



TUGAS AKHIR (RC-141510)

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
KEBON AGUNG KOTA SURABAYA, JAWA
TIMUR**

**MADE GITA PITALOKA
NRP 3113 100 135**

Dosen Pembimbing
Dr. Techn. Umboro L. S.T., M.Sc

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR (RC-14-1510)

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KEBON
AGUNG KOTA SURABAYA JAWA TIMUR**

**MADE GITA PITALOKA
NRP 3113 100 135**

**Dosen Pembimbing :
Dr. Techn. Umboro Lasminto., ST., M.Sc**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT (RC-14-1510)

**KEBON AGUNG'S DRAINAGE SYSTEM DESIGN
SURABAYA, EAST JAVA**

**MADE GITA PITALOKA
NRP 3113 100 135**

**Supervisor :
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KEBON AGUNG
KOTA SURABAYA JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Hidroteknik

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MADE GITA PITALOKA

NRP. 3116 000 135

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc. (Pembimbing I)



**SURABAYA
JANUARI 2017**

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KEBON AGUNG KOTA SURABAYA, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Made Gita Pitaloka
NRP : 3113 100135
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Dr. techn. Umboro L. S.T., M.Sc.

Abstrak

Saluran Kebon Agung membentang dari Surabaya bagian selatan, Kecamatan Jambangan dan bermuara di sisi laut Surabaya bagian Timur, Kecamatan Rungkut. Saluran ini memiliki panjang 11 kilometer dan lebar berkisar antara 7 – 12 meter. Pada saluran Kebon Agung terdapat 2 rumah pompa, yaitu Pompa Kutisari dan Pompa Kebon Agung. Rumah pompa ini sudah berfungsi agar dapat mengurangi banjir di Surabaya, namun masih kurang maksimal, sehingga masih terjadi genangan di beberapa lokasi. Menurut BAPPEKO (Badan Perencanaan Pembangunan Kota) Surabaya tahun 2015, terjadi genangan setinggi 10-40 cm di Kecamatan Wonocolo dan setinggi 10-50 cm di Kecamatan Gununganyar.

Perencanaan sistem drainase Kebon Agung dilakukan dengan meninjau kondisi saluran eksisting terlebih dahulu, kemudian melakukan analisa hidrologi dengan menggunakan program bantu HEC-HMS untuk mendapatkan debit banjir rencana. Sedangkan, analisa hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS dengan dua kali simulasi aliran tidak tetap (unsteady flow), yaitu simulasi kondisi saluran eksisting dan hasil perencanaan.

Berdasarkan hasil analisa kondisi eksisting diperoleh bahwa genangan air terjadi karena kapasitas saluran yang tidak mampu mengalirkan debit banjir, seperti dimensi saluran yang kurang sesuai, dan adanya sedimentasi, sampah, tanaman liar di saluran. Kapasitas saluran Kebon Agung saat ini tidak dapat

mengalirkan debit banjir rencana, sehingga dibutuhkan perencanaan baru. Lebar saluran primer yang diperlukan berkisar antara 8 meter sampai 20 meter dengan kedalaman 3 meter sampai 4,5 meter, lebar saluran sekunder yang diperlukan berkisar antara 5 meter sampai 8 meter dengan kedalaman 2 meter sampai 2,5 meter, dan untuk lebar saluran tersier yang diperlukan berkisar antara 1 meter sampai 2,5 meter dengan kedalaman 1 meter sampai 2 meter. Jumlah pompa yang dibutuhkan adalah sebanyak 5 dengan kapasitas 10 m³/detik dan 3 buah pompa dengan kapasitas 1,5 m³/detik.

Kata Kunci : Drainase, Kebon Agung, HEC-HMS, HEC-RAS

KEBON AGUNG'S DRAINAGE SYSTEM DESIGN SURABAYA, EAST JAVA

Name : Made Gita Pitaloka
NRP : 3113 100135
Department : Teknik Sipil FTSP – ITS
Supervisor : Dr. techn. Umboro L. S.T., M.Sc.

Abstract

Kebon Agung channel is in the southern part of Surabaya in Jambangan district to the eastern part of Surabaya in Rungkut district. This channel is 11 kilometers long and about 7 – 12 meters wide. Today there are 2 pump houses serving the Kebon Agung channel, they are Kutisari pump house and Kebon Agung pump house. These pump houses have been operated to reduce the flood in Surabaya, however this facilities aren't sufficient yet since the inundation continue to occur in several locations. Based on Surabaya High Flood Risk Region Map 2014, a neighborhood with high flood risk was found in Jambangan district as the result of Kali Surabaya overflow. In addition, as stated by BAPPEKO (Badan Perencanaan Pembangunan Kota) Surabaya year 2015, inundation with height of 10-40 cm in Wonocolo district and of 10-50 cm in Gununganyar district happened to occur as well..

Kebon Agung drainage system planning is carried out by considering the existing channel condition, then continued by analyzing the hydrology aspect using HEC-HMS software in order to obtain the flood discharge. The hydraulic aspect is analyzed next using HEC-RAS software with two-times unsteady flow simulations, by means the simulation of existing channel condition and the result of channel design.

According to the result of existing channel analysis, it is proved that the inundation occurred because the channel capacity was not able to stream the current discharge. This innappropriate

condition is caused by the following factors; channel dimensions that did not correspond to the discharge, and the existence of sedimentation/trashes/water plants along the channel. The new design of channel dimensions are required as the current capacity of Kebon Agung channel was no longer suitable to stream the flood discharge. The width required for the primary channel is about 7 meter to 15 meter with 3 meter depth. For the secondary channel, the dimension is designed is about 5 meter to 8 meter wide and 2,5 meter deep. The last is the tertiary channel, which requires dimension 1,2 meter to 2 meter wide and 1 meter to 2 meter deep. The new total of pump facilities are 5 pumps with 10 m³/sec capacity and 3 pumps with with 1,5 m³/sec.

Keywords: Drainage, Kebon Agung, HEC-HMS, HEC-RAS

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap Puji Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Sistem Drainase Kebon Agung Kota Surabaya, Jawa Timur”.

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

1. Orang tua, Kak Oka dan keluarga yang selalu senantiasa memberikan doa dan support tiada henti kepada penulis.
2. Bapak Dr. Techn Umboro Lasminto, ST., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang dengan senantiasa sabar memberikan arahan dan bimbingannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Yang Ratri Savitri ST., MT., selaku dosen konsultasi yang memberikan arahan dan dukungan kepada penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Made Bella Sintya, Gung In, Dea sebagai sahabat yang senantiasa menghibur dan menemani penulis dikala suka dan duka selama perkuliahan.
5. Anindita, Vanessa, Safira, Astri, Devi, Etza dan Cynty sebagai sahabat yang senantiasa membantu dan menemani baik dalam hal akademik maupun non akademik selama perkuliahan dikampus.
6. Mas Junaedi, Mas Dadang, Mbak Risma, Panglima, Lathief yang telah memberikan bantuan dalam Tugas Akhir ini.
7. Nindy, Desak, Mikha, Silvy sebagai teman kosan yang menghiasi hari – hari di kosan seperti di rumah.
8. Aris, Iput, Vikan, Aldy, Alit, Adit, Diksi, Candra sebagai teman – teman TPKH yang menghibur dan menemani selama perkuliahan.

9. Riza Gita, Rasyadani, Nathanael, Rizki P atas bantuan nya selama perkuliahan.
10. Teman – teman Angkatan 2013 serta teman – teman Teknik Sipil ITS yang telah memberikan arti kekeluargaan di kampus.
11. Wahyu Widiartha atas doa dan dukungan nya.

Penulis berusaha untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya dan menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Karena itu, segala bentuk saran, koreksi maupun kritik dari pembaca sangat penulis harapkan.

Surabaya, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	2
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Lokasi Perencanaan.....	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5

2.1.	Pengertian Sistem Drainase.....	5
2.1.2	Fungsi Drainase Perkotaan.....	6
2.1.3	Pembagian Sistem Drainase Berdasarkan Fisiknya.....	6
2.2	Analisa Hidrologi.....	7
2.2.1	Analisa Hujan Rata-Rata.....	7
2.2.2	Uji Distribusi Data Hujan.....	11
2.2.3	Analisa Frekuensi dan Probabilitas.....	13
2.2.4	Uji Kecocokan Distribusi.....	19
2.2.5	Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang.....	25
2.2.6	Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	26
2.3	Analisa Hidrolika.....	29
2.3.1	Debit Hidrolika.....	29
2.3.2	HEC-RAS.....	29
BAB III.....		31
METODOLOGI.....		31
3.1	Survei Lapangan/ Survei Pendahuluan.....	31
3.2	Studi Literatur.....	31
3.3	Pengumpulan Data.....	31
3.4	Analisa Hidrologi.....	32
3.5	Analisa Hidrolika.....	32
3.6	Kesimpulan.....	32
3.7	Flowchart.....	32

BAB IV	35
HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Survey Pendahuluan	35
4.2 Pengumpulan Data	38
4.3 Analisa Hidrologi	45
4.3.1 Analisa Hujan Rata-rata	46
4.3.2 Analisa Parameter Statistik	59
4.3.2.1 Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel.....	59
4.3.2.2 Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel.....	61
4.3.3 Uji Kecocokan Distribusi	64
4.3.3.1 Uji Chi-Kuadrat (Chi Square)	65
4.3.3.2 Uji Smirnov Kolmogorov.....	67
4.3.4 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang	70
4.3.6 Perhitungan SCS Unit Hidograf	71
4.3.6.1 Nilai CN dan Impervious	71
4.3.6.2 Nilai Retensi Maksimum.....	75
4.3.6.3 Nilai Kemiringan Lahan.....	76
4.3.6.4 Nilai Time Lag	76
4.3.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana	79
4.3.7.1 Basin Model	85
4.3.7.2 Time – Series Data	88
4.3.7.3 Meteorologic Models	89
4.3.7.4 Control Specifications	90
4.3.7.5 Simulation Run.....	90
4.4 Analisa Hidrolika	93
4.4.1 Perhitungan Dimensi Saluran Tersier.....	93

