada **Gambar 4.13.**



Gambar 4.13 Peta Tata Guna Lahan Perumahan Mulyosari (*Sumber : Pemerintah Kota Surabaya, 2014*)

Topografi dari Perumahan Mulyosari didapatkan dari data DEM (Digital Elevation Model) yang diperoleh dari website DEMNAS yang kemudian diolah dengan program bantu ArcMap 10.3. Sehingga kontur dari Perumahan Mulyosari dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14 Peta Kontur Perumahan Mulyosari
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Untuk mendefinisikan *subcatchment* perlu menginput setiap parameter masing-masing *subcatchment* pada SWMM. Contoh perhitungan dilakukan pada A7, parameter yang harus dimasukkan pada SWMM antara lain:

1. *Rain Gage*
   Nama stasiun hujan yang digunakan yaitu **1**.
2. Outlet
   Subcathcment ini melimpahkan air hujan ke node **Z1.9.23.**
3. Area
   Berdasarkan Layout DAS dan Tata guna lahan perumahan Mulyosari, *subcatchment* terdiri dari:
   a. Perumahan = 3913 m^2
   b. Fasilitas Umum = 344 m^2

c. Perdagangan = 43 m^2

Sehingga total luas *subcatchment* ini sebesar **4.300 m^2.**

4. Width

Lebar *subcatchment* didapatkan dari luas DAS yang dibagi dengan panjang aliran kritis sehingga didapatkan sebesar **18,695 m.**

5. *% Slope*

Rata-rata kemiringan dari *subcatchment* ini didapatkan dari:

- Elv. Hulu aliran kritis = 2,1 m
- Elv. Node Z1.9.23 = 2,0 m
- ΔH Elevasi = 2,1 – 2,0 = 0,1 m
- Panjang aliran kritis = 18,695 m

$$\%\ Slope = \frac{0{,}1}{18{,}695}\ x\ 100 = \mathbf{0{,}0434}$$

6. *% Imperv*

Dalam *subcatchment* ini terdapat beberapa tata guna lahan dimana masing-masing memiliki *percent impervious*-nya yang dapat dilihat pada **Tabel. 2.15**, persentase tersebut dikalikan dengan luas lahannya, yaitu:

a. Perumahan = 3913 m^2 x 0,51 = 1995,63 m^2
b. Fasilitas Umum = 344 m^2 x 0,34 = 116,96 m^2
c. Perdagangan = 43 m^2 x 0,56 = 24,08 m^2
d. Total lahan *impervious* : 2136,67 m^2,

Sehingga % *Impervious* pada *subcatchment* ini adalah:

$$\frac{Total\ luas\ lahan\ impervious}{Total\ luas\ subcatchment} = \frac{2136{,}67\ m^2}{4.300\ m^2}\ x\ 100 = \mathbf{49{,}69}\%$$

7. *N-Imperv*

Dalam *subcatchment* ini terdapat beberapa tata guna lahan dimana masing-masing memiliki *N Manning*-nya yang dapat dilihat pada **Tabel. 2.16**, yaitu:

a. Perumahan = 3913 m^2 x 0,055 = 215,215 m^2
b. Fasilitas Umum = 344 m^2 x 0,035 = 12,04 m^2
c. Perdagangan = 43 m^2 x 0,022 = 0,946 m^2

Sehingga N-manning pada *subcatchment* ini adalah:

$$\frac{\sum(N\ x\ A)}{A} = \frac{228{,}201\ m^2}{4.300\ m^2} = 0{,}05307$$

Sehingga *N-Imperv* pada *subcatchment* ini adalah:
N-Manning *subcatchment* x % *Imperv* = 0,05307 x 49,69 % = **0,0264**

8. *N-Perv*
   N-Manning untuk lahan *impervious subcatchment* ini adalah:
   N-Manning *subcatchment* x (100% - %*Imperv*)
   = 0,05307 x (100% - 49,69%) = **0,0267**
9. *Dstore-Imperv*
   Dalam perencanaan ini kedalaman *depression storage* untuk lahan *impervious* diasumsikan **0** untuk mendapatkan limpasan air hujan maksimum.
10. *Dstore-Perv*
    Kedalaman dari *depression storagae* untuk lahan *pervious* sama dengan *Intial Abstraction* (Ia) sesuai dengan persamaan 2.25 , yaitu:
    Ia = 0.2 x S
    $S = \frac{1000}{CN} - 10$ (nilai CN didapatkan dari parameter nomor 14)
    Sehingga kedalaman *depression storage* untuk lahan *pervious* adalah **0,168.**
11. *% Zero-Imperv*
    Dalam perencanaan ini diasumsikan seluruh lahan *impervious* tidak memiliki *depression storage*, sehingga parameter ini didefinisikan dengan **100%**.
12. *Subarea Routing*
    Berdasarkan *Layout* Perumahan Mulyosari didapatkan bahwa seluruh *subarea* mengalir lewat saluran yang mengalir ke outlet (*node*), sehingga parameter ini didefinisikan dengan **outlet**.
13. *Percent Routed*
    Berdasarkan *Layout* Perumahan Mulyosari didapatkan bahwa seluruh *subarea* mengalir lewat saluran yang mengalir ke outlet (*node*), sehingga parameter ini didefinisikan dengan **100%**.

14. *Infiltration Data*
    Jenis tanah di Surabaya Timur didominasi oleh lempung lanau (*Pemerintah Kota Surabaya, 2013*). Berdasarkan **Tabel 2.17** didapatkan bahwa *Saturated Hydraulic Conductivity* (Ks) adalah 0,02 in/hr. Sehingga parameter *Drying Time* adalah:

    $T_{dry} = \frac{3,125}{\sqrt{0,02}} = \mathbf{22,0979\ \boldsymbol{hari}}$

    Berdasarkan **Tabel 2.18** diketahui bahwa tanah di Surabaya dikategorikan dalam grup D, sehingga berdasarkan **Tabel 2.19** nilai *Curve Number* dari:
    a. Perumahan = 3913 m^2 x 92 = 359.996 m^2
    b. Fasilitas Umum = 344 m^2 x 95 = 32.680 m^2
    c. Perdagangan = 43 m^2 x 95 = 4.085 m^2

    Curve Number pada *subcatchment* ini adalah:

    $$\frac{\sum(CN\ x\ A)}{A} = \frac{396.761\ m^2}{4.300\ m^2} = \mathbf{92,27}$$

15. *Groundwater*
    Air tanah dalam perencanaan ini dikategorikan sebagai masalah yang dibatasi, sehingga parameter ini didefinisikan sebagai **NO**.
16. *Snow Pack*
    Kota Surabaya tidak mengalami presipitasi akibat lelehan salju, sehingga parameter ini dapat **dikosongkan**.
17. *LID Controls*
    Dalam Tugas Akhir ini tidak merencakanan lahan LID. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0.**
18. *Land Uses*
    Parameter ini digunakan untuk meninjau kualitas air. Dalam perencanaan ini kualitas air sebagai masalah yang dibatasi, sehingga parameter ini didefinisikan dengan **0**.
19. *Initial Buildup*
    Parameter ini digunakan untuk meninjau kualitas air. Dalam perencanaan ini kualitas air sebagai masalah yang dibatasi, sehingga parameter ini didefinisikan sebagai **NONE**.

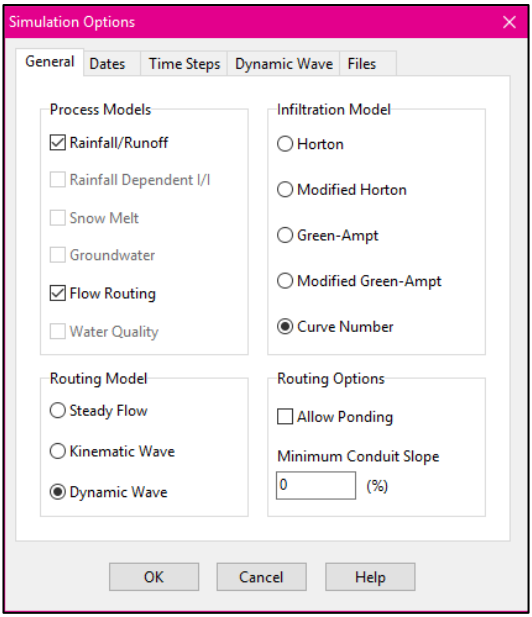
20. *Curb Length*
    Parameter ini digunakan untuk meninjau kualitas air. Dalam perencanaan ini kualitas air sebagai masalah yang dibatasi, sehingga parameter ini didefinisikan dengan **0**.

4.8. Storage Unit

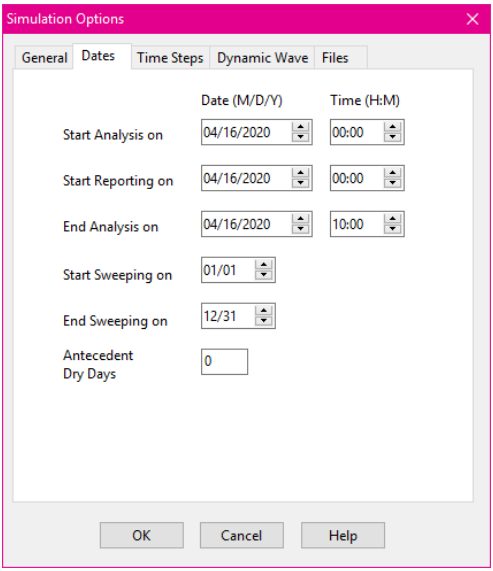
Pada keadaan eksisting, tidak ada *storage unit* pada Perumahan Mulyosari.

4.9. Flow Routing Awal

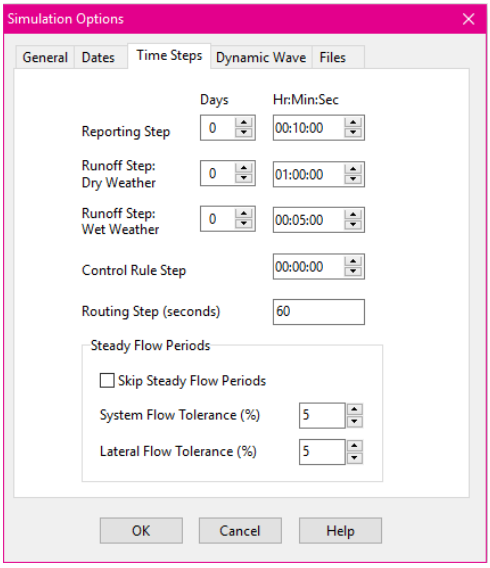
Flow Routing pada perencanaan ini dilakukan untuk mengecek sistem drainase Perumahan Mulyosari eksisting dengan tinggi hujan periode ulang 10 tahun yaitu sebesar 120,328 mm. Metode yang digunakan adalah *Dynamic Wave Analysis* dengan pengaturan *Default* yang direkomendasikan oleh program bantu SWMM untuk mengurangi *flow routing continuity error*. pengaturan dari *routing* simulasi ini dapat dilihat pada **Gambar 4.15.**



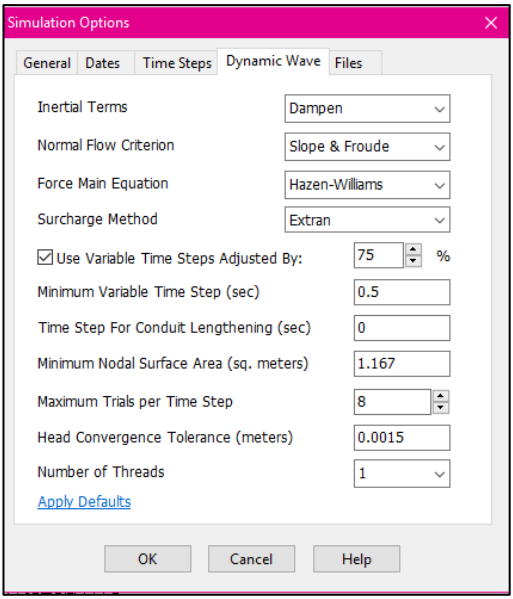
(a) Pengaturan bagian *General*



(b) Pengaturan bagian *Dates*



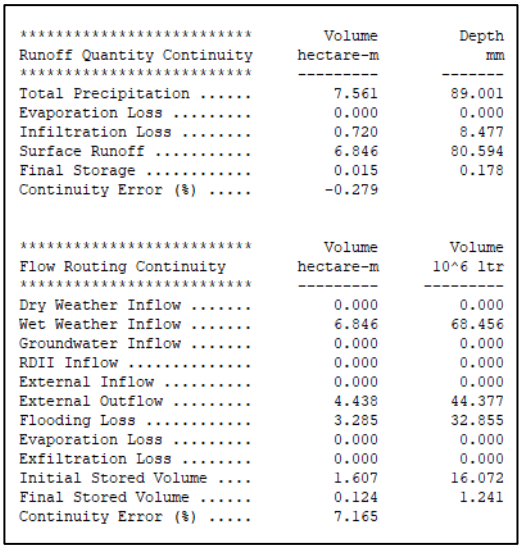
(c) Pengaturan bagian *Time Steps*



(d) Pengaturan bagian *Dynamic Wave*

Gambar 4.15 *Simulation Option Flow Routing*
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Hasil dari *Flow Routing* awal dengan data eksisting dari sistem drainase Perumahan Mulyosari menunjukkan bahwa masih terjadi banjir dengan volume sebesar 32.855 x 10^3 m^3. Pada setiap node yang ditinjau masih terdapat node yang elevasi muka airnya mencapai tinggi jagaan (*node surcharge*). Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.16, Tabel 4.22,** dan **Tabel 4.23**.



Runoff Quantity Continuity	Volume hectare-m	Depth mm
Total Precipitation	7.561	89.001
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.720	8.477
Surface Runoff	6.846	80.594
Final Storage	0.015	0.178
Continuity Error (%)	-0.279	

Flow Routing Continuity	Volume hectare-m	Volume 10^6 ltr
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	6.846	68.456
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	4.438	44.377
Flooding Loss	3.285	32.855
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	1.607	16.072
Final Stored Volume	0.124	1.241
Continuity Error (%)	7.165	

Gambar 4.16 *Status Report Flow Routing Awal* (*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Tabel 4.22 *Node Surcharge Flow Routing Awal*

Topic: Node Surcharge — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
Z1.2.2	JUNCTION	0.54	0.200	0.000
Z1.2.3	JUNCTION	0.48	0.200	0.000
Z1.2.4	JUNCTION	0.65	0.200	0.000
Z1.5.1	JUNCTION	0.02	0.200	0.000
Z1.5.2	JUNCTION	0.01	0.050	0.000
Z1.5.5	JUNCTION	0.84	0.200	0.000
Z1.5.6	JUNCTION	0.71	0.200	0.000
Z1.6.1	JUNCTION	3.35	0.200	0.000
Z1.6.11	JUNCTION	6.38	0.200	0.000
Z1.6.14	JUNCTION	6.27	0.200	0.000
Z1.6.15	JUNCTION	0.89	0.054	0.000
Z1.6.16	JUNCTION	1.68	0.200	0.000
Z1.6.17	JUNCTION	0.37	0.078	0.000
Z1.6.19	JUNCTION	0.83	0.184	0.000
Z1.6.2	JUNCTION	3.72	0.200	0.000
Z1.6.20	JUNCTION	0.78	0.167	0.000

Lanjutan Tabel 4.22 *Node Surcharge Flow Routing* Awal

Topic: Node Surcharge — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
Z1.6.23	JUNCTION	6.14	0.200	0.000
Z1.6.25	JUNCTION	5.95	0.200	0.000
Z1.6.35	JUNCTION	5.34	0.183	0.000
Z1.6.36	JUNCTION	5.50	0.200	0.000
Z1.6.39	JUNCTION	5.19	0.200	0.000
Z1.6.40	JUNCTION	4.55	0.123	0.000
Z1.6.43	JUNCTION	5.19	0.200	0.000
Z1.6.44	JUNCTION	3.72	0.082	0.000
Z1.6.47	JUNCTION	1.12	0.200	0.000
Z1.6.48	JUNCTION	0.79	0.125	0.000
Z1.6.59	JUNCTION	1.44	0.200	0.000
Z1.6.60	JUNCTION	3.65	0.200	0.000
Z1.6.63	JUNCTION	3.21	0.200	0.000
Z1.6.64	JUNCTION	3.10	0.200	0.000
Z1.6.67	JUNCTION	2.98	0.200	0.000
Z1.6.7	JUNCTION	0.36	0.070	0.000
Z1.6.8	JUNCTION	0.06	0.018	0.000
Z1.7.1	JUNCTION	0.07	0.200	0.000
Z1.7.2	JUNCTION	3.31	0.200	0.000
Z1.7.3	JUNCTION	3.22	0.200	0.000
Z1.7.4	JUNCTION	1.29	0.200	0.000
Z1.7.5	JUNCTION	1.13	0.180	0.000
Z1.8.1	JUNCTION	0.12	0.200	0.000
Z1.8.10	JUNCTION	7.43	0.200	0.000

Lanjutan Tabel 4.22 *Node Surcharge Flow Routing* Awal

Topic: Node Surcharge — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
Z1.8.15	JUNCTION	3.20	0.200	0.000
Z1.8.21	JUNCTION	0.01	0.200	0.000
Z1.8.24	JUNCTION	4.45	0.200	0.000
Z1.8.25	JUNCTION	4.08	0.133	0.000
Z1.8.26	JUNCTION	4.10	0.200	0.000
Z1.8.27	JUNCTION	4.01	0.200	0.000
Z1.8.28	JUNCTION	4.02	0.200	0.000
Z1.8.29	JUNCTION	0.85	0.071	0.000
Z1.8.3	JUNCTION	0.08	0.200	0.000
Z1.8.30	JUNCTION	0.76	0.200	0.000
Z1.8.32	JUNCTION	3.60	0.044	0.000
Z1.8.34	JUNCTION	3.87	0.114	0.000
Z1.8.9	JUNCTION	5.44	0.200	0.000
Z1.9.1	JUNCTION	6.73	0.200	0.000
Z1.9.10	JUNCTION	6.49	0.200	0.000
Z1.9.11	JUNCTION	4.51	0.100	0.000
Z1.9.12	JUNCTION	4.21	0.079	0.000
Z1.9.13	JUNCTION	5.28	0.176	0.000
Z1.9.14	JUNCTION	4.02	0.200	0.000
Z1.9.15	JUNCTION	5.00	0.200	0.000
Z1.9.18	JUNCTION	0.65	0.200	0.000
Z1.9.19	JUNCTION	0.63	0.200	0.000
Z1.9.2	JUNCTION	7.29	0.200	0.000
Z1.9.20	JUNCTION	4.68	0.132	0.000

Lanjutan Tabel 4.22 *Node Surcharge Flow Routing* Awal

Topic: Node Surcharge — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
Z1.9.21	JUNCTION	6.48	0.200	0.000
Z1.9.22	JUNCTION	4.48	0.200	0.000
Z1.9.23	JUNCTION	5.14	0.200	0.000
Z1.9.28	JUNCTION	5.36	0.183	0.000
Z1.9.29	JUNCTION	4.09	0.200	0.000
Z1.9.3	JUNCTION	5.55	0.182	0.000
Z1.9.30	JUNCTION	1.36	0.200	0.000
Z1.9.31	JUNCTION	0.36	0.003	0.000
Z1.9.32	JUNCTION	2.35	0.200	0.000
Z1.9.33	JUNCTION	1.29	0.200	0.000
Z1.9.34	JUNCTION	0.84	0.200	0.000
Z1.9.36	JUNCTION	1.04	0.147	0.000
Z1.9.37	JUNCTION	0.80	0.200	0.000
Z1.9.38	JUNCTION	0.22	0.087	0.000
Z1.9.6	JUNCTION	6.65	0.200	0.000
Z1.9.8	JUNCTION	5.42	0.169	0.000
Z1.9.9	JUNCTION	6.08	0.200	0.000
Z3.10	JUNCTION	0.07	0.022	0.000
Z3.13	JUNCTION	0.14	0.054	0.000
Z5.2	JUNCTION	0.48	0.063	0.000
Z5.6	JUNCTION	0.18	0.090	0.000
Z5.9	JUNCTION	0.04	0.010	0.000
Z6.2	JUNCTION	1.44	0.200	0.000
Z6.5	JUNCTION	0.85	0.200	0.000

Lanjutan Tabel 4.22 *Node Surcharge Flow Routing* Awal

Topic: Node Surcharge — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
Z6.7	JUNCTION	0.66	0.076	0.000
Z7.11	JUNCTION	0.99	0.200	0.000
Z7.14	JUNCTION	0.14	0.056	0.000
Z7.2	JUNCTION	1.50	0.200	0.000
Z7.7	JUNCTION	0.97	0.200	0.000
Z8.10	JUNCTION	0.43	0.081	0.000
Z8.11	JUNCTION	0.65	0.200	0.000
Z8.14	JUNCTION	1.66	0.200	0.000
Z8.17	JUNCTION	1.36	0.200	0.000
Z8.18	JUNCTION	0.68	0.200	0.000
Z8.23	JUNCTION	0.47	0.060	0.000
Z8.24	JUNCTION	0.07	0.200	0.000
Z8.25	JUNCTION	0.54	0.114	0.000
Z8.34	JUNCTION	0.17	0.044	0.000
Z8.35	JUNCTION	0.40	0.129	0.000
Z8.47	JUNCTION	1.03	0.200	0.000
Z8.48	JUNCTION	0.63	0.164	0.000
Z8.8	JUNCTION	4.86	0.200	0.000
Z8.9	JUNCTION	0.70	0.200	0.000
Z9.10	JUNCTION	9.98	0.200	0.000
Z9.11	JUNCTION	9.97	0.200	0.000
Z9.12	JUNCTION	0.33	0.049	0.000
Z9.20	JUNCTION	9.97	0.200	0.000
Z9.22	JUNCTION	0.87	0.042	0.000

(Sumber : Perhitungan, 2020)

Tabel 4.23 *Node Flooding Flow Routing* Awal

Topic: Node Flooding — Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
Z1.2.2	0.01	0.015	0	01:35	0.000	0.200
Z1.2.3	0.01	0.024	0	01:35	0.000	0.200
Z1.2.4	0.47	0.043	0	02:00	0.064	0.200
Z1.5.1	0.01	0.183	0	00:01	0.001	0.200
Z1.5.5	0.46	0.107	0	01:56	0.104	0.200
Z1.5.6	0.01	0.074	0	01:56	0.001	0.200
Z1.6.1	0.70	0.219	0	02:00	0.438	0.200
Z1.6.11	4.77	0.160	0	01:59	1.335	0.200
Z1.6.14	4.20	0.125	0	02:00	0.597	0.200
Z1.6.16	0.10	0.019	0	01:58	0.004	0.200
Z1.6.2	2.79	0.289	0	02:00	1.196	0.200
Z1.6.23	0.69	0.019	0	02:00	0.036	0.200
Z1.6.25	4.25	0.152	0	02:00	1.477	0.200
Z1.6.36	3.81	0.368	0	02:00	1.889	0.200
Z1.6.39	0.02	0.001	0	01:25	0.000	0.200
Z1.6.43	2.24	0.257	0	02:00	0.874	0.200
Z1.6.47	0.44	0.098	0	02:00	0.122	0.200
Z1.6.59	1.10	0.100	0	02:00	0.251	0.200
Z1.6.60	2.71	0.100	0	02:00	0.418	0.200
Z1.6.63	0.83	0.115	0	02:00	0.292	0.200
Z1.6.64	0.75	0.041	0	02:00	0.099	0.200
Z1.6.67	0.71	0.151	0	01:21	0.203	0.200
Z1.7.1	0.01	1.381	0	00:00	0.020	0.200
Z1.7.2	2.79	0.316	0	02:00	1.124	0.200

Lanjutan Tabel 4.23 *Node Flooding Flow Routing* Awal

Topic: Node Flooding — Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
Z1.7.3	1.16	0.175	0	01:14	0.153	0.200
Z1.7.4	0.91	0.234	0	02:00	0.460	0.200
Z1.8.1	0.04	0.211	0	00:00	0.010	0.200
Z1.8.10	6.37	0.198	0	00:01	1.306	0.200
Z1.8.15	0.75	0.153	0	02:00	0.364	0.200
Z1.8.21	0.01	0.538	0	00:00	0.006	0.200
Z1.8.24	3.65	0.264	0	01:28	0.893	0.200
Z1.8.26	3.46	0.106	0	02:00	0.588	0.200
Z1.8.27	0.01	0.088	0	01:19	0.000	0.200
Z1.8.28	0.88	0.242	0	02:00	0.684	0.200
Z1.8.3	0.01	0.231	0	00:02	0.002	0.200
Z1.8.30	0.50	0.074	0	02:00	0.115	0.200
Z1.8.9	4.68	0.181	0	00:04	0.993	0.200
Z1.9.1	0.01	0.031	0	01:20	0.000	0.200
Z1.9.10	3.77	0.249	0	02:00	1.231	0.200
Z1.9.14	0.01	0.016	0	01:30	0.000	0.200
Z1.9.15	0.40	0.032	0	01:30	0.020	0.200
Z1.9.18	0.40	0.055	0	02:00	0.055	0.200
Z1.9.19	0.01	0.023	0	01:46	0.000	0.200
Z1.9.2	4.64	0.267	0	02:00	1.783	0.200
Z1.9.21	3.85	0.108	0	01:31	0.839	0.200
Z1.9.22	0.01	0.015	0	01:29	0.000	0.200
Z1.9.23	0.62	0.048	0	02:00	0.079	0.200
Z1.9.29	0.77	0.096	0	01:40	0.225	0.200

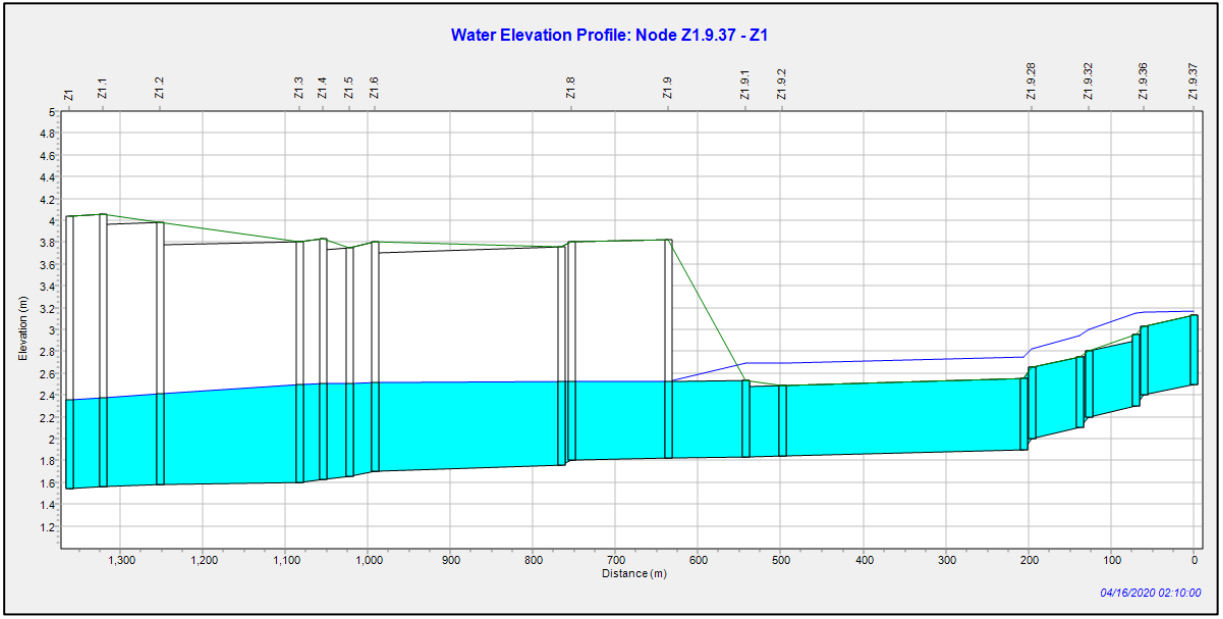
Lanjutan Tabel 4.23 *Node Flooding Flow Routing* Awal

Topic: Node Flooding — Click a column header to sort the column.

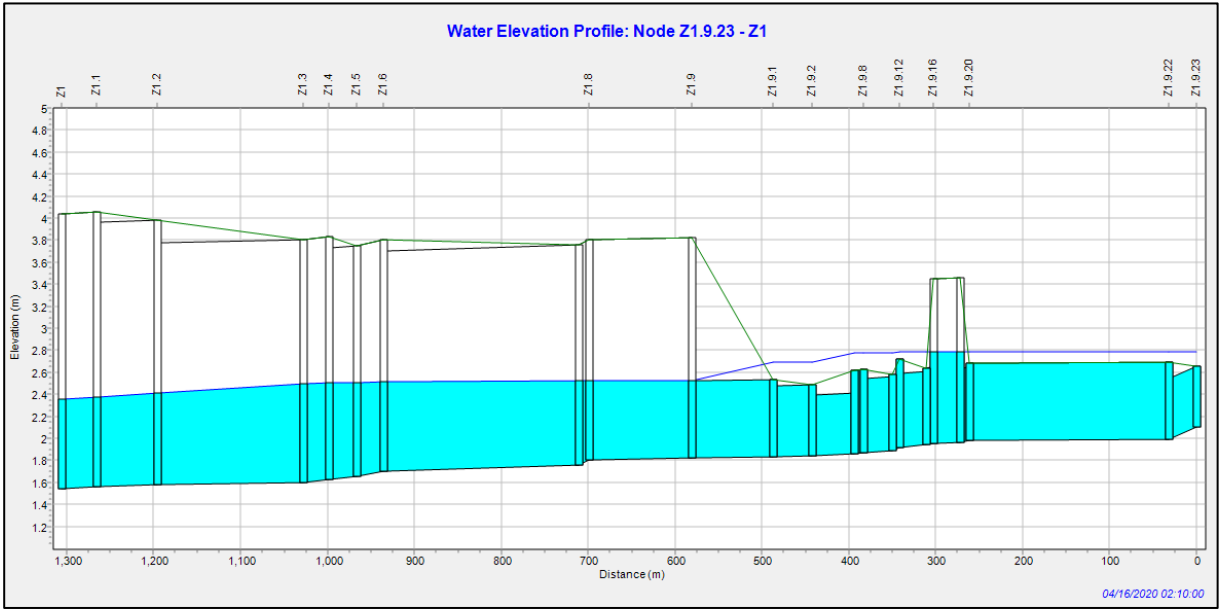
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
Z1.9.30	0.43	0.033	0	02:00	0.032	0.200
Z1.9.32	0.98	0.057	0	01:25	0.183	0.200
Z1.9.33	0.72	0.212	0	01:49	0.458	0.200
Z1.9.34	0.47	0.022	0	02:00	0.025	0.200
Z1.9.37	0.01	0.025	0	01:27	0.000	0.200
Z1.9.6	4.07	0.512	0	02:00	3.339	0.200
Z1.9.9	0.70	0.134	0	01:34	0.231	0.200
Z6.2	1.05	0.215	0	01:25	0.498	0.200
Z6.5	0.61	0.137	0	02:00	0.230	0.200
Z7.11	0.82	0.100	0	02:00	0.236	0.200
Z7.2	1.18	0.497	0	00:01	0.681	0.200
Z7.7	0.91	0.114	0	02:00	0.304	0.200
Z8.11	0.24	0.036	0	01:50	0.021	0.200
Z8.14	1.03	0.243	0	02:00	0.615	0.200
Z8.17	0.42	0.048	0	02:00	0.046	0.200
Z8.18	0.37	0.037	0	02:00	0.033	0.200
Z8.24	0.02	0.672	0	00:00	0.023	0.200
Z8.47	0.72	0.121	0	02:00	0.236	0.200
Z8.8	4.36	0.514	0	00:01	3.481	0.200
Z8.9	0.28	0.053	0	01:50	0.044	0.200
Z9.10	4.31	0.351	0	02:00	1.692	0.200
Z9.11	0.67	0.190	0	00:01	0.025	0.200
Z9.20	0.85	0.183	0	00:01	0.069	0.200

(Sumber : Perhitungan, 2020)

Berdasarkan hasil *flow routing* awal, perlu dilakukan evaluasi sistem drainase Perumahan Mulyosari, sehingga tidak mengalami banjir. Evaluasi yang dilakukan adalah dengan merencanakan ulang dimensi saluran pada Perumahan Mulyosari. Jika masih terjadi banjir, maka perlu direncanakan fasilitas drainase berupa pompa dan pintu air pada bagian hilir. Contoh elevasi muka air dari penampang yang mengalami banjir dapat dilihat pada **Gambar 4.17** yang menunjukkan saluran dari node Z1.9.37 hingga Z1 (*Outfall*) dan **Gambar 4.18** yang menunjukkan saluran dari node Z1.9.23 hingga Z1 (*Outfall*)**.**



Gambar 4.17 *Water Elevation Profile Flow Routing Awal*
(Sumber: Perhitungan, 2020)



Gambar 4.18 *Water Elevation Profile Flow Routing Awal*
(Sumber : Perhitungan, 2020)

4.10. Flow Routing Evaluasi I

Flow Routing ini bertujuan untuk mengecek sistem drainase pada saluran yang telah terlihat pada *Flow Routing* awal mengalami banjir setelah direncanakan ulang dimensinya. Perencanaan ulang sistem drainase Perumahan Mulyosari eksisting dilakukan sehingga dapat menambah kapasitas saluran drainase tersebut. Dimensi yang direncanakan ulang tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.24** berikut ini.

Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S1	0,85	0,75	231,61	0,02	0,1638	0,3367
S2	0,85	0,75	228,57	0,02	0,1591	0,3390
S3	1,00	0,80	60,72	0,02	0,2892	0,5380
S4	1,00	0,80	9,07	0,02	0,7483	1,3921
S5	1,00	0,80	57,51	0,02	0,2972	0,5528
S6	1,00	0,80	10,53	0,02	0,6945	1,2920
S7	1,00	0,85	58,27	0,02	0,3495	0,5993
S8	1,10	0,80	9,85	0,02	1,1877	1,5411
S9	1,30	0,80	291,7	0,02	0,2182	0,2786
S10	1,70	1,60	44,77	0,02	0,9554	1,1623
S11	1,00	0,85	229,59	0,02	0,2571	0,6038
S12	0,95	0,80	228,97	0,02	0,2192	0,4433
S13	0,85	0,75	227,8	0,02	0,2357	0,2772
S14	0,85	0,75	229,93	0,02	0,2084	0,3380
S15	1,00	0,85	60,95	0,02	0,4991	0,5860
S16	0,80	0,70	56,51	0,02	0,3467	0,4567
S17	0,85	0,80	58,36	0,02	0,4879	0,6002
S18	0,95	0,80	230	0,02	0,1908	0,2554
S19	1,75	1,65	229,28	0,02	0,4331	0,5589
S20	0,90	0,80	32,03	0,02	0,5112	0,6591
S21	1,50	1,00	36,16	0,02	0,5763	0,7752
S22	1,50	1,20	226,74	0,02	0,3365	0,4046
S23	2,00	1,95	34,62	0,02	1,2828	2,1976
S24	1,50	1,20	228,39	0,02	0,3353	0,4032
S25	2,50	2,10	30,79	0,02	1,4493	3,4991

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S26	1,50	1,00	228,58	0,02	0,2910	0,3776
S27	1,50	1,00	34,21	0,02	0,7523	0,9761
S28	1,50	1,30	30,44	0,02	0,9786	1,2403
S29	1,10	0,80	229,84	0,02	0,2459	0,3346
S30	1,10	0,80	28,24	0,02	0,7014	0,9101
S31	1,50	0,90	226,95	0,02	0,2410	0,3240
S32	1,50	1,30	33,11	0,02	0,9023	1,1893
S33	0,65	0,55	238,41	0,02	0,1636	0,2391
S34	0,90	0,80	37,71	0,02	0,4712	0,5791
S35	1,10	0,85	44,97	0,02	0,5810	0,7879
S36	0,60	0,50	86,77	0,02	0,2175	0,3233
S37	0,80	0,70	49,43	0,02	0,4819	0,6906
S38	0,80	0,70	71,1	0,02	0,3091	0,4072
S39	0,75	0,70	48,97	0,02	0,4842	0,6222
S40	0,80	0,70	68,83	0,02	0,3141	0,4138
S41	1,00	0,80	61,897	0,02	0,4531	0,5329
S42	1,00	0,80	122,16	0,02	0,3225	0,3793
S43	1,00	0,80	48,4	0,02	0,5124	0,6026
S44	1,70	1,65	123,89	0,02	0,5892	2,3091
S45	1,50	0,85	47,55	0,02	0,5408	0,6497
S46	1,00	0,80	60,23	0,02	0,4275	0,5125
S47	1,20	1,00	43,95	0,02	0,5947	0,7252
S48	1,50	1,20	59,13	0,02	0,6590	1,7718
S49	0,60	0,50	227,72	0,02	0,1343	0,1903
S50	0,90	0,80	41,58	0,02	0,4076	0,7800
S51	0,60	0,55	228,87	0,02	0,1242	0,2376
S52	0,75	0,65	36,63	0,02	0,3807	0,6479
S53	0,85	0,80	35,82	0,02	0,4084	0,7661
S54	0,60	0,55	230,56	0,02	0,1188	0,2246
S55	1,50	1,30	23,72	0,02	0,8869	1,4051
S56	0,60	0,50	232,56	0,02	0,1192	0,2113
S57	0,85	0,80	39,91	0,02	0,4016	0,7258
S58	0,65	0,55	228,96	0,02	0,1339	0,2440

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S59	1,50	1,20	38,65	0,02	0,5572	0,9801
S60	0,60	0,50	232,95	0,02	0,1097	0,1991
S61	0,85	0,75	37,47	0,02	0,4492	0,6835
S62	0,65	0,55	231,35	0,02	0,1284	0,2742
S63	0,95	0,80	39,07	0,02	0,4059	0,8763
S64	0,65	0,55	232,94	0,02	0,1328	0,2733
S65	0,75	0,65	181,27	0,02	0,1530	0,3713
S66	1,10	0,80	24,42	0,02	0,4947	1,0722
S67	0,70	0,60	181,28	0,02	0,1721	0,3140
S68	1,50	1,00	23,6	0,02	0,6514	1,1752
S69	0,70	0,60	180,48	0,02	0,1497	0,2880
S70	1,25	0,80	23,66	0,02	0,5587	1,0692
S71	0,70	0,65	182,12	0,02	0,1527	0,2996
S72	0,85	0,75	42,44	0,02	0,3556	0,6423
S73	0,75	0,65	177,56	0,02	0,1847	0,3156
S74	0,90	0,80	36,66	0,02	0,4340	0,6950
S75	0,75	0,65	182,1	0,02	0,1588	0,2906
S76	0,95	0,80	35,14	0,02	0,4584	0,8265
S77	0,75	0,70	182,07	0,02	0,1622	0,2795
S78	1,10	0,80	31,83	0,02	0,4333	0,8573
S79	0,80	0,75	182,58	0,02	0,2035	0,3069
S80	0,90	0,80	26,04	0,02	0,5150	0,8246
S81	0,85	0,75	185,65	0,02	0,1766	0,3071
S82	1,50	1,40	24,53	0,02	0,8801	1,5371
S83	1,50	0,80	183,1	0,02	0,1807	0,4934
S84	0,80	0,70	39,87	0,02	0,3466	0,5438
S85	0,95	0,80	139,26	0,02	0,3159	0,5685
S86	0,95	0,80	39,72	0,02	0,4591	0,6146
S87	1,10	0,80	140,83	0,02	0,3141	0,5764
S88	0,65	0,60	39,18	0,02	0,3581	0,4862
S89	0,75	0,65	138,48	0,02	0,2092	0,2886
S90	1,00	0,80	39,72	0,02	0,5914	1,0726
S91	1,10	0,80	140,93	0,02	0,2214	0,3156
S92	1,35	0,80	26,15	0,02	0,5658	1,2656

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S93	0,70	0,60	134,12	0,02	0,1804	0,2684
S94	1,50	1,30	24,42	0,02	0,7778	1,3848
S95	0,70	0,65	136,36	0,02	0,1973	0,2665
S96	0,80	0,70	26,09	0,02	0,4285	0,6722
S97	0,75	0,70	134,05	0,02	0,1890	0,3032
S98	1,50	1,00	26,09	0,02	0,6784	0,9126
S99	0,70	0,60	133,26	0,02	0,1809	0,2824
S100	0,95	0,80	13,86	0,02	0,6815	1,0404
S101	0,85	0,80	89,1	0,02	0,2879	0,4064
S102	1,30	0,80	11,42	0,02	0,7234	1,1496
S103	0,80	0,70	87,64	0,02	0,2338	0,3668
S104	0,80	0,70	22,03	0,02	0,5552	0,7315
S105	0,80	0,75	91,52	0,02	0,2606	0,4512
S106	1,50	1,00	21,22	0,02	0,6644	1,0119
S107	1,00	0,80	91,48	0,02	0,2841	0,3921
S108	0,65	0,55	23,6	0,02	0,3712	0,6072
S109	1,50	1,00	93,02	0,02	0,3064	0,4833
S110	0,80	0,70	22,79	0,02	0,5459	0,7543
S111	0,70	0,65	93,03	0,02	0,2306	0,3607
S112	1,50	1,00	27,08	0,02	0,5882	0,8958
S113	1,50	1,00	72,15	0,02	0,3845	1,0976
S114	0,65	0,60	70,15	0,02	0,2307	0,3485
S115	0,85	0,80	31,01	0,02	0,4390	1,1644
S116	0,85	0,75	46,16	0,02	0,4888	0,6158
S117	0,85	0,75	139,78	0,02	0,3339	0,4334
S118	1,30	0,80	39,62	0,02	0,5922	0,9759
S119	0,85	0,75	140,1	0,02	0,2806	0,3535
S120	1,30	0,80	22,03	0,02	0,6164	1,3087
S121	0,65	0,60	133,58	0,02	0,1807	0,3093
S122	0,60	0,50	20,41	0,02	0,3865	0,2108
S123	0,75	0,70	133,56	0,02	0,2113	0,4984
S124	1,80	1,50	92,15	0,02	0,4403	1,5972
S125	0,85	0,75	44,1	0,02	0,3488	0,7455

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S126	1,50	0,80	49,65	0,02	0,4106	0,8206
S127	0,85	0,80	442,24	0,02	0,1250	0,1824
S128	1,10	0,80	20,35	0,02	0,5624	0,8305
S129	0,65	0,55	499,27	0,02	0,0907	0,1205
S130	0,60	0,50	645,55	0,02	0,0659	0,1011
S131	1,50	1,00	22,67	0,02	0,6206	1,3846
S132	0,65	0,55	640,8	0,02	0,1135	0,1345
S133	1,50	1,10	26,87	0,02	1,3465	1,4637
S134	1,50	1,00	28,76	0,02	1,9394	2,2997
S135	0,65	0,55	47,72	0,02	0,3144	0,4270
S136	0,60	0,55	27,68	0,02	0,6368	0,7890
S137	0,60	0,50	53,51	0,02	0,3326	0,5874
S138	1,50	0,90	30,18	0,02	0,8472	1,0258
S139	0,65	0,55	63	0,02	0,3095	0,4291
S140	0,60	0,55	22	0,02	0,7142	0,8850
S141	0,60	0,50	66,81	0,02	0,3302	0,5487
S142	1,50	0,80	23,97	0,02	0,7613	0,9644
S143	0,65	0,55	72,64	0,02	0,3371	0,4468
S144	0,60	0,50	25,02	0,02	0,4051	0,7261
S145	0,60	0,50	77,36	0,02	0,2304	0,5364
S146	0,60	0,55	86,85	0,02	0,2861	0,3858
S147	0,60	0,50	22,95	0,02	0,4230	0,7581
S148	0,60	0,50	98,4	0,02	0,2043	0,5013
S149	0,80	0,70	31,32	0,02	0,4511	0,6135
S150	0,60	0,50	114,37	0,02	0,1895	0,3396
S151	0,60	0,50	40,63	0,02	0,3070	0,4934
S152	0,60	0,50	107,86	0,02	0,2407	0,3497
S153	0,60	0,50	31,09	0,02	0,3634	0,5641
S154	0,60	0,55	87,8	0,02	0,2318	0,3133
S155	0,80	0,70	34,37	0,02	0,4445	0,5857
S156	0,65	0,55	71,06	0,02	0,2317	0,3499
S157	0,70	0,60	45,75	0,02	0,3426	0,4595
S158	1,50	0,90	54,42	0,02	0,3926	0,5402
S159	0,80	0,70	93,13	0,02	0,2444	0,3375

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S160	1,00	0,80	46,71	0,02	0,3845	0,5487
S162	0,70	0,60	34,46	0,02	0,6030	0,7487
S163	0,70	0,65	56,14	0,02	0,3389	0,4644
S164	0,95	0,80	184,95	0,02	0,3152	0,4028
S165	0,65	0,55	144,77	0,02	0,1685	0,2451
S166	1,10	0,80	35,79	0,02	1,0134	1,1433
S167	0,60	0,50	285,75	0,02	0,1117	0,1519
S168	1,10	0,80	56,3	0,02	0,8080	0,9116
S169	0,80	0,70	322,69	0,02	0,3318	0,3823
S170	0,85	0,80	27,76	0,02	0,7075	0,8702
S171	0,60	0,55	216,19	0,02	0,1718	0,2232
S172	0,60	0,55	32,77	0,02	0,4414	0,5733
S173	0,80	0,70	209,02	0,02	0,1802	0,2375
S174	0,85	0,75	21	0,02	0,6897	0,9131
S175	0,60	0,55	41,21	0,02	0,3384	0,4573
S176	0,85	0,75	32,28	0,02	0,5563	0,7364
S177	0,60	0,55	67,02	0,02	0,2653	0,3586
S178	0,80	0,70	50,74	0,02	0,3658	0,4820
S179	0,80	0,70	281,98	0,02	0,1552	0,2045
S180	0,80	0,70	34,17	0,02	0,4178	0,5874
S181	0,80	0,70	316,85	0,02	0,1464	0,1929
S182	0,80	0,70	21,04	0,02	0,5681	0,7485
S183	0,80	0,70	126,42	0,02	0,2318	0,3054
S184	0,60	0,55	26,82	0,02	0,4194	0,5668
S185	0,60	0,55	111,18	0,02	0,2060	0,2784
S186	0,95	0,80	24,73	0,02	0,5818	0,7789
S187	1,10	0,80	160,24	0,02	0,3880	0,4833
S188	1,10	0,80	38,28	0,02	0,8563	0,9888
S189	1,10	0,80	132,11	0,02	0,3383	0,4208
S190	1,50	1,30	24,58	0,02	1,4842	1,6905
S191	1,20	0,80	56,05	0,02	0,5194	0,6555
S192	1,00	0,80	26,09	0,02	0,5664	0,7341
S193	1,50	1,00	58,7	0,02	0,5743	0,7452

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S194	0,80	0,70	126,22	0,02	0,2320	0,3056
S196	0,80	0,70	25,98	0,02	0,6647	0,8250
S197	1,10	0,80	115,13	0,02	0,3474	0,4508
S198	1,10	0,80	97	0,02	0,3785	0,4911
S199	1,10	0,80	26,72	0,02	0,7211	0,9357
S200	0,80	0,70	21	0,02	1,0634	1,2977
S201	0,80	0,70	246,46	0,02	0,2494	0,3093
S202	0,70	0,60	26	0,02	0,8710	1,0557
S203	0,70	0,60	249,97	0,02	0,2460	0,3108
S204	1,30	0,80	46,71	0,02	0,7751	0,8988
S205	0,80	0,75	41,72	0,02	0,6941	0,8289
S206	1,10	0,80	94,7	0,02	0,5444	0,7029
S207	1,30	0,80	30,16	0,02	0,9366	1,1185
S208	1,10	0,80	200,23	0,02	0,3744	0,4834
S209	0,85	0,75	87,11	0,02	0,3643	0,4483
S210	0,70	0,60	23,98	0,02	0,9070	1,1873
S211	0,85	0,75	98,71	0,02	0,3422	0,4211
S212	0,70	0,60	212,76	0,02	0,3045	0,3533
S213	1,15	0,80	30,87	0,02	0,7430	0,9289
S214	0,80	0,70	184,36	0,02	0,3589	0,4380
S215	0,85	0,75	25,98	0,02	0,6042	0,8209
S216	0,70	0,65	204,28	0,02	0,2609	0,3220
S217	0,75	0,65	51,22	0,02	0,7201	0,8663
S218	0,90	0,80	192,54	0,02	0,2918	0,5126
S219	0,60	0,50	41,58	0,02	0,3355	0,5077
S220	1,50	1,20	185,05	0,02	0,8482	1,0016
S221	0,65	0,60	20,66	0,02	0,5426	0,7334
S222	0,65	0,60	128,26	0,02	0,2563	0,3399
S223	1,15	0,80	29,47	0,02	1,1867	1,3445
S224	0,75	0,65	107,74	0,02	0,2957	0,3778
S225	1,15	0,80	24,82	0,02	1,2931	1,4651
S226	0,75	0,65	185,55	0,02	0,2253	0,2879
S227	0,60	0,50	23,91	0,02	0,3571	0,5252
S228	0,60	0,55	186,39	0,02	0,1799	0,2404

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S229	0,75	0,65	31,17	0,02	0,7066	0,8602
S230	0,65	0,55	278,75	0,02	0,2329	0,2885
S231	0,75	0,65	31,7	0,02	0,5053	0,6965
S232	0,65	0,60	292,28	0,02	0,2396	0,2979
S233	0,65	0,55	45,41	0,02	0,3749	0,4556
S234	1,00	0,85	139,57	0,02	0,4928	0,5476
S235	0,70	0,60	42,13	0,02	0,4138	0,5353
S236	1,70	1,50	153,31	0,02	1,0656	1,2799
S237	0,60	0,55	103,13	0,02	0,2488	0,3232
S238	0,65	0,55	75,16	0,02	0,2914	0,3929
S239	0,85	0,75	70,16	0,02	0,3773	0,4995
S240	0,70	0,60	23,98	0,02	0,5485	0,7773
S241	0,90	0,80	53,08	0,02	0,5666	0,6903
S242	1,00	0,80	41,38	0,02	0,7876	0,9217
S243	0,85	0,75	74,34	0,02	0,3666	0,4853
S244	0,85	0,75	26,72	0,02	0,9404	1,1447
S245	0,65	0,55	40,64	0,02	0,3963	0,5343
S246	1,00	0,80	254,23	0,02	0,3178	0,3718
S247	0,75	0,70	41,56	0,02	0,5491	0,6754
S248	0,80	0,70	274,11	0,02	0,2811	0,3592
S249	1,10	0,80	147,54	0,02	0,3201	0,3982
S250	1,00	0,80	32,47	0,02	0,8891	1,0405
S251	0,90	0,80	146,03	0,02	0,3218	0,4162
S252	0,90	0,80	36,39	0,02	0,8399	1,0211
S253	0,75	0,70	158,11	0,02	0,2695	0,3463
S254	0,75	0,70	38,69	0,02	0,5447	0,7000
S255	0,90	0,80	176,47	0,02	0,3107	0,3786
S256	0,80	0,70	31,79	0,02	0,4622	0,6090
S257	0,65	0,55	42,26	0,02	0,3341	0,4537
S258	0,65	0,55	122,7	0,02	0,1961	0,2663
S259	0,60	0,55	114,33	0,02	0,2687	0,3362
S260	1,80	1,50	34,25	0,02	2,2545	2,6199
S261	0,75	0,70	425,9	0,02	0,2184	0,4525

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S262	0,85	0,80	39,31	0,02	0,9061	1,0342
S263	1,10	0,80	53,8	0,02	0,7745	0,9325
S264	0,90	0,80	400	0,02	0,2649	0,8711
S265	1,85	1,75	28,71	0,02	2,7143	4,5468
S266	1,60	1,50	15,26	0,02	2,0126	2,3574
S267	1,00	0,80	780,63	0,02	0,1813	0,2122
S268	1,10	0,85	768,69	0,02	0,1253	0,1476
S269	1,50	1,00	19,53	0,02	0,8921	1,0548
S270	2,00	2,00	766,32	0,02	0,3331	0,6849
S271	1,00	0,80	30,31	0,02	0,6026	0,7615
S272	0,85	0,80	130,74	0,02	0,3260	0,4010
S273	1,50	0,80	26,14	0,02	0,7291	0,9235
S274	1,10	0,80	114,94	0,02	0,4218	0,5338
S275	0,90	0,80	53,51	0,02	0,7242	0,8697
S276	1,35	0,80	58,5	0,02	0,6422	0,7568
S277	1,10	0,80	52,09	0,02	0,7340	0,9477
S278	1,50	1,00	102,49	0,02	0,5638	0,6512
S279	1,50	1,30	54,78	0,02	0,9942	1,1324
S280	1,50	0,90	169,13	0,02	0,2792	0,3753
S281	1,30	0,80	41,4	0,02	0,8234	0,9547
S282	1,50	1,40	140,93	0,02	0,5271	0,6413
S283	1,40	0,80	32,36	0,02	0,9313	1,0695
S284	1,15	0,80	74,85	0,02	0,4771	0,5966
S285	0,75	0,65	20,11	0,02	1,0388	1,2366
S286	0,85	0,75	566,87	0,02	0,1327	0,1757
S287	1,15	0,80	66,07	0,02	0,6518	0,7513
S288	1,20	0,80	60,52	0,02	0,4265	0,5464
S289	0,95	0,80	48,04	0,02	0,4174	0,5588
S290	0,65	0,55	103,69	0,02	0,2343	0,3129
S291	2,00	1,95	109,72	0,02	1,4902	2,4689
S292	0,65	0,60	42,94	0,02	0,3536	0,4357
S293	1,50	1,30	10,15	0,02	1,7590	2,1479
S294	1,75	1,65	9,22	0,02	2,3497	2,7872
S295	1,50	1,00	8,51	0,02	1,5696	1,9571

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S296	1,80	1,70	9,98	0,02	2,5286	2,9077
S297	1,50	1,00	48,64	0,02	0,4969	0,6684
S298	0,65	0,55	82,45	0,02	0,2312	0,3248
S299	0,60	0,50	72,2	0,02	0,2385	0,3379
S300	1,10	0,80	83,53	0,02	0,3070	0,4099
S301	0,70	0,60	68,88	0,02	0,2701	0,4016
S302	0,65	0,55	46,81	0,02	0,4199	0,5837
S303	0,70	0,60	71,95	0,02	0,3591	0,4847
S304	0,80	0,70	49,17	0,02	0,5902	0,7263
S305	1,50	1,00	82,27	0,02	0,6293	0,7268
S306	0,80	0,75	35,13	0,02	0,7564	0,9033
S307	0,85	0,75	57,79	0,02	0,4157	0,5504
S308	0,80	0,70	32,92	0,02	0,4960	0,6823
S309	1,20	0,80	60,17	0,02	0,4277	0,5479
S310	1,75	1,65	94,21	0,02	0,7351	0,8719
S311	1,20	0,80	15,08	0,02	0,8543	1,0945
S312	1,25	0,80	24,52	0,02	0,5488	0,7426
S313	0,85	0,75	17,44	0,02	0,7568	1,0019
S314	1,00	0,80	15,02	0,02	0,8128	1,0818
S315	1,40	0,80	17,83	0,02	0,7857	1,0188
S316	0,80	0,70	12,38	0,02	0,7863	1,0690
S317	0,85	0,75	20,78	0,02	0,6933	0,9179
S318	1,00	0,80	103,93	0,02	0,4436	0,5202
S319	0,80	0,75	45,33	0,02	0,4694	0,5623
S320	1,10	0,80	43,08	0,02	0,6890	0,8719
S321	1,40	0,80	16,96	0,02	1,5643	1,8094
S322	1,25	0,80	48,52	0,02	0,7051	0,8347
S323	1,50	1,00	39,24	0,02	0,9112	1,0524
S324	1,15	0,80	103,1	0,02	0,4065	0,5083
S325	1,50	0,90	41,51	0,02	0,6965	0,8747
S326	1,00	0,70	510,76	0,02	0,1666	0,2463
S327	1,60	1,50	11,52	0,02	3,8873	6,0669
S328	1,70	1,65	18,98	0,02	3,2150	4,5697

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S329	2,00	1,95	27,47	0,02	2,9782	4,9342
S330	0,80	0,70	17,8	0,02	0,6177	1,0294
S331	1,50	1,00	13,61	0,02	0,8578	1,5475
S332	1,50	1,40	12,17	0,02	1,1766	3,0863
S333	1,10	0,80	10,7	0,02	0,8308	1,1453
S334	1,30	0,80	12,23	0,02	0,6990	1,1109
S335	1,10	0,80	10,61	0,02	0,7505	1,1502
S336	0,95	0,80	11,05	0,02	0,8704	1,0422
S337	1,10	0,80	12,07	0,02	0,7564	1,0784
S338	1,50	0,90	8,18	0,02	0,9787	1,3933
S339	1,25	0,80	8,99	0,02	0,9064	1,2265
S340	1,50	1,40	11,5	0,02	1,1714	2,2450
S341	1,10	0,80	11,42	0,02	0,7234	1,5678
S342	1,50	1,30	11,83	0,02	1,2559	1,9896
S343	1,50	1,00	13,93	0,02	0,8479	3,3044
S344	1,50	0,80	15,92	0,02	0,6358	1,1833
S345	1,55	1,50	13,84	0,02	1,2450	1,6734
S346	0,80	0,70	185,66	0,02	0,1477	0,3086
S347	1,10	0,80	38,11	0,02	0,4687	0,6069
S348	0,75	0,65	40,09	0,02	0,5314	0,6993
S349	0,60	0,50	39,84	0,02	0,3855	0,4920
S350	0,65	0,55	48,46	0,02	0,4324	0,5992
S351	0,60	0,50	33,12	0,02	0,3521	0,5511
S352	0,60	0,50	40,99	0,02	0,3801	0,8318
S353	0,80	0,70	16,28	0,02	0,6053	0,8510
S354	0,80	0,75	17,69	0,02	0,6933	0,9001
S355	1,00	0,80	16,41	0,02	0,7567	1,0349
S356	1,00	0,80	25,17	0,02	0,6110	0,8356
S357	0,85	0,75	17,51	0,02	0,6166	0,8944
S358	0,85	0,75	14,99	0,02	0,6664	0,9666
S359	0,80	0,70	32,41	0,02	0,4290	0,6031
S360	0,60	0,50	31,91	0,02	0,3341	0,8803
S361	0,80	0,70	18,86	0,02	0,5237	0,7906
S362	0,80	0,70	27,47	0,02	0,4660	0,6551

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S363	0,80	0,70	18,43	0,02	0,5298	0,7998
S364	0,80	0,70	23,86	0,02	0,5000	0,7029
S365	0,75	0,65	17,69	0,02	0,9379	1,1419
S366	1,00	0,80	21,43	0,02	1,0610	1,2808
S367	2,00	1,90	16,44	0,02	3,7843	4,3451
S368	1,60	1,50	15,14	0,02	3,3909	4,0992
S369	1,60	1,60	15,75	0,02	3,4613	4,0234
S370	1,00	0,80	15,08	0,02	1,2648	1,5268
S371	1,25	0,80	13,72	0,02	1,3260	1,5697
S372	1,40	0,80	16,44	0,02	1,2114	1,4036
S373	1,00	0,80	21,13	0,02	1,0685	1,2898
S374	0,85	0,75	101,11	0,02	0,8868	1,4712
S375	1,50	1,00	22,92	0,02	1,1922	1,3770
S376	0,60	0,50	51,64	0,02	0,4666	0,6138
S377	0,60	0,50	23,8	0,02	0,7537	1,0528
S378	1,50	1,40	271,62	0,02	0,7674	0,9239
S379	2,30	2,20	117,28	0,02	2,0632	2,4275
S380	0,95	0,80	9,2	0,02	1,6958	2,6786
S381	1,95	1,85	12,2	0,02	5,7638	6,6313
S382	1,75	1,70	224,82	0,02	1,2783	1,4430
S383	1,85	1,80	30,72	0,02	3,5744	4,1779
S384	2,50	2,20	32,43	0,02	3,9235	5,1593
S385	2,20	2,10	28,98	0,02	4,0340	5,2684
S386	2,50	2,00	167,83	0,02	1,6276	1,9737
S387	2,50	2,20	69,95	0,02	3,3061	3,5129
S388	2,50	2,30	40,4	0,02	4,4626	4,9297
S389	1,10	1,00	15,02	0,02	1,5385	1,7229
S390	1,10	0,80	21,4	0,02	1,0617	1,3225
S391	1,00	0,80	17,51	0,02	1,1738	1,4169
S392	0,80	0,75	783,22	0,02	0,1547	0,1711
S393	1,40	1,10	11,05	0,02	1,8355	2,0728
S394	1,80	1,60	14,04	0,02	2,3422	3,1772
S395	1,10	0,80	12,36	0,02	1,0140	1,5070

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S396	0,80	0,75	98,41	0,02	0,4976	0,6034
S397	1,25	0,80	25,68	0,02	0,9692	1,1474
S398	0,95	0,80	32,28	0,02	0,7959	0,9641
S399	0,85	0,75	21,04	0,02	1,0269	1,2900
S400	1,30	0,80	22,58	0,02	1,1149	1,2927
S401	0,60	0,50	116,39	0,02	0,2379	0,4123
S402	0,75	0,65	33,89	0,02	0,7758	0,9526
S403	0,65	0,55	47,76	0,02	0,5626	0,6748
S404	1,55	1,50	229,88	0,02	0,5051	0,5807

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Dengan data hasil perencanaan ulang saluran drainase Perumahan Mulyosari, diperoleh hasil dari *Flow Routing* evaluasi I yang menunjukkan bahwa masih terjadi banjir dengan volume sebesar 12.906 x 10^3 m^3. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.19, Tabel 4.25,** dan **Tabel 4.26**.

```
**************************        Volume         Depth
Runoff Quantity Continuity     hectare-m            mm
**************************     ---------       -------
Total Precipitation ......         7.561        89.001
Evaporation Loss .........         0.000         0.000
Infiltration Loss ........         0.730         8.596
Surface Runoff ...........         6.795        79.986
Final Storage ............         0.052         0.616
Continuity Error (%) .....        -0.222


**************************        Volume         Volume
Flow Routing Continuity        hectare-m      10^6 ltr
**************************     ---------       -------
Dry Weather Inflow .......         0.000         0.000
Wet Weather Inflow .......         6.794        67.936
Groundwater Inflow .......         0.000         0.000
RDII Inflow ..............         0.000         0.000
External Inflow ..........         0.000         0.000
External Outflow .........         6.590        65.902
Flooding Loss ............         1.291        12.906
Evaporation Loss .........         0.000         0.000
Exfiltration Loss ........         0.000         0.000
Initial Stored Volume ....         2.112        21.116
Final Stored Volume ......         0.081         0.806
Continuity Error (%) .....        10.599
```

Gambar 4.19 *Status Report Flow Routing Evaluasi I*
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Tabel 4.25 *Node Surcharge Flow Routing Evaluasi I*

Topic: Node Surcharge — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
Z1.6.1	JUNCTION	4.98	0.200	0.000
Z1.6.11	JUNCTION	0.21	0.018	0.000
Z1.6.13	JUNCTION	2.41	0.230	0.000
Z1.6.14	JUNCTION	0.67	0.054	0.000
Z1.6.17	JUNCTION	2.73	0.200	0.000
Z1.6.18	JUNCTION	0.97	0.014	0.000
Z1.6.2	JUNCTION	0.34	0.027	0.223
Z1.6.23	JUNCTION	0.49	0.036	0.000
Z1.6.24	JUNCTION	2.06	0.207	0.193
Z1.6.25	JUNCTION	0.60	0.053	0.000
Z1.6.26	JUNCTION	2.12	0.238	0.062
Z1.6.29	JUNCTION	1.23	0.111	0.000
Z1.6.30	JUNCTION	1.23	0.111	0.000
Z1.6.33	JUNCTION	0.65	0.058	0.000
Z1.6.35	JUNCTION	0.51	0.025	0.000
Z1.6.37	JUNCTION	0.34	0.154	0.000
Z1.6.38	JUNCTION	0.11	0.028	0.000
Z1.6.39	JUNCTION	1.79	0.200	0.000
Z1.6.44	JUNCTION	0.90	0.149	0.251
Z1.6.45	JUNCTION	0.85	0.142	0.000
Z1.6.47	JUNCTION	0.65	0.093	0.000
Z1.6.49	JUNCTION	0.07	0.021	0.000

Lanjutan Tabel 4.25 *Node Surcharge Flow Routing Evaluasi I*

Topic: Node Surcharge — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
Z1.6.55	JUNCTION	0.13	0.041	0.509
Z1.7.1	JUNCTION	2.20	0.200	0.000
Z1.7.2	JUNCTION	0.31	0.097	0.000
Z1.7.3	JUNCTION	0.22	0.058	0.000
Z1.8.10	JUNCTION	1.76	0.200	0.000
Z1.8.2	JUNCTION	1.20	0.071	0.000
Z1.8.21	JUNCTION	0.17	0.010	0.000
Z1.8.9	JUNCTION	0.35	0.017	0.000
Z1.9.11	JUNCTION	1.33	0.090	0.000
Z1.9.23	JUNCTION	1.72	0.142	0.000
Z1.9.28	JUNCTION	1.84	0.200	0.000
Z1.9.29	JUNCTION	1.87	0.200	0.000
Z1.9.30	JUNCTION	2.19	0.271	0.000
Z1.9.31	JUNCTION	1.17	0.074	0.000
Z1.9.32	JUNCTION	1.41	0.112	0.000
Z1.9.33	JUNCTION	0.75	0.043	0.000
Z6.2	JUNCTION	0.41	0.187	0.000
Z8.1	JUNCTION	2.29	0.350	0.000
Z8.11	JUNCTION	0.01	0.032	0.000
Z8.24	JUNCTION	0.02	0.200	0.000
Z8.8	JUNCTION	2.04	0.250	0.000
Z9.10	JUNCTION	1.77	0.200	0.000
Z9.20	JUNCTION	0.58	0.076	0.074