4.4.2	Analisa Kapasitas Saluran Primer dan Bangunan Pelengkap Eksisting	99
4.4.2.1	Setting Units System	99
4.4.2.2	Data Geometri	100
4.4.2.3	Cross Section.....	100
4.4.2.4	Unsteady Flow Data	101
4.4.2.5	Pump Station	103
4.4.2.6	Simulation Run.....	104
4.4.3	Analisa Kapasitas Saluran Primer dan Saluran Sekunder Rencana beserta Bangunan Pelengkap	105
4.4.3.1	Data Geometri	105
4.4.3.2	Cross Section.....	105
4.4.3.3	Unsteady Flow Data	106
4.4.3.4	Pump Station	108
4.4.3.5	Simulation Run.....	109
BAB V	113
KESIMPULAN	113
5.1	Kesimpulan	113
5.2	Saran	114
DAFTAR PUSTAKA	115
LAMPIRAN	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Lokasi Studi Perencanaan	3
Gambar 2. 1 Metode Poligon Thiessen.....	9
Gambar 2. 2 Isohyet.....	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi	33
Gambar 4. 1. Penampang Saluran yang Kurang Layak (Saluran Primer)	35
Gambar 4. 2. Adanya Sedimentasi di Saluran Sekunder Ketintang.....	36
Gambar 4. 3 Adanya Sedimentasi dan Sampah di Saluran Primer Kebon Agung - Jl. Medokan	37
Gambar 4. 4 Pemukiman di Tepi Saluran Primer Kebon Agung - Jemur.....	37
Gambar 4. 5 Buangan Domestik di Saluran Primer Kebon Agung - Hilir.....	38
Gambar 4. 6 Pembagian Daerah Stasiun Hujan yang Berpengaruh Berdasarkan Metode Poligon Thiessen ..	46
Gambar 4. 7 Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya, 2009 (wilayah DAS Kebon Agung).....	71
Gambar 4. 8 Legenda Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya, 2009	72
Gambar 4. 9 Peta Topografi Surabaya, 2010.....	76
Gambar 4. 10 Pompa Jambangan Saat Beroperasi (9/11/16)....	80
Gambar 4. 11 Rumah Pompa Jambangan	80
Gambar 4. 12 Batas Catchment Area DAS Kebon Agung sekitar Pompa Jambangan	81
Gambar 4. 13 Menulis Nama Project.....	84
Gambar 4. 14 Mengatur Beberapa Pengaturan pada Program Settings.....	84

Gambar 4. 15	Skema Jaringan DAS Kebon Agung pada program bantu HEC – HMS	86
Gambar 4. 16	Input Subbasin Data pada Basin Model HEC-HMS	87
Gambar 4. 17	Input CN dan Impervious pada Basin Model HEC-HMS	87
Gambar 4. 18	Input Time Lag pada Basin Model HEC-HMS..	87
Gambar 4. 19	Input Data Hujan Periode Ulang (Gage 1) pada Meteorological HEC – HMS	88
Gambar 4. 20	Input Meteorological HEC – HMS	89
Gambar 4. 21	Input Meteorological HEC – HMS	90
Gambar 4. 22	Setting Units System pada program bantu HEC – RAS.....	99
Gambar 4. 23	Geometri Data DAS Kebon Agung pada program bantu HEC – RAS.....	100
Gambar 4. 24	Skema DAS Kebon Agung (Saluran Primer) pada program bantu HEC – RAS	100
Gambar 4. 25	Cross Section Saluran Primer Kebon Agung (RS : 16), pada program bantu HEC – RAS.....	101
Gambar 4. 26	Unsteady Flow Data pada program bantu HEC – RAS.....	102
Gambar 4. 27	Input Unsteady Flow Data (RS : 18) pada program bantu HEC – RAS	102
Gambar 4. 28	Pump Station pada program bantu HEC – RAS.....	103
Gambar 4. 29	Input Rating Curve Pompa Jemur Andayani pada program bantu HEC – RAS	103
Gambar 4. 30	Long Section Saluran Primer Eksisting DAS Kebon Agung tanpa pompa pada program bantu HEC – RAS.....	104
Gambar 4. 31	Long Section Saluran Primer Eksisting DAS Kebon Agung dengan pompa pada program bantu HEC – RAS.....	104

Gambar 4. 32. Skema DAS Kebon Agung (Rencana) pada program bantu HEC – RAS	105
Gambar 4. 33 Cross Section Saluran Primer Kebon Agung (P1 – P6; RS : 14) pada program bantu HEC – RAS	106
Gambar 4. 34 Unsteady Flow Data pada program bantu HEC – RAS.....	107
Gambar 4. 35 Input Unsteady Flow Data (Sekunder 10; RS : 2) pada program bantu HEC – RAS.....	107
Gambar 4. 36 Pump Station pada program bantu HEC – RAS.....	108
Gambar 4. 37. Input Rating Curve Pompa Kebon Agung pada program bantu HEC – RAS	108
Gambar 4. 38. Long Section Saluran Primer Rencana DAS Kebon Agung dengan pada program bantu HEC – RAS.....	109
Gambar 4. 39 Cross Section Saluran Primer Rencana (P8 – P9) DAS Kebon Agung dengan pada program bantu HEC – RAS.....	109
Gambar 4. 40 Long Section Saluran Sekunder Rencana (Sekunder 11) DAS Kebon <i>dengan pada program bantu HEC – RAS</i> Agung.....	110
Gambar 4. 41. Cross Section Saluran Sekunder Rencana DAS Kebon Agung (Sekunder 11; S25 – P18) dengan pada program bantu HEC – RAS	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Nilai K Distribusi Pearson Tipe III.....	14
Tabel 2. 2	Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	15
Tabel 2. 3	YT untuk Metode Gumbel.....	18
Tabel 2. 4	Yn untuk Metode Gumbel	18
Tabel 2. 5	Sn untuk Metode Gumbel.....	19
Tabel 2. 6	Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat	22
Tabel 2. 7	Nilai Kritis D_0 Uji Smirnov – Kolmogorov.....	24
Tabel 2. 8	Periode Ulang Hujan (PUH) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunannya.....	25
Tabel 2. 9	Harga CN yang disesuaikan dengan DAS di Indonesia.....	27
Tabel 4. 1	Nama, Kode dan Catchment Area Saluran Tersier....	38
Tabel 4. 2	Nama, Kode dan Panjang Saluran Tersier.....	41
Tabel 4. 3	Nama, Kode dan Catchment Area Saluran Sekunder dan Saluran Primer.....	44
Tabel 4. 4	Nama, Kode dan Panjang Saluran Sekunder dan Saluran Primer	45
Tabel 4. 5	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1994	47
Tabel 4. 6	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1995	48
Tabel 4. 7	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1996.....	49
Tabel 4. 8	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1997	50
Tabel 4. 9	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1998	51
Tabel 4. 10	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1999	52
Tabel 4. 11	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2000	53
Tabel 4. 12	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2001	54
Tabel 4. 13	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2002	55
Tabel 4. 14	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2003	56
Tabel 4. 15	Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2004	57
Tabel 4. 16	Rekapitulasi Curah Hujan Rata-Rata Maksimum....	58

Tabel 4. 17	Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel.....	59
Tabel 4. 18	Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III	62
Tabel 4. 19	Kesimpulan Analisa untuk Pemilihan Jenis Distribusi.....	64
Tabel 4. 20	Perhitungan Batasan Sub Grup.....	66
Tabel 4. 21	Perhitungan Pengujian Parameter Uji Chi-Kuadrat.	67
Tabel 4. 22	Perhitungan Pengujian Parameter Uji Smirnov Kolmogorov	68
Tabel 4. 23	Tinggi Hujan Pada Jam ke-t	70
Tabel 4. 24	Nilai CN dan Impervious untuk DAS Kebon Agung.....	72
Tabel 4. 25	Parameter SCS Unit Hidograf untuk DAS Kebon Agung.....	76
Tabel 4. 26	Hasil Perhitungan Qp Saluran Sekitar Pompa Jambangan	83
Tabel 4. 27	Kapasitas Pompa Tahun 2014	83
Tabel 4. 28	Macam Element Tools dan Kegunaannya	85
Tabel 4. 29	Peak Discharge Saluran Tersier PUH 2 tahun	90
Tabel 4. 30	Dimensi U – Ditch.....	93
Tabel 4. 31	Rencana Tipe U – Ditch Saluran Tersier DAS Kebon Agung.....	96
Tabel 4. 32.	Dimensi Saluran Sekunder Rencana DAS Kebon Agung.....	110
Tabel 4. 33.	Dimensi Saluran Primer Eks Rencana DAS Kebon Agung.....	111

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Curah Hujan Rata-rata Harian (lanjutan).....	117
Lampiran 2. Brosur U-Ditch.....	127
Lampiran 3. Long Section (Output dari HEC – RAS).....	129

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya merupakan kota metropolitan terbesar kedua di Indonesia setelah Ibu Kota Jakarta. Kota pahlawan ini mengalami perkembangan pesat terutama di daerah Surabaya Barat dan Surabaya Timur, ditunjukkan dengan peningkatan pertumbuhan penduduk dan perubahan peruntukan lahan yang semakin cepat. Hal ini terjadi karena kemajuan Kota Surabaya terutama dalam bidang ekonomi menjadi daya tarik tersendiri bagi masyarakat yang ada di sekitarnya. Banyak terjadi perubahan fungsi lahan resapan menjadi bangunan sehingga lahan resapan semakin berkurang. Akibatnya limpasan air hujan banyak yang mengalir di permukaan. Bila hal ini terus terjadi, maka saluran tidak akan mampu menampung limpasan air hujan yang terjadi. Sehingga, air akan meluap ke permukaan dan terjadi genangan.

Saluran Kebon Agung terletak di Kecamatan Jambangan dan bermuara di laut sisi timur di Kecamatan Rungkut. Saluran ini memiliki panjang 11,5 kilometer dan lebar antara 7-11 meter (Dinas PU Binamarga dan Pematusan, 2014). Saluran Kebon Agung terdapat 3 rumah pompa, yaitu Pompa Jambangan, Pompa Kutisari dan Pompa Kebon Agung. Rumah pompa ini sudah berfungsi agar dapat mengurangi banjir di Surabaya, namun masih kurang maksimal, sehingga masih terjadi genangan di beberapa lokasi.