(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

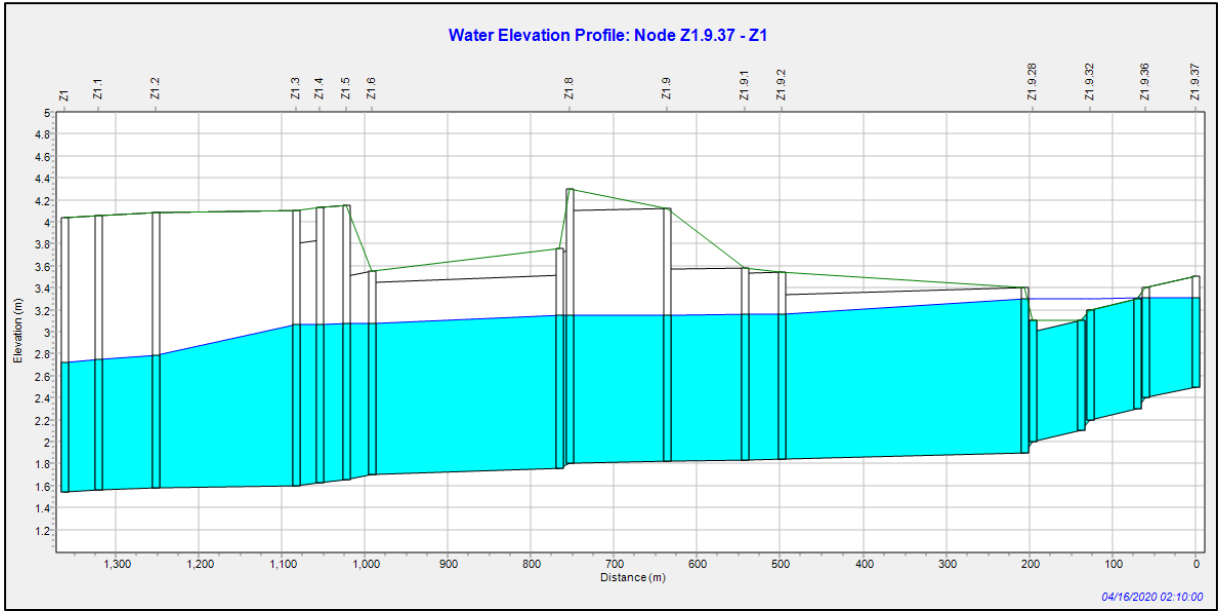
Tabel 4.26 *Node Flooding Flow Routing Evaluasi I*

Topic: Node Flooding — Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
Z1.6.1	4.28	1.056	0	02:13	7.673	0.200
Z1.6.17	1.15	0.481	0	02:00	1.120	0.200
Z1.6.39	0.41	0.673	0	01:57	0.489	0.200
Z1.7.1	0.50	1.343	0	00:00	0.380	0.200
Z1.8.10	0.40	0.283	0	02:01	0.243	0.200
Z1.9.28	0.10	0.127	0	01:57	0.013	0.200
Z1.9.29	0.66	0.560	0	02:01	0.439	0.200
Z8.1	1.61	0.156	0	01:32	0.564	0.200
Z8.24	0.01	0.136	0	00:01	0.000	0.200
Z8.8	1.26	0.595	0	02:00	1.469	0.200
Z9.10	0.54	0.404	0	02:00	0.517	0.200

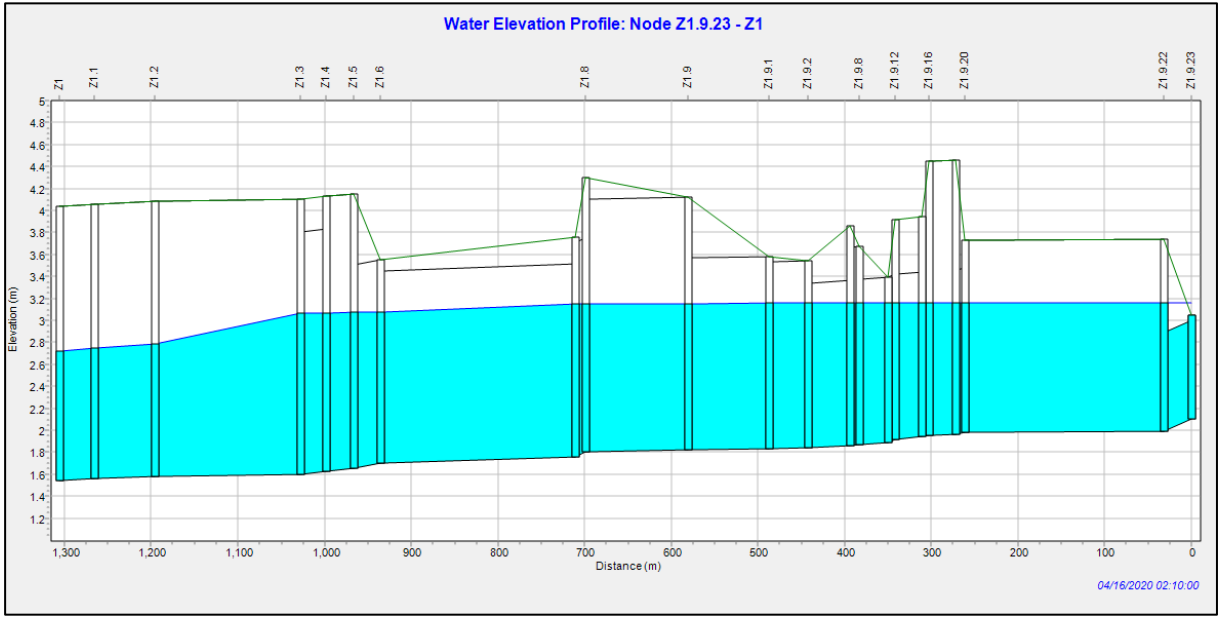
(*Sumber : Perhitungan, 2020*)

Berdasarkan hasil *flow routing* evaluasi I, diperoleh hasil yang menunjukkan masih terjadi banjir namun *node surcharge* dan *node flooding* yang terjadi lebih sedikit dari *flow routing* awal. Maka perlu dilakukan evaluasi lanjutan dari sistem drainase Perumahan Mulyosari yaitu dengan membesarkan dimensi saluran yang terkena banjir serta merencanakan pompa dan pintu air. Contoh elevasi muka air dari penampang yang masih mengalami banjir dapat dilihat pada **Gambar 4.20** yang menunjukkan saluran dari node Z1.9.37 hingga Z1 (*Outfall*) dan **Gambar 4.21** yang menunjukkan saluran dari node Z1.9.23 hingga Z1 (*Outfall*)**.**



Gambar 4.20 *Water Elevation Profile Flow Routing Evaluasi I Node Z1.9.37 – Z1*
(Sumber : Perhitungan, 2020)

Dapat dilihat bahwa pada node Z1.9.37 hingga node Z1.9.28 elevasi muka air pada saluran tersebut masih tinggi.



Gambar 4.21 *Water Elevation Profile Flow Routing Evaluasi I Node Z1.9.23 – Z1*
(Sumber : Perhitungan, 2020)

4.11. Flow Routing Evaluasi II

Flow Routing ini bertujuan untuk mengecek sistem drainase pada saluran yang telah terlihat pada *Flow Routing* Evaluasi I mengalami banjir setelah direncanakan ulang dimensinya serta setelah direncanakan adanya Kolam Tampung dan Pompa. Perencanaan ulang sistem drainase Perumahan Mulyosari eksisting dilakukan sehingga dapat menambah kapasitas saluran drainase tersebut. Dimensi yang direncanakan ulang tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.27** berikut ini.

Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S1	1,20	1,15	231,61	0,02	0,2343	1,0571
S2	1,20	1,15	228,57	0,02	0,2284	1,0641
S3	1,20	1,15	60,72	0,02	0,3973	1,1920
S4	1,40	1,35	9,07	0,02	1,1876	4,8604
S5	1,40	1,35	57,51	0,02	0,4716	1,9302
S6	1,60	1,55	10,53	0,02	1,2502	6,6506
S7	1,60	1,35	58,27	0,02	0,5206	2,3173
S8	1,80	1,60	9,85	0,02	2,0370	8,4819
S9	1,80	1,00	291,7	0,02	0,2576	0,6029
S10	1,80	1,60	44,77	0,02	0,9554	1,2581
S11	1,40	1,25	229,59	0,02	0,3454	1,7304
S12	1,40	1,25	228,97	0,02	0,3119	1,5006
S13	1,70	1,35	227,8	0,02	0,3687	1,8020
S14	1,60	1,45	229,93	0,02	0,3520	2,2403
S15	0,95	0,80	60,95	0,02	0,4774	0,4961
S16	1,20	1,05	56,51	0,02	0,4800	1,5342
S17	1,40	1,30	58,36	0,02	0,7068	2,5674
S18	1,65	1,40	230	0,02	0,3036	1,2832
S19	1,60	1,40	229,28	0,02	0,3785	0,3894
S20	1,70	1,60	32,03	0,02	0,9137	4,5576
S21	1,70	1,20	36,16	0,02	0,6711	1,2032
S22	1,60	1,20	226,74	0,02	0,3365	0,4424

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S23	1,60	1,50	34,62	0,02	1,0303	1,1067
S24	1,60	1,20	228,39	0,02	0,3353	0,4408
S25	1,60	1,40	30,79	0,02	1,0328	1,0626
S26	1,60	1,00	228,58	0,02	0,2910	0,4121
S27	1,70	1,40	34,21	0,02	0,9798	1,8990
S28	1,70	1,20	30,44	0,02	0,9184	1,3113
S29	1,80	1,40	229,84	0,02	0,3780	1,5166
S30	1,60	1,40	28,24	0,02	1,0785	3,5086
S31	1,70	1,10	226,95	0,02	0,2824	0,5170
S32	1,70	1,10	33,11	0,02	0,7897	1,1052
S33	1,65	1,55	238,41	0,02	0,3657	4,4750
S34	0,90	0,70	37,71	0,02	0,4244	0,4782
S35	1,00	0,85	44,97	0,02	0,5810	0,6822
S36	1,60	1,60	86,77	0,02	0,5552	8,0401
S37	0,80	0,60	49,43	0,02	0,4332	0,5538
S38	0,90	0,70	71,1	0,02	0,3091	0,4925
S39	0,80	0,60	48,97	0,02	0,4353	0,5564
S40	0,90	0,70	68,83	0,02	0,3141	0,5005
S41	1,00	0,70	61,897	0,02	0,4112	0,4388
S42	1,10	0,75	122,16	0,02	0,3076	0,3981
S43	1,00	0,70	48,4	0,02	0,4650	0,4963
S44	1,00	0,70	123,89	0,02	0,3044	0,3102
S45	1,30	1,00	47,55	0,02	0,6118	0,6779
S46	1,00	0,85	60,23	0,02	0,4477	0,5592
S47	1,20	0,95	43,95	0,02	0,5712	0,6733
S48	1,00	0,70	59,13	0,02	0,4406	0,4490
S49	0,70	0,50	227,72	0,02	0,1343	0,2509
S50	0,70	0,60	41,58	0,02	0,3239	0,3408
S51	0,90	0,75	228,87	0,02	0,1590	0,7426
S52	0,90	0,85	36,63	0,02	0,4717	1,2808
S53	0,70	0,60	35,82	0,02	0,3228	0,3672
S54	0,90	0,75	230,56	0,02	0,1526	0,7019
S55	1,40	0,80	23,72	0,02	0,5941	0,6246
S56	0,90	0,70	232,56	0,02	0,1547	0,6835

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S57	0,70	0,60	39,91	0,02	0,3183	0,3479
S58	0,95	0,75	228,96	0,02	0,1705	0,7152
S59	1,20	1,00	38,65	0,02	0,4753	0,5468
S60	0,90	0,70	232,95	0,02	0,1434	0,6439
S61	0,80	0,75	37,47	0,02	0,4492	0,6185
S62	0,90	0,75	231,35	0,02	0,1639	0,7386
S63	0,90	0,75	39,07	0,02	0,3849	0,7337
S64	0,90	0,75	232,94	0,02	0,1690	0,7361
S65	1,30	1,15	181,27	0,02	0,2478	1,9787
S66	1,00	1,00	24,42	0,02	0,5979	1,2780
S67	1,30	1,15	181,28	0,02	0,2891	2,1112
S68	1,50	1,40	23,6	0,02	0,8714	1,9193
S69	1,10	0,95	180,48	0,02	0,2181	1,1499
S70	1,35	1,20	23,66	0,02	0,7840	2,1574
S71	1,10	0,95	182,12	0,02	0,2095	1,0683
S72	0,90	0,75	42,44	0,02	0,3556	0,7040
S73	1,10	0,95	177,56	0,02	0,2494	0,9986
S74	1,20	1,05	36,66	0,02	0,5447	1,5936
S75	1,25	1,05	182,1	0,02	0,2365	1,2831
S76	0,80	0,65	35,14	0,02	0,3887	0,4661
S77	1,05	0,90	182,07	0,02	0,2001	0,6869
S78	1,20	1,05	31,83	0,02	0,5463	1,4454
S79	1,10	0,95	182,58	0,02	0,2459	0,7113
S80	0,80	0,65	26,04	0,02	0,4358	0,5065
S81	0,95	0,75	185,65	0,02	0,1766	0,3663
S82	1,20	1,00	24,53	0,02	0,6595	0,6864
S83	0,90	0,70	183,1	0,02	0,1617	0,1941
S84	0,80	0,65	39,87	0,02	0,3263	0,4892
S85	1,00	0,85	139,26	0,02	0,3302	0,6715
S86	1,00	0,70	39,72	0,02	0,4135	0,5478
S87	1,00	0,70	140,83	0,02	0,2855	0,4114
S88	1,10	1,00	39,18	0,02	0,5378	2,3854
S89	0,85	0,65	138,48	0,02	0,2092	0,3547
S90	1,20	1,10	39,72	0,02	0,7511	2,2303

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S91	1,20	0,80	140,93	0,02	0,2214	0,3580
S92	0,90	0,80	26,15	0,02	0,5658	0,6954
S93	1,20	1,00	134,12	0,02	0,2732	1,3127
S94	1,20	1,00	24,42	0,02	0,6194	0,6879
S95	1,20	1,05	136,36	0,02	0,2914	1,2493
S96	1,00	0,80	26,09	0,02	0,4786	1,1608
S97	1,25	1,10	134,05	0,02	0,2772	1,2893
S98	1,30	1,00	26,09	0,02	0,6784	0,7473
S99	1,20	1,00	133,26	0,02	0,2741	1,3812
S100	1,00	0,90	13,86	0,02	0,7519	1,3336
S101	1,15	1,00	89,1	0,02	0,3460	0,8948
S102	1,15	1,00	11,42	0,02	0,8744	1,3359
S103	1,00	0,90	87,64	0,02	0,2884	0,7500
S104	1,00	0,90	22,03	0,02	0,6775	1,4959
S105	1,00	0,90	91,52	0,02	0,3028	0,8368
S106	1,20	1,00	21,22	0,02	0,6644	0,7380
S107	1,10	0,80	91,48	0,02	0,2841	0,4523
S108	1,20	1,15	23,6	0,02	0,6869	4,6832
S109	1,60	1,00	93,02	0,02	0,3064	0,5275
S110	1,30	1,10	22,79	0,02	0,7856	3,0452
S111	1,20	1,05	93,03	0,02	0,3420	1,6910
S112	1,40	1,20	27,08	0,02	0,6885	1,0623
S113	1,45	1,20	72,15	0,02	0,4489	1,3680
S114	1,15	1,00	70,15	0,02	0,3528	1,8279
S115	1,15	1,00	31,01	0,02	0,5306	2,5636
S116	0,95	0,75	46,16	0,02	0,4888	0,7347
S117	0,95	0,75	139,78	0,02	0,3339	0,5171
S118	1,00	0,80	39,62	0,02	0,5922	0,6660
S119	0,95	0,75	140,1	0,02	0,2806	0,4217
S120	1,40	0,80	22,03	0,02	0,6164	1,4493
S121	1,15	1,00	133,58	0,02	0,2738	1,6223
S122	1,60	1,50	20,41	0,02	0,9662	4,7804
S123	1,50	0,90	133,56	0,02	0,2589	2,0399
S124	1,90	1,50	92,15	0,02	0,4403	1,7187

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S125	0,95	0,75	44,1	0,02	0,3488	0,8894
S126	1,60	0,80	49,65	0,02	0,4106	0,8938
S127	0,95	0,80	442,24	0,02	0,1250	0,2179
S128	1,20	0,80	20,35	0,02	0,5624	0,9422
S129	0,95	0,75	499,27	0,02	0,1155	0,3532
S130	1,10	0,90	645,55	0,02	0,1063	0,6389
S131	1,20	1,20	22,67	0,02	0,7275	1,3106
S132	1,15	0,95	640,8	0,02	0,1672	0,7407
S133	1,40	1,20	26,87	0,02	1,4285	1,5081
S134	1,30	1,10	28,76	0,02	2,0462	2,1624
S135	0,75	0,55	47,72	0,02	0,3144	0,5473
S136	0,70	0,55	27,68	0,02	0,6368	1,0438
S137	0,70	0,50	53,51	0,02	0,3326	0,7745
S138	1,30	1,00	30,18	0,02	0,9136	0,9826
S139	0,75	0,55	63	0,02	0,3095	0,5500
S140	0,70	0,55	22	0,02	0,7142	1,1708
S141	0,70	0,50	66,81	0,02	0,3302	0,7235
S142	1,30	0,80	23,97	0,02	0,7613	0,7935
S143	0,75	0,55	72,64	0,02	0,3371	0,5727
S144	0,70	0,50	25,02	0,02	0,4051	0,9573
S145	0,70	0,50	77,36	0,02	0,2304	0,7072
S146	0,70	0,55	86,85	0,02	0,2861	0,5103
S147	0,70	0,50	22,95	0,02	0,4230	0,9996
S148	0,70	0,50	98,4	0,02	0,2043	0,6610
S149	0,90	0,70	31,32	0,02	0,4511	0,7420
S150	0,70	0,50	114,37	0,02	0,1895	0,4478
S151	0,70	0,50	40,63	0,02	0,3070	0,6506
S152	0,70	0,50	107,86	0,02	0,2407	0,4611
S153	0,70	0,50	31,09	0,02	0,3634	0,7437
S154	0,70	0,55	87,8	0,02	0,2318	0,4144
S155	0,90	0,70	34,37	0,02	0,4445	0,7083
S156	0,75	0,55	71,06	0,02	0,2317	0,4485
S157	0,80	0,60	45,75	0,02	0,3426	0,5756
S158	1,20	0,90	54,42	0,02	0,3926	0,3954

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S159	0,90	0,70	93,13	0,02	0,2444	0,4082
S160	1,00	0,80	46,71	0,02	0,3845	0,5487
S161	0,95	0,80	129,26	0,02	0,2311	0,3732
S162	0,80	0,60	34,46	0,02	0,6030	0,9380
S163	0,80	0,65	56,14	0,02	0,3389	0,5830
S164	1,00	0,80	184,95	0,02	0,3152	0,4360
S165	0,75	0,55	144,77	0,02	0,1685	0,3142
S166	1,10	0,80	35,79	0,02	1,0134	1,1433
S167	0,90	0,70	285,75	0,02	0,1445	0,4913
S168	1,10	0,80	56,3	0,02	0,8080	0,9116
S169	1,10	0,90	322,69	0,02	0,3850	0,9037
S170	0,95	0,80	27,76	0,02	0,7075	1,0396
S171	0,70	0,55	216,19	0,02	0,1718	0,2953
S172	0,70	0,55	32,77	0,02	0,4414	0,7584
S173	0,90	0,70	209,02	0,02	0,1802	0,2872
S174	0,95	0,75	21	0,02	0,6897	1,0892
S175	0,70	0,55	41,21	0,02	0,3384	0,6049
S176	0,95	0,75	32,28	0,02	0,5563	0,8786
S177	0,70	0,55	67,02	0,02	0,2653	0,4743
S178	0,90	0,70	50,74	0,02	0,3658	0,5830
S179	0,90	0,70	281,98	0,02	0,1552	0,2473
S180	0,90	0,70	34,17	0,02	0,4178	0,7104
S181	0,90	0,70	316,85	0,02	0,1464	0,2333
S182	0,90	0,70	21,04	0,02	0,5681	0,9053
S183	0,90	0,70	126,42	0,02	0,2318	0,3693
S184	0,90	0,75	26,82	0,02	0,5310	1,7712
S185	0,70	0,55	111,18	0,02	0,2060	0,3683
S186	0,90	0,80	24,73	0,02	0,5818	0,7151
S187	1,00	0,80	160,24	0,02	0,3880	0,4189
S188	1,00	0,80	38,28	0,02	0,8563	0,8571
S189	1,20	0,80	132,11	0,02	0,3383	0,4774
S190	1,40	1,30	24,58	0,02	1,4842	1,5322
S191	1,10	0,80	56,05	0,02	0,5194	0,5778
S192	1,00	0,80	26,09	0,02	0,5664	0,7341

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S193	1,30	1,00	58,7	0,02	0,5743	0,6101
S194	0,90	0,70	126,22	0,02	0,2320	0,3696
S195	0,85	0,70	125,26	0,02	0,3027	0,4791
S196	0,90	0,70	25,98	0,02	0,6647	0,9978
S197	1,00	0,80	115,13	0,02	0,3474	0,3907
S198	1,00	0,80	97	0,02	0,3785	0,4257
S199	1,00	0,80	26,72	0,02	0,7211	0,8110
S200	0,90	0,70	21	0,02	1,0634	1,5696
S201	0,90	0,70	246,46	0,02	0,2494	0,3741
S202	0,80	0,60	26	0,02	0,8710	1,3225
S203	0,80	0,60	249,97	0,02	0,2460	0,3894
S204	1,20	0,80	46,71	0,02	0,7751	0,8029
S205	0,90	0,75	41,72	0,02	0,6941	1,0042
S206	1,00	0,80	94,7	0,02	0,5444	0,6093
S207	1,20	0,80	30,16	0,02	0,9366	0,9992
S208	1,20	0,80	200,23	0,02	0,3744	0,5484
S209	0,95	0,75	87,11	0,02	0,3643	0,5348
S210	0,80	0,60	23,98	0,02	0,9070	1,4874
S211	0,95	0,75	98,71	0,02	0,3422	0,5024
S212	1,00	0,80	212,76	0,02	0,3632	0,9533
S213	1,00	0,80	30,87	0,02	0,7430	0,7546
S214	0,90	0,70	184,36	0,02	0,3589	0,5297
S215	0,95	0,75	25,98	0,02	0,6042	0,9793
S216	1,00	0,85	204,28	0,02	0,3128	0,8469
S217	1,25	1,05	51,22	0,02	0,9692	3,8254
S218	0,90	0,80	192,54	0,02	0,2918	0,5126
S219	1,30	1,10	41,58	0,02	0,6134	5,4802
S220	1,50	1,20	185,05	0,02	0,8482	1,0016
S221	0,75	0,60	20,66	0,02	0,5426	0,9427
S222	0,95	0,80	128,26	0,02	0,3148	0,9673
S223	1,10	0,80	29,47	0,02	1,1867	1,2600
S224	1,05	0,85	107,74	0,02	0,3592	0,9495
S225	1,10	0,80	24,82	0,02	1,2931	1,3730
S226	0,85	0,65	185,55	0,02	0,2253	0,3538

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S227	0,80	0,50	23,91	0,02	0,3571	0,8632
S228	0,70	0,55	186,39	0,02	0,1799	0,3180
S229	0,85	0,65	31,17	0,02	0,7066	1,0573
S230	0,75	0,55	278,75	0,02	0,2329	0,3698
S231	0,85	0,65	31,7	0,02	0,5053	0,8560
S232	0,75	0,60	292,28	0,02	0,2396	0,3828
S233	1,35	1,15	45,41	0,02	0,6543	4,1748
S234	1,00	0,85	139,57	0,02	0,4928	0,5476
S235	1,20	1,00	42,13	0,02	0,6074	2,6187
S236	1,50	1,50	153,31	0,02	1,0656	1,0728
S237	0,70	0,55	103,13	0,02	0,2488	0,4275
S238	0,95	0,75	75,16	0,02	0,3646	1,1515
S239	1,15	0,95	70,16	0,02	0,4521	1,1193
S240	1,00	0,80	23,98	0,02	0,6775	2,0971
S241	1,00	0,80	53,08	0,02	0,5666	0,8138
S242	1,00	0,80	41,38	0,02	0,7876	0,9217
S243	0,95	0,75	74,34	0,02	0,3666	0,5789
S244	0,95	0,75	26,72	0,02	0,9404	1,3656
S245	0,95	0,75	40,64	0,02	0,4958	1,5660
S246	1,20	1,00	254,23	0,02	0,3686	0,6742
S247	0,85	0,70	41,56	0,02	0,5491	0,8318
S248	0,90	0,70	274,11	0,02	0,2811	0,4344
S249	1,00	0,80	147,54	0,02	0,3201	0,3451
S250	1,00	0,80	32,47	0,02	0,8891	1,0405
S251	1,00	0,80	146,03	0,02	0,3218	0,4906
S252	0,90	0,80	36,39	0,02	0,8399	1,0211
S253	0,85	0,70	158,11	0,02	0,2695	0,4264
S254	0,85	0,70	38,69	0,02	0,5447	0,8621
S255	1,00	0,80	176,47	0,02	0,3107	0,4463
S256	0,90	0,70	31,79	0,02	0,4622	0,7365
S257	0,75	0,55	42,26	0,02	0,3341	0,5816
S258	0,75	0,55	122,7	0,02	0,1961	0,3413
S259	0,70	0,55	114,33	0,02	0,2687	0,4448
S260	1,70	1,50	34,25	0,02	2,2545	2,4220

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S261	1,05	0,90	425,9	0,02	0,2574	1,1122
S262	0,95	0,80	39,31	0,02	0,9061	1,2355
S263	1,00	0,80	53,8	0,02	0,7745	0,8083
S264	1,20	1,00	400	0,02	0,3066	1,8619
S265	1,50	1,40	28,71	0,02	2,3604	2,4610
S266	1,50	1,40	15,26	0,02	1,9119	1,9489
S267	1,00	0,80	780,63	0,02	0,1813	0,2122
S268	1,00	0,85	768,69	0,02	0,1253	0,1278
S269	1,40	1,00	19,53	0,02	0,8921	0,9589
S270	1,50	1,40	766,32	0,02	0,2518	0,2750
S271	1,30	1,10	30,31	0,02	0,7726	1,7802
S272	1,45	1,30	130,74	0,02	0,4722	1,8038
S273	1,40	0,80	26,14	0,02	0,7291	0,8415
S274	1,40	1,20	114,94	0,02	0,5622	1,3642
S275	1,00	0,80	53,51	0,02	0,7242	1,0252
S276	1,40	0,80	58,5	0,02	0,6422	0,7955
S277	1,20	1,00	52,09	0,02	0,8495	1,4895
S278	1,50	1,00	102,49	0,02	0,5638	0,6512
S279	1,40	1,30	54,78	0,02	0,9942	1,0263
S280	1,30	0,90	169,13	0,02	0,2792	0,3080
S281	1,30	0,80	41,4	0,02	0,8234	0,9547
S282	1,60	1,40	140,93	0,02	0,5271	0,7024
S283	1,30	0,80	32,36	0,02	0,9313	0,9658
S284	1,40	1,20	74,85	0,02	0,6419	1,4287
S285	1,45	1,25	20,11	0,02	1,5955	8,6927
S286	0,95	0,75	566,87	0,02	0,1327	0,2096
S287	1,30	1,00	66,07	0,02	0,7543	1,2424
S288	1,30	1,00	60,52	0,02	0,5068	0,8498
S289	1,40	1,20	48,04	0,02	0,5822	1,7834
S290	1,15	0,95	103,69	0,02	0,3539	1,7225
S291	1,65	1,50	109,72	0,02	1,2596	1,2981
S292	1,15	1,00	42,94	0,02	0,5288	2,2849
S293	1,60	1,40	10,15	0,02	1,8657	2,6173
S294	1,65	1,50	9,22	0,02	2,1766	2,2391

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S295	1,80	1,80	8,51	0,02	2,5019	5,9189
S296	1,70	1,60	9,98	0,02	2,4109	2,4618
S297	1,70	1,40	48,64	0,02	0,6601	1,3003
S298	1,15	0,95	82,45	0,02	0,3554	1,7884
S299	1,50	1,30	72,2	0,02	0,5084	5,6947
S300	1,60	1,40	83,53	0,02	0,4905	1,5802
S301	1,60	1,40	68,88	0,02	0,5401	4,8183
S302	1,65	1,55	46,81	0,02	0,9102	10,9250
S303	1,40	1,20	71,95	0,02	0,5974	3,8554
S304	1,70	1,50	49,17	0,02	1,0182	6,7041
S305	1,70	1,60	82,27	0,02	0,8868	1,7148
S306	1,10	0,95	35,13	0,02	0,8873	2,0935
S307	0,95	0,75	57,79	0,02	0,4157	0,6566
S308	1,10	0,90	32,92	0,02	0,6018	1,6130
S309	1,10	0,80	60,17	0,02	0,4277	0,4830
S310	1,85	1,70	94,21	0,02	0,7531	0,9829
S311	1,70	1,40	15,08	0,02	1,3347	4,0449
S312	1,70	1,40	24,52	0,02	0,8803	2,5900
S313	1,15	0,95	17,44	0,02	0,9068	2,2451
S314	1,10	1,00	15,02	0,02	0,9688	1,7229
S315	1,20	0,80	17,83	0,02	0,7857	0,8219
S316	1,30	1,10	12,38	0,02	1,1241	4,3153
S317	1,55	1,35	20,78	0,02	1,1031	5,2497
S318	1,00	0,80	103,93	0,02	0,4436	0,5202
S319	1,10	0,95	45,33	0,02	0,5624	1,3032
S320	1,20	1,00	43,08	0,02	0,8043	1,3703
S321	1,30	0,80	16,96	0,02	1,5643	1,6339
S322	1,50	1,00	48,52	0,02	0,8194	1,4964
S323	1,50	1,30	39,24	0,02	1,0987	1,5449
S324	1,40	1,20	103,1	0,02	0,5469	1,2173
S325	1,70	1,40	41,51	0,02	0,9713	1,9906
S326	1,65	1,50	510,76	0,02	0,2924	1,5340
S327	1,50	1,00	11,52	0,02	3,0643	3,0710
S328	1,50	1,40	18,98	0,02	2,9030	3,0267

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S329	1,60	1,60	27,47	0,02	2,6209	2,7249
S330	1,10	0,90	17,8	0,02	0,7537	2,4335
S331	1,50	1,40	13,61	0,02	1,1475	2,5274
S332	1,40	1,20	12,17	0,02	1,0271	2,2409
S333	1,20	1,00	10,7	0,02	0,9985	1,8000
S334	1,20	1,00	12,23	0,02	0,8449	1,3747
S335	1,20	1,00	10,61	0,02	0,9071	1,8076
S336	1,00	0,80	11,05	0,02	0,8704	1,1280
S337	1,20	1,00	12,07	0,02	0,9108	1,6948
S338	1,40	1,10	8,18	0,02	1,1615	1,7035
S339	1,50	1,20	8,99	0,02	1,2718	2,8739
S340	1,10	1,00	11,5	0,02	0,8713	0,8806
S341	1,20	1,00	11,42	0,02	0,8744	2,4640
S342	1,40	1,30	11,83	0,02	1,2559	1,8033
S343	1,20	1,00	13,93	0,02	0,8479	2,4098
S344	1,00	0,80	15,92	0,02	0,6358	0,6645
S345	1,60	1,40	13,84	0,02	1,1718	1,5849
S346	1,40	1,10	185,66	0,02	0,3829	2,4278
S347	1,30	1,10	38,11	0,02	0,6075	1,2298
S348	1,85	1,75	40,09	0,02	1,1260	11,2179
S349	1,85	1,75	39,84	0,02	1,0126	17,0443
S350	1,90	1,80	48,46	0,02	1,0485	16,9071
S351	1,95	1,85	33,12	0,02	1,0217	22,2272
S352	1,95	1,85	40,99	0,02	1,0471	33,5499
S353	0,90	0,70	16,28	0,02	0,6053	1,0292
S354	0,90	0,75	17,69	0,02	0,6933	1,0904
S355	1,00	0,80	16,41	0,02	0,7567	1,0349
S356	1,00	0,80	25,17	0,02	0,6110	0,8356
S357	0,95	0,75	17,51	0,02	0,6166	1,0669
S358	0,95	0,75	14,99	0,02	0,6664	1,1531
S359	0,90	0,70	32,41	0,02	0,4290	0,7294
S360	0,70	0,50	31,91	0,02	0,3341	1,1608
S361	1,10	0,90	18,86	0,02	0,6445	1,8690
S362	0,90	0,70	27,47	0,02	0,4660	0,7923

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S363	0,90	0,70	18,43	0,02	0,5298	0,9673
S364	0,90	0,70	23,86	0,02	0,5000	0,8502
S365	1,00	0,65	17,69	0,02	0,9379	1,8033
S366	1,00	0,80	21,43	0,02	1,0610	1,2808
S367	2,10	1,90	16,44	0,02	3,7843	4,6430
S368	1,50	1,50	15,14	0,02	3,3909	3,7398
S369	1,50	1,50	15,75	0,02	3,3246	3,3472
S370	1,00	0,80	15,08	0,02	1,2648	1,5268
S371	1,20	0,80	13,72	0,02	1,3260	1,4814
S372	1,20	1,00	16,44	0,02	1,4077	1,5685
S373	1,00	0,80	21,13	0,02	1,0685	1,2898
S374	1,15	0,95	101,11	0,02	1,0055	3,2965
S375	1,40	1,00	22,92	0,02	1,1922	1,2518
S376	0,70	0,50	51,64	0,02	0,4666	0,8093
S377	0,70	0,50	23,8	0,02	0,7537	1,3881
S378	1,40	1,30	271,62	0,02	0,7339	0,7527
S379	2,20	2,00	117,28	0,02	1,9471	1,9931
S380	1,85	1,60	9,2	0,02	2,7561	19,1137
S381	2,00	1,55	12,2	0,02	5,2072	5,3083
S382	2,00	1,50	224,82	0,02	1,1910	1,4433
S383	2,00	1,50	30,72	0,02	3,2220	3,5643
S384	2,20	2,00	32,43	0,02	3,7027	3,7903
S385	2,20	2,00	28,98	0,02	3,9169	4,9107
S386	2,20	2,00	167,83	0,02	2,3880	2,4445
S387	2,65	2,45	69,95	0,02	3,5184	4,4339
S388	2,50	2,20	40,4	0,02	4,3504	4,6225
S389	1,10	1,00	15,02	0,02	1,5385	1,7229
S390	1,00	0,80	21,4	0,02	1,0617	1,1463
S391	1,00	0,80	17,51	0,02	1,1738	1,4169
S392	1,10	0,95	783,22	0,02	0,1819	0,3966
S393	1,30	1,10	11,05	0,02	1,8355	1,8647
S394	1,60	1,40	14,04	0,02	2,1239	2,2253
S395	1,00	0,80	12,36	0,02	1,0140	1,3063
S396	0,90	0,75	98,41	0,02	0,4976	0,7310

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Perencanaan Ulang *Conduit*

Conduit	h	b	Length	Roughness	Initial Flow	Max Flow
	m	m	m		m^3/dtk	m^3/dtk
S397	1,20	0,80	25,68	0,02	0,9692	1,0828
S398	1,20	1,00	32,28	0,02	0,9292	1,8921
S399	0,95	0,75	21,04	0,02	1,0269	1,5390
S400	1,20	0,80	22,58	0,02	1,1149	1,1547
S401	0,90	0,70	116,39	0,02	0,2999	1,3334
S402	0,85	0,65	33,89	0,02	0,7758	1,1708
S403	0,75	0,55	47,76	0,02	0,5626	0,8650
S404	1,80	1,70	229,88	0,02	0,5559	0,8568

(Sumber: Perhitungan, 2020)

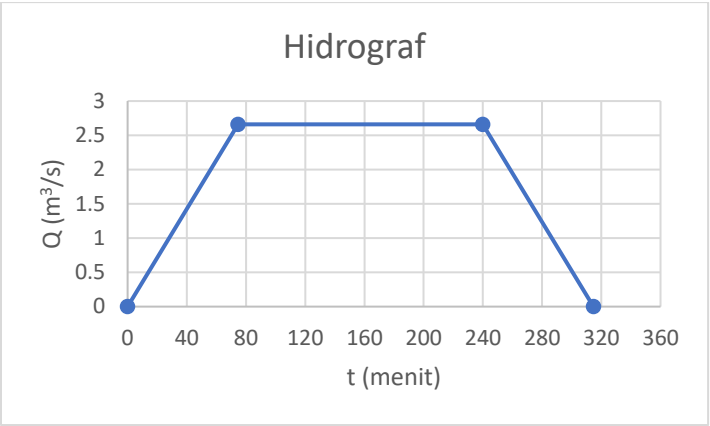
a. Storage Unit Properties

Kolam tampung merupakan sebuah fasilitas drainase dengan fungsi untuk menampung limpasan air hujan yang dibawa oleh saluran. Pada perencanaan ini, kolam tampung direncanakan pada lokasi yang dapat dilihat pada **Gambar 4.23.**

Dilakukan perhitungan untuk mengetahui volume maksimum pada kolam tampung dan kapasitas pompa yang dibutuhkan. Berdasarkan program bantu SWMM, saluran sebelum Kolam Tampung, yaitu saluran S388 memiliki maksimum inflow sebesar 2,66 m^3/dtk. Dengan tc yang telah dihitung yaitu sebesar 74,697 menit dan td adalah waktu hujan rata-rata pada Kota Surabaya yaitu sebesar 4 jam atau 240 menit. Debit maksimum 2,66 m^3/dtk terjadi pada menit ke-74,697, sehingga pada menit ke-70 dapat dihitung sebagai berikut

$Q = (2,66 / 74,697) \times 70 = 2,493\ m^3/dtk$

Dengan perhitungan tersebut didapatlah grafik hidrograf yang dapat dilihat pada **Gambar 4.22** berikut.