Berdasarkan Peta Kawasan Rawan Banjir Kota Surabaya tahun 2014, terdapat kawasan rawan banjir di pemukiman kampung wilayah kecamatan Jambangan akibat luapan sungai Kali Surabaya. Selain itu, menurut BAPPEKO (Badan Perencanaan Pembangunan Kota) Surabaya tahun 2015, terjadi pula genangan setinggi 10-40 cm di Kecamatan Wonocolo dan setinggi 10-50 cm di Kecamatan Gununganyar. Daerah-daerah genangan tersebut merupakan daerah padat penduduk dan berada di dalam DAS Kebon Agung. Bila dibiarkan terus menerus, genangan yang terjadi

dapat menimbulkan masalah kesehatan serta mengganggu aktivitas penduduk sekitar. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan kembali sistem drainase Kebon Agung agar genangan yang terjadi dapat diatasi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ingin diselesaikan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana kondisi eksisting sistem drainase Kebon Agung?
2. Berapa debit banjir rencana sistem drainase Kebon Agung?
3. Berapa kapasitas penampang saluran primer Kebon Agung?
4. Bagaimana desain saluran dan pompa sistem drainase Kebon Agung?

1.3 Batasan Masalah

Yang menjadi batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. *Catchment Area* yang ditinjau hanya pada kawasan yang air limpasannya kemungkinan akan membebani saluran drainase Kebon Agung
2. Studi ini hanya meninjau debit berdasarkan hujan dan tidak memperhitungkan buangan air kotor (air buangan rumah tangga)
3. Studi ini tidak memperhitungkan sedimentasi
4. Studi ini tidak memperhitungkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam pengerjaan saluran drainasenya

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui kondisi eksisting saluran primer Kebon Agung
2. Menghitung debit banjir rencana sistem drainase Kebon Agung
3. Menghitung kapasitas eksisting saluran primer Kebon Agung
4. Merencanakan saluran dan pompa sistem drainase Kebon Agung

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengurangi limpasan air yang terjadi di permukaan yang langsung dibuang menuju saluran akhir.

1.6 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan jaringan drainase sistem Kebon Agung mempunyai hulu di Kecamatan Jambangan berlanjut ke arah timur sepanjang saluran Kebon Agung dan berakhir di laut sisi timur Kecamatan Rungkut, Surabaya.



Gambar 1. 1. Saluran Primer Kebon Agung
(*source: google earth*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Sistem Drainase

Pekerjaan drainase mencakup pekerjaan pengendalian air permukaan yang berlebih (banjir, genangan) dan pengaturan muka air di sungai serta pengendalian air tanah. Untuk mengetahui permasalahan drainase, dijabarkan terlebih dahulu mengenai pengertian, fungsi, pola dan cara penanggulangan banjir.

2.1.1 Sistem Drainase Perkotaan

Drainase permukiman/perkotaan adalah ilmu yang mempelajari usaha untuk mengatur dan mengalirkan air limbah dan air yang berlebihan di suatu permukiman atau perkotaan. Untuk memahami drainase secara menyeluruh dapat kita lihat pengertian dari panduan dan petunjuk praktis pengelolaan drainase perkotaan kementerian PU tahun 2003.

Berikut diperlihatkan beberapa pengertian pokok tentang drainase :

1. Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan.
2. Drainase perkotaan: adalah sistem drainase dalam wilayah administrasi kota dan daerah perkotaan (urban) yang berfungsi untuk mengendalikan atau mengeringkan kelebihan air permukaan didaerah pemukiman yang berasal dari hujan lokal, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan hidup manusia.
3. Drainase berwawasan lingkungan: pengelolaan drainase yang tidak menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan.

Terdapat 2 pola yang dipakai:

- a. Pola detensi (menampung air sementara), misalnya dengan membuat kolam penampungan.
- b. Pola retensi (meresapkan), antara lain dengan membuat sumur resapan, saluran resapan, bidang resapan atau kolam resapan.
- c. Pengendali banjir adalah bangunan untuk mengendalikan tinggi muka air agar tidak terjadi limpasan dan atau genangan yang menimbulkan dampak atau kerugian.
- d. Badan penerima air adalah sungai, danau, atau laut yang menerima aliran dari sistim drainase perkotaan.

2.1.2 Fungsi Drainase Perkotaan

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, terdapat 4 fungsi dari drainase perkotaan, yaitu :

1. Meringankan bagian wilayah kota dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif.
2. Mengalirkan air permukaan ke badan air penerima terdekat secepatnya.
3. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
4. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah (konservasi air).

2.1.3 Pembagian Sistem Drainase Berdasarkan Fisiknya

Berdasarkan fisiknya, sistem drainase terdiri atas 3 saluran, yaitu :

- a. Sistem saluran primer
Merupakan saluran utama yang menerima masukan aliran dari saluran sekunder. Dimensi saluran ini relatif besar. Akhir saluran primer adalah badan penerima air.
- b. Sistem saluran sekunder
Merupakan saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi

menerima aliran air dari saluran tersier dan limpasan air dari permukaan sekitarnya dan meneruskan air ke saluran primer. Dimensi saluran tergantung pada debit yang dialirkan.

- c. Sistem saluran tersier
Merupakan saluran drainase yang menerima air dari saluran drainase lokal.

2.2 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi diperlukan untuk dapat mengetahui secara detail parameter-parameter hidrologi dalam kaitannya untuk merancang atau mendesain bangunan air. Pada studi ini analisis hidrologi digunakan untuk mengetahui karakteristik hujan, menganalisis hujan rancangan dan analisis debit rancangan.

2.2.1 Analisa Hujan Rata-Rata

Dalam perencanaan drainase kawasan, perlu diketahui besarnya curah hujan yang mewakili DAS kawasan tersebut. Adapun metode yang dapat digunakan, yaitu :

1. Rata-rata Aljabar (*Arithmetic Mean*)

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang sama. (cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar).

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (2.1)$$

(Sumber : Suripin, 2004)

Dimana:

- P : curah hujan daerah (mm)
n : jumlah titik-titik pengamatan
P₁, P₂, P₃, P_n : curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan (mm)

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah dibentuk dengan menggambar garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (Gambar 2.1). Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat.

Hasil metode polygon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

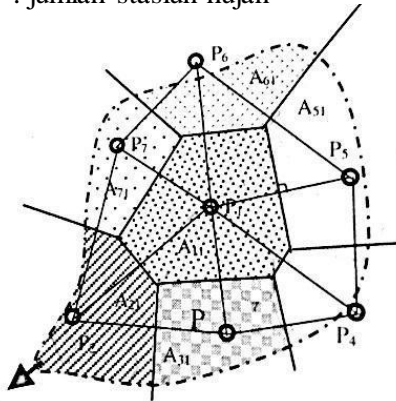
- 1). Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
- 2). Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen (Gambar 2.1). Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- 3). Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, A, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
- 4). Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{(A_1P_1) + (A_2P_2) + \dots + (A_nP_n)}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)} \\
 &= \frac{(A_1R_1) + (A_2R_2) + \dots + (A_nR_n)}{A_{total}}
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

(Sumber : Suripin, 2004)

Dimana:

- P : curah hujan rata-rata daerah aliran (mm)
 A_1, \dots, A_n : luas daerah pengaruh stasiun hujan (km^2)
 P_1, \dots, P_n : curah hujan tercatat di pos hujan (mm)
 n : jumlah stasiun hujan



Gambar 2. 1 Metode *Poligon Thiessen*

(Sumber : Suripin, 2004)

3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara actual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi Metode Thiessen yang secara acak menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi.

Metode isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

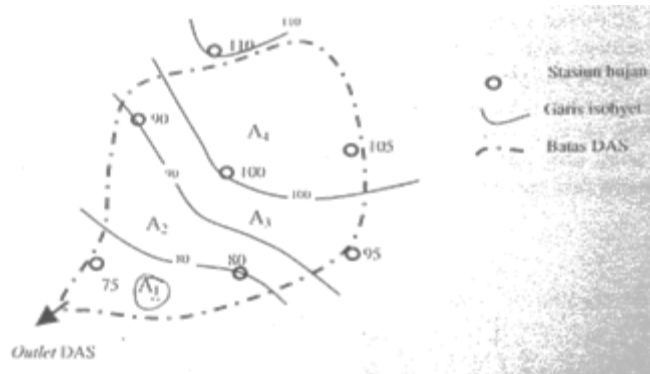
- 1). Plot kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
- 2). Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.
- 3). Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + \dots + A_{n-1}} \quad (2.3)$$

atau

$$P = \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \quad (2.4)$$



Gambar 2. 2 Isohyet
(Sumber : Suripin, 2004)

Cara Memilih Metode :

Lepas dari kelebihan dan kelemahan ketiga metode yang tersebut diatas, pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut :

1. Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS

Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode Isohyet, Thiessen atau rata-rata dapat dipakai
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau Thiessen
Pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

2. Luas DAS

DAS besar	(>5000 km ²)	Metode Isohyet
DAS sedang	(500 s/d 5000 km ²)	Metode Thiessen
DAS kecil	(<500 km ²)	Metode rata-rata aljabar

3. Topografi DAS

Pegunungan	Metode rata-rata aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Metode Isohyet

(Sumber : Suripin, 2004)

2.2.2 Uji Distribusi Data Hujan

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia, dicoba dahulu dilakukan penelitian distribusi yang sesuai untuk perhitungan. Masing-masing distribusi yang

telah disebutkan diatas memiliki sifat-sifat khas, sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing tersebut. Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik diantaranya terdiri dari :

- x : nilai rata-rata hitung
- σ, S : standar deviasi
- Cv : koefisien variasi
- Ck : koefisien ketajaman
- Cs : koefisien kemencengan

Setiap parameter statistik tersebut dicari berdasarkan rumus :

1. Nilai rata-rata (*Mean*)

$$X = \frac{\sum X}{n} \quad (2.5)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

- \bar{X} : nilai rata-rata curah hujan (mm)
- X : nilai curah hujan (mm)
- n : jumlah data curah hujan

2. Deviasi Standar (*Standard Deviation*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2.6)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

- S : standar deviasi curah hujan
- \bar{X} : nilai rata-rata curah hujan (mm)
- X : nilai curah hujan (mm)
- n : jumlah data curah hujan

3. Koefisien variasi (*Coefficien of Variation*)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

(Sumber : Soewarno, 1995) (2.7)

Dimana :

- Cv : koefisien variasi curah hujan
 S : standar deviasi curah hujan
 \bar{X} : nilai rata-rata curah hujan (mm)