Gambar 4.22 Grafik Hidrograf Inflow Kolam Tampung
(Sumber: Perhitungan, 2020)

Perhitungan dilakukan untuk tiap 10 menit sekali, sehingga durasi untuk tiap bagiannya adalah 10 menit atau 600 detik. Sehingga volume dapat dihitung sebagai berikut :

Volume = Luas Hidrograf
= $(Q_1 + Q_2)$ x (t_2-t_1) x 0,5
= (2,493 + 2,660) x (74,697-70) x 0,5
= 1388,814 m^3

Rekapitulasi dari volume tiap 10 menit dapat dilihat pada **Tabel 4.28** berikut.

Tabel 4.28 Tabel Volume Inflow Kolam Tampung

t (menit)	Q (m^3/dtk)	Volume (m^3)	Volume Kumulatif (m^3)
0	0,000	0,000	0,000
10	0,356	106,832	106,832
20	0,712	320,496	427,327
30	1,068	534,159	961,487
40	1,424	747,823	1709,310
50	1,781	961,487	2670,797
60	2,137	1175,151	3845,947
70	2,493	1388,814	5234,762
74,697	2,660	726,044	5960,805

Lanjutan Tabel 4.28 Tabel Volume Inflow Kolam Tampung

t (menit)	Q (m^3/dtk)	Volume (m^3)	Volume Kumulatif (m^3)
80	2,660	846,389	6807,195
90	2,660	1596,000	8403,195
100	2,660	1596,000	9999,195
110	2,660	1596,000	11595,195
120	2,660	1596,000	13191,195
130	2,660	1596,000	14787,195
140	2,660	1596,000	16383,195
150	2,660	1596,000	17979,195
160	2,660	1596,000	19575,195
170	2,660	1596,000	21171,195
180	2,660	1596,000	22767,195
190	2,660	1596,000	24363,195
200	2,660	1596,000	25959,195
210	2,660	1596,000	27555,195
220	2,660	1596,000	29151,195
230	2,660	1596,000	30747,195
240	2,660	1596,000	32343,195
250	2,304	1489,168	33832,363
260	1,948	1275,504	35107,867
270	1,592	1061,841	36169,708
280	1,236	848,177	37017,885
290	0,879	634,513	37652,398
300	0,523	420,849	38073,247
310	0,167	207,186	38280,433
314,697	0,000	23,567	38304,000

(Sumber: Perhitungan, 2020)

Direncanakan kolam tampung dengan luas 500 m^2 dengan panjang 25 m dan lebar 20 m serta tingi 2,5 m. Untuk tinggi muka air yang terjadi pada Kolam Tampung dapat dihitung sebagai berikut, contoh diambil ketika debit maksimum yaitu pada menit ke-74,697.

$$\text{Tinggi air} = \frac{\text{Volume Kumulatif } (m^3)}{\text{Luas Permukaan Kolam Tampung } (m^2)}$$

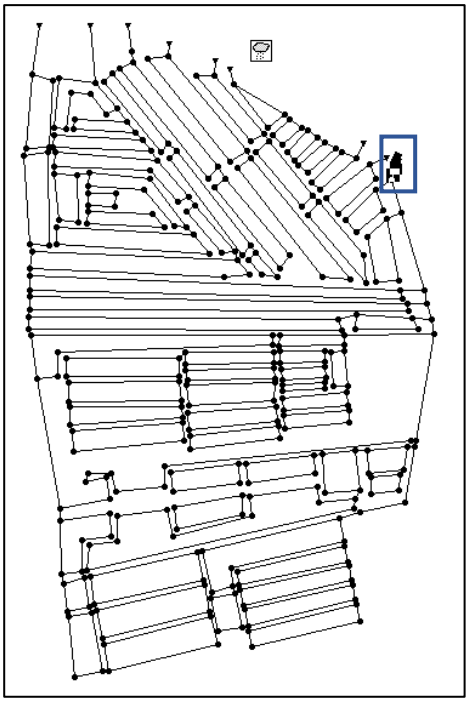
$$\text{Tinggi air} = \frac{5960{,}805 \text{ m}^3}{25 \text{ m x } 20 \text{ m}}$$

$$\text{Tinggi air} = 11{,}922 \text{ meter}$$

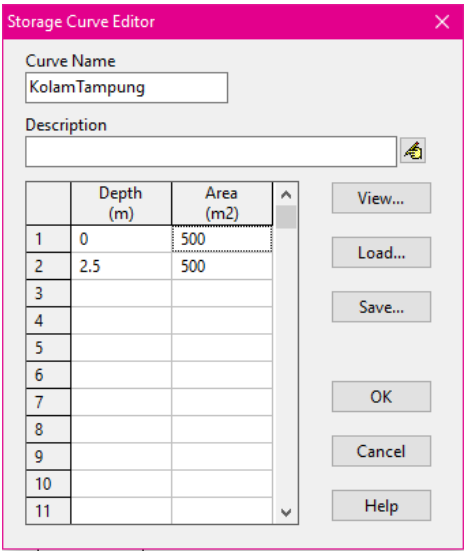
Karena kedalaman rencana Kolam Tampung adalah 2,5 m dan ketika terjadi debit puncak ketinggian air telah melebihi 2,5 m maka diperlukan Pompa pada Kolam Tampung tersebut. Untuk mendefinisikan *storage unit* perlu menginput setiap parameter masing-masing *storagae unit* pada SWMM. Contoh parameter yang dimasukkan berikut adalah dari **Kolam Tampung** yang berada di hilir saluran drainase.

1) *Inflows*
   Parameter ini digunakan ketika terdapat aliran yang menuju node ini selain limpasan air hujan dari *subcatchment* atau *inflow* dari node sebelumnya. Dalam Tugas Akhir ini *storage unit* direncanakan tidak menerima aliran selain dari dua hal tersebut. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan sebagai **NO**.
2) *Treatment*
   Dalam Tugas Akhir ini tidak meninjau kualitas dari air yang mengalir. Sehingga parameter ini didefinisikan sebagai **NO**.
3) *Invert El.*
   Elevasi dari node ini didapatkan dari peta kontur pada Gambar 4.8. Sehingga parameter ini didefinisikan dengan **1,51 m**.
4) *Max. Depth*
   Kedalaman air maksimum dari node dalam perencanaan ini direncanakan sama dengan kedalaman maksimum dari saluran. Sehingga parameter ini didefinisikan dengan **2,5 m**.
5) *Initial Depth*
   Kedalaman air eksisting dari node ini yaitu **0,2 m**.
6) *Surcharge. Depth*
   Berdasarkan **Tabel 2.16** tinggi jagaan ditentukan berdasarkan besaran debit air dan jenis saluran. Tinggi jagaan pada node ini sebesar **0,5 m**.

7) *Evap. Factor*
   Parameter ini digunakan untuk menghitung kehilangan limpasan air hujan akibat evaporasi. Dalam Tugas Akhir ini kehilangan air akibat evaporasi menjadi permasalahan yang dibatasi. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.
8) *Seepage Loss*
   Parameter ini digunakan untuk menghitung kehilangan air yang meresap ke dalam tanah pada kolam tampung. Pada perencanaan ini diasumsikan tidak ada air yang meresap ke dalam tanah pada kolam tampung untuk meningkatkan volume limpasan air hujan, sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **NO**.
9) *Storage Curve*
   Kurva ini digunakan untuk menentukan potongan melintang pada kolam tampung. Kolam tampung eksisting memiliki bentuk geometris persegi. Parameter ini diinput dalam mode **TABULAR**. Tabel untuk mendeskripsikan kurva diinput terpisah yang dapat dilihat pada **Gambar 4.24.**



Gambar 4.23 Layout Perencanaan Kolam Tampung dan Pompa
(Sumber: Perhitungan, 2020)



Gambar 4.24 *Storage Curve Editor*
(Sumber: Perhitungan, 2020)

b. Pumps Properties

Dikarenakan tinggi muka air yang terjadi lebih dari tinggi kolam tampung yang direncanakan, yaitu 2,5 m maka dibutuhkan pompa air. Dilakukan perencanaan berdasarkan dari brosur pompa yang dijual di pasaran yang dapat dilihat pada **Lampiran 2**, yaitu pompa dengan kapasitas 2492 m^3/jam atau sekitar 0,65 m^3/dtk dan berjumlah 4 unit pompa dengan pengoperasian pompa dapat dilihat pada **Tabel 4.29.** Untuk mendefinisikan *pump* perlu menginput setiap parameter masing-masing *pump* pada program bantu SWMM. Contoh perhitungan dilakukan pada pompa di hilir.

Tabel 4.29 Tabel Pengoperasian Pompa

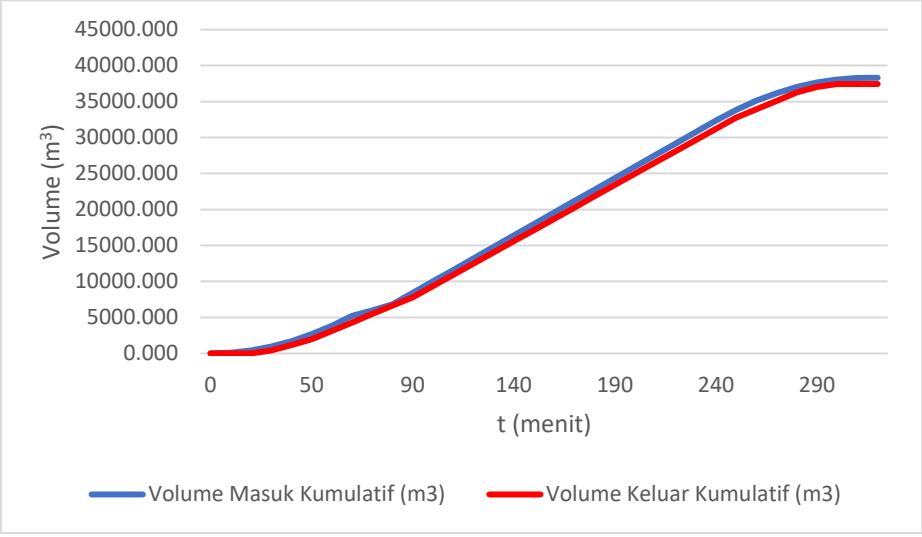
t (menit)	Volume Masuk (m^3)	Volume Masuk Kumulatif (m^3)	Volume Keluar (m^3)	Volume Keluar Kumulatif (m^3)	Tampungan (m^3)	Tinggi Muka Air (m)	Keterangan	Q Pompa (m^3/dtk)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Pompa Mati	0
10	106,832	106,832	0,000	0,000	106,832	0,214	Pompa Mati	0
20	320,496	427,327	0,000	0,000	427,327	0,855	Pompa Mati	0
30	534,159	961,487	390,000	390,000	571,487	1,143	1 Pompa Dinyalakan	0,65
40	747,823	1709,310	780,000	1170,000	539,310	1,079	2 Pompa Dinyalakan	1,3
50	961,487	2670,797	780,000	1950,000	720,797	1,442	2 Pompa Dinyalakan	1,3
60	1175,151	3845,947	1170,000	3120,000	725,947	1,452	3 Pompa Dinyalakan	1,95
70	1388,814	5234,762	1170,000	4290,000	944,762	1,890	3 Pompa Dinyalakan	1,95
74,697	726,044	5960,805	1170,000	5460,000	500,805	1,002	3 Pompa Dinyalakan	1,95
80	846,389	6807,195	1170,000	6630,000	177,195	0,354	3 Pompa Dinyalakan	1,95
90	1596,000	8403,195	1170,000	7800,000	603,195	1,206	3 Pompa Dinyalakan	1,95
100	1596,000	9999,195	1560,000	9360,000	639,195	1,278	4 Pompa Dinyalakan	2,6
110	1596,000	11595,195	1560,000	10920,000	675,195	1,350	4 Pompa Dinyalakan	2,6
120	1596,000	13191,195	1560,000	12480,000	711,195	1,422	4 Pompa Dinyalakan	2,6
130	1596,000	14787,195	1560,000	14040,000	747,195	1,494	4 Pompa Dinyalakan	2,6
140	1596,000	16383,195	1560,000	15600,000	783,195	1,566	4 Pompa Dinyalakan	2,6
150	1596,000	17979,195	1560,000	17160,000	819,195	1,638	4 Pompa Dinyalakan	2,6
160	1596,000	19575,195	1560,000	18720,000	855,195	1,710	4 Pompa Dinyalakan	2,6

Lanjutan Tabel 4.29 Tabel Pengoperasian Pompa

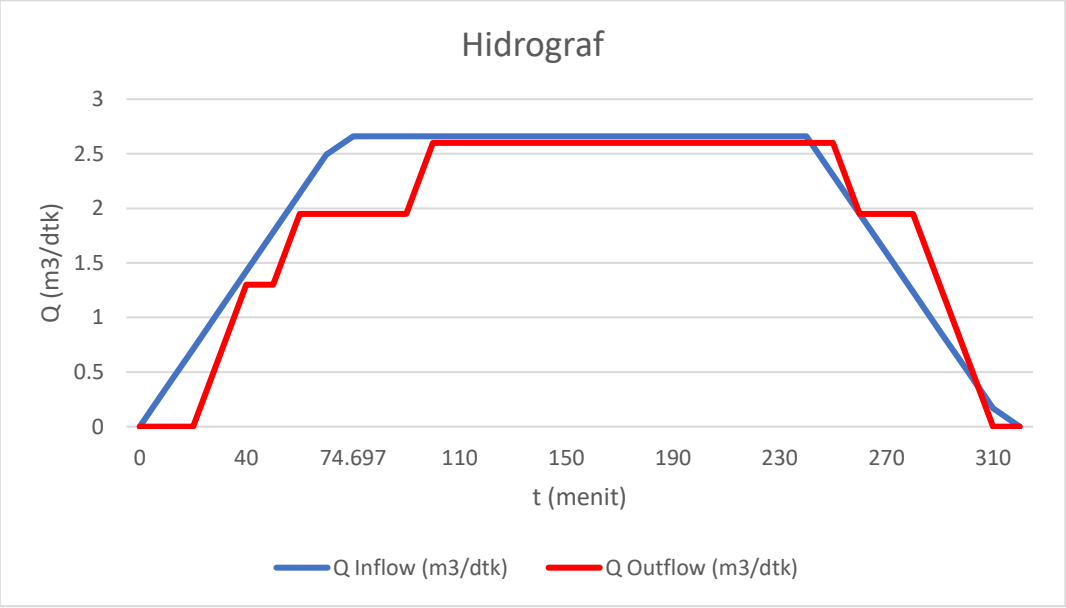
t (menit)	Volume Masuk (m^3)	Volume Masuk Kumulatif (m^3)	Volume Keluar (m^3)	Volume Keluar Kumulatif (m^3)	Tampungan (m^3)	Tinggi Muka Air (m)	Keterangan	Q Pompa (m^3/dtk)
170	1596,000	21171,195	1560,000	20280,000	891,195	1,782	4 Pompa Dinyalakan	2,6
180	1596,000	22767,195	1560,000	21840,000	927,195	1,854	4 Pompa Dinyalakan	2,6
190	1596,000	24363,195	1560,000	23400,000	963,195	1,926	4 Pompa Dinyalakan	2,6
200	1596,000	25959,195	1560,000	24960,000	999,195	1,998	4 Pompa Dinyalakan	2,6
210	1596,000	27555,195	1560,000	26520,000	1035,195	2,070	4 Pompa Dinyalakan	2,6
220	1596,000	29151,195	1560,000	28080,000	1071,195	2,142	4 Pompa Dinyalakan	2,6
230	1596,000	30747,195	1560,000	29640,000	1107,195	2,214	4 Pompa Dinyalakan	2,6
240	1596,000	32343,195	1560,000	31200,000	1143,195	2,286	4 Pompa Dinyalakan	2,6
250	1489,168	33832,363	1560,000	32760,000	1072,363	2,145	4 Pompa Dinyalakan	2,6
260	1275,504	35107,867	1170,000	33930,000	1177,867	2,356	3 Pompa Dinyalakan	1,95
270	1061,841	36169,708	1170,000	35100,000	1069,708	2,139	3 Pompa Dinyalakan	1,95
280	848,177	37017,885	1170,000	36270,000	747,885	1,496	3 Pompa Dinyalakan	1,95
290	634,513	37652,398	780,000	37050,000	602,398	1,205	2 Pompa Dinyalakan	1,3
300	420,849	38073,247	390,000	37440,000	633,247	1,266	1 Pompa Dinyalakan	0,65
310	207,186	38280,433	0,000	37440,000	840,433	1,681	Pompa Mati	0
314,697	23,567	38304,000	0,000	37440,000	864,000	1,728	Pompa Mati	0

(Sumber: Perhitungan, 2020)

Berdasarkan perhitungan di atas, terdapat tampungan sebesar **864 m^3** pada menit ke **314,697** dengan tinggi muka air **1,728 m**. Sehingga kurva dari volume masuk kumulatif dan volume keluar kumulatif dapat dilihat pada **Gambar 4.25** berikut ini. Serta untuk hidrograf antara debit inflow dan debit outflow akibat pompa (debit pompa) pada Kolam Tampung dapat dilihat pada **Gambar 4.26.**

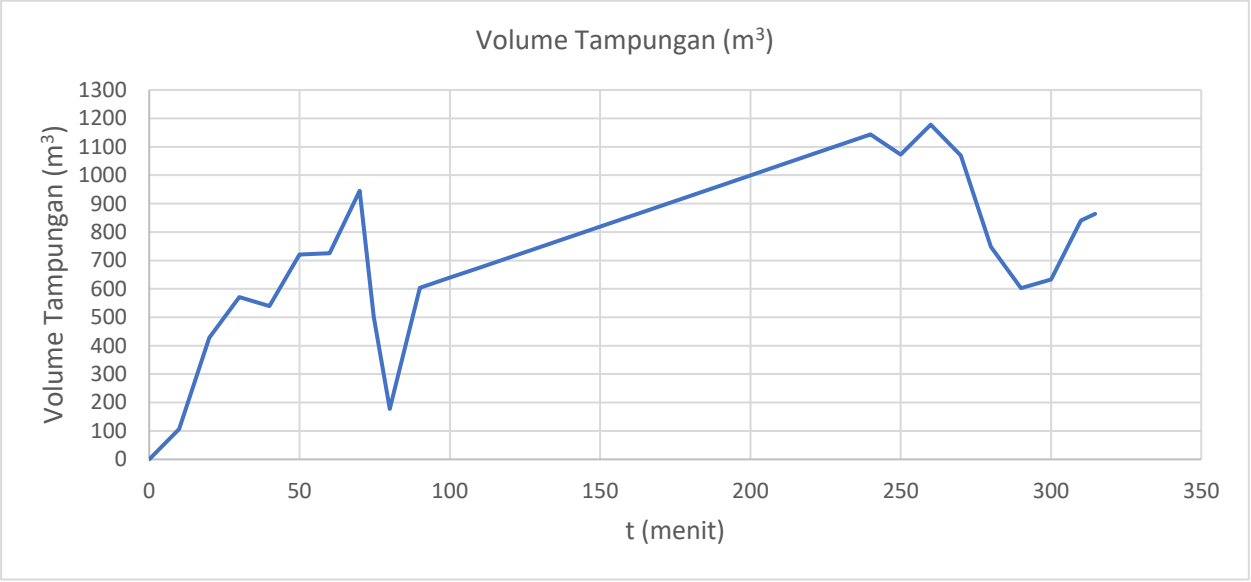


Gambar 4.25 Kurva Volume Masuk Kumulatif dan Keluar Kumulatif
(Sumber: Perhitungan, 2020)



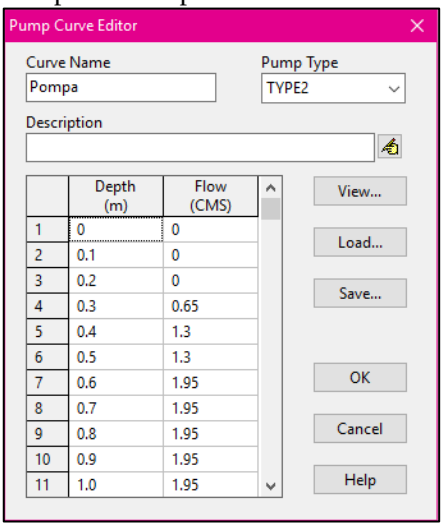
Gambar 4.26 Hidrograf Debit Inflow dan Outflow Kolam Tampung
(Sumber: Perhitungan, 2020)

Kemudian untuk grafik dari volume tampungan yang ditampung oleh Kolam Tampung dapat dilihat pada **Gambar 4.27** berikut ini.

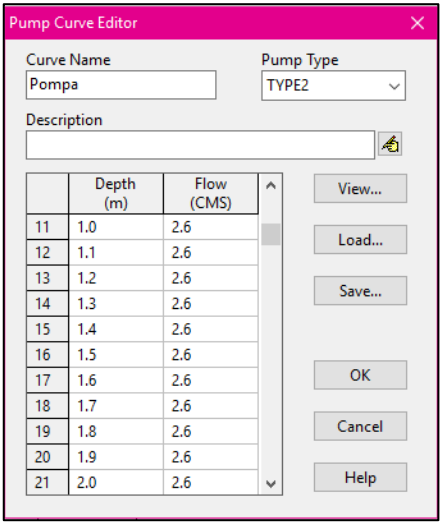


Gambar 4.27 Grafik Volume Tampungan Pada Kolam Tampung
(Sumber: Perhitungan, 2020)

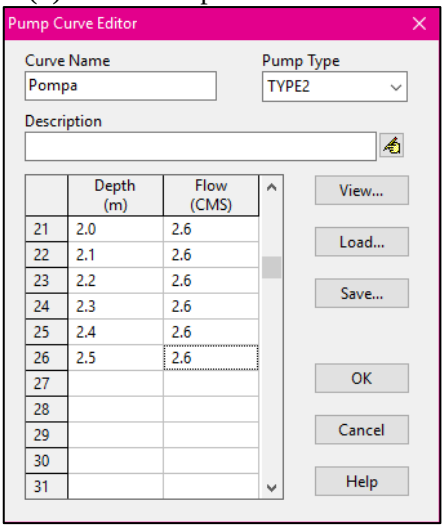
1) *Inlet Node*
   Pompa ini berawal pada node **KolamTampung**.
2) *Outlet Node*
   Pompa ini diakhiri pada node **Z1**.
3) *Pump Curve*
   Kurva ini digunakan untuk mendefinisikan jenis serta pengoperasian pompa. Dalam menentukan parameter ini, pompa dinyalakan sesuai dengan perhitungan di atas. Kurva ini dapat dilihat pada **Gambar 4.28**.



(a) Kurva Pompa Elevasi 0 – 1 m



(b) Kurva Pompa Elevasi 1 – 2 m



(c) Kurva Pompa Elevasi 2 – 2,5 m

Gambar 4.28 *Pump Curve Editor*
(Sumber : Perhitungan, 2020)

4) *Initial Status*
   Pada saat simulasi dimulai, pompa diasumsikan mati, sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **OFF**.
5) *Startup Depth*
   Pompa dinyalakan ketika kedalaman air pada inlet **0,5 m.**
6) *Shutoff Depth*
   Pompa dimatikan ketika kedalaman air pada inlet **0,3 m.**

Dalam merencanakan kurva pompa hilir menggunakan metode *Trial and Error* dengan output sistem drainase Perumahan Mulyosari tidak mengalami banjir ataupun *node surcharge* (elevasi air pada saluran mencapai titik tinggi jagaan). Hasil dari *flow routing* akhir dapat dilihat pada **Gambar 4.29**.

**********	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
**********	---------	-------
Total Precipitation	7.561	89.001
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.730	8.596
Surface Runoff	6.795	79.986
Final Storage	0.052	0.616
Continuity Error (%)	-0.222	

**********	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
**********	---------	---------
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	6.793	67.935
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	7.902	79.024
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	2.191	21.908
Final Stored Volume	0.155	1.554
Continuity Error (%)	10.312	

Gambar 4.29 *Status Report Flow Routing*
(Sumber: Perhitungan, 2020)

Dalam program bantu SWMM tidak dapat menampilkan tabel *node flooding* dan *node surcharge* bila tidak terjadi banjir ataupun *surcharging* (elevasi muka air memasuki kapasitas

jagaan). Berdasarkan hasil *flow routing* akhir limpasan air hujan telah mengalir dari hulu sampai *outfall node* tanpa adanya banjir dengan curah hujan periode ulang 10 tahun sebesar 120,328 mm.

Berdasarkan hasil analisis *flow routing* dengan metode *Dynamic Wave* didapatkan bahwa pada jam ke 2 saat simulasi dimulai atau 1 jam setelah hujan turun dengan tinggi hujan (*precipitation*) sebesar 14,57 mm, debit limpasan air hujan (*runoff*) tertinggi sebesar 12,04 m^3/dtk. Hal tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.30**.

Tabel 4.30 Output Simulasi Sistem Drainase Mulyosari

Days	Hours	Precipitation (mm/hr)	Runoff (CMS)	Total Inflow (CMS)	Flooding (CMS)	Outflow (CMS)
0	00:10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.04
0	00:20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.05
0	00:30:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54
0	00:40:00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33
0	00:50:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
0	01:00:00	56.07	0.00	0.00	0.00	0.17
0	01:10:00	56.07	5.04	5.04	0.00	0.51
0	01:20:00	56.07	8.06	8.06	0.00	3.63
0	01:30:00	56.07	9.85	9.85	0.00	4.64
0	01:40:00	56.07	10.92	10.92	0.00	5.28
0	01:50:00	56.07	11.60	11.60	0.00	6.61
0	02:00:00	14.57	12.04	12.04	0.00	6.82
0	02:10:00	14.57	5.48	5.48	0.00	5.03
0	02:20:00	14.57	4.39	4.39	0.00	4.28
0	02:30:00	14.57	3.95	3.95	0.00	3.75
0	02:40:00	14.57	3.72	3.72	0.00	3.54
0	02:50:00	14.57	3.60	3.60	0.00	4.47
0	03:00:00	10.22	3.52	3.52	0.00	3.43
0	03:10:00	10.22	2.84	2.84	0.00	4.32
0	03:20:00	10.22	2.66	2.66	0.00	4.21
0	03:30:00	10.22	2.56	2.56	0.00	3.13
0	03:40:00	10.22	2.51	2.51	0.00	3.07
0	03:50:00	10.22	2.47	2.47	0.00	4.03
0	04:00:00	8.14	2.44	2.44	0.00	3.00
0	04:10:00	8.14	2.14	2.14	0.00	3.93

(a) Output Simulasi Jam 00:10:00 – 04:10:00

Days	Hours	Precipitation (mm/hr)	Runoff (CMS)	Total Inflow (CMS)	Flooding (CMS)	Outflow (CMS)
0	04:20:00	8.14	2.05	2.05	0.00	3.86
0	04:30:00	8.14	2.00	2.00	0.00	2.81
0	04:40:00	8.14	1.97	1.97	0.00	3.78
0	04:50:00	8.14	1.95	1.95	0.00	3.75
0	05:00:00	0.00	1.94	1.94	0.00	2.74
0	05:10:00	0.00	0.91	0.91	0.00	2.62
0	05:20:00	0.00	0.61	0.61	0.00	2.47
0	05:30:00	0.00	0.45	0.45	0.00	2.35
0	05:40:00	0.00	0.35	0.35	0.00	2.27
0	05:50:00	0.00	0.28	0.28	0.00	2.22

(b) Output Simulasi Jam 04:20:00 – 05:50:00

Days	Hours	Precipitation (mm/hr)	Runoff (CMS)	Total Inflow (CMS)	Flooding (CMS)	Outflow (CMS)
0	05:50:00	0.00	0.28	0.28	0.00	2.22
0	06:00:00	0.00	0.23	0.23	0.00	2.18
0	06:10:00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.15
0	06:20:00	0.00	0.17	0.17	0.00	2.13
0	06:30:00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.11
0	06:40:00	0.00	0.13	0.13	0.00	0.09
0	06:50:00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.08
0	07:00:00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.07
0	07:10:00	0.00	0.09	0.09	0.00	0.06
0	07:20:00	0.00	0.08	0.08	0.00	0.06
0	07:30:00	0.00	0.07	0.07	0.00	2.05
0	07:40:00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.05
0	07:50:00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.04
0	08:00:00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.04
0	08:10:00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.04
0	08:20:00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.03
0	08:30:00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.03
0	08:40:00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.03
0	08:50:00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.03
0	09:00:00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02
0	09:10:00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02
0	09:20:00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02
0	09:30:00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02
0	09:40:00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02
0	09:50:00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02

(b) Output Simulasi Jam 05:50:00 – 09:50:00

(Sumber : Perhitungan, 2020)

4.12. Perencanaan Pintu Air

Backwater disebabkan oleh elevasi muka air dari pembuangan akhir lebih tinggi dari elevasi saluran saat terjadi

pasang air laut. Oleh karena itu perlu direncanakan pintu air dengan dimensi yang sesuai sehingga dapat mencegah terjadinya *backwater* tersebut.