4. Koefisien kemencengan (*Coefficien of Sweekness*)

$$Cs = \frac{\Sigma (X - \bar{X})^3 \cdot N}{(n - 1)(n - 2)S^3} \quad (2.8)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

- Cs : koefisien kemencengan curah hujan
 S : standar deviasi curah hujan
 \bar{X} : nilai rata-rata curah hujan (mm)
 X : nilai curah hujan (mm)
 n : jumlah data curah hujan

5. Koefisien ketajaman (*Coefficien of Kurtosis*)

Koefisien ketajaman digunakan untuk mengukur keruncingan bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$Ck = \frac{\Sigma (X - \bar{X})^4 \cdot n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4} \quad (2.9)$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Dimana :

- Ck : koefisien kurtosis curah hujan
 S : standar deviasi curah hujan
 \bar{X} : nilai rata-rata curah hujan (mm)
 X : nilai curah hujan (mm)
 n : jumlah data curah hujan

2.2.3 Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Beberapa metode distribusi yang dapat dilakukan, yaitu :

1. Metode Distribusi Normal

Metode ini disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan ini menggunakan persamaan :

$$X = \bar{X} + Kt \cdot \frac{S}{\sqrt{Kt}} \quad (2.10)$$

$$Kt = \frac{Xt - \bar{X}}{S} \quad (2.11)$$

(Sumber : Suripin, 2004)

Dimana :

- Xt : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tertentu T-tahunan
- \bar{X} : nilai rata-rata
- S : standar deviasi
- Kt : faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

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

Tabel 2. 1 Nilai K Distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III

Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (tahun)					
	2	10	25	50	100	200
	Probabilitas					
	50 %	10 %	4 %	2 %	1 %	0,5 %
3,0	-0,396	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,5	-0,360	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,0	-0,307	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,8	-0,282	1,318	2,193	2,193	3,499	4,147
1,6	-0,254	1,329	2,163	2,163	3,388	3,990
1,4	-0,225	1,337	2,128	2,128	3,271	3,828
1,2	-0,195	1,340	2,087	2,087	3,149	3,661

1,0	-0,164	1,340	2,043	2,430	3,022	3,489
0,9	-0,148	1,339	2,018	2,018	2,957	3,401
0,8	-0,132	1,336	1,993	1,993	2,891	3,312
0,7	-0,116	1,333	1,967	1,967	2,824	3,223
0,6	-0,099	1,328	1,939	1,939	2,755	3,132
0,5	-0,083	1,323	1,910	1,910	2,686	3,041
0,4	-0,066	1,317	1,880	1,880	2,615	2,949
0,3	-0,050	1,309	1,849	1,849	2,544	2,856
0,2	-0,033	1,301	1,818	1,818	2,472	2,763
0,1	-0,017	1,292	1,785	1,785	2,400	2,670
0,0	0,000	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,017	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
-0,2	0,033	1,253	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,3	0,050	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,4	0,066	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	0,083	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	0,099	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,7	0,116	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,8	0,132	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,9	0,148	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1,0	0,164	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,2	0,195	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,4	0,225	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,6	0,254	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,8	0,282	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-2,0	0,307	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
-2,5	0,360	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
-3,0	0,396	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

T (tahun)	Peluang	Y
1.001	0.001	-1.93
1.005	0.005	-1.67
1.01	0.01	-1.53
1.05	0.05	-1.097
1.11	0.1	-0.834
1.25	0.2	-0.476
1.33	0.25	-0.326
1.43	0.3	-0.185
1.67	0.4	0.087
2	0.5	0.366
2.5	0.6	0.671
3.33	0.7	1.03
4	0.75	1.24
5	0.8	1.51
10	0.9	2.25
20	0.95	2.97
50	0.98	3.9
100	0.99	4.6
200	0.995	5.29
500	0.998	6.21
1000	0.999	6.9

(Sumber : Suripin, 2004)

2. Metode Log Person Type III
Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

Urutkan data-data curah hujan (X) mulai dari harga yang terbesar hingga terkecil. Perhitungan Metode Log Pearson Type III dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + K \cdot S\overline{\text{Log}X} \quad (2.13)$$

Dimana :

Log X : logaritma curah hujan untuk periode tertentu

$\overline{\text{Log}X}$: hujan rata-rata dari logaritmik data

$S\overline{\text{Log}X}$: standar deviasi logaritmik

K : faktor dari distribusi Log Pearson Type III, dari tabel fungsi Cs dan probabilitas kejadian (Tabel 2.1)

3. Distribusi Log Normal

$$Y = \bar{Y} + Kt \cdot \frac{S}{Xt - \bar{X}} \quad (2.14)$$

$$Kt = \frac{Xt - \bar{X}}{S} \quad (2.15)$$

(Suripin, 2004)

Dimana :

Xt : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tertentu T-tahunan

\bar{X} : nilai rata-rata

S : standar deviasi

Kt : faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

4. Metode Distribusi Gumbel

$$X_T = X + \frac{Sd}{S_n} (Y_T - \bar{Y}_n) \quad (2.16)$$

Rumus hubungan periode ulang T dengan YT:

untuk $T > 20$, $YT = \ln T$

Dimana :

- X_T : nilai hujan rencana dengan data T tahun
 \bar{X} : nilai rata-rata hujan
 S : standar deviasi
 Y_T : nilai reduksi variat (*reduced variate*) dari variable yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun (Tabel 2.3)
 Y_n : nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduced mean*), nilainya tergantung dari jumlah data (Tabel 2.4)
 S_n : deviasi standar dari reduksi variat (*reduced standart deviation*), nilai tergantung dari jumlah data (n) (Tabel 2.4)

Tabel 2. 3 Y_T untuk Metode Gumbel

Periode Ulang (tahun)	<i>Reduced Variate</i>
2	0,3655
5	1,9940
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

(Sumber : Soewarno, 1995)

Tabel 2. 4 Y_n untuk Metode Gumbel

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

(Sumber : Soewarno, 1995)

Tabel 2. 5 S_n untuk Metode Gumbel

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

(Sumber : Soemarto, 1999)

2.2.4 Uji Kecocokan Distribusi

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat

menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengejian parameter yang sering dipakai adalah Chi kuadrat (Chi square) dan Smirnov – Kolgomorov. (*Sumber : Suripin, 2004*)

1. Uji Chi – Kuadrat (Chi Square)

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 , yang dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.17)$$

(*Sumber : Suripin, 2004*)

Dimana:

- χ^2 : parameter Chi – Kuadrat terhitung
- G : jumlah sub – kelompok
- O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i
- E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter χ^2 merupakan variable acak. Peluang untuk mencapai nilai χ^2 sama atau lebih besar dari nilai Chi-Kuadrat sebenarnya (χ^2) dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Prosedur uji Chi – Kuadrat adalah :

- 1). Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- 2). Kelompokkan data menjadi G sub – grup, tiap – tiap sub grup minimal 4 data pengamatan. Tidak ada aturan yang pasti tentang penentuan jumlah kelas (grup).

Banyaknya kelas dapat dihitung dengan rumus :

$$k = 1 + 3,322 \log(n) \quad (2.18)$$

(H.A. Sturges, 1926)

Dimana :

k : banyaknya kelas

n : banyaknya nilai observasi

- 3). Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i untuk tiap-tiap sub grup
- 4). Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan (E_i)
- 5). Tiap – tiap sub grup hitung nilai :

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

Interpretasi hasilnya adalah :

1. Apabila peluang lebih besar dari 5 %, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang lebih kecil dari 1 %, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada diantara 1 % sampai 5 %, adalah tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu penambahan data.

Untuk mengetahui nilai derajat kepercayaan berdasarkan dari derajat kebebasan, dapat dilihat pada Tabel 2.6. Perhitungan distribusi akan dapat diterima apabila:

$$Xh_2 < X_2$$

Dimana :

Xh_2 : parameter Chi-Kuadrat terhitung

X_2 : nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan

Tabel 2. 6 Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat

α untuk Uji Satu Pihak (<i>one tail test</i>)						
dk	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
	α untuk Uji Satu Pihak (<i>one tail test</i>)					
	0,50	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,692	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,691	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,690	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,689	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,688	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878

(Sumber : Suripin, 2004)

α untuk Uji Satu Pihak (<i>one tail test</i>)						
dk	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
	α untuk Uji Satu Pihak (<i>one tail test</i>)					
	0,50	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
19	0,687	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,627
∞	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

(Sumber : Suripin, 2004)

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Prosedur uji smirnov-kolmogoriv adalah sebagai berikut :

- 1). Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing – masing data tersebut.
- 2). Tentukan nilai masing – masing peluang teoritis dari hasil penggambaran

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

$$D = \text{maksimum} [P(X_m) - P'(X_m)] \quad (2.19)$$

- 4). Berdasarkan tabel nilai kritis (Tabel 2.6) tentukan harga D_0 .
- Apabila $D < D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima
 - Apabila $D > D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2. 7 Nilai Kritis D_0 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	0.3	0.34	0.4
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	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
>50	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

(Sumber : Suripin, 2004)

2.2.5 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Besarnya curah hujan rencana dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, yaitu :

1. Nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi daerah yang dilalui saluran yang bersangkutan.
2. Lahan yang tersedia, biaya pembebasan lahan dan hambatan-hambatan lain yang menentukan dimensi saluran.

Tabel 2. 8 Periode Ulang Hujan (PUH) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunannya

No.	Distribusi	PUH (tahun)
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun, kuburan lahan tak terbangun	2
	Kesibukan dan perkantoran	5
	Perindustrian	
	Ringan	5
	Menengah	10
	Berat	25
	Super berat/proteksi negara	50
2	Saluran Tersier	
	Resiko kecil	2
	Resiko besar	5
3	Saluran Sekunder	
	Tanpa resiko	2
	Resiko kecil	5
	Resiko besar	10

Lanjutan Tabel 2.8 Periode Ulang Hujan (PUH) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunannya

No.	Distribusi	PUH (tahun)
4	Saluran Primer (Induk)	
	Tanpa resiko	5
	Resiko kecil	10
	Resiko besar	25
	Atau	
	Luas DAS (25 A 50) Ha	5
	Luas DAS (50 A 100) Ha	5-10
	Luas DAS (100 A 1300) Ha	10-25
	Luas DAS (1300 A 6500) Ha	25-50
5	Pengendali Banjir Makro	100
6	Gorong-gorong	
	Jalan raya biasa	10
	Jalan by pass	25
	Jalan ways	50
7	Saluran Tepian	
	Jalan raya biasa	5-10
	Jalan by pass	10-25
	Jalan ways	25-50

(Sumber : Suripin, 2004)

2.2.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit rencana sangat diperlukan untuk memperkirakan besarnya debit hujan maksimum yang sangat mungkin pada periode tertentu. Terdapat dua metode yang digunakan dalam perhitungan debit rencana, yaitu metode rasional dan metode hidograf satuan. Dalam Tugas Akhir ini, yang

digunakan adalah metode hidograf satuan serta menggunakan program bantu HEC-HMS.