Dalam menentukan dimensi pintu dibutuhkan data debit yang akan melewati pintu tersebut. Dengan menggunakan program bantu SWMM, pompa di hilir dianggap tidak digunakan. Total *Inflow* terbesar pada *Storage Unit* Rencana digunakan sebagai debit rencana yang akan melewati pintu. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 4.31**. Data perencanaan adalah sebagai berikut:

- Q Rencana = 2,66 m^3/dtk
- b saluran = 2,2 m
- h saluran = 2,5 m

Karena b saluran terlalu lebar, sehingga perlu adanya pilar di antara pintu.

- n pilar = 1 buah
- Lebar pilar = 0,5 m
- b pintu = $\frac{b\ Saluran\ Pintu - Lebar\ pilar}{n\ Pilar + 1} = \frac{2{,}2-0{,}5x1}{1+1} = 0{,}85\ m$
- n pintu = $\frac{b\ Saluran\ Pintu-(n\ x\ Lebar\ Pilar)}{n\ Pintu} = \frac{2{,}2-(1x0{,}5)}{0{,}85} = 2$
- g (percepatan gravitasi) = 9,806 m/dtk^2
- z (kehilangan energi) = 0,5 m
- μ (koefisien) = 0,8
- a (tinggi bukaan pintu)

  a = $\frac{\frac{Q}{n\ pintu}}{\mu b\sqrt{2gz}} = \frac{\frac{2{,}67}{2}}{0{,}8x0{,}85x\sqrt{2x9{,}806x0{,}5}} = 0{,}65$ m

Dimana =

$\boldsymbol{\mu}$ = koefisien debit untuk bukaan di bawah permukaan dengan tinggi energi kecil

z = kehilangan energi akibat pintu (meter)

- h pintu = a + 0,1 = 0,75 m
- b bruto = b pintu + 2 x (0,1 m) = 0,85 + 0,2 = 1,05 m

h air didapat dari hasil simulasi pada program bantu SWMM yang dapat dilihat pada **Tabel 4.32** yaitu sebesar 1,11 m.

Tabel 4.31 Data Kolam Tampung Hilir

Days	Hours	Depth (m)	Volume (m3)	Total Inflow (CMS)
0	00:10:00	0.60	299.93	2.08
0	00:20:00	0.50	249.87	1.57
0	00:30:00	0.49	244.22	1.23
0	00:40:00	0.34	172.04	1.10
0	00:50:00	0.40	198.02	0.84
0	01:00:00	0.37	186.05	0.81
0	01:10:00	0.46	229.25	0.51
0	01:20:00	0.36	180.32	1.04
0	01:30:00	0.36	178.31	1.52
0	01:40:00	0.56	281.53	2.20
0	01:50:00	0.63	313.83	2.66
0	02:00:00	0.69	345.61	2.66
0	02:10:00	0.71	354.11	2.57
0	02:20:00	0.65	327.16	2.54
0	02:30:00	0.60	300.19	2.51
0	02:40:00	0.60	300.19	2.51
0	02:50:00	0.60	300.44	2.51
0	03:00:00	0.60	300.00	2.51
0	03:10:00	0.60	300.19	2.50
0	03:20:00	0.60	300.15	2.49
0	03:30:00	0.60	300.40	2.49
0	03:40:00	0.60	300.24	2.49
0	03:50:00	0.60	300.41	2.49
0	04:00:00	0.60	300.08	2.49
0	04:10:00	0.60	300.09	2.48

(a) Data Jam 00:10:00 – 04:10:00

Lanjutan Tabel 4.31 Data Kolam Tampung Hilir

Days	Hours	Depth (m)	Volume (m3)	Total Inflow (CMS)
0	04:20:00	0.60	300.45	2.48
0	04:30:00	0.60	300.17	2.48
0	04:40:00	0.60	300.21	2.48
0	04:50:00	0.60	300.49	2.48
0	05:00:00	0.60	300.36	2.48
0	05:10:00	0.60	300.21	2.47
0	05:20:00	0.60	299.86	2.21
0	05:30:00	0.60	299.82	1.95
0	05:40:00	0.51	252.56	1.78

(b) Data Jam 04:20:00 – 05:40:00

Lanjutan Tabel 4.31 Data Kolam Tampung Hilir

Days	Hours	Depth (m)	Volume (m3)	Total Inflow (CMS)
0	05:50:00	0.50	249.81	1.54
0	06:00:00	0.50	249.26	1.34
0	06:10:00	0.45	226.96	1.20
0	06:20:00	0.35	174.51	1.06
0	06:30:00	0.48	239.58	0.73
0	06:40:00	0.33	163.20	0.87
0	06:50:00	0.48	241.64	0.43
0	07:00:00	0.37	185.52	0.64
0	07:10:00	0.46	229.04	0.39
0	07:20:00	0.34	169.46	0.63
0	07:30:00	0.45	223.68	0.23
0	07:40:00	0.49	245.33	0.16
0	07:50:00	0.47	237.20	0.15
0	08:00:00	0.48	238.01	0.14
0	08:10:00	0.49	246.38	0.09
0	08:20:00	0.48	237.96	0.06
0	08:30:00	0.44	221.15	0.16
0	08:40:00	0.31	156.07	0.58
0	08:50:00	0.47	236.75	0.05
0	09:00:00	0.42	211.19	0.16
0	09:10:00	0.48	242.47	0.06
0	09:20:00	0.43	214.14	0.10
0	09:30:00	0.48	237.63	0.04
0	09:40:00	0.33	163.91	0.50
0	09:50:00	0.44	219.79	0.03

(c) Data Jam 05:50:00 – 09:40:00

(Sumber : Perhitungan, 2020)

Tabel 4.32 Data Kedalaman Air Saluran Sebelum Hilir

Days	Hours	Depth (m)	Days	Hours	Depth (m)
0	00:10:00	0.95	0	04:20:00	1.11
0	00:20:00	0.57	0	04:30:00	1.11
0	00:30:00	0.46	0	04:40:00	1.11
0	00:40:00	0.44	0	04:50:00	1.11
0	00:50:00	0.42	0	05:00:00	1.10
0	01:00:00	0.41	0	05:10:00	1.10
0	01:10:00	0.41	0	05:20:00	1.04
0	01:20:00	0.44	0	05:30:00	0.90
0	01:30:00	0.49	0	05:40:00	0.64
0	01:40:00	0.78	0	05:50:00	0.48
0	01:50:00	1.11	0	06:00:00	0.47
0	02:00:00	1.11	0	06:10:00	0.45
0	02:10:00	1.11	0	06:20:00	0.44
0	02:20:00	1.11	0	06:30:00	0.43
0	02:30:00	1.11	0	06:40:00	0.42
0	02:40:00	1.11	0	06:50:00	0.41
0	02:50:00	1.11	0	07:00:00	0.41
0	03:00:00	1.11	0	07:10:00	0.40
0	03:10:00	1.11	0	07:20:00	0.40
0	03:20:00	1.11	0	07:30:00	0.40
0	03:30:00	1.11	0	07:40:00	0.39
0	03:40:00	1.11	0	07:50:00	0.38
0	03:50:00	1.11	0	08:00:00	0.39
0	04:00:00	1.11	0	08:10:00	0.38
0	04:10:00	1.11	0	08:20:00	0.38

(Sumber : Perhitungan, 2020)

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat direncanakan bahwa tinggi bukaan pintu sebesar 0,65 m dan tinggi pintu sebesar 0,75 m. Pintu air menggunakan tipe gearbox tunggal yang dapat dilihat pada brosur pintu air pada **Lampiran 3.**

a. Dimensi Pintu Air

Pintu air yang digunakan direncanakan menggunakan pintu air dari pelat baja. Untuk mendapatkan tebal pintu air menggunakan rumus gaya hidrostatis akibat air dan menghitung Momen maksimum pada daun pintu.

Diketahui

- γ air = 1000 kg/m^3 = 1 t/m^3
- h air (h_a) = 1,1 m
- h pintu (h_p) = 0,75 m
- b pintu (b_p) = 0,85 m

- H1 = h air – h pintu = 1,10 – 0,75 = 0,35 m

b. Perhitungan gaya hidrostatis akibat air
   - γ air = 1 t/m^3
   - P1 = γ air x h air = 1 x 1,10 = 1,10 t/m^2
   - P2 = γ air x H1 = 1 x 0,35 = 0,35 t/m^2
   - Gaya yang bekerja
     F = $\frac{P1+P2}{2} x\ h_p = \frac{1,1+\ 0,35}{2} x\ 0,75 = 0,544$ t/m

c. Perhitungan gaya akibat endapan
   - e = γe x hp
     = 1,6 t/m x 0,75 m
     = 1,2 t/m^2
   - Fe = 0,5 x e x hp
     = 0,5 x 1,2 x 0,75
     = 0,45 t/m

Perhitungan Mmax pada daun pintu (sendi-sendi)
- q = F + Fe = 0,544 + 0,45 = 0,994 t/m
- Mmax = $\frac{1}{8}\ x\ q\ x\ bp^2\ x\ 1000\ x\ 100$
  = $\frac{1}{8}\ x\ 0,994\ x\ 0,85^2\ x\ 1000\ x\ 100$
  = 8977,063 kg.cm

d. Perhitungan tebal daun pintu
   σ = $\frac{Mmax}{W}$
   w ≥ $\frac{Mmax}{\sigma}$ → w ≥ $\frac{8977,063\ kg.cm}{1600}$
   w ≥ 5,611 cm^3
   σ = tegangan ijin baja (1600 kg/cm^2)
   $t = \sqrt{\frac{6\ x\ w}{b}} = \sqrt{\frac{6\ x\ 5,611}{0,85\ x\ 100}} = 0,63$ cm. Maka gunakan t = 1 cm.

e. Perhitungan Stang Pintu
   - h pintu = 0,75 m
   - b pintu = 0,85 m
   - t pintu = 0,01 m
   - w pintu = 0,75 x 0,85 x 0,01 x 7850 kg/m^3

= 50,044 kg

- w tambahan = 25% x w pintu = 12,511 kg
- w total = 50,044 + 12,511 = 62,555 kg

(1) Saat Pintu Dinaikkan

- Gaya Gesek = 0,4 x q x b_p x 1000
  = 0,4 x 0,994 x 0,85 x 1000
  = 337,96 kg
- Beban yang Bekerja = w total + Gaya Gesek
  = 62,555 + 337,96
  = 400,515 kg.

Str = 400,515 kg.

- Diameter setang naik = Str = F x σ_{tr}

F (A) = $\frac{Str}{\sigma_{tr}}$

¼ л D^2 = $\frac{400{,}515\ kg}{1600\ kg/cm^2}$

D = $\sqrt{\frac{4\ x\ 400{,}515}{л\ x\ 1600}}$

D = 0,565 cm ≈ 0,6 cm

(2) Saat Pintu Diturunkan

- Gaya Tekuk (Pk) = W Total + Gaya Gesek
  = 62,555 (↓) + (- 337,96) (↑)
  = 275,405 kg (↑)
- Panjang Stang (L) = h saluran – h pintu + 1
  = 2,5 – 0,75 + 1
  = 2,75 m
- Panjang Tekuk (Lk) = ½ $\sqrt{2}$ x L
  = ½ $\sqrt{2}$ x 275
  = 194,454 cm

Pk = $\frac{л^2 xExI}{Lk^2}$

I = $\frac{Pk\ x\ Lk^2}{л^2\ x\ E}$

= $\frac{275{,}405\ x\ 194{,}454^2}{л^2\ x\ 2.1\ x\ 10^6}$

= 0,502 kg.cm^2

- Diameter stang turun

I = 1/64 x л x D^4

D = $\sqrt[4]{\frac{I \; x \; 64}{л}}$

D = $\sqrt[4]{\frac{0{,}502 \;\; x \; 64}{л}}$

D = 1,79 cm ≈ 2,0 cm

(3) Diameter Stang Pakai

Berdasarkan STANDAR PINTU PENGATUR AIR IRIGASI : SPESIFIKASI TEKNIS KP-09 (2013), Diameter stang minimum = 5,0 cm. Maka digunakan diameter stang = 5,0 cm.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari Perencanaan Ulang Sistem Drainase Perumahan Mulyosari, Surabaya Timur ini berdasarkan hasil *Flow Routing* Evaluasi II dengan hasil sebagai berikut:

1) Dengan tinggi hujan periode ulang 10 tahun sebesar 120,328 mm, didapatkan debit banjir atau debit limpasan air hujan maksimum pada sistem drainase Perumahan Mulyosari sebesar 12,04 m^3/dtk yaitu pada jam ke-2 setelah simulasi menggunakan program bantu SWMM dimulai atau 1 jam setelah hujan berlangsung.
2) Beberapa saluran pada Perumahan Mulyosari telah direncanakan ulang dan beberapa masih seperti kondisi eksisting, untuk dimensi final dapat dilihat pada **Tabel 4.27.**
3) Pada tugas akhir ini direncanakan kolam tampung dan pompa serta pintu dengan penjelasan sebagai berikut:
    - Dengan debit masuk pada kolam tampung sebesar 2,66 m^3/dtk, direncanakan Kolam Tampung 1 pada hilir dengan luas penampang sebesar 500 m^2 dengan kedalaman 2,5 m. Dengan sisa tampungan sebesar 864 m^3 pada menit ke 314,697 dengan tinggi muka air 1,728 m. Hal tersebut terjadi karena keterbatasan lahan yang tersedia untuk kolam tampung. Pompa direncanakan menggunakan 4 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas 0,65 m^3/dtk.
    - Pintu air memiliki jumlah 2 dengan pilar selebar 0,5 m di antaranya. Dimensi dari masing-masing pintu air tersebut yaitu lebar 0,85 m; tinggi daun pintu 0,75 m; tebal 0,01 m; dan diameter stang 5,00 cm.
4) Pengoperasian pompa berdasarkan elevasi muka air saluran yaitu mengeluarkan debit 2,6 m^3/dtk pada elevasi 0,5 – 2,5 m. Sedangkan pengoperasian pompa berdasarkan waktu yaitu pada menit ke-30 dinyalakan 1 pompa,

kemudian pada menit 40-50 dinyalakan 2 pompa, lalu pada menit 60-90 dinyalakan 3 pompa, dan pada menit 100-250 dinyalakan 4 pompa. Selanjutnya pada menit 260 satu pompa dimatikan, pada menit 290 dua pompa dimatikan, dan pada menit 310 keempat pompa dimatikan.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam tugas akhir ini berdasarkan analisis perhitungan sistem drainase Perumahan Mulyosari adalah sebagai berikut:

1) Kehilangan energi akibat evaporasi lebih baik diperhitungkan, karena Kota Surabaya memiliki temperatur suhu yang relatif tinggi.
2) Diperlukan data elevasi Perumahan Mulyosari yang terbaru dan tepat, agar dalam perencanaan kemiringan sesuai dengan yang dibutuhkan di lapangan.
3) Diperlukan perencanaan pengoperasian pompa yang optimal agar menghemat biaya di lapangan.

Diperlukan penghitungan pasang surut air laut yang tepat untuk menghitung ketinggian pintu air yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pengembangan Pembangunan Kota Surabaya, 2000. **Surabaya Drainage Master Plan. 1st ed**. Surabaya: Badan Pengembangan Pembangunan Kota Surabaya.

Badan Pengembangan Pembangunan Kota Surabaya, 2018. **Draft Laporan Akhir Surabaya Drainage Master Plan.** Surabaya: Badan Pengembangan Pembangunan Kota Surabaya.

Chow, Ven Te. 1989. **Hidrologi Saluran Terbuka**. Jakarta: Erlangga.

Gunadarma. 1997. **Drainase Perkotaan**. Gunadarma

Harto, Sri. 1993. **Analisis Hidrologi.** Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. **Buku Jilid 1A: Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan**. Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi Dan Rawa. 2013. **Standar Pintu Pengatur Air Irigasi : Spesifikasi Teknis Kp-09**.

Kusuma, Wahyu Indra. 2016. **Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo**. Surabaya, Tugas Akhir Teknik Sipil ITS.

Lasminto, Umboro. (2015). **Evaluasi Genangan Kota Surabaya**.

Martono, Satya. 2007. **Evaluasi Kinerja Busem Wonorejo**. Surabaya, Tugas Akhir Teknik Sipil FTSP ITS.

Pitaloka, M. G., 2017. **Perencanaan Sistem Drainase Kebon Agung.** Kota Surabaya, Jawa Timur. ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print), Volume 6, pp. C-4.

Rahmananta, Handi Firmansyah. 2017. **Perencanaan *Boezem* dan Pompa di Kawasan Hilir Kali Kandangan Surabaya Barat**. Surabaya, Tugas Akhir Teknik Sipil ITS.

Rossman, L. A., 2015. **Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1**. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.

Rossman, L. A., 2017. **Storm Water Management Model Reference Manual Volume II - Hydraulics**. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.

Rossman, L. A. & Huber, W. C., 2016. **Storm Water Management Model Refrence Manual Volume I - Hydrology (Revised)**. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.

Seyhan, Ersin. 1990. **Dasar-Dasar Hidrologi**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Soemarto. 1999. **Hidrologi Teknik**. Surabaya.

Soewarno. 1995. **Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data**. Bandung: NOVA.

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

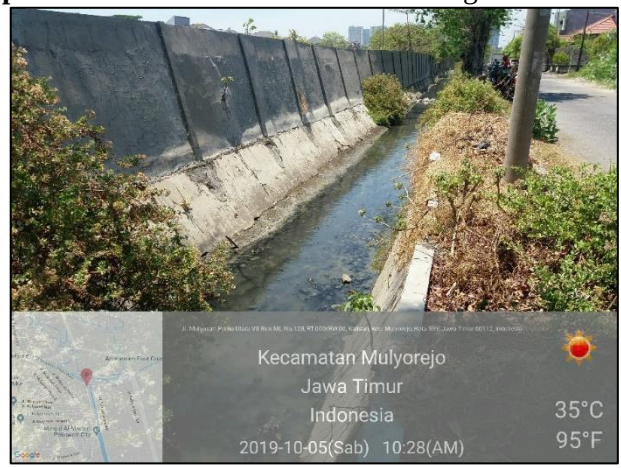
Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Yogyakarta: Andi.

Triatmodjo, Bambang. 2006. **Hidrologi Terapan**. Jakarta: Erlangga.

Triatmodjo, Bambang. 2010. **Hidrologi Terapan**. Cetakan Kedua. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.

LAMPIRAN

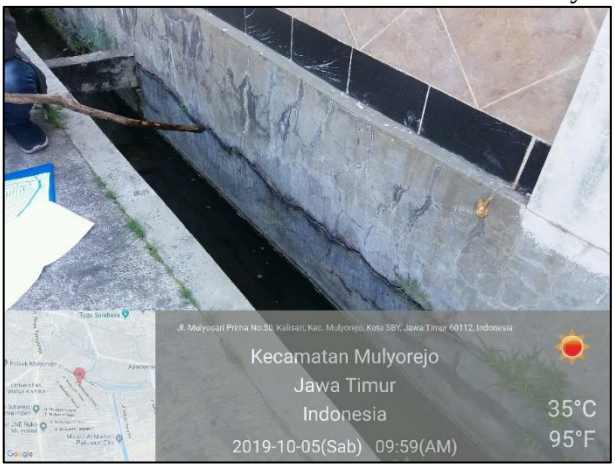
Lampiran 1. Dokumentasi Saluran Eksisting



Gambar 1-1 Dokumentasi Saluran Perumahan Mulyosari

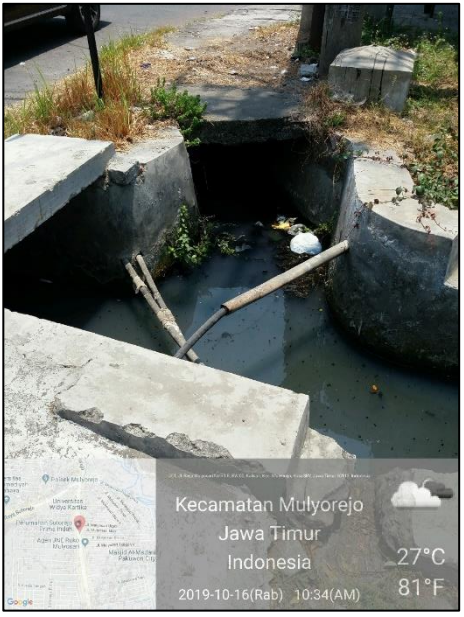
Gambar 1-2 Dokumentasi Saluran Perumahan Mulyosari

Gambar 1-3 Dokumentasi Saluran Perumahan Mulyosari



Gambar 1-4 Dokumentasi Saluran Perumahan Mulyosari

Gambar 1-5 Dokumentasi Saluran Perumahan Mulyosari



Gambar 1-6 Dokumentasi Saluran Perumahan Mulyosari

Gambar 1-7 Dokumentasi Saluran Perumahan Mulyosari

Gambar 1-8 Dokumentasi Lokasi Lahan Kosong Perumahan Mulyosari

Lampiran 2. Brosur Pompa Air

HW Series volute mixed flow pump

Flow range:180-81700 m3/h

Head range:6-18 m

Operation temperature:≤80°C

Matched Power:11-37kw

Material:cast iron and stainless steel

Diameter range：DN150-DN1200mm

Speed：154-2900rpm

Order Send E-mail

Overview | Features | Product Use | Model | **Performance**

Model	Flow		Head	Speed	Diameter mm		Power kw		NPSH	Weight
	M3/h	l/s	m	r/min	Inlet	Outlet	M	motor	m	
150HW-5	180	50	5	1450	150	150	82	2.99	2.7	60
150HW-6	180	50	6	1450	150	150	82	3.59	3	68
:	223	62	9.2	1800	150	150	82	7.07	4	68
150HW-8	180	50	8	1450	150	150	82	4.78	2.7	60
150HW-12	180	50	12.5	2900	150	150	82	7.47	6	55
200HW-5	360	100	5	1450	200	200	81.5	6.01	4	105
200HW-8	360	100	8	1450	200	200	83.5	9.39	4	105
200HW-10	360	100	7	1200	200	200	83.5	8.22	4	130
:	450	125	10	1450	200	200	83.5	14.68	5	130
:	500	139	12.2	1600	200	200	83.5	19.91	5.5	130
200HW-12	360	100	12.5	1450	200	200	83.5	14.68	4	105
250HW-5	540	150	5	1180	250	250	82	8.97	4	190
250HW-7	450	125	7	980	250	250	84	10.22	4	168
250HW-8	444	123	5.4	970	250	250	84	7.78	2.7	190
:	540	150	8	1180	250	250	84	14.01	4	190

Gambar 2-1 Brosur Pompa

210

250HW-12	540	150	12.5	1180	250	250	84	21.88	4	190
300HW-5	792	220	5	970	300	300	83	12.99	4	230
300HW-8	792	220	8	970	300	300	85	20.3	4	230
300HW-8A	581	161	3.9	730	300	300	84	7.48	3	230
:	780	217	7	980	300	300	84	18.08	4	230
:	1035	288	12.3	1300	300	300	84	42.17	5	230
300HW-12	792	220	12.5	970	300	300	85	31.72	4	230
350HW-8	745	207	4.4	730	350	350	85.5	10.44	4	330
:	1000	278	8	980	350	350	85.5	25.5	5	330
400HW-7	1260	350	6.8	730	400	400	86	27.13	4	486
:	1692	470	12.3	980	400	400	86	65.9	5	486
400HW-10	1400	389	9.94	730	400	400	86	44.3	4	496
:	1880	522	18	980	400	400	86	107.1	5	496
500HW-6	1980	550	6.2	580	500	500	87	38.4	5.5	770
	2492	692	9.8	730	500	500	87	76.4	6	770
650HW-5	3312	920	5.1	485	650	650	85	54.1	5.5	1940
:	4032	1120	7.55	590	650	650	85	97.5	6	1940
650HW-7	3400	944	6.5	450	650	650	88	68.4	5.3	1940
.	3663	1017	7.6	485	650	650	88	86.1	5.5	1940
.	4457	1238	11.18	590	650	650	88	154.2	6	1940
650HW-10	4000	1111	14	590	650	650	88	173.3	6	1940
.	3322	923	9.7	490	650	650	88	99.7	5.5	1940
700HW-8	4500	1250	7.8	490	700	700	88	108.7	4.5	.
800HW-10	5980	1661	12.2	490	800	800	88	225	5.5	3433
800HW-16	7200	2000	17.7	590	800	800	88	394.6	6.5	3433
1200HW-2.5	9600	2667	2.5	154	1200	1200	88	74.3	2	9850
1200HW-6.6	15584	4329	6.6	250	1200	1200	88	318	4	9850
1200HW-9.6	18700	5194	9.5	300	1200	1200	88	550	6	9850

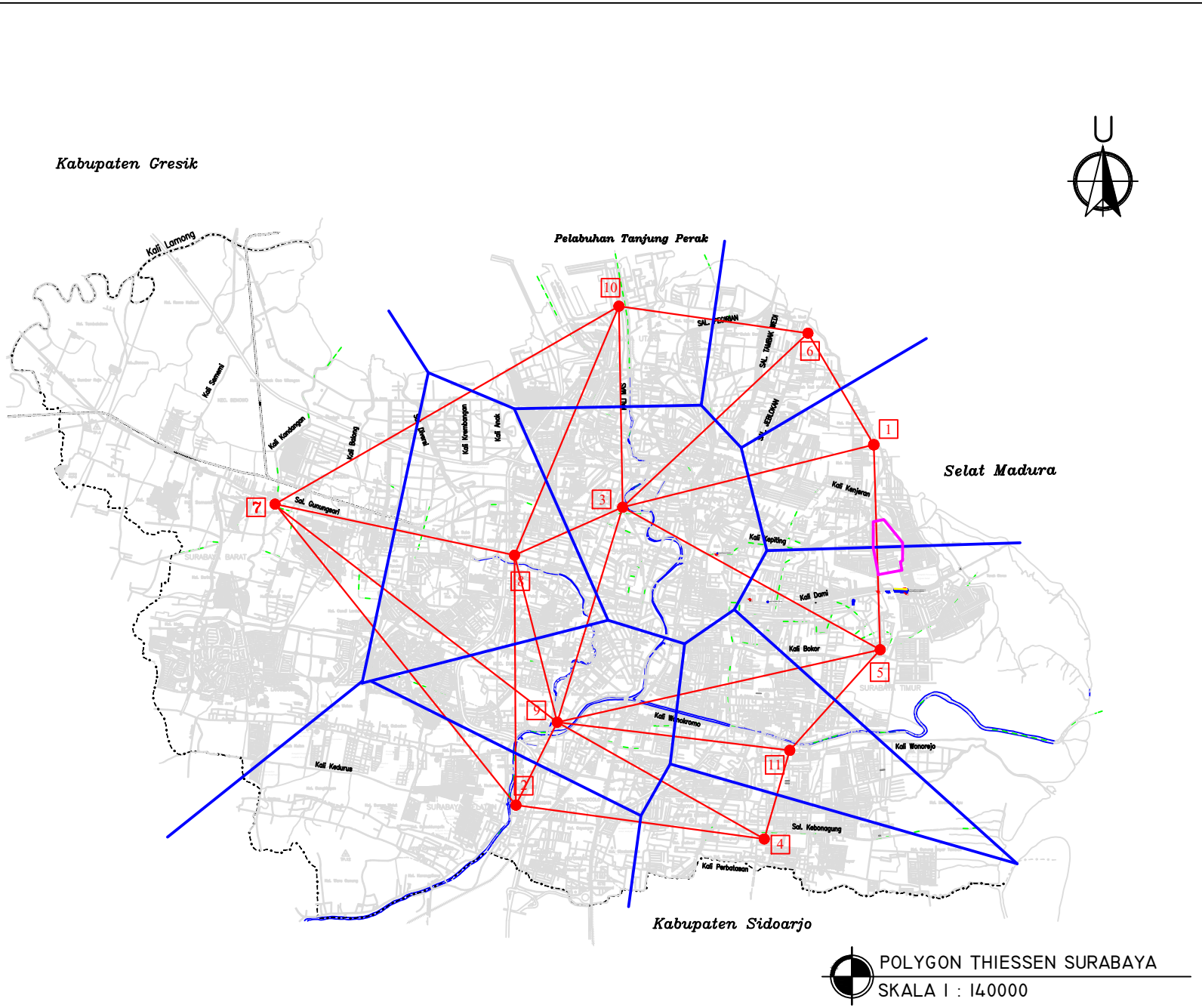
Gambar 2-2 Pompa yang Dipilih pada Brosur Pompa

Lampiran 3. Brosur Pintu Air

Gambar 3-1 Brosur Pintu Air

Lampiran 4. Gambar Perencanaan

Lampiran 4.1 Polygon Thiessen Kota Surabaya
Lampiran 4.2 Polygon Thiessen Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.3 Layout Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.4 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.5 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.6 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.7 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.8 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.9 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.10 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.11 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.12 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.13 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.14 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.15 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.16 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.17 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.18 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.19 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.20 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.21 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.22 Skema Aliran Perumahan Mulyosari
Lampiran 4.23 Penampang Saluran Tersier
Lampiran 4.24 Penampang Saluran Tersier Berpenutup
Lampiran 4.25 Penampang Saluran Sekunder
Lampiran 4.26 Layout Kolam Tampung Hilir
Lampiran 4.27 Detail Pintu Air Hilir
Lampiran 4.28 Potongan Memanjang Saluran Sekunder Node Z1.9 – Kolam Tampung



POLYGON THIESSEN SURABAYA
SKALA I : I40000

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

POLYGON THIESSEN KOTA SURABAYA

SKALA GAMBAR :

1 : 140000

SATUAN GAMBAR :

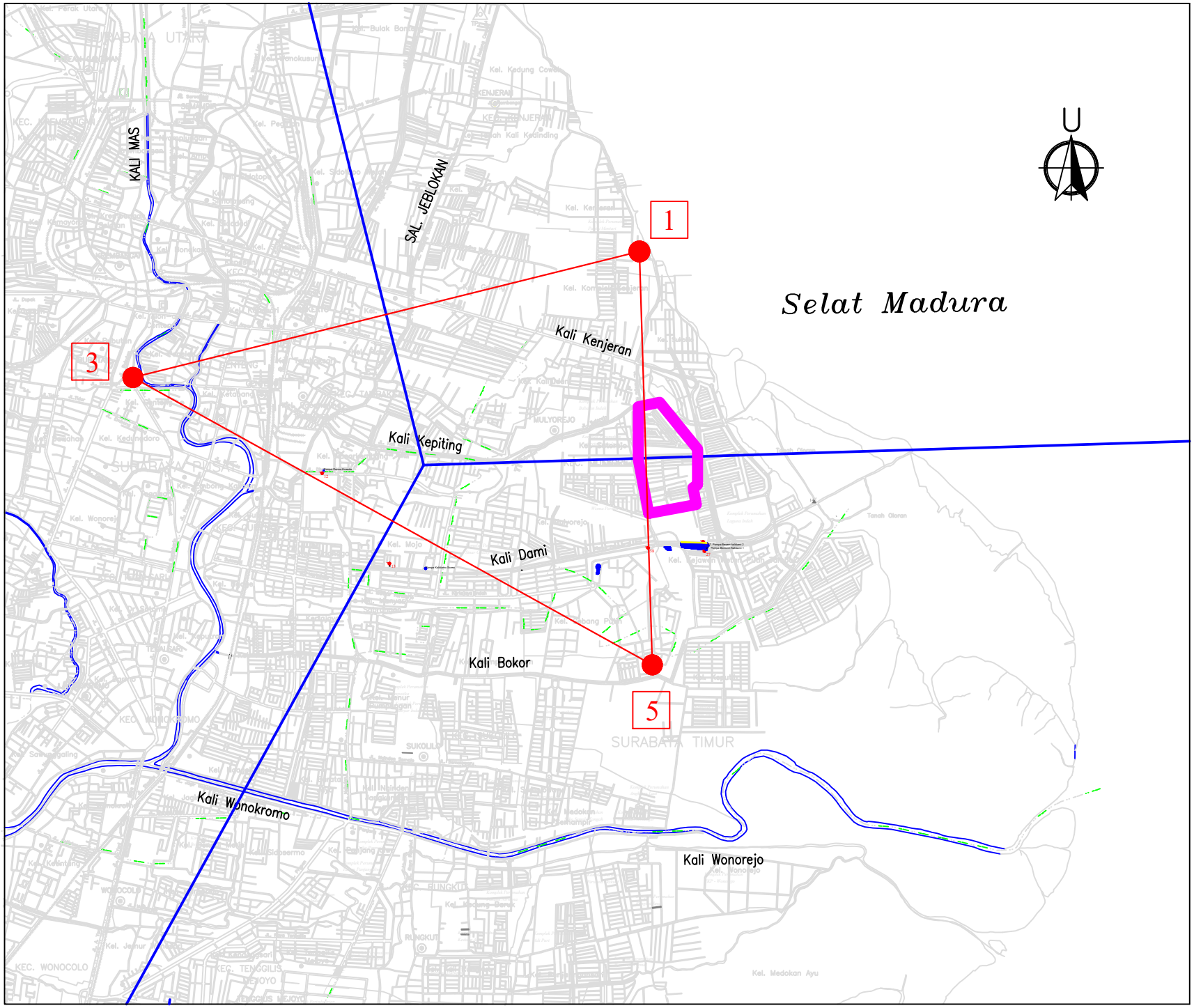
LEGENDA :