Hidograf satuan suatu DAS adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh satu satuan volume hujan yang terbagi rata dalam waktu dan ruang. Metode hidograf ini sering digunakan untuk menghitung besarnya debit rencana pada saluran yang memiliki luas daerah aliran sungai yang cukup besar. Dalam Tugas Akhir ini metode yang dipakai adalah Hidograf Satuan US – SCS.

Dalam menggunakan cara SCS, *run off* dari sebuah daerah aliran yang kejatuhan air hujan ditentukan berdasarkan ciri-ciri dari *catchment*-nya. Kunci parameter dari *catchment* yang bersangkutan adalah luas, panjang, dan kemiringan dari tapak aliran, serta tata guna lahan. Parameter tata guna lahan meliputi neraca antara komponen-komponen yang kedap dan meresap air serta jenis dari komponen yang meresap.

Penggunaan lahan yang ada telah diinterpretasikan sesuai dengan kelompok penggunaan lahan dengan karakteristik air limpasan berbeda, sebagai berikut :

Tabel 2. 9 Harga CN yang disesuaikan dengan DAS di Indonesia

Kelompok Penggunaan Lahan Untuk Pematasan	Kedap Air (%)	Serap Air CN
Areal Pemukiman (dengan kepadatan penduduk)		
50 - 150 orang/ha (perumahan baru)	85	74
50 - 150 orang/ha (perumahan lama)	70	74
150 - 250 orang/ha	85	79
250 - 350 orang/ha	90	84
Lebih dari 350 orang/ha	95	88
Lahan Terbuka		
Rerumputan (>75%)	0	74
Campuran (wilayah rerumputan 25-75%)	0	79

Lanjutan Tabel 2.9 Harga CN yang disesuaikan dengan DAS di Indonesia

Kelompok Penggunaan Lahan Untuk Pematusan	Kedap Air (%)	Serap Air CN
Lain-lain :		
Industri, bisnis dan perdagangan	95	88
Fasilitas umum kampus	70	79
Jalan utama, areal parkir mobil, dsb	100	0

(Sumber : Surabaya Drainage Master Plan Report)

US-SCS membangun persamaan dengan koefisien empiric yang berhubungan dengan elemen-elemen dari unit hidograf yang mewakili karakteristik dari daerah aliran. Unit hydrograph ditentukan oleh elemen-elemen seperti Q_p (cfs), T_p (jam) dan T_b (jam).

Persamaan unit hydrograph US-SCS dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{484 \cdot q \cdot A}{T_p} \quad (2.18)$$

Dimana :

- Q_p : debit puncak (cfs)
- q : rainfall excess/ hujan efektif (inch)
- A : luas area (mil²)
- T_p : waktu debit puncak (jam)

T_p dapat dihitung dengan persamaan :

$$T_p = \frac{D}{2} + t_L \quad (2.19)$$

Dimana :

- D : lamanya hujan (jam)
- t_L : waktu antara datangnya hujan dengan waktu terjadinya debit puncak

Waktu t_L dapat dihitung dengan :

$$t_L = \frac{L^{0.8} \cdot (S + 0,1)^{0.7}}{1900 \cdot Y^{0.5}} \quad (2.20)$$

Dimana :

- L : panjang overland flow (ft)
- S : retensi maksimum (inch)
- CN : *Curve Number*

S dapat dihitung dengan :

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2.21)$$

2.3 Analisa Hidrolika

2.3.1 Debit Hidrolika

Dalam merencanakan dimensi penampang saluran tersier, digunakan rumusan :

Rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.22)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} I^{1/2} \cdot A \quad (2.23)$$

(Sumber : Suripin, 2004)

Dimana :

- V : kecepatan di saluran (m/dt)
- n : koefisien kekasaran
- R : jari-jari hidrolis (m)
- S : kemiringan saluran

2.3.2 HEC-RAS

Dalam pengerjaan analisa hidrolika, digunakan program bantu HEC-RAS (*Hidrologic Engineering System River Analysis System*). HEC-RAS adalah sistem software terintegrasi, yang didesain untuk digunakan secara intraktif pada kondisi tugas yang

beraneka macam. Sistem ini terdiri dari interface grafik pengguna, komponen analisa hidrolika terpisah, kemampuan manajemen dan tampungan data, fasilitas pelaporan dan grafik.

HEC-RAS melakukan analisis hidrolika menggunakan asumsi aliran *steady* dan *unsteady*, dan akan memberikan desain berdasarkan hasil analisis tersebut. Data yang harus dimasukkan untuk melakukan analisis hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS adalah :

1. Data geometri saluran drainase, berupa koordinat x dan y, untuk penampang memanjang dan penampang melintang.
2. Koefisien *Manning*
3. Data aliran (debit tiap titik penampang)

Hasil analisis program bantu HEC-RAS adalah:

1. Elevasi muka air sepanjang aliran
2. Profil aliran yang ditinjau
3. Kecepatan Aliran

(Sumber : *HEC-RAS Reference Manual v4.1*)

BAB III METODOLOGI

3.1 Survei Lapangan/ Survei Pendahuluan

Dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Survey tersebut bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting dari sistem drainase, serta mengumpulkan informasi dari masyarakat mengenai permasalahan banjir dan genangan. Sehingga, dapat digunakan untuk merumuskan permasalahan.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi lain yang diuraikan dalam literatur tersebut mengenai permasalahan yang ada. Studi ini digunakan untuk menunjang analisa dan alternatif solusi yang dapat mempelajari berbagai literatur yang berkaitan dengan permasalahan – permasalahan di lapangan serta hasil analisa, yang dapat berasal dari jurnal, buku perkuliahan, serta buku penunjang lainnya. Studi literatur ini dilakukan sejak tahap awal studi sampai dengan analisa data, pembahasan, hingga diperoleh kesimpulan.

3.3 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam proses perhitungan, antara lain :

1. Peta topografi Surabaya tahun 2010
2. Peta lokasi, meliputi daerah stasiun hujan, *catchment area* lokasi sistem drainase
3. Data curah hujan berdasarkan pencatatan stasiun hujan Kebon Agung, Wonorejo, dan Wonokromo tahun 1994-2014
4. Peta sistem drainase saluran primer Kebon Agung
5. Peta tata guna lahan tahun 2014
6. Peta genangan Kota Surabaya tahun 2015
7. Data penampang saluran primer Kebon Agung

8. Data kapasitas pompa eksisting pada sistem drainase Kebon Agung

3.4 Analisa Hidrologi

Dalam analisa hidrologi dilakukan :

1. Penentuan stasiun hujan
2. Perhitungan hujan rata-rata kawasan
3. Perhitungan distribusi statistik dan uji kecocokan
4. Perhitungan koefisien aliran permukaan
5. Perhitungan hujan rencana periode ulang
6. Perhitungan debit banjir rencana dengan program bantu HEC-HMS

3.5 Analisa Hidrolika

Dalam analisa hidrolika dilakukan :

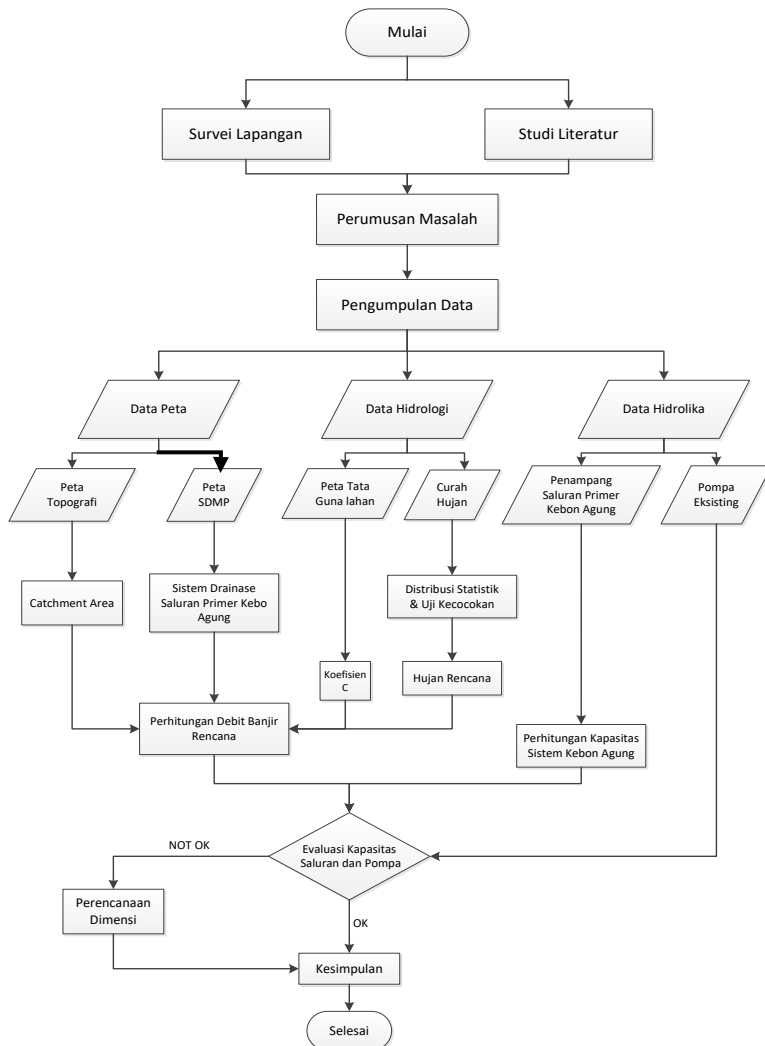
1. Pembuatan skematik jaringan drainase berdasarkan data *long-section*
2. Input geometri penampang berdasarkan *cross-section*
3. Input hasil simulasi HEC-HMS dalam HEC-RAS
4. Simulasi HEC-RAS
5. Penentuan alternatif berupa perencanaan ulang dimensi

3.6 Kesimpulan

Berupa kesimpulan dari analisa data dan pembahasan sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai yakni perencanaan drainase Sistem Kebon Agung Surabaya berupa hasil perhitungan dan gambar perencanaan.

3.7 *Flowchart*

Berikut merupakan diagram alir metodologi :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Survey Pendahuluan

Sistem drainase Kebon Agung memiliki hulu di Jambangan, dan bermuara di laut sisi timur Kecamatan Rungkut. Sebagian besar, wilayah drainase Kebon Agung terdiri dari pemukiman, dan wilayah industri.

Setelah dilakukan pengamatan langsung ke lapangan, beberapa penyebab terjadinya genangan pada DAS Kebon Agung, yaitu :

1. Kondisi saluran drainase yang kurang terawat. Penampang saluran yang kurang layak dapat dilihat pada Gambar 4.1 , adanya sedimentasi di sebagian besar saluran dapat dilihat pada Gambar 4.2, serta adanya sedimentasi dan sampah dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 1. Penampang Saluran yang Kurang Layak (Saluran Primer)



Gambar 4. 2. Adanya Sedimentasi di Saluran Sekunder Ketintang



Gambar 4. 3 Adanya Sedimentasi dan Sampah di Saluran Primer Kebon Agung - Jl. Medokan

2. Perubahan tata guna lahan dan pemukiman
Berubahnya sebagian besar ruang terbuka hijau (RTH) menjadi kawasan perumahan dan jalan raya aspal menyebabkan air limpasan tidak dapat meresap ke dalam tanah, melainkan langsung mengalir ke saluran.



Gambar 4. 4 Pemukiman di Tepi Saluran Primer Kebon Agung - Jemur

3. Buangan domestik langsung dibuang ke saluran drainase
Adanya buangan domestik yang langsung di buang ke saluran drainase dapat menghambat aliran air serta mengurangi kapasitas saluran.



Gambar 4. 5 Buangan Domestik di Saluran Primer Kebon Agung - Hilir

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dibutuhkan untuk analisa hidrologi pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain, skema jaringan beserta nama dan kode saluran, dan data hujan dari stasiun hujan yang berpengaruh untuk sistem drainase Kebon Agung. Skema jaringan berupa nama dan kode saluran, beserta *catchment area* saluran tersier dapat dilihat pada Tabel 4.1, untuk panjang saluran tersier dapat dilihat pada Tabel 4.2 Sedangkan, untuk nama dan kode saluran, beserta *catchment area* saluran sekunder dan saluran primer dapat dilihat pada Tabel 4.3, dan untuk panjang saluran sekunder dan saluran primer dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 1 Nama, Kode dan *Catchment Area* Saluran Tersier

No.	Nama Saluran	Titik	Kode CA	Luas (km ²)
1	Sal. Kebonsari Tengah 1	T2-S2	101501	0.146
2	Sal. Kebonsari Tengah 2	T1-S2	101502	0.750
3	Sal. Kebonsari Evelka 5	T3-P1	111450	0.435
4	Sal. Gy. Kebonsari 6	T4-P2	116600	0.162
5	Sal. Gy. Kebonsari BP	T5-P3	118800	0.112
6	Sal. Gy. Kebonsari Timur	T6-P4	122060	0.210
7	Sal. BRI	T7-P5	127800	0.129
8	Sal. Jemur Andayani 15	T8-P7	132170	0.264
9	Sal. Kebonsari Baru 1	T10-S3	400002	0.222
10	Sal. Kebonsari Evelka 4	T9-S3	400001	0.196
11	Sal. Kebonsari Evelka 4.a	T11-S4	402000	0.164
12	Sal. Dolog	T6a-S5	414000	0.152
13	Sal. Gayungsari Barat 3	T12-S6	450001	0.086
14	Sal. Gayungsari Barat 3.a	T13-S6	450002	0.199
15	Sal. Gayungsari Barat 2	T14-S6	450800	0.160
16	Sal. Gy. Kebonsari Dalam	T15-S8	453000	0.188

Lanjutan Tabel 4.1 Nama, Kode dan *Catchment Area* Saluran Tersier

No.	Nama Saluran	Titik	Kode CA	Luas (km ²)
17	Sal. Gayungsari 7	T16-S9	455000	0.170
18	Sal. Gayungsari 12	T17-S10	456800	0.173
19	Sal. Gayungsari 13	T18-S11	458600	0.113
20	Sal. 1.a	T20-S12	502002	0.120
21	Sal. 1.b	T19-S12	502001	0.178
22	Sal. 2.a	T21-S13	504000	0.193
23	Sal. 3.b	T22-S14	508002	0.207
24	Sal. 4.b	T23-S15	510000	0.238
25	Sal. 5.a	T24-S16	530001	0.314
26	Sal. 5.b	T25-S16	532001	0.120
27	Sal. 5.c	T26-S16	532001	0.112
28	Sal. 6.b	T27-S17	532000	0.121
29	Sal. 7.b	T28-S18	532000	0.051
30	Sal. 8.a	T29-219	534000	0.292
31	Sal. 9.a	T30-S19a	550002	0.254
32	Sal. 9.b	T31-S19a	550001	0.123
33	Sal. Gayungsari 14	T32-S20	542000	0.187
34	Sal. 10.a	T34-S21	600001	0.141
35	Sal. 11.a	T33-S21	600002	0.216
36	Sal. 12.a	T35-S22	602500	0.309
37	Sal. 13.a	T36-S23	603500	0.750
38	Sal. 14.a	T37-S24	732000	0.012
39	Sal. Rungkut Asri Barat 5B	T38-P11	172000	0.285
40	Sal. 15.c	T39-P12	174021	0.086
41	Sal. 16.c	T40-P13	177011	0.376
42	Sal. 17.c	T41-P14	182301	0.133

Lanjutan Tabel 4.1 Nama, Kode dan *Catchment Area* Saluran Tersier

No.	Nama Saluran	Titik	Kode CA	Luas (km ²)
43	5	-	174022	0.109
44	6	-	177012	0.132
45	Sal. Gunung Anyar Lor 3	T42-P14	182302	0.165
46	7	-	183530	0.171
47	8	-	186030	0.163
48	Sal. Wiguna 1	T47-S26	900002	0.178
49	Sal. Gunung Anyar 2	T45-S26	900001	0.278
50	Sal. Wiguna Tengah 1	T48-S28	950001	0.282
51	Sal. Wiguna Tengah 2	T49-S28	950002	0.200
52	14	-	-	0.199
53	15	-	952700	0.189
54	Sal. Gunung Anyar 1	T43-S25	800001	0.186
55	Sal. Suryamas Timur	T44-S25	800002	0.195
56	9	-	804701	0.181
57	10	-	809200	0.127
58	11	-	812900	0.161
59	12	-	804702	0.268
60	13	-	810400	0.246
61	16	-	817750	0.188
62	17	-	-	0.160
63	Sal. Gn. Anyar Tambak 1	T50-S30	111111	0.254
64	Sal. Gn. Anyar Mas 1	T51-S33	980001	0.244
65	18	-	980002	0.179
66	19	-	-	0.154
67	Sal 18	T52-P15	-	0.039
68	Sal. 18.a	T58-S31	750003	0.197

Lanjutan Tabel 4.1 Nama, Kode dan *Catchment Area* Saluran Tersier

No.	Nama Saluran	Titik	Kode CA	Luas (km ²)
69	Sal. 18.b	T59-S31	750001	0.115
70	Sal. 19.a	T60-S32	752502	0.172
71	Sal. 19.b	T61-S32	752501	0.100
72	Sal. Medayu Selatan 1	T57-S31	750002	0.259
73	Sal. Medayu Selatan 2	T62-P17	203210	0.311

(Sumber : *Olahan Data*)**Tabel 4. 2** Nama, Kode dan Panjang Saluran Tersier

No.	Nama Saluran	Titik	Kode CA	Panjang Saluran (m)
1	Sal. Kebonsari Tengah 1	T2-S2	101501	165.65
2	Sal. Kebonsari Tengah 2	T1-S2	101502	660.1
3	Sal. Kebonsari Evelka 5	T3-P1	111450	667.6
4	Sal. Gy. Kebonsari 6	T4-P2	116600	143.2
5	Sal. Gy. Kebonsari BP	T5-P3	118800	158.4
6	Sal. Gy. Kebonsari Timur	T6-P4	122060	109.45
7	Sal. BRI	T7-P5	127800	268.3
8	Sal. Jemur Andayani 15	T8-P7	132170	255.15
9	Sal. Kebonsari Baru 1	T10-S3	400002	117.95
10	Sal. Kebonsari Evelka 4	T9-S3	400001	169.7
11	Sal. Kebonsari Evelka 4.a	T11-S4	402000	59.75
12	Sal. Dolog	T6a-S5	414000	268.3
13	Sal. Gayungsari Barat 3	T12-S6	450001	118.8
14	Sal. Gayungsari Barat 3.a	T13-S6	450002	386.05
15	Sal. Gayungsari Barat 2	T14-S6	450800	102.45
16	Sal. Gy. Kebonsari Dalam	T15-S8	453000	102.45
17	Sal. Gayungsari 7	T16-S9	455000	102.45
18	Sal. Gayungsari 12	T17-S10	456800	422.7

Lanjutan Tabel 4.2 Nama, Kode dan Panjang Saluran Tersier

No.	Nama Saluran	Titik	Kode CA	Panjang Saluran (m)
19	Sal. Gayungsari 13	T18-S11	458600	82.85
20	Sal. 1.a	T20-S12	502002	104.25
21	Sal. 1.b	T19-S12	502001	48.9
22	Sal. 2.a	T21-S13	504000	141.15
23	Sal. 3.b	T22-S14	508002	137.9
24	Sal. 4.b	T23-S15	510000	137.9
25	Sal. 5.a	T24-S16	530001	276.95
26	Sal. 5.b	T25-S16	532001	298.05
27	Sal. 5.c	T26-S16	532001	241.4
28	Sal. 6.b	T27-S17	532000	230.75
29	Sal. 7.b	T28-S18	532000	100
30	Sal. 8.a	T29-219	534000	218.45
31	Sal. 9.a	T30-S19a	550002	519.4
32	Sal. 9.b	T31-S19a	550001	336.55
33	Sal. Gayungsari 14	T32-S20	542000	331.75
34	Sal. 10.a	T34-S21	600001	295.75
35	Sal. 11.a	T33-S21	600002	549.1
36	Sal. 12.a	T35-S22	602500	308.45
37	Sal. 13.a	T36-S23	603500	598.25
38	Sal. 14.a	T37-S24	732000	300.15
39	Sal. Rungkut Asri Barat 5B	T38-P11	172000	482.45
40	Sal. 15.c	T39-P12	174021	192.8
41	Sal. 16.c	T40-P13	177011	151.8
42	Sal. 17.c	T41-P14	182301	277.65
43	5	-	174022	0
44	6	-	177012	0
45	Sal. Gunung Anyar Lor 3	T42-P14	182302	330.45
46	7	-	183530	0
47	8	-	186030	0