- Polygon Thiessen
- Catchment Area
- 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

NOMOR GAMBAR : LAMPIRAN 4.1

HALAMAN : 213



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

POLYGON THIESSEN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

1 : 140000

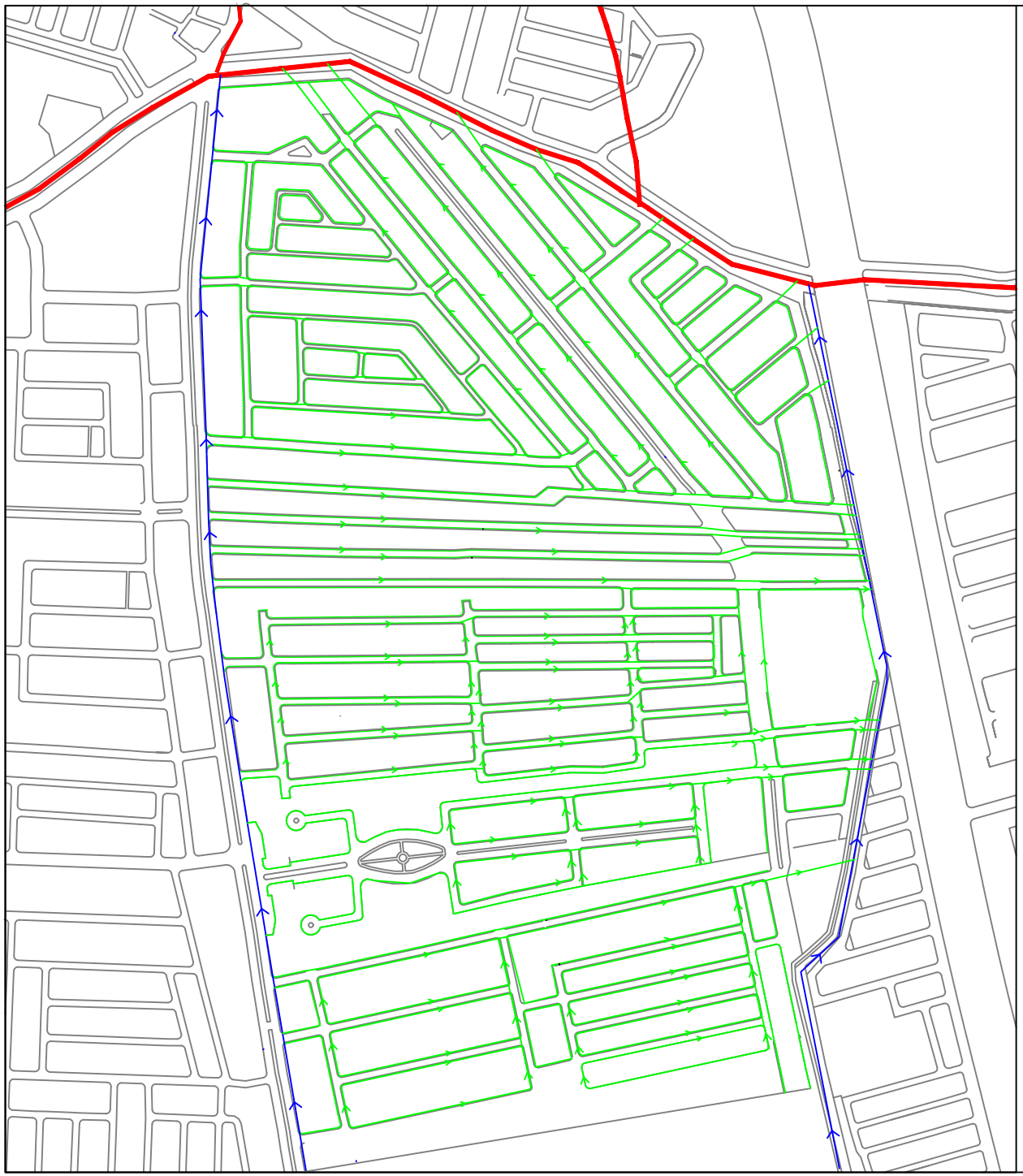
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

- Polygon Thiessen
- Catchment Area
- 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

NOMOR GAMBAR : LAMPIRAN 4.2

HALAMAN : 214



U

LAYOUT ARAH ALIRAN
SKALA I : 5000

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG
SALURAN DRAINASE
PERUMAHAN MULYOSARI,
SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO,
S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA
DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

LAYOUT ALIRAN PERUMAHAN
MULYOSARI

SKALA GAMBAR :
1 : 5000

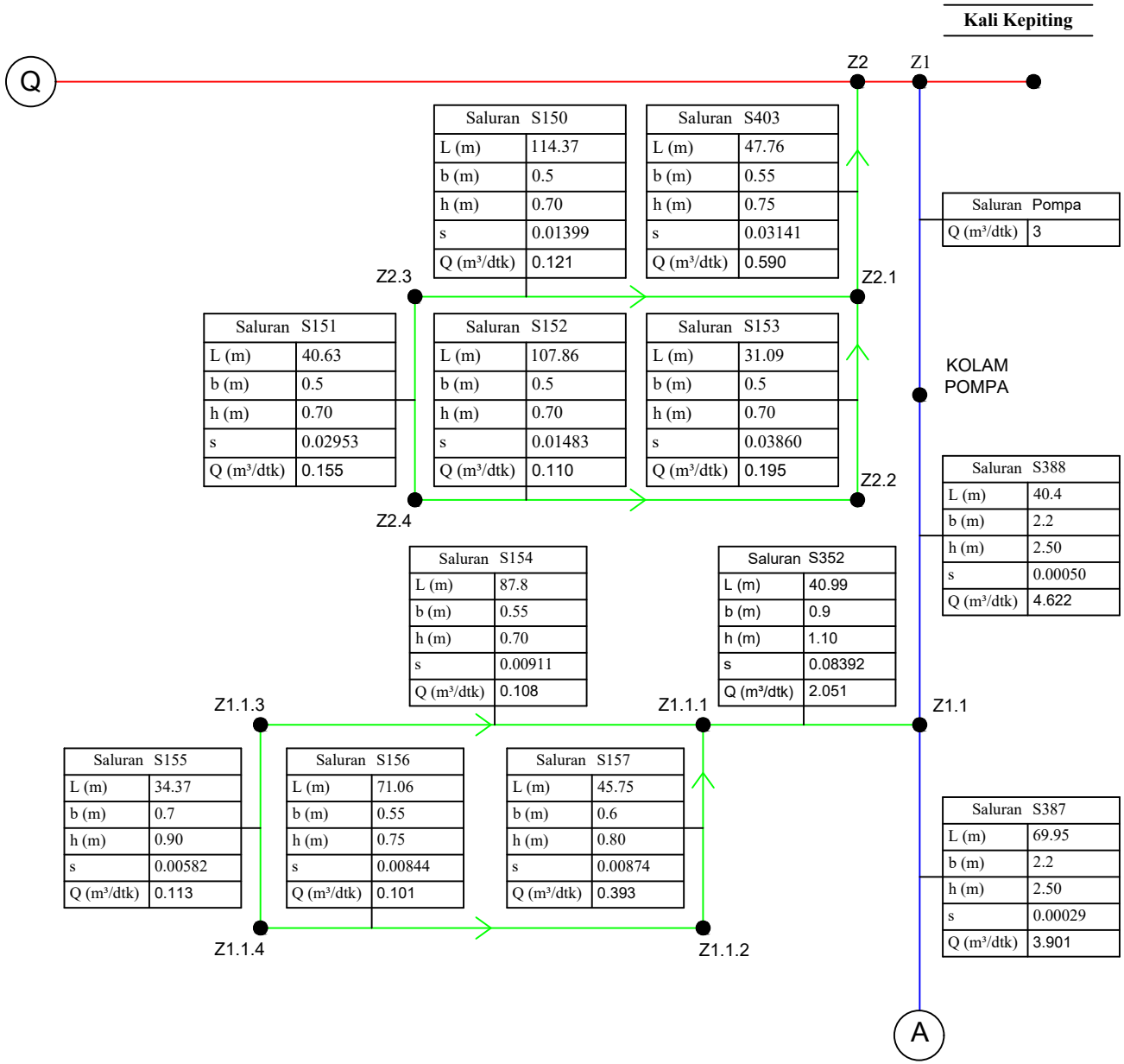
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.3	215



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

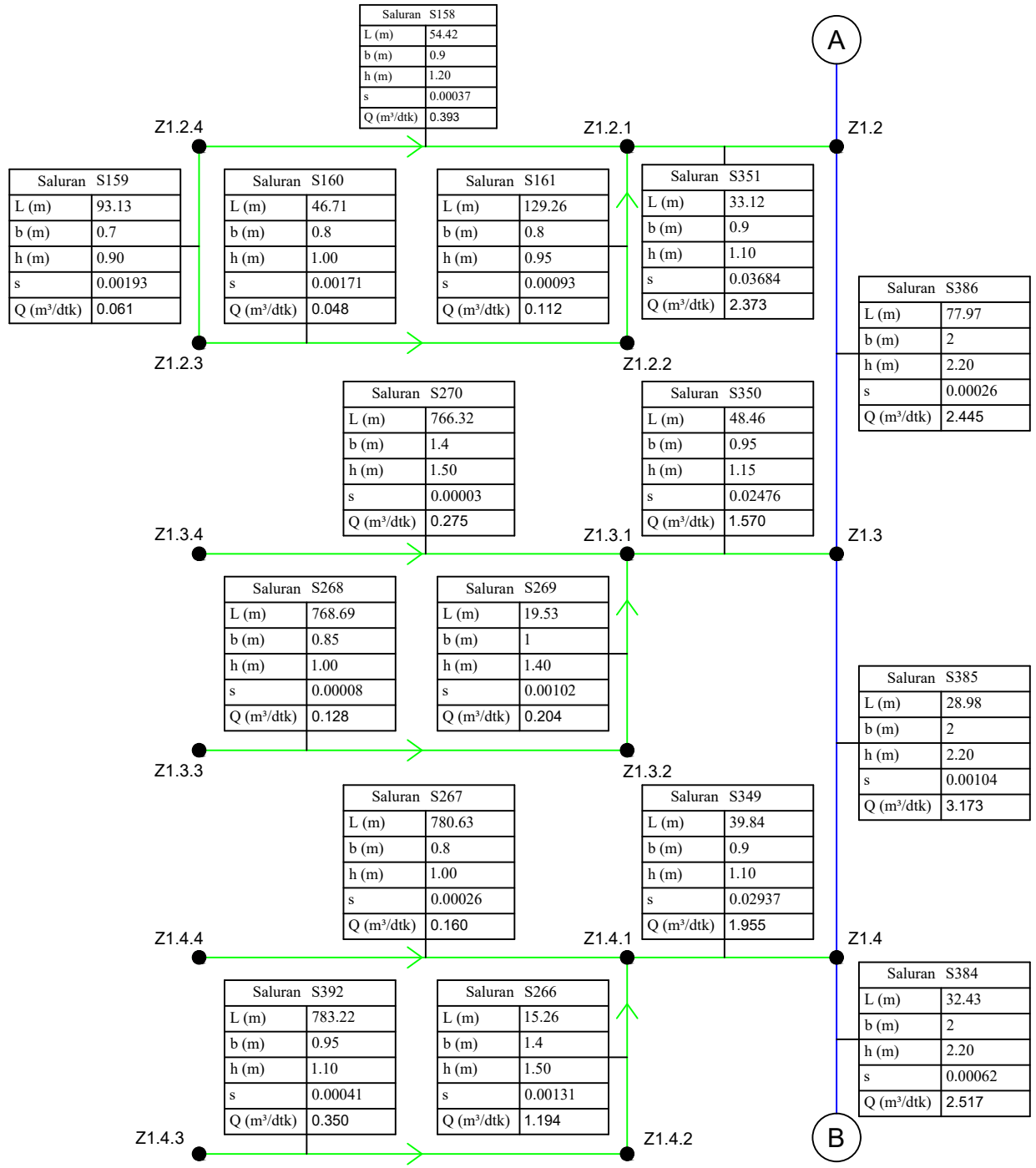
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.4	216



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

SATUAN GAMBAR :

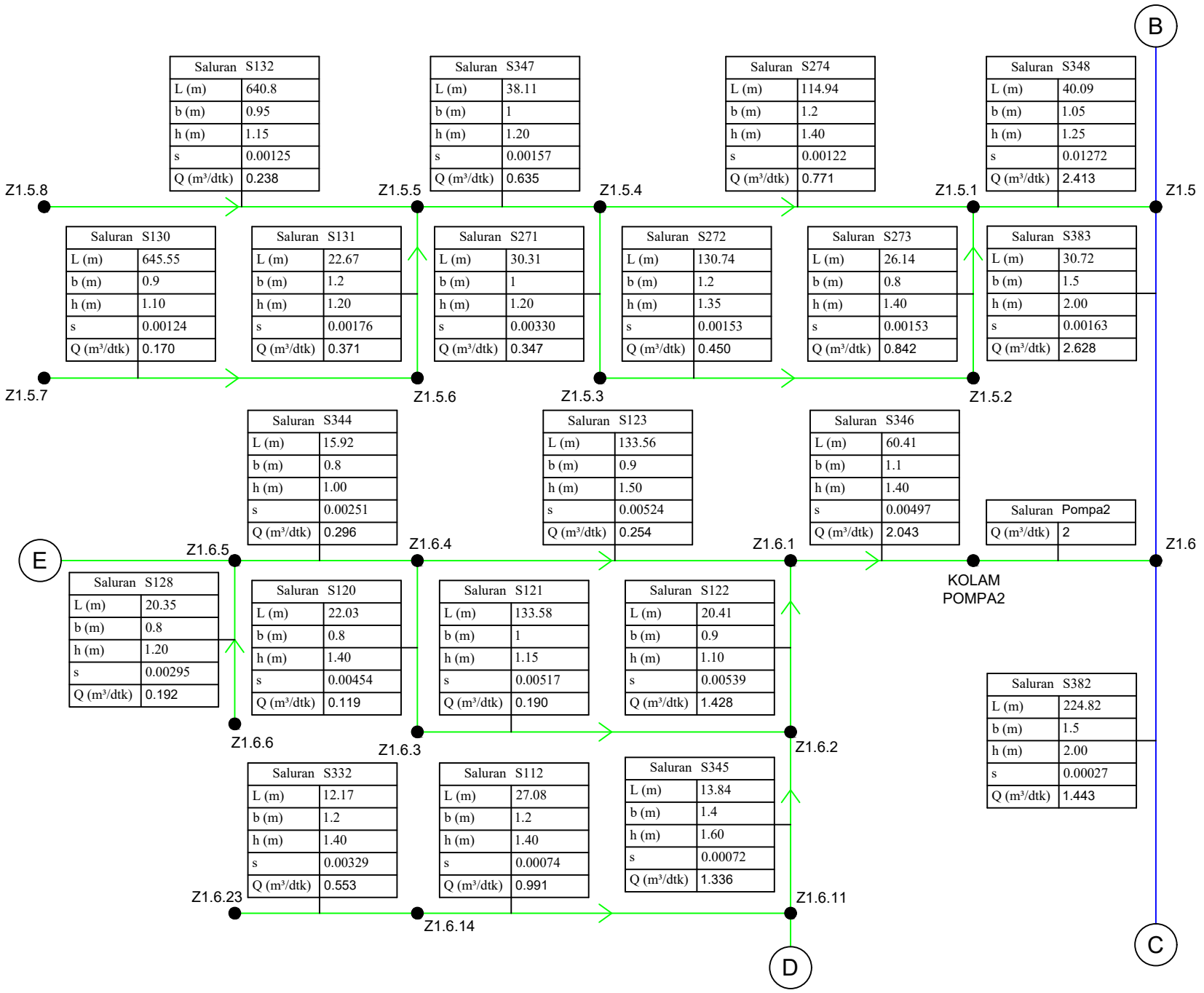
LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR : LAMPIRAN 4.5

HALAMAN : 217



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

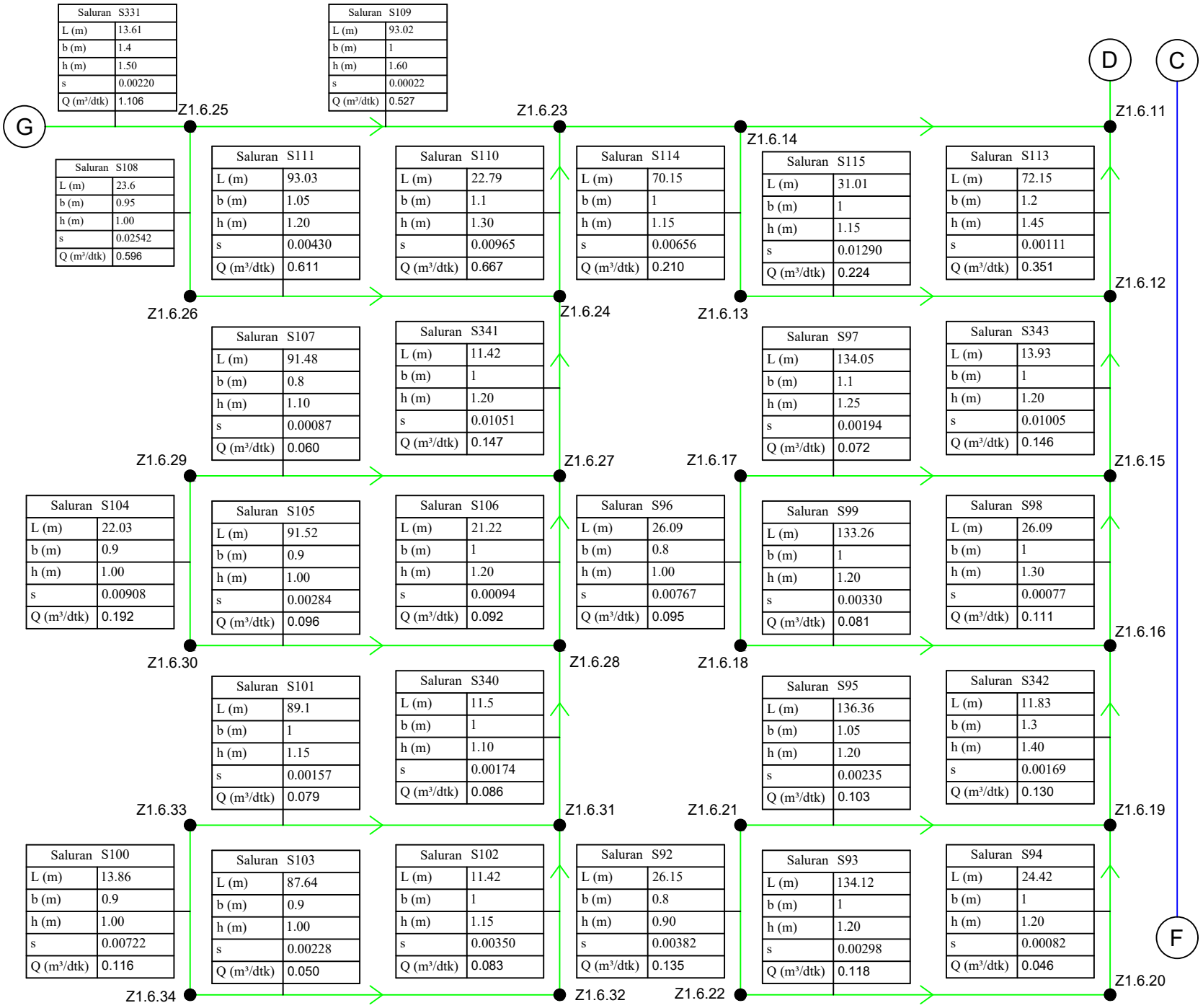
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.6	218



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

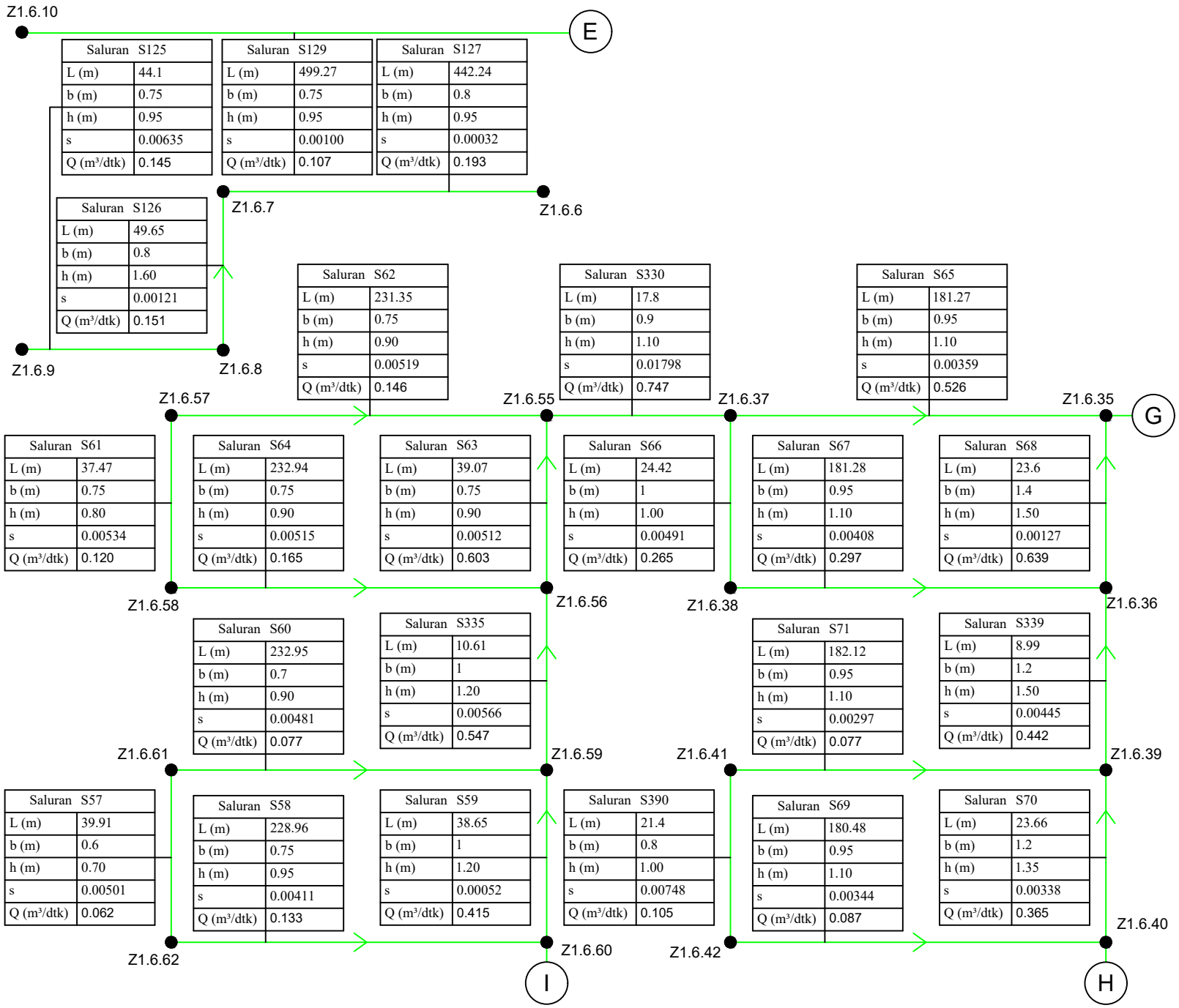
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.7	219



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

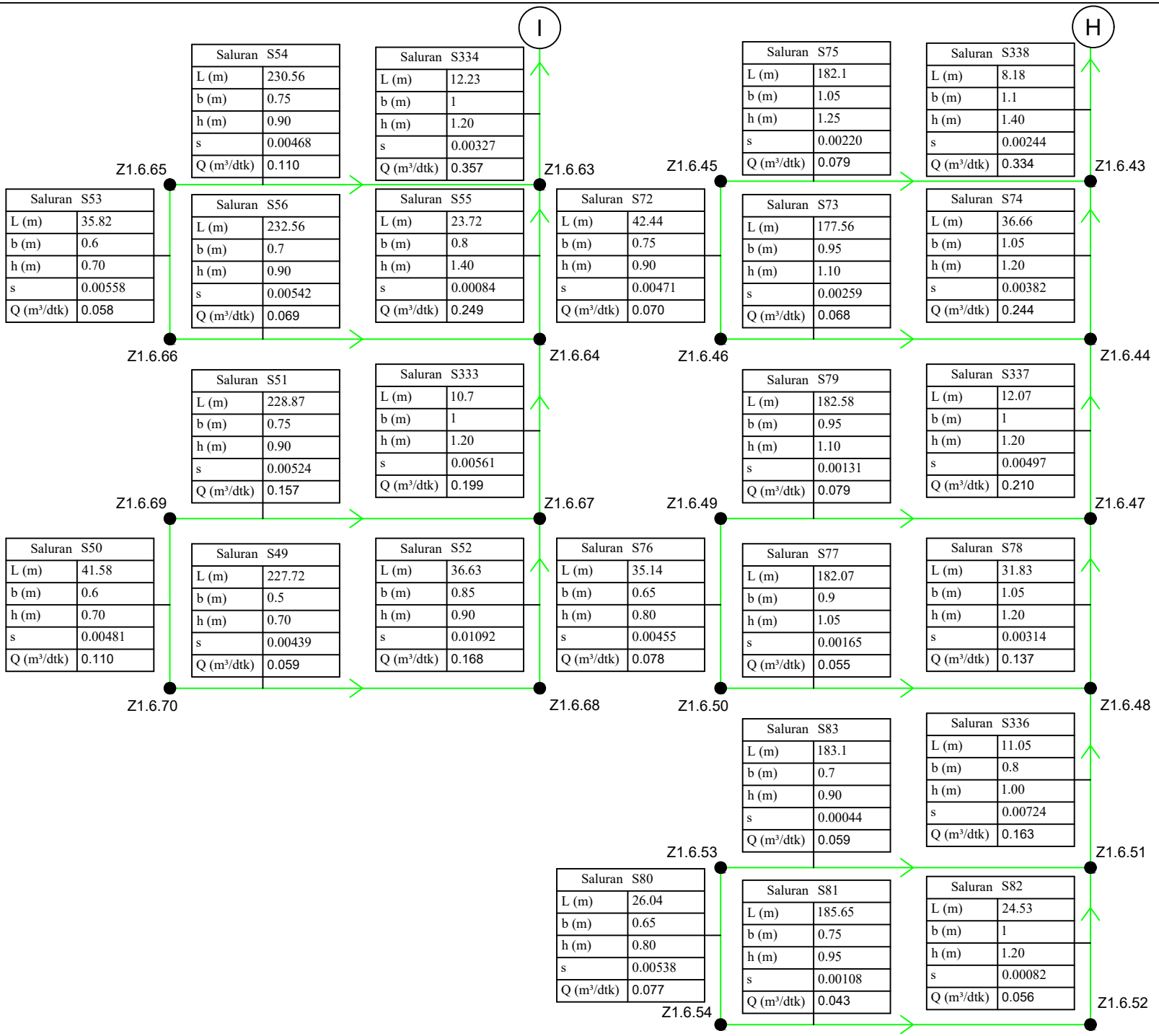
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.8	220



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

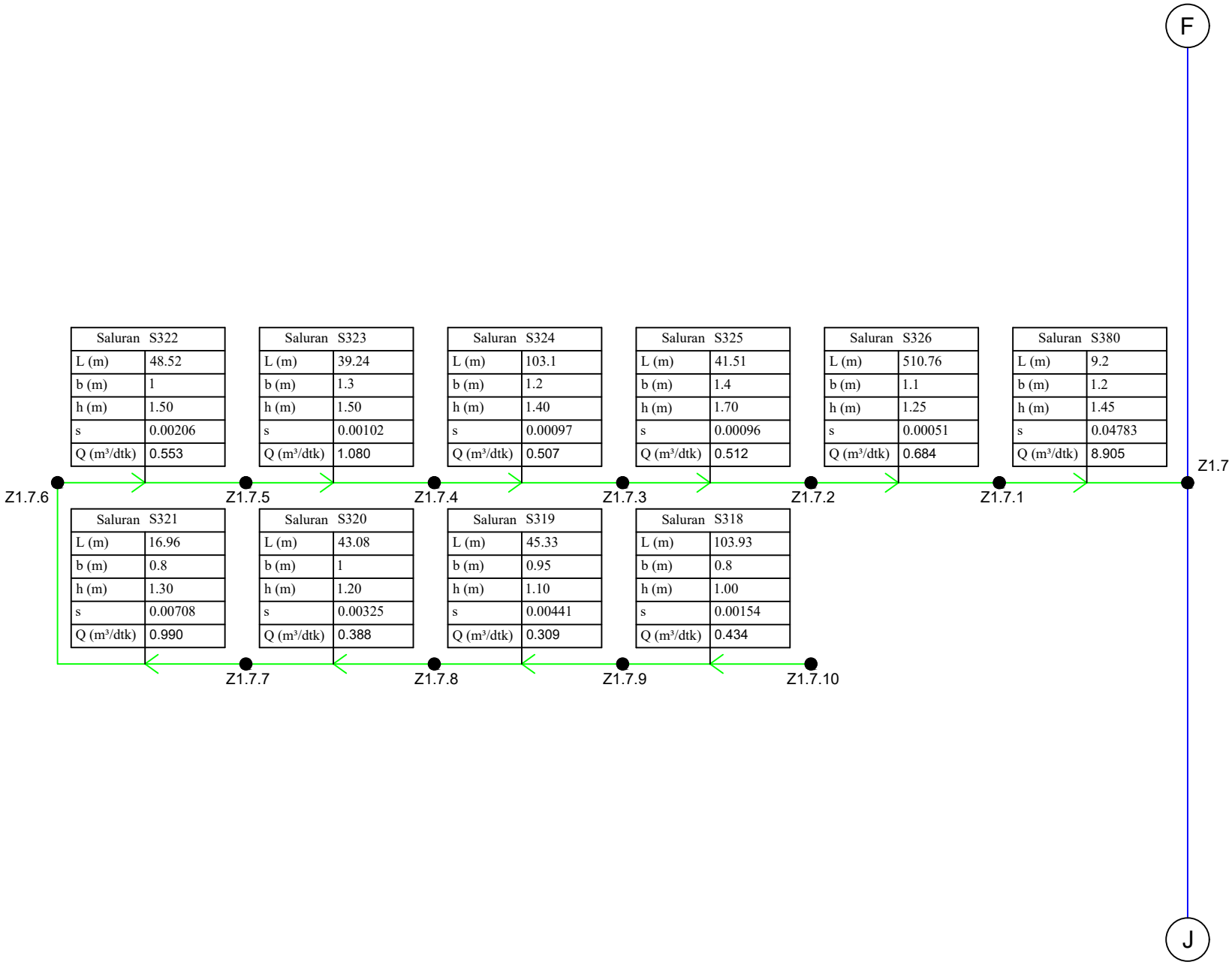
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.9	221



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

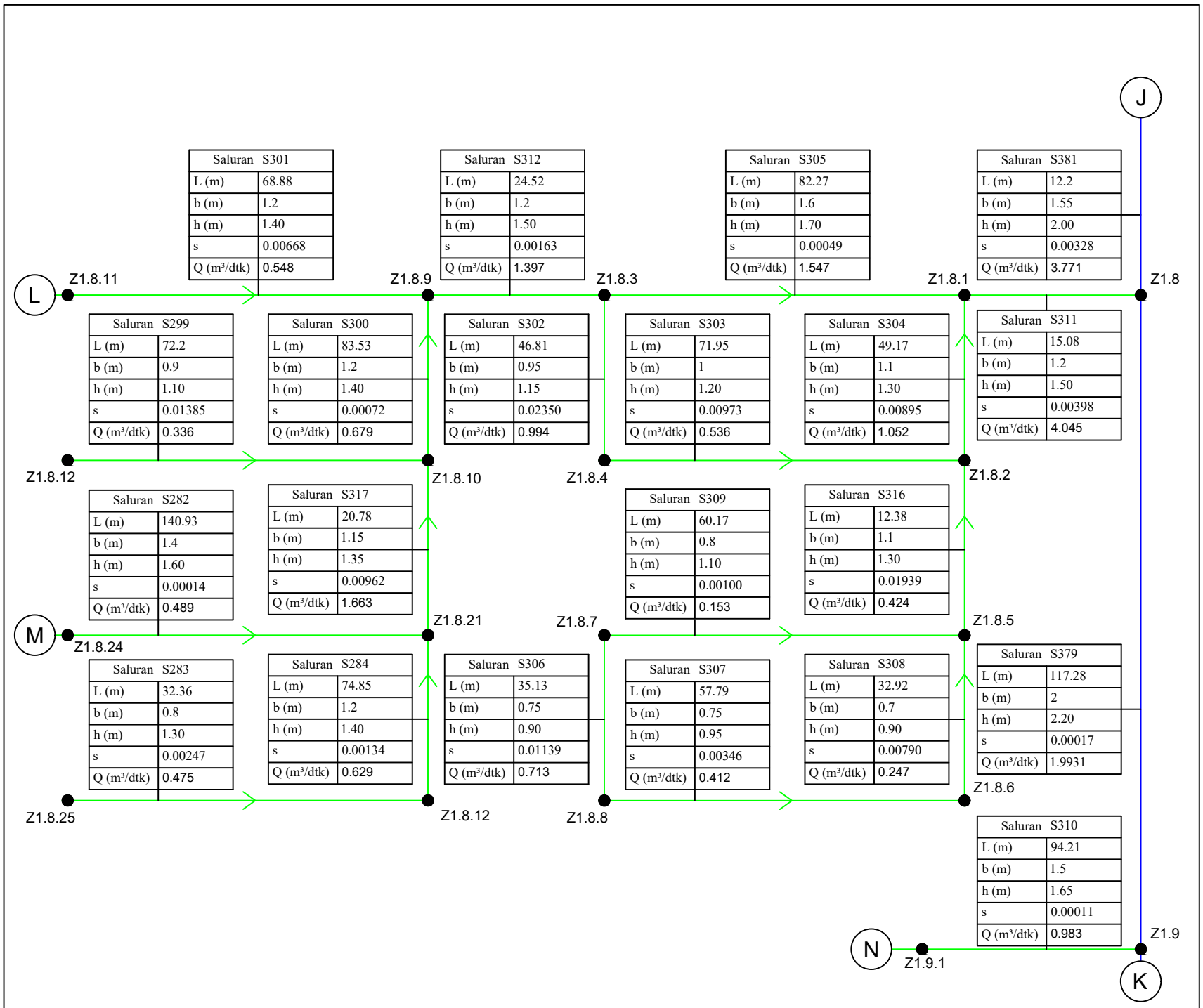
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.10	222