Lanjutan Tabel 4.2 Nama, Kode dan Panjang Saluran Tersier

No.	Nama Saluran	Titik	Kode CA	Panjang Saluran (m)
48	Sal. Wiguna 1	T47-S26	900002	110.05
49	Sal. Gunung Anyar 2	T45-S26	900001	155.7
50	Sal. Wiguna Tengah 1	T48-S28	950001	378.5
51	Sal. Wiguna Tengah 2	T49-S28	950002	125.5
52	14	-	-	0
53	15	-	952700	0
54	Sal. Gunung Anyar 1	T43-S25	800001	98.05
55	Sal. Suryamas Timur	T44-S25	800002	142.35
56	9	-	804701	0
57	10	-	809200	0
58	11	-	812900	0
59	12	-	804702	0
60	13	-	810400	0
61	16	-	817750	0
62	17	-	-	0
63	Sal. Gn.Anyar Tambak 1	T50-S30	111111	212.45
64	Sal. Gn. Anyar Mas 1	T51-S33	980001	402.1
65	18	-	980002	0
66	19	-	-	0
67	Sal 18	T52-P15	-	400
68	Sal. 18.a	T58-S31	750003	138.5
69	Sal. 18.b	T59-S31	750001	138.5
70	Sal. 19.a	T60-S32	752502	131.7
71	Sal. 19.b	T61-S32	752501	151.65
72	Sal. Medayu Selatan 1	T57-S31	750002	486.15
73	Sal. Medayu Selatan 2	T62-P17	203210	266.2

Tabel 4. 3 Nama, Kode dan *Catchment Area* Saluran Sekunder dan Saluran Primer

No.	Nama Saluran	Titik	Luas (km ²)
1	Sal. Sekunder Kb. Agung	S1-P1	1.127
2	Sal. Gayung Kebonsari	S3-S20a	0.735
3	Sal. Gayungsari	S6-S20b	1.088
4	Sal. Sekunder I	S12-S18	0.936
5	Sal. Sekunder II	S16-S19a	1.387
6	Sal. Sekunder IIa	S19a-S20a	1.574
7	Sal. Sekunder III	S21-P8	0.666
8	Sal. Sekunder IV	S23-P9	1.439
9	Sal. Sekunder V	S24-P10	0.790
10	Sal. Gunung Anyar Jaya	S26-S27	0.456
11	Sal. Wiguna Timur	S28-S29	0.482
12	Sal. Gunung Anyar	S25-P18	3.293
13	Sal. Gunung Anyar Mas	T51-P19	0.576
14	Sal. Medayu Selatan	S31-P16	1.214
15	Sal. Primer Kebon Agung	P1-J1	15.762

(Sumber : *Olahan Data*)

Tabel 4. 4 Nama, Kode dan Panjang Saluran Sekunder dan Saluran Primer

No.	Nama Saluran	Titik	Panjang Saluran (m)
1	Sal. Sekunder Kb. Agung	S1-P1	1571.45
2	Sal. Gayung Kebonsari	S3-S20a	1473.25
3	Sal. Gayungsari	S6-S20b	1397.75
4	Sal. Sekunder I	S12-S18	922.9
5	Sal. Sekunder II	S16-S19a	1313.8
6	Sal. Sekunder IIa	S19a-S20a	362.2
7	Sal. Sekunder III	S21-P8	754.3

Lanjutan Tabel 4. 4 Nama, Kode dan Panjang Saluran Sekunder dan Saluran Primer

No.	Nama Saluran	Titik	Panjang Saluran (m)
8	Sal. Sekunder IV	S23-P9	709.1
9	Sal. Sekunder V	S24-P10	735.15
10	Sal. Gunung Anyar Jaya	S26-S27	347.15
11	Sal. Wiguna Timur	S28-S29	547.3
12	Sal. Gunung Anyar	S25-P18	2059.1
13	Sal. Gunung Anyar Mas	T51-P19	303.2
14	Sal. Medayu Selatan	S31-P16	322.3
15	Sal. Primer Kebon Agung	P1-J1	11111

(Sumber : Olahan Data)

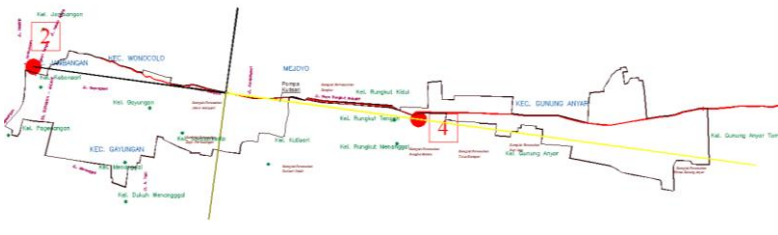
4.3 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi diperlukan untuk dapat mengetahui secara detail parameter hidrologi dalam kaitannya untuk merancang atau mendesain bangunan air. Pada studi ini analisa hidrologi digunakan untuk menganalisa hujan dan analisa debit rancangan. Perhitungan debit banjir menggunakan program bantu HEC-HMS.

4.3.1 Analisa Hujan Rata-rata

Dalam perencanaan drainase kawasan, perlu diketahui besarnya curah hujan yang mewakili kawasan tersebut. Metode yang digunakan untuk perhitungan pada Tugas Akhir ini adalah Metode Poligon Thiessen.

Adapun stasiun hujan yang berpengaruh pada sistem drainase Kebon Agung adalah Stasiun Hujan Kebon Agung dan Stasiun Hujan Wonorejo.



Gambar 4. 6 Pembagian Daerah Stasiun Hujan yang Berpengaruh Berdasarkan Metode Poligon Thiessen

Keterangan Gambar 4.6 :

Stasiun nomor 2 : Stasiun Hujan Kebon Agung

Stasiun nomor 4 : Stasiun Hujan Wonorejo

(Sumber : Olahan Data)

Koefisien Thiessen merupakan hasil dari luas daerah pengaruh masing-masing stasiun hujan dibagi dengan luas daerah total. Berikut merupakan perhitungan Koefisien Thiessen :

$$W_{Kebon\ Agung} = \frac{A_{Kebon\ Agung}}{A_{total}} = \frac{2269706}{4647142} = 0,49$$

$$W_{Wonorejo} = \frac{A_{Wonorejo}}{A_{total}} = \frac{2377437}{4647142} = 0,51$$

Curah hujan rata-rata merupakan hasil penjumlahan dari perkalian koefisien Thiessen dengan tinggi hujan pada masing-masing stasiun hujan yang berpengaruh pada hari yang sama. Dalam Tugas Akhir ini, data hujan yang digunakan sebanyak 21 tahun, yaitu 1994 – 2014.

Contoh perhitungan curah hujan rata-rata harian pada tanggal 1 Januari 1994:

$$R = (R_{Kebon\ Agung} \cdot W_{Kebon\ Agung}) + (R_{Wonorejo} \cdot W_{Wonorejo})$$

$$R = (35 \cdot 0,49) + (12 \cdot 0,51) = 23,23\ mm$$

Langkah yang sama untuk perhitungan curah hujan rata-rata harian, kemudian dijumlahkan dalam 1 tahun, dianggap sebagai nilai tinggi hujan rata-rata. Curah hujan rata-rata harian pada tahun 1994 sampai dengan tahun 2004 dapat dilihat pada Tabel 4.5 sampai dengan Tabel 4.15, dan untuk curah hujan tahun 2005 sampai dengan tahun 2014 dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.5 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1994

Thr	1994											
	Bulan (mm)											
Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	23.23	11.98	0.98	19.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.98
2	51.65	3.98	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09
3	6.35	0.00	16.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	14.33	1.95	23.88	23.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07
5	2.56	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	3.91	51.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	0.00
7	61.70	20.98	65.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	22.40	7.67	53.96	12.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.67
9	20.02	25.74	17.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.79
10	58.61	20.58	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.44
11	7.37	11.23	5.51	10.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	3.02	22.96	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05
13	11.35	0.00	0.00	26.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	23.88	3.42	0.00	14.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	44.11	5.37	0.00	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	17.44	13.30	12.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56
17	0.51	0.00	33.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.21	1.95
18	38.51	4.40	21.16	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70
19	28.77	12.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	8.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.67
21	11.47	22.47	17.07	10.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.81
22	2.05	9.77	3.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.17
23	0.00	18.30	15.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	13.37	4.60	5.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	15.14	57.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07
26	0.00	13.30	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53
27	0.00	12.79	17.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	3.07
28	4.88	4.09	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	14.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	0.00
30	28.68	0.00	40.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	40.77	0.00	11.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 6 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1995