Saluran S301	
L (m)	68.88
b (m)	1.2
h (m)	1.40
s	0.00668
Q (m³/dtk)	0.548

Saluran S312	
L (m)	24.52
b (m)	1.2
h (m)	1.50
s	0.00163
Q (m³/dtk)	1.397

Saluran S305	
L (m)	82.27
b (m)	1.6
h (m)	1.70
s	0.00049
Q (m³/dtk)	1.547

Saluran S381	
L (m)	12.2
b (m)	1.55
h (m)	2.00
s	0.00328
Q (m³/dtk)	3.771

Saluran S299	
L (m)	72.2
b (m)	0.9
h (m)	1.10
s	0.01385
Q (m³/dtk)	0.336

Saluran S300	
L (m)	83.53
b (m)	1.2
h (m)	1.40
s	0.00072
Q (m³/dtk)	0.679

Saluran S302	
L (m)	46.81
b (m)	0.95
h (m)	1.15
s	0.02350
Q (m³/dtk)	0.994

Saluran S303	
L (m)	71.95
b (m)	1
h (m)	1.20
s	0.00973
Q (m³/dtk)	0.536

Saluran S304	
L (m)	49.17
b (m)	1.1
h (m)	1.30
s	0.00895
Q (m³/dtk)	1.052

Saluran S311	
L (m)	15.08
b (m)	1.2
h (m)	1.50
s	0.00398
Q (m³/dtk)	4.045

Saluran S282	
L (m)	140.93
b (m)	1.4
h (m)	1.60
s	0.00014
Q (m³/dtk)	0.489

Saluran S317	
L (m)	20.78
b (m)	1.15
h (m)	1.35
s	0.00962
Q (m³/dtk)	1.663

Saluran S309	
L (m)	60.17
b (m)	0.8
h (m)	1.10
s	0.00100
Q (m³/dtk)	0.153

Saluran S316	
L (m)	12.38
b (m)	1.1
h (m)	1.30
s	0.01939
Q (m³/dtk)	0.424

Saluran S283	
L (m)	32.36
b (m)	0.8
h (m)	1.30
s	0.00247
Q (m³/dtk)	0.475

Saluran S284	
L (m)	74.85
b (m)	1.2
h (m)	1.40
s	0.00134
Q (m³/dtk)	0.629

Saluran S306	
L (m)	35.13
b (m)	0.75
h (m)	0.90
s	0.01139
Q (m³/dtk)	0.713

Saluran S307	
L (m)	57.79
b (m)	0.75
h (m)	0.95
s	0.00346
Q (m³/dtk)	0.412

Saluran S308	
L (m)	32.92
b (m)	0.7
h (m)	0.90
s	0.00790
Q (m³/dtk)	0.247

Saluran S379	
L (m)	117.28
b (m)	2
h (m)	2.20
s	0.00017
Q (m³/dtk)	1.9931

Saluran S310	
L (m)	94.21
b (m)	1.5
h (m)	1.65
s	0.00011
Q (m³/dtk)	0.983

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

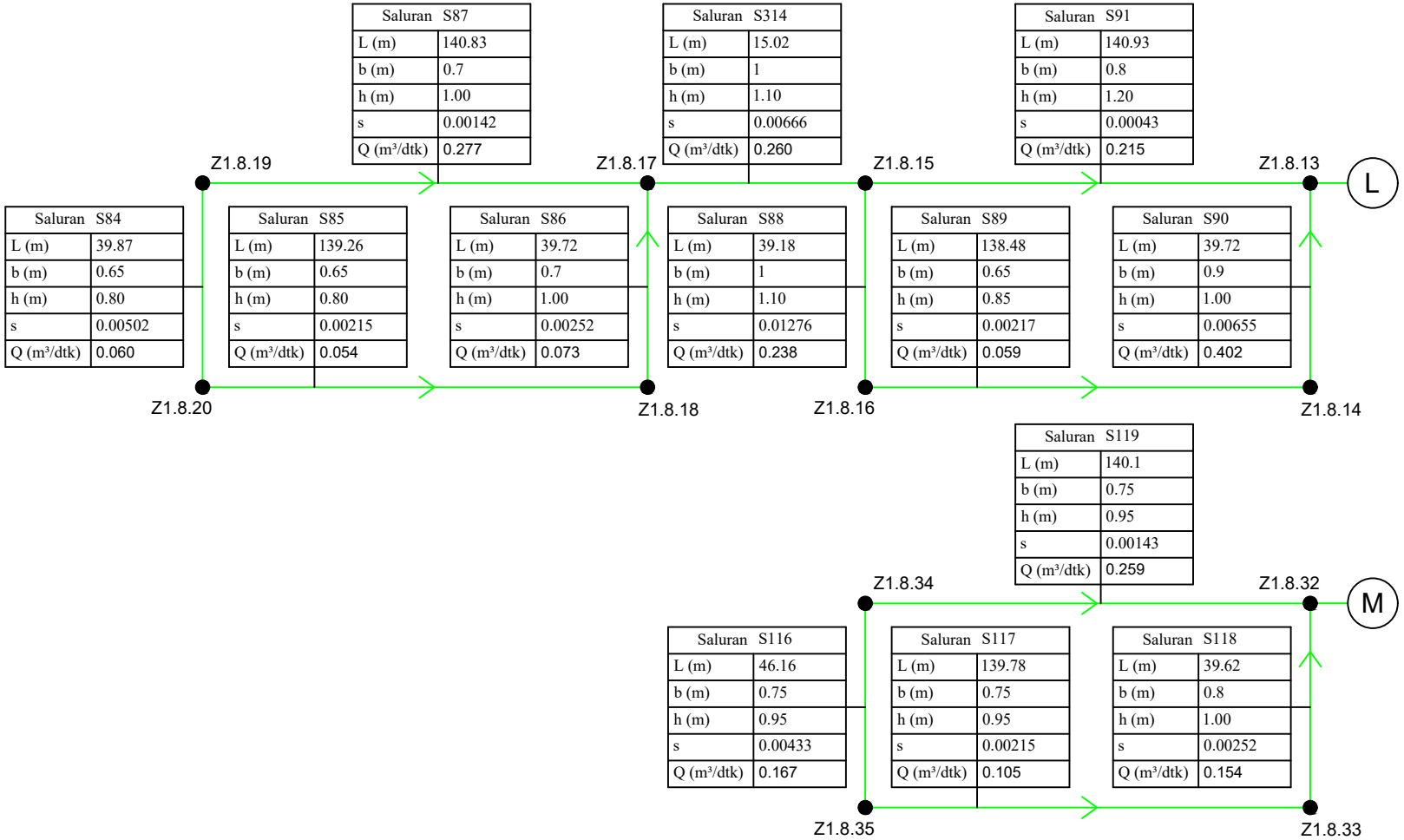
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.11	223



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

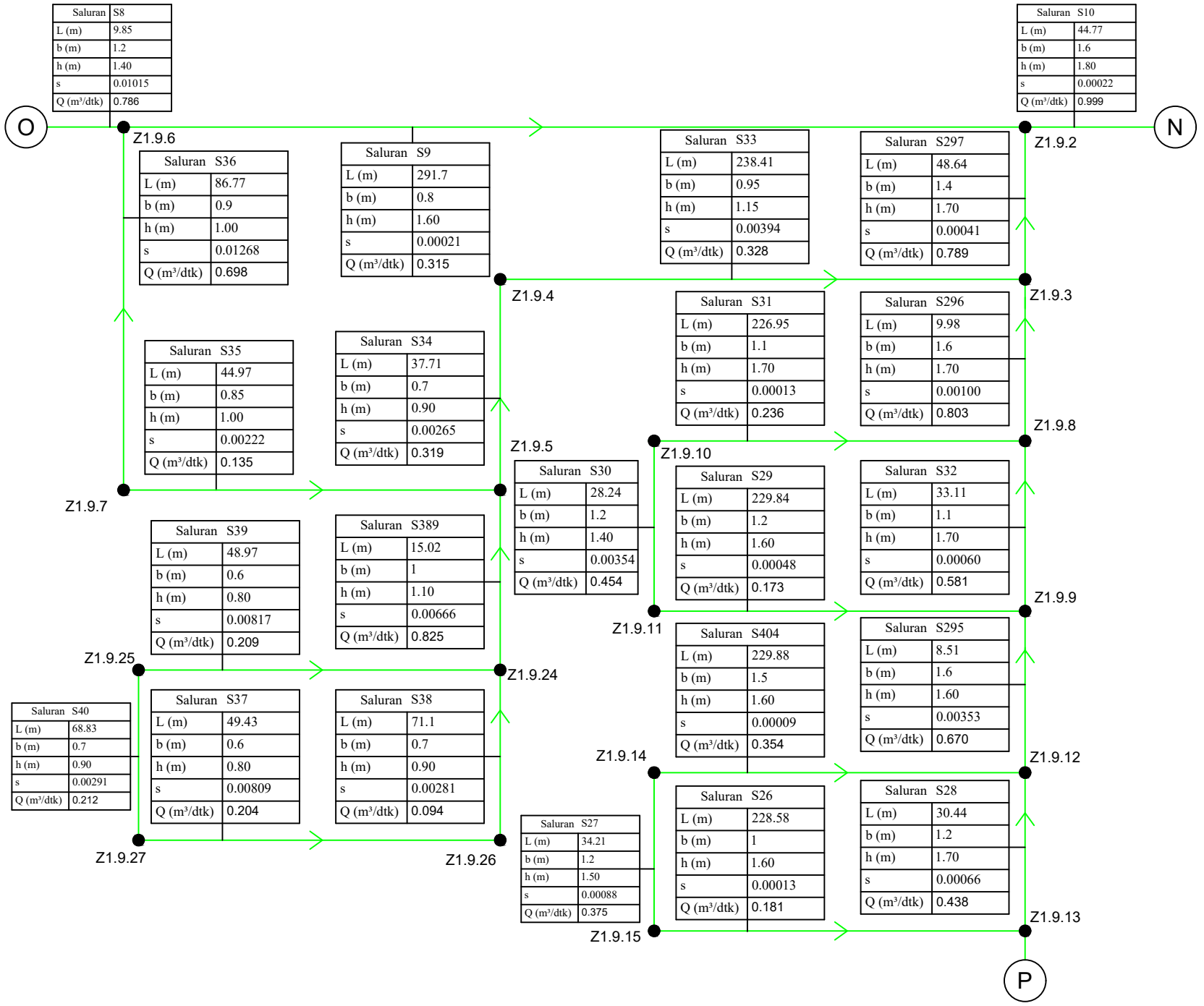
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.12	224



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

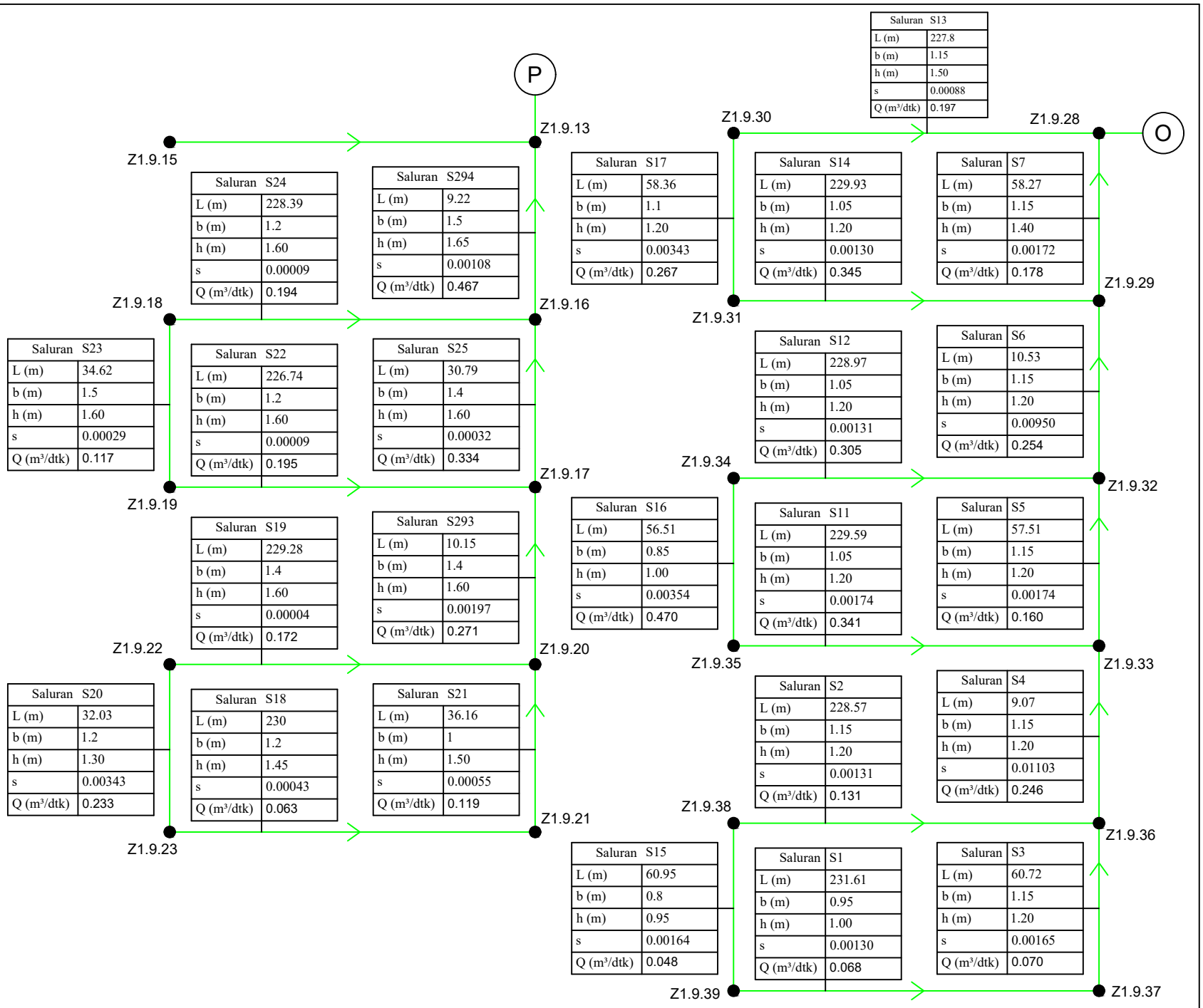
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.13	225



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

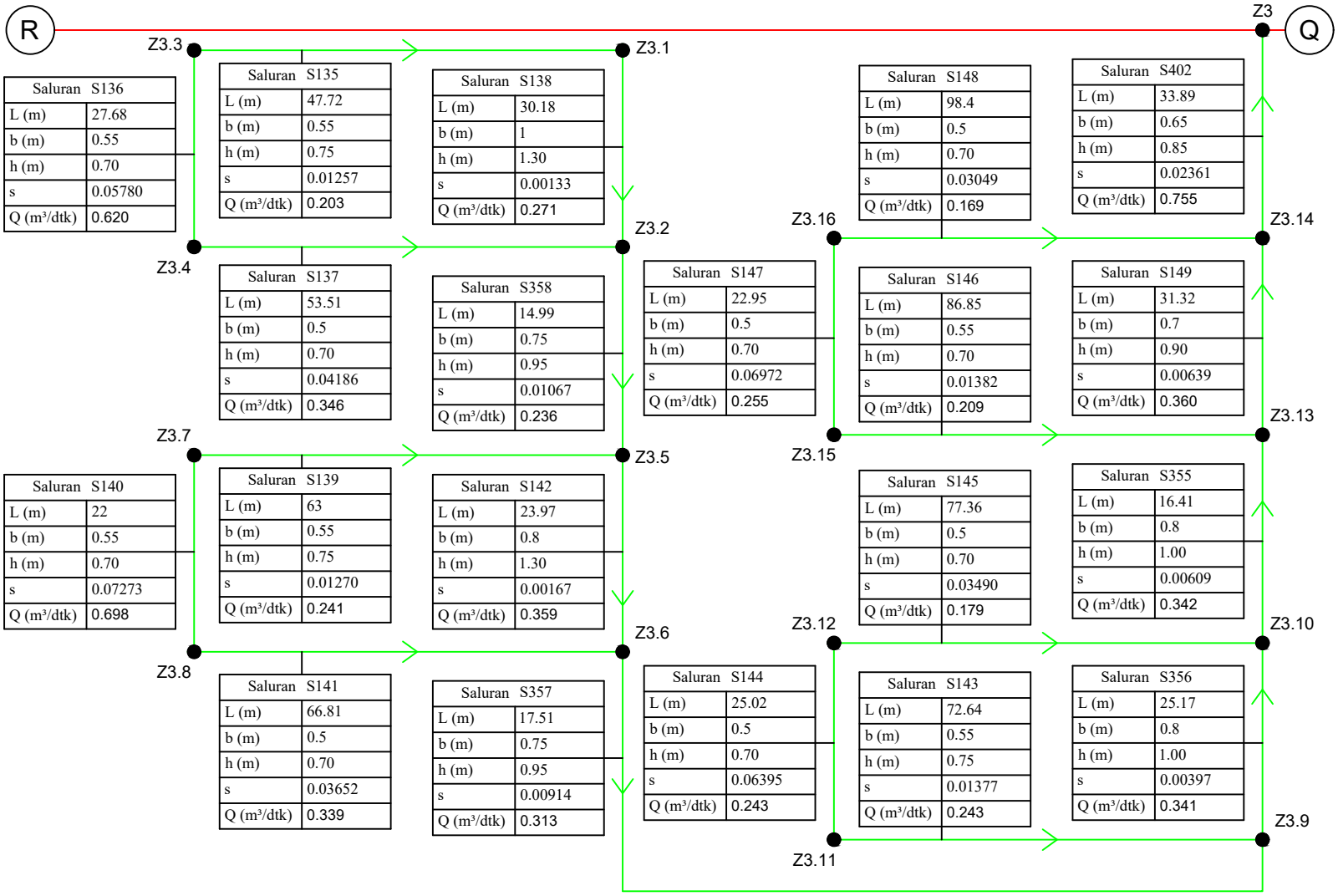
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.14	226



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

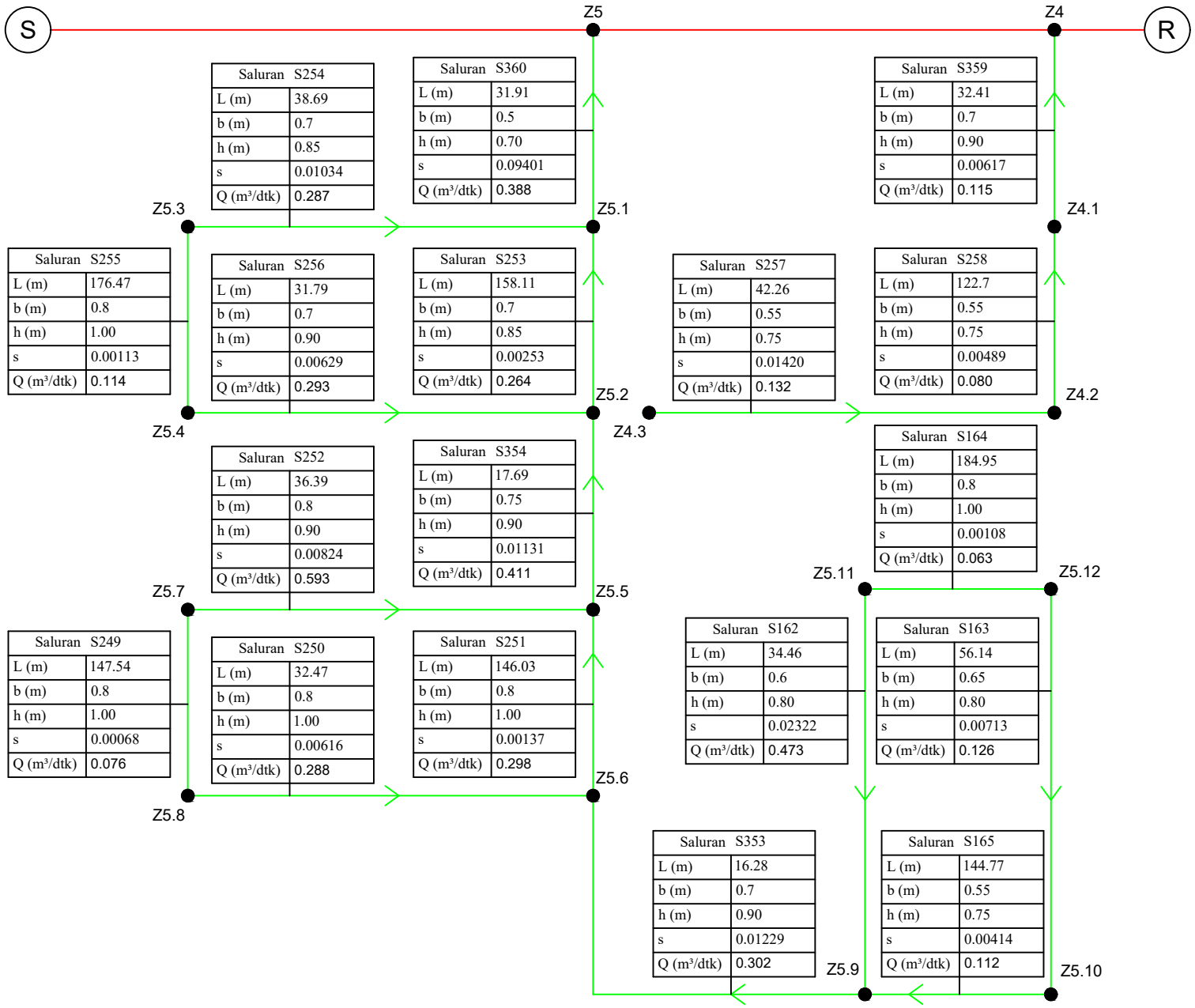
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.15	227



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

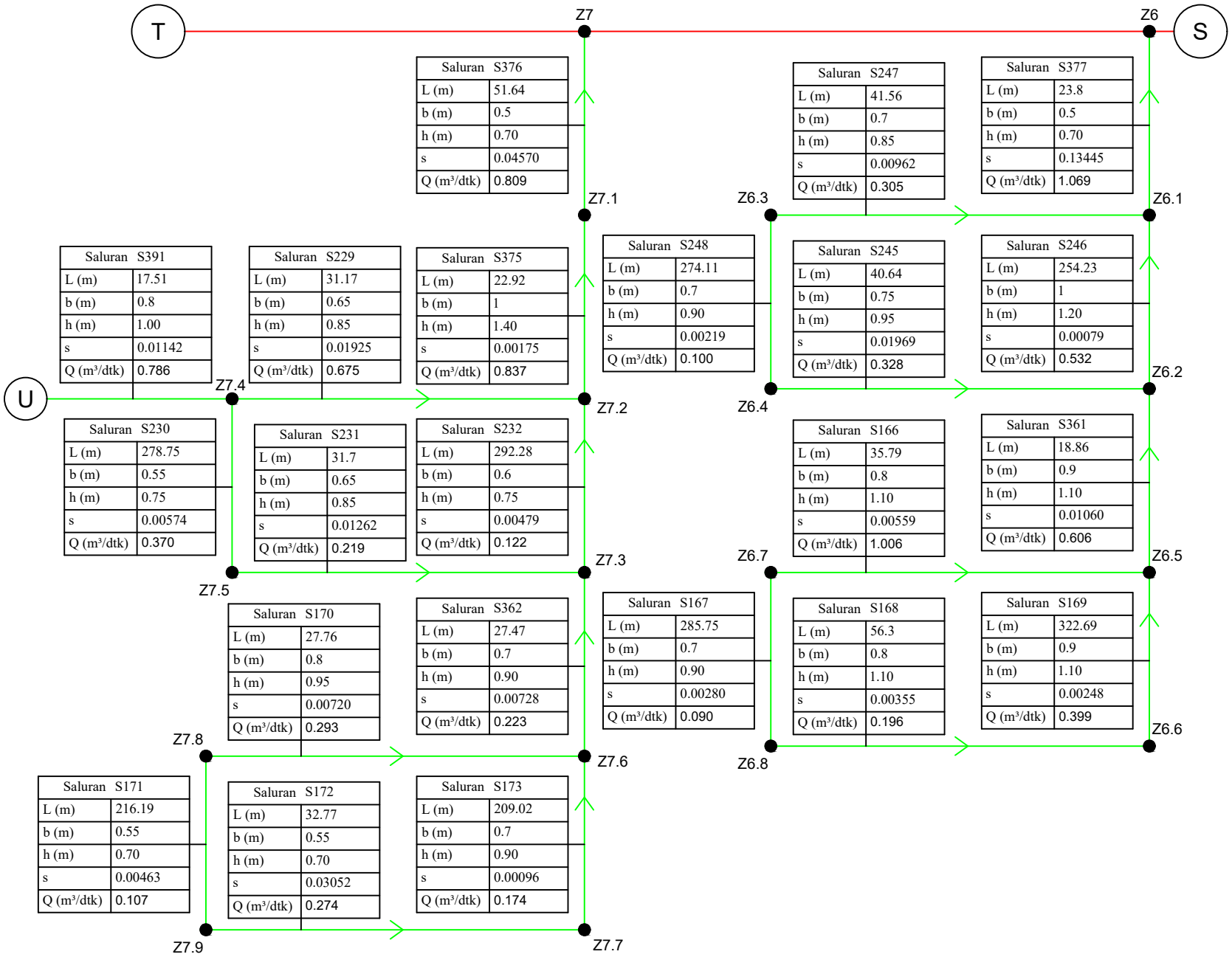
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.16	228



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

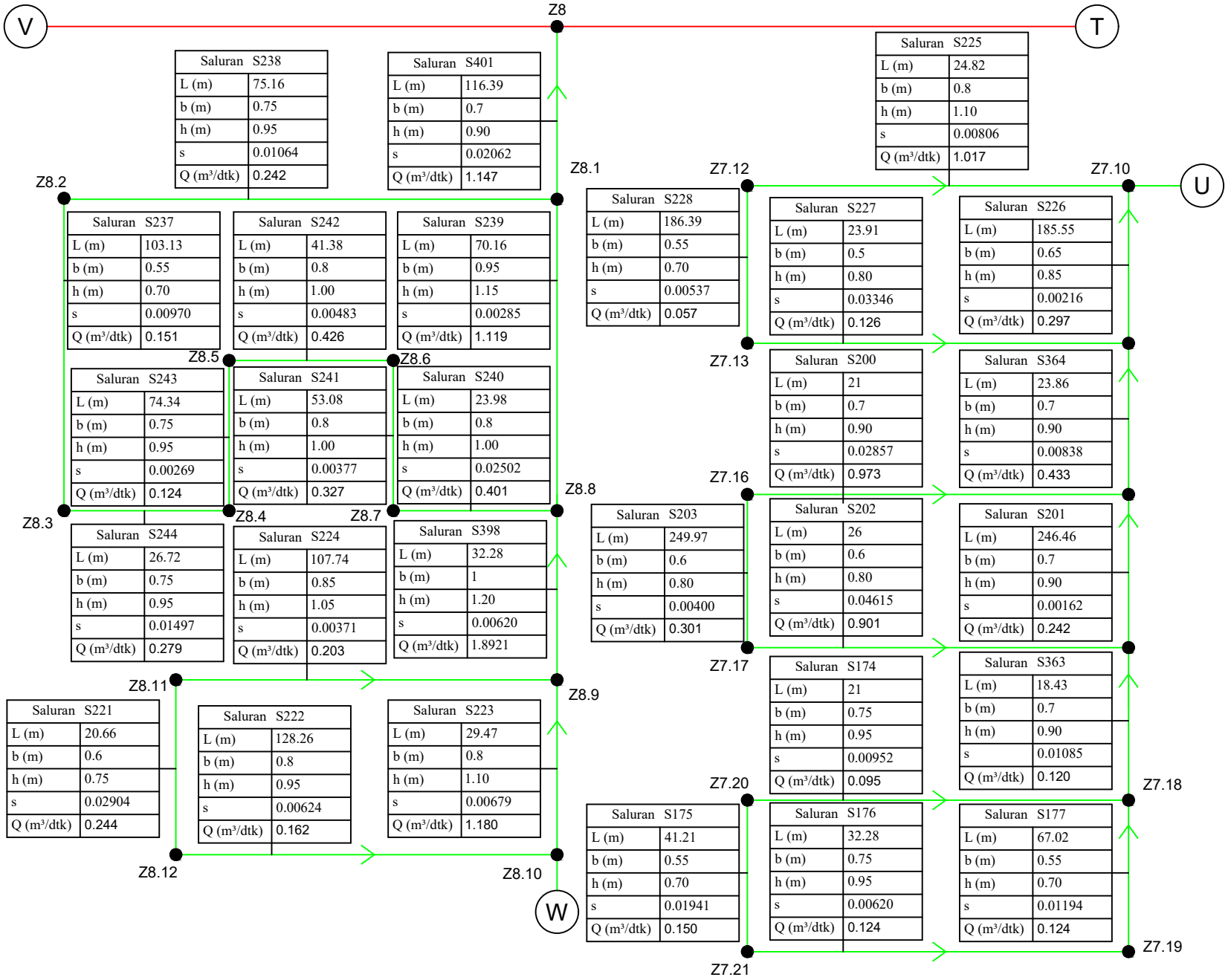
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.17	229



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

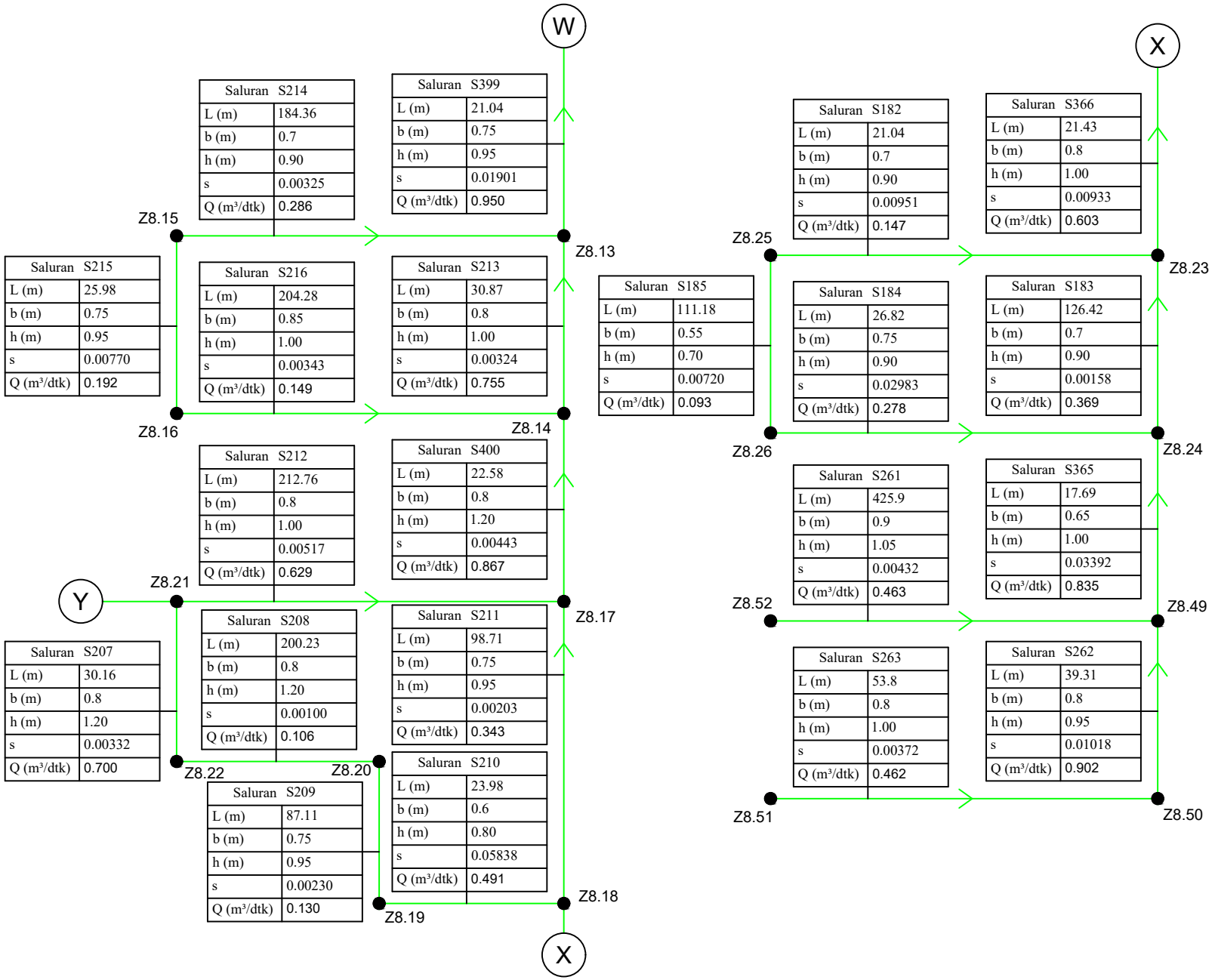
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.18	230



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

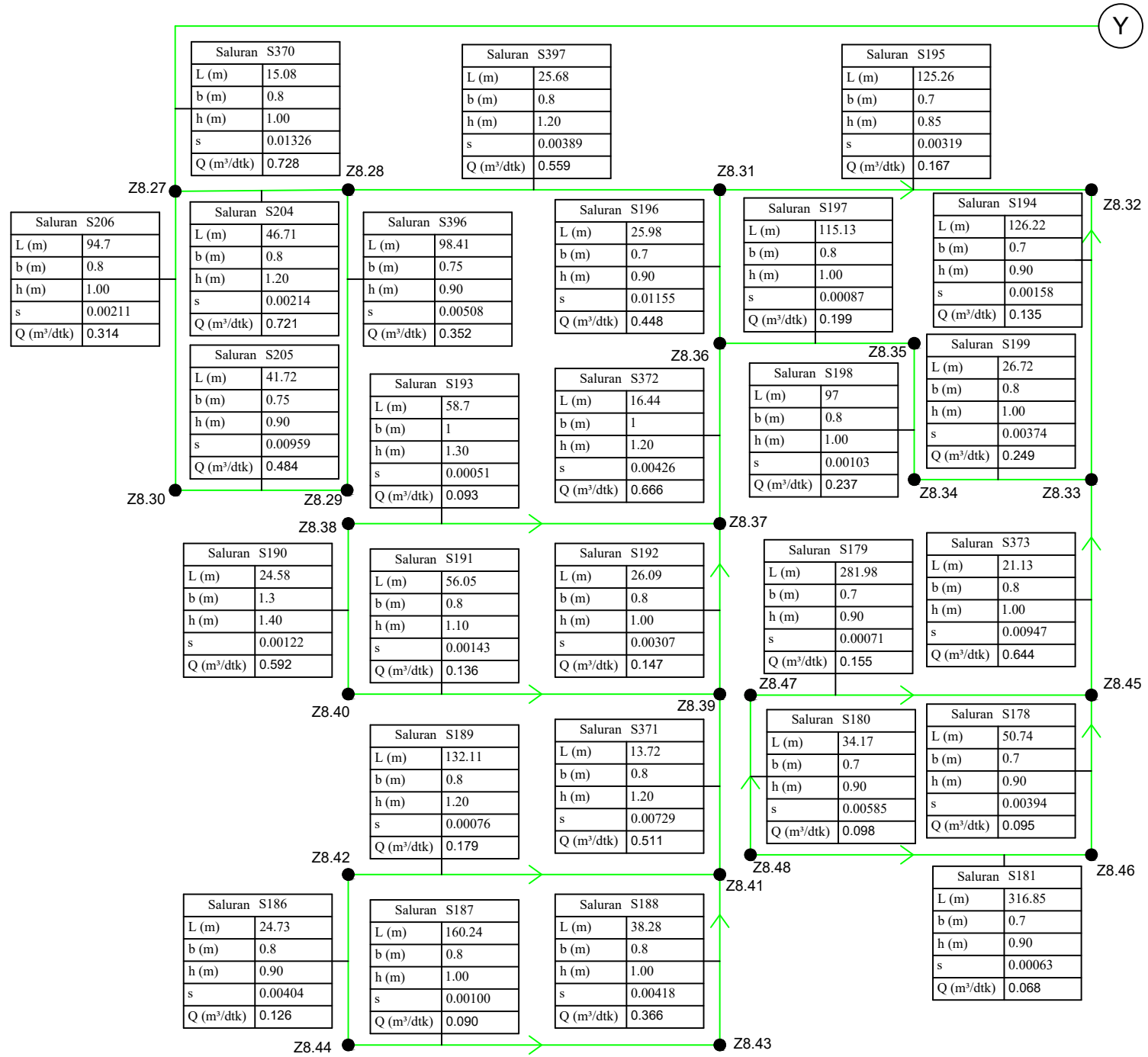
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.19	231



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

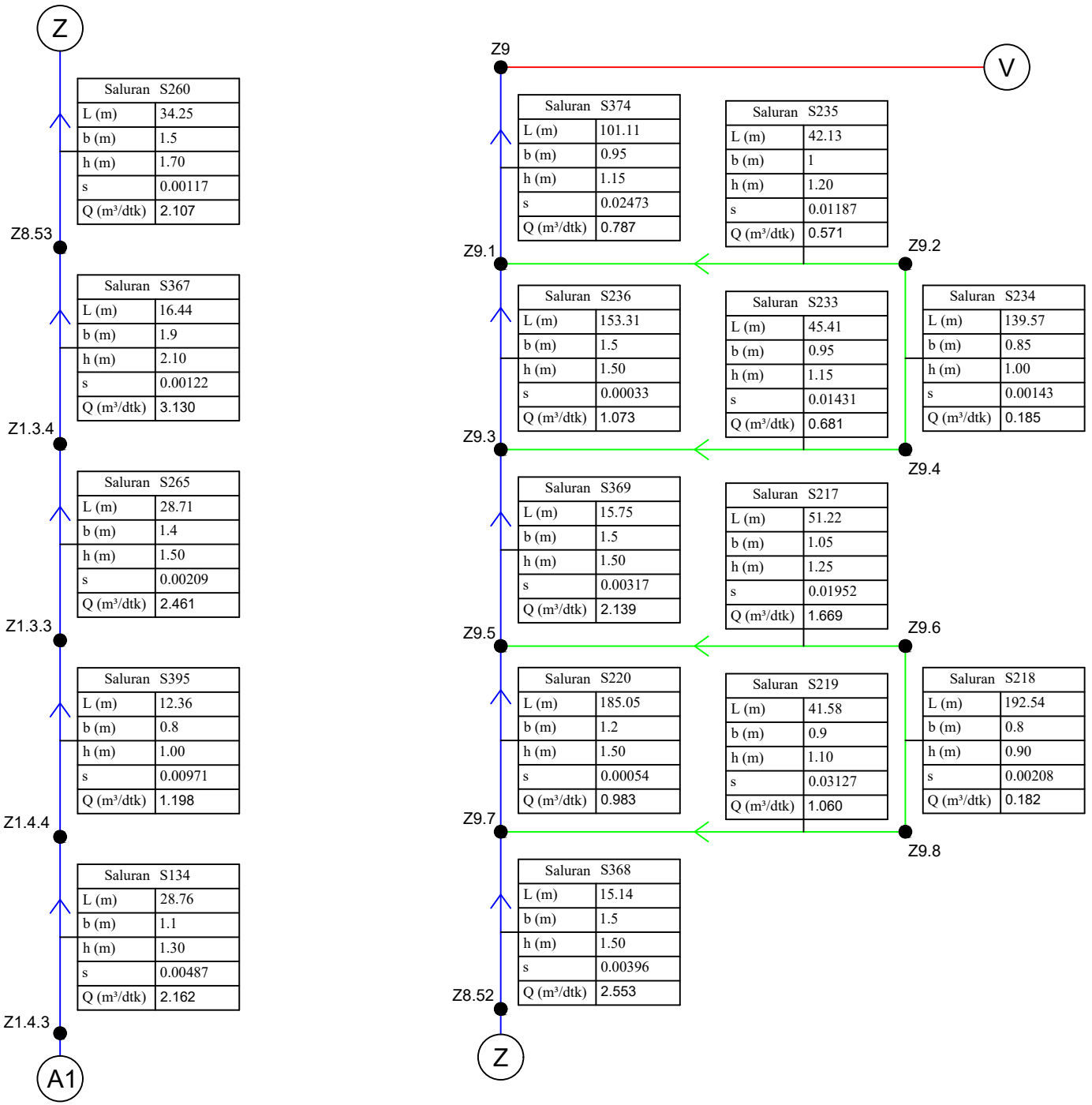
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.20	232



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

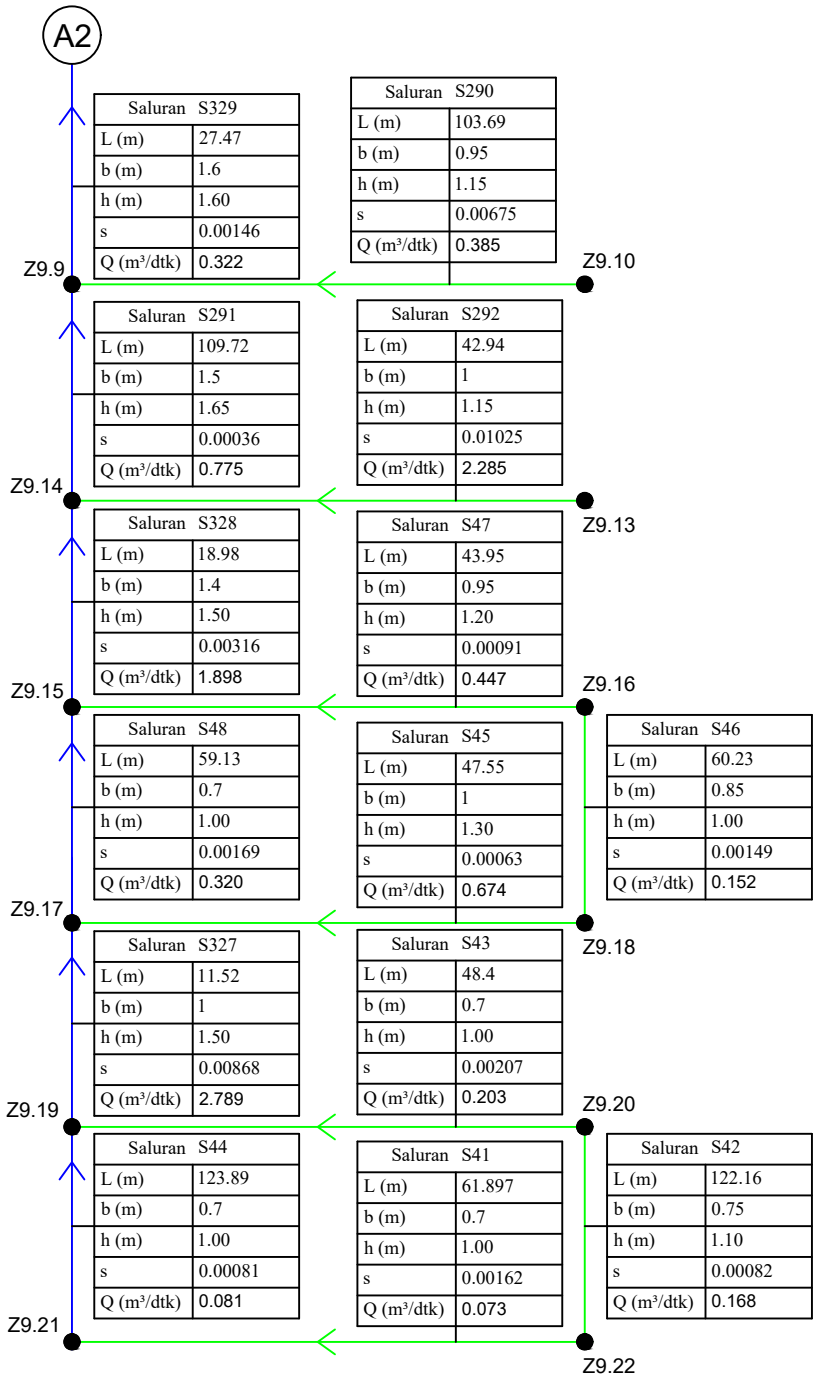
SATUAN GAMBAR :

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.21	233



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

SKEMA ALIRAN PERUMAHAN MULYOSARI

SKALA GAMBAR :

SATUAN GAMBAR :

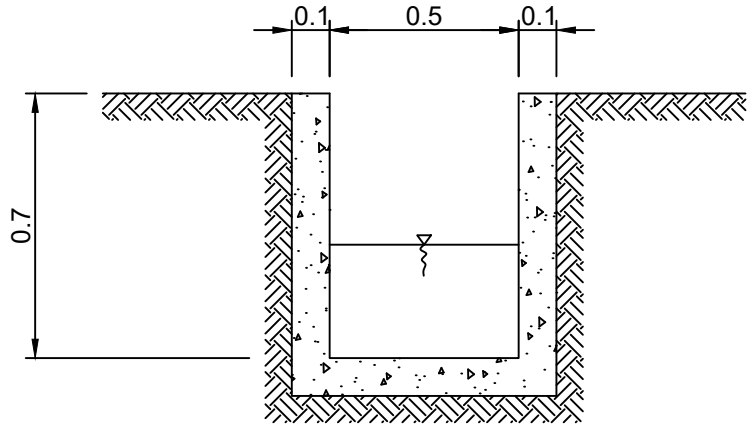
LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	SALURAN TERSIER
	SALURAN SEKUNDER
	SALURAN PRIMER

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.22	234

CATATAN :
TEBAL SALURAN 0.1 METER ATAU 10 CM SUDAH MEMENUHI SYARAT PADA KRITERIA PERENCANAAN SALURAN KP-03 YAITU SEBESAR 8 - 10 CM



PENAMPANG SALURAN TERSIER
SKALA 1 : 20

GEOMETRI SALURAN RENCANA PERUMAHAN MULYOSARI						
NAMA SALURAN	H	B	LENGTH	ROUGHNESS	INITIAL FLOW	MAXIMUM FLOW
	(m)	(m)	(m)		(m^3/sec)	(m^3/sec)
S49	0.7	0.5	227.72	0.02	0.1343	0.2509
S137	0.7	0.5	53.51	0.02	0.3326	0.7745
S141	0.7	0.5	66.81	0.02	0.3302	0.7235
S144	0.7	0.5	25.02	0.02	0.4051	0.9573
S145	0.7	0.5	77.36	0.02	0.2304	0.7072
S147	0.7	0.5	22.95	0.02	0.4230	0.9996
S148	0.7	0.5	98.4	0.02	0.2043	0.6610
S150	0.7	0.5	114.37	0.02	0.1895	0.4478
S151	0.7	0.5	40.63	0.02	0.3070	0.6506
S152	0.7	0.5	107.86	0.02	0.2407	0.4611
S153	0.7	0.5	31.09	0.02	0.3634	0.7437
S227	0.7	0.5	23.91	0.02	0.3571	0.8632
S360	0.7	0.5	31.91	0.02	0.3341	1.1608
S376	0.7	0.5	51.64	0.02	0.4666	0.8093
S377	0.7	0.5	23.8	0.02	0.7537	1.3881

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

PENAMPANG SALURAN TERSIER

SKALA GAMBAR :
1 : 20

SATUAN GAMBAR :
METER

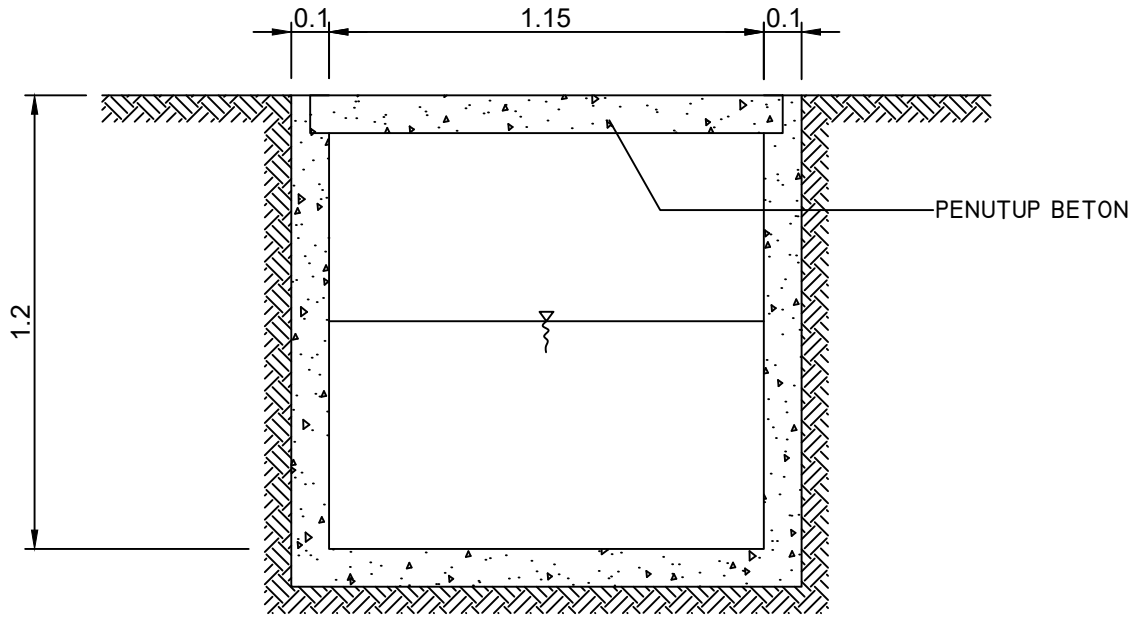
LEGENDA :

SIMBOL GAMBAR :

	BETON
	TANAH ASLI

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.23	235

CATATAN :
TEBAL SALURAN 0.1 METER ATAU 10 CM SUDAH MEMENUHI SYARAT PADA KRITERIA PERENCANAAN SALURAN KP-03 YAITU SEBESAR 8 - 10 CM



PENAMPANG SALURAN TERSIER BERPENUTUP
SKALA 1 : 20

GEOMETRI SALURAN RENCANA PERUMAHAN MULYOSARI

NAMA SALURAN	H	B	LENGTH	ROUGHNESS	INITIAL FLOW	MAXIMUM FLOW
	(m)	(m)	(m)		(m^3/sec)	(m^3/sec)
S1	1.2	1.15	231.61	0.02	0.2343	1.0571
S2	1.2	1.15	228.57	0.02	0.2284	1.0641
S3	1.2	1.15	60.72	0.02	0.3973	1.1920
S108	1.2	1.15	23.6	0.02	0.6869	4.6832

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

PENAMPANG SALURAN TERSIER BERPENUTUP

SKALA GAMBAR :
1 : 20

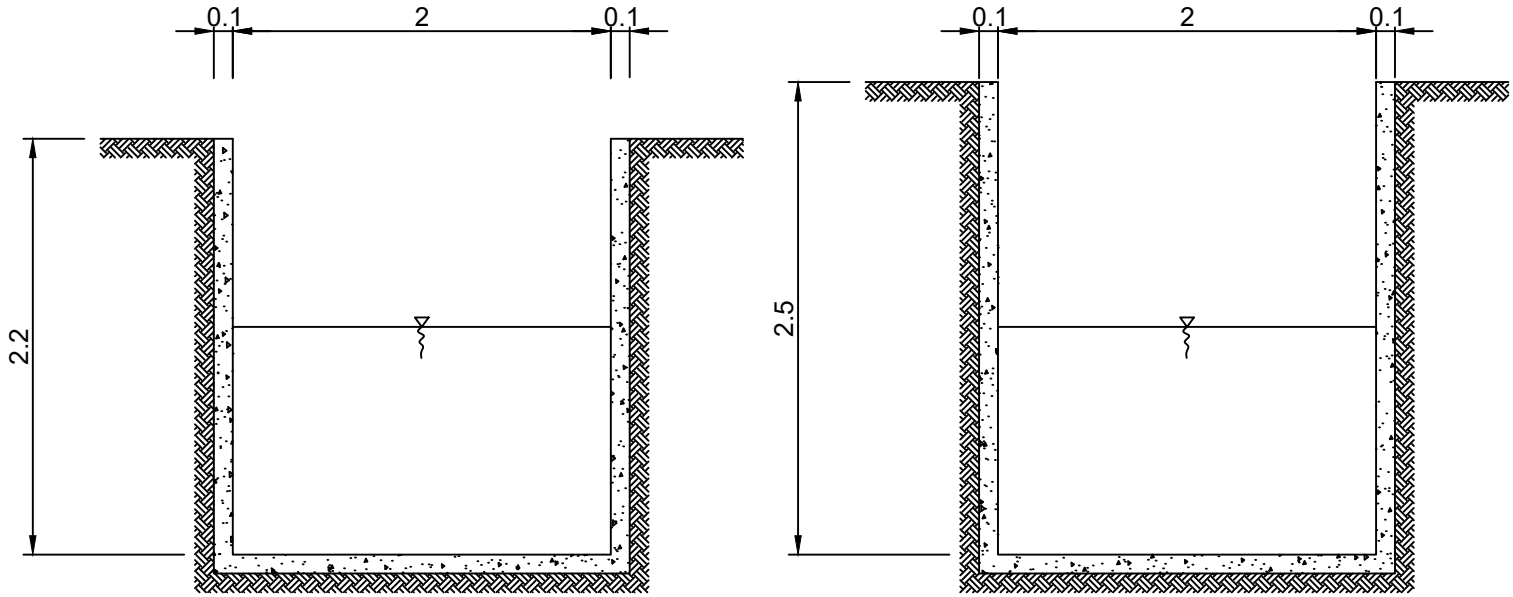
SATUAN GAMBAR :
METER

LEGENDA :

SIMBOL GAMBAR :

	BETON
	TANAH ASLI

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.24	236



CATATAN :
TEBAL SALURAN 0.1 METER ATAU 10 CM SUDAH MEMENUHI SYARAT PADA KRITERIA PERENCANAAN SALURAN KP-03 YAITU SEBESAR 8 - 10 CM

PENAMPANG SALURAN SEKUNDER
SKALA 1 : 40

GEOMETRI SALURAN RENCANA PERUMAHAN MULYOSARI

NAMA SALURAN	H	B	LENGTH	ROUGHNESS	INITIAL FLOW	MAXIMUM FLOW
	(m)	(m)	(m)		(m^3/sec)	(m^3/sec)
S379	2.2	2	117.28	0.02	1.9471	1.9931
S384	2.2	2	32.43	0.02	3.7027	3.7903
S385	2.2	2	28.98	0.02	3.9169	4.9107
S386	2.2	2	167.83	0.02	2.3880	2.4445
S388	2.5	2.2	40.4	0.02	4.3504	4.6225

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

PENAMPANG SALURAN SEKUNDER

SKALA GAMBAR :
1 : 40

SATUAN GAMBAR :
METER

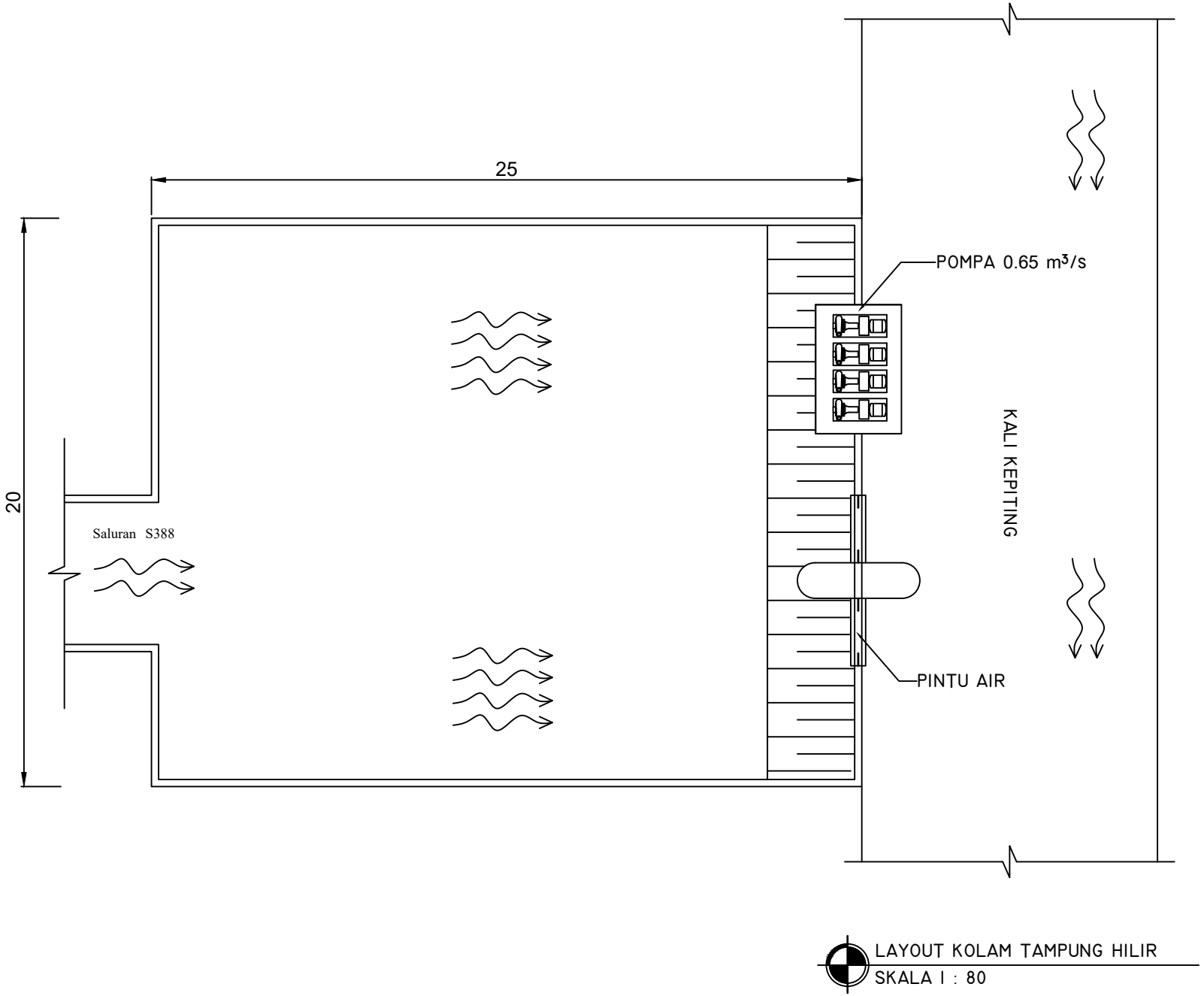
LEGENDA :

SIMBOL GAMBAR :

	BETON
	TANAH ASLI

NOMOR GAMBAR : LAMPIRAN 4.25

HALAMAN : 237



LAYOUT KOLAM TAMPUNG HILIR
SKALA I : 80

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

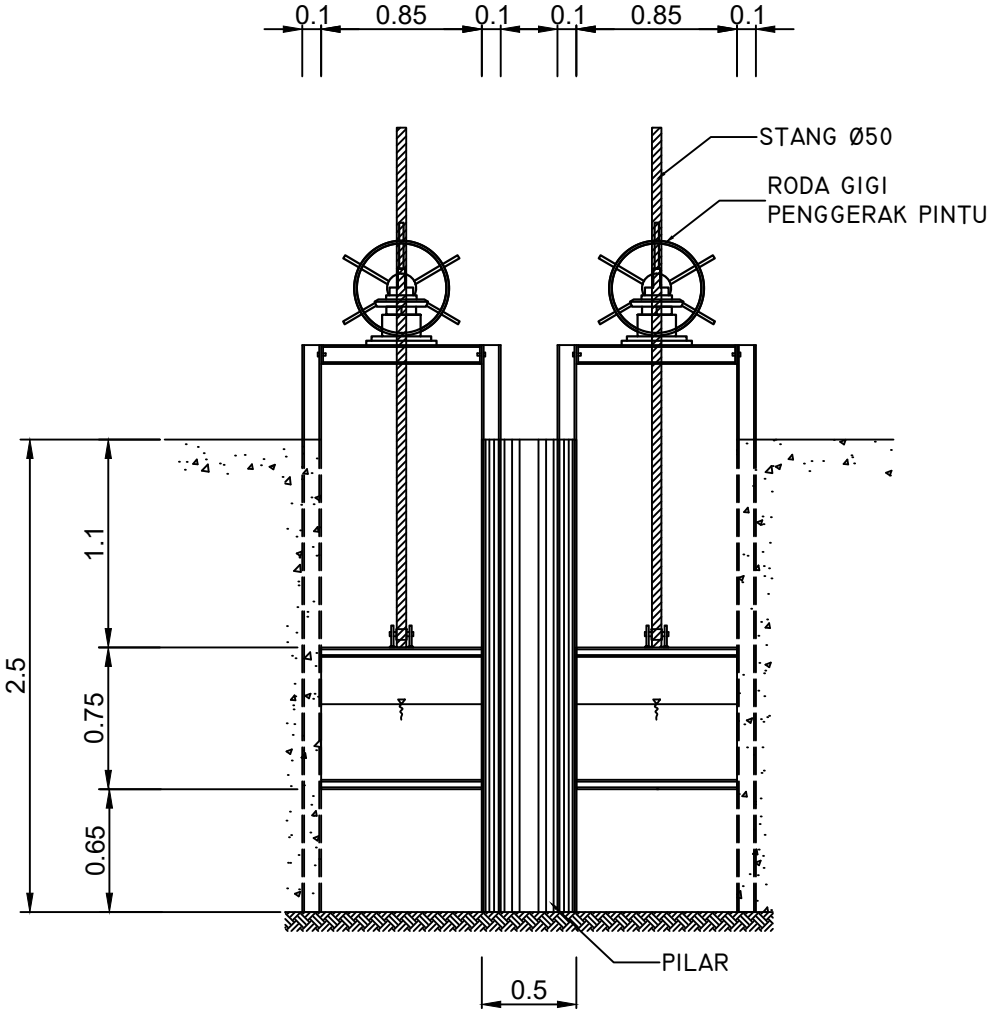
LAYOUT KOLAM TAMPUNG HILIR

SKALA GAMBAR :
1 : 80

SATUAN GAMBAR :
METER

LEGENDA :

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.26	238



DETAIL PINTU AIR HILIR
SKALA 1 : 40

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG
SALURAN DRAINASE
PERUMAHAN MULYOSARI,
SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

Dr. A.A.N. SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

DETAIL PINTU AIR HILIR

SKALA GAMBAR :
1 : 40

SATUAN GAMBAR :
METER

LEGENDA :

SIMBOL GAMBAR :

	BETON
	TANAH ASLI

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.27	239

NODE		Z1.9		Z1.8	Z1.7		Z1.6	Z1.5	Z1.4	Z1.3		Z1.2		Z1.1	Kolam Tampung	
PANJANG SALURAN			117.82		12.2	224.82		30.72	32.43	28.98	77.97		69.95		40.4	
ELV. MUKA AIR		3.09		3.09	3.10		3.05	3.01	2.99	2.97		2.47		2.32	2.20	
							3.05	3.01	2.99	2.97		2.47		2.32	2.20	
ELV. DASAR SALURAN		1.82		1.80	1.76		1.70	1.65	1.63	1.60		1.54		1.53	1.51	
							1.70	1.65	1.63	1.60		1.54		1.53	1.51	

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE PERUMAHAN MULYOSARI, SURABAYA TIMUR

NAMA & NRP MAHASISWA :

RIZALDI FIRDAUS ARDIYANTO
03III640000082

NAMA DOSEN PEMBIMBING :

Dr.techn. UMBORO LASMINTO, S.T., M.Sc.

A.A.N.SATRIA DAMARNEGARA, S.T., M.T.

JUDUL GAMBAR :

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER NODE ZI.9 - KOLAM TAMPUNG

SKALA GAMBAR :

1 : 4000

SATUAN GAMBAR :

METER

LEGENDA :

SIMBOL GARIS :

	DASAR SALURAN
	MUKA AIR
	SALURAN

NOMOR GAMBAR :	HALAMAN :
LAMPIRAN 4.28	240

BIODATA PENULIS

Penulis memiliki nama lengkap Rizaldi Firdaus Ardiyanto yang biasa dipanggil Zaldi. Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 7 Juni 1999 sebagai anak kedua dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yang dimulai di TK Maryam Surabaya, SDN Kedungdoro 3 / 308 Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, dan SMA Negeri 5 Surabaya. Kemudian, penulis diterima di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknis Sipil, Perencanaan, dan Kebumian ITS pada tahun 2016 melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111640000082. Selama masa perkuliahan, penulis aktif pada berbagai kepanitiaan seperti Gerigi ITS sebagai fasilitator (2017) Wisuda 117 Himpunan Mahasiswa Sipil sebagai staff dekorasi (2018), Civil Expo sebagai staff desain (2019). Selain itu, penulis pernah menempuh pelatihan seperti LKMM Pra-TD Reason 2016. Penulis juga mengikuti berbagai kegiatan lomba dalam bidang ketekniksipilan selama perkuliahan. Penulis berharap Tugas Akhir ini mampu menjadi salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah drainase khususnya pada Perumahan Mulyosari serta bermanfaat bagi para pembaca, apabila pembaca ingin berdiskusi, memberi kritik, dan/atau memberi saran dapat melalui e-mail: rizaldifirdaus810@gmail.com