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	10.12	96.07	2.44	9.21	10.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.33
2	23.42	17.28	1.53	0.00	8.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42
3	0.00	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	11.60	0.00	9.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.21
5	0.00	18.42	3.58	37.44	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.70
6	0.00	14.77	38.74	7.16	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.09
7	44.61	3.47	41.65	25.79	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02
8	19.44	3.58	52.77	3.42	1.95	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	3.42	3.58	0.00	5.12	0.00	11.23	2.05	0.00	0.00	0.00	19.42	0.00
10	0.00	2.56	0.00	5.37	0.00	0.00	10.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	27.09	20.23	1.53	65.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.53	6.84
12	28.49	2.56	4.93	3.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70
13	51.49	12.63	7.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.47
14	0.00	0.00	9.72	10.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.98	0.00
15	10.26	0.00	10.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.58
16	5.37	0.00	0.00	1.53	0.00	27.09	0.00	0.00	0.00	0.00	64.95	16.37
17	3.51	34.79	0.00	0.00	32.02	2.44	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	17.12
18	2.56	0.00	0.00	0.00	1.02	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00
19	2.56	0.00	12.77	34.00	29.44	5.37	0.00	0.00	0.00	0.00	8.42	2.56
20	4.09	7.16	12.44	0.00	36.95	54.18	0.00	0.00	0.00	0.00	27.56	0.00
21	65.00	3.58	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.84	14.81
22	13.58	0.00	20.46	0.00	3.07	16.37	0.00	0.00	0.00	0.00	14.16	1.02
23	11.86	3.58	0.00	0.00	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	16.47	5.12	3.07
24	7.33	0.00	3.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.98	14.09
25	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.53	2.05	17.12
26	0.00	0.00	0.00	11.23	0.00	0.00	0.00	0.00	64.79	8.53	8.93	3.58
27	11.84	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	9.93	7.81
28	0.00	0.00	0.00	6.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.14	0.00
29	2.44	0.00	0.00	35.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53	2.44	7.91
30	18.53	0.00	0.00	11.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.12	25.12
31	14.32	0.00	13.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 7 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1996

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	18.35	20.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86
2	3.42	14.88	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42
3	0.00	46.86	2.05	12.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	2.05	3.07	3.58	9.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.21
5	7.44	35.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.70
6	3.07	12.95	0.00	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.09
7	0.00	26.37	50.86	17.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02
8	2.44	0.00	9.88	0.00	0.00	0.00	2.05	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	60.23	24.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.42	0.00
10	3.91	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	9.16	9.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.53	6.84
12	0.00	5.86	0.00	44.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70
13	10.26	71.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.47
14	27.02	10.40	17.44	20.51	0.00	2.44	3.58	0.00	0.00	0.00	7.98	0.00
15	1.47	0.00	8.30	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.58
16	15.60	5.37	19.32	0.00	2.05	13.79	0.00	0.00	0.00	0.00	64.95	16.37
17	2.44	14.14	0.00	7.05	2.56	4.40	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	17.12
18	0.00	0.00	0.00	9.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00
19	31.19	8.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.42	2.56
20	3.58	11.23	0.00	0.00	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.56	0.00
21	9.88	27.79	0.00	50.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.84	14.81
22	15.37	12.84	25.74	5.86	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.16	1.02
23	6.09	0.00	5.86	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.47	5.12	3.07
24	9.21	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.98	14.09
25	19.61	30.42	0.00	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	5.53	2.05	17.12
26	30.70	2.56	12.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.35	8.53	8.93	3.58
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	9.93	5.37
28	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.14	0.00
29	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53	2.44	7.91
30	12.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.12	25.12
31	5.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 8 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1997

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0.00	0.00	0.00	0.00	11.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.79
2	16.53	10.26	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.47
3	51.37	8.19	49.60	23.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.98
4	4.40	5.12	10.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.47	0.00	4.09
5	81.58	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.35
6	48.42	3.42	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.14	4.88
7	2.56	0.00	2.05	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.88	7.33
8	0.00	17.09	0.00	8.79	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.09	0.00
9	29.79	10.91	6.14	6.93	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.93	0.00	30.91
10	3.07	7.67	8.30	20.91	20.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	31.09
11	9.28	2.56	10.23	5.86	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.88
12	4.88	2.44	19.44	1.53	0.00	14.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.19
13	5.44	85.98	4.09	4.40	0.00	18.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58
14	22.74	3.07	0.00	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.16	16.35
15	3.42	11.00	10.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.79	21.19
16	2.44	11.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.07	0.00
17	9.77	44.16	0.00	3.91	7.67	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	12.21	0.00
18	20.42	0.00	0.00	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.58
19	8.44	1.53	0.00	0.00	0.00	10.51	0.00	0.00	0.00	2.56	0.00	0.00
20	6.49	0.00	0.00	41.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.37
21	0.00	8.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.91	2.44
22	2.05	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.53	27.79
23	9.77	11.23	0.00	0.00	69.14	0.00	0.00	0.00	0.00	2.93	10.63	8.79
24	29.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	3.07	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	5.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86
27	0.00	0.00	4.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.88
28	7.33	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.35	0.00	29.16
29	0.00	0.00	6.84	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	2.56	0.00	0.00	21.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 9 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1998

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	8.30	26.26	69.81	11.02	19.60	0.00	5.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	34.07	25.00	5.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	0.00
3	29.53	9.63	9.21	0.00	4.09	9.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00
4	4.60	0.00	0.00	0.00	11.79	13.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.67
5	0.00	13.30	23.65	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.04	12.79
6	11.23	0.00	3.58	8.98	6.84	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.14
7	24.21	28.16	0.00	0.00	7.16	17.09	0.00	0.00	0.00	7.33	0.00	20.98
8	14.84	16.16	9.60	5.98	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	31.37	16.37	0.00	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.81	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	6.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.63	0.00
11	2.56	1.95	4.51	3.07	26.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	40.74	9.51	11.77	2.56	2.44	0.00	0.00	0.00	7.16	14.32	0.00
13	0.00	72.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.72
15	11.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.37
16	2.05	4.09	9.37	8.70	0.00	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	8.19	6.65
17	2.56	0.00	26.40	0.00	34.88	0.00	35.51	0.00	0.00	4.09	0.00	17.91
18	0.00	7.81	0.00	0.00	25.00	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	3.58	0.00	0.00	7.16	0.00	4.88	12.79	0.00	0.00	44.72	2.56	15.35
20	3.07	7.98	9.28	54.84	0.00	12.21	4.88	0.00	0.00	4.40	29.16	10.23
21	7.93	72.12	0.00	25.68	0.00	8.19	0.00	0.00	0.00	2.56	2.05	0.00
22	25.12	2.44	0.00	3.07	0.00	14.40	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	4.09
23	10.23	37.26	0.00	21.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	12.79	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	0.00
25	0.00	10.23	0.00	0.00	0.00	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	0.00
26	2.56	33.56	0.00	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	8.86	0.00	0.00	15.35
27	3.91	47.16	0.00	33.74	5.12	7.16	0.00	4.88	1.95	0.00	2.56	10.23
28	0.00	29.89	9.77	24.14	0.00	9.77	0.00	0.00	0.00	0.00	5.12	24.56
29	4.40	0.00	0.00	18.98	31.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.02
30	22.67	0.00	7.33	14.16	0.00	63.14	0.00	0.00	0.00	0.00	7.67	15.35
31	28.68	0.00	4.88	0.00	6.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.23

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 10 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 1999

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	98.23	17.88	48.14	0.00	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.79	0.00
2	24.14	0.00	11.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.33	7.33
3	11.02	12.98	0.00	10.26	8.19	0.00	10.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	26.26	0.00	0.00	36.40	2.56	0.00	15.49	0.00	0.00	0.00	37.35	5.37
5	21.65	0.00	0.00	45.86	3.58	0.00	7.49	0.00	0.00	0.00	20.02	0.00
6	0.00	0.00	0.51	42.86	8.88	0.00	9.28	0.00	0.00	0.00	0.00	30.79
7	0.00	0.00	3.07	17.74	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.19	0.00
8	12.47	6.14	23.07	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.47
9	0.00	0.00	29.26	7.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.81	18.07
10	5.37	4.05	28.35	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	0.00	0.00	53.72	1.95
11	6.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.95	40.47	35.16
12	0.00	2.93	4.60	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07
13	24.37	0.00	0.00	10.26	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.44
14	1.53	0.00	55.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.47	11.72
15	7.44	0.00	18.65	39.86	2.05	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	20.98	6.07
16	8.19	0.00	0.00	49.28	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42
17	0.00	34.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.44	0.00
18	20.19	12.07	17.91	4.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	11.42	0.00	38.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.44	0.00
20	5.47	1.98	61.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.42	55.81
21	0.00	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.23
22	0.00	6.14	10.47	8.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	3.58	0.00	5.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42	0.00	37.84
24	40.07	1.47	0.00	3.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.77	26.32
25	30.53	0.00	35.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.67	27.33
26	0.00	41.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.37	0.00
27	1.53	30.49	7.44	27.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.33	35.14
28	35.95	8.86	16.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.98	0.00
29	12.72	0.00	22.81	5.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.19	19.63
30	1.95	0.00	4.40	6.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	58.53
31	22.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.09	0.00	29.40

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 11 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2000

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	15.84	0.00	0.00	20.93	33.04	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	40.32	21.14	21.98	0.00	6.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	38.79	0.00	26.58	33.47	12.79	22.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	20.51	5.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	5.95	14.65	20.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.88	0.00
6	17.35	8.79	3.91	0.00	34.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.58	0.00
7	27.70	0.00	42.56	6.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.49	0.00
8	59.00	10.26	30.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.56	0.00
9	23.53	37.56	0.00	21.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	37.56	24.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.95	0.00
11	85.23	1.95	25.07	9.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.12
12	7.44	0.00	23.93	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.77	6.35	3.58
13	43.58	25.14	20.42	18.00	0.00	22.56	0.00	0.00	0.00	0.00	5.63	0.00
14	0.00	16.81	8.79	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	5.63	22.56	17.56
15	34.44	1.47	15.86	7.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.02	11.58
16	0.00	3.07	0.00	0.00	4.40	0.00	4.02	0.00	0.00	6.53	0.00	59.70
17	22.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.98	0.00	0.00	0.00	12.28	34.63
18	86.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.02	9.47	57.79
19	0.00	11.77	0.00	5.86	18.47	9.12	0.00	0.00	0.00	7.98	8.56	45.93
20	0.00	2.44	0.00	34.72	36.02	0.98	0.00	0.00	0.00	43.93	43.42	10.53
21	11.44	0.00	0.00	16.02	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	15.98	10.51	46.58
22	0.00	7.33	0.00	50.53	18.07	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	17.91	0.00
23	15.98	0.00	112.56	0.00	52.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	56.58
24	21.95	0.00	0.00	16.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.44	22.09	17.44
25	12.56	40.07	9.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	36.09	47.51	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.70	23.65	0.00
27	0.00	1.53	1.95	6.47	61.05	0.00	0.00	0.00	0.00	17.95	19.37	0.00
28	23.77	7.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.49	0.00
29	17.33	16.21	49.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	0.00
30	18.16	0.00	19.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.23	0.00	0.00
31	36.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 12 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2001

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0.00	0.00	106.58	9.77	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	63.16	159.46	74.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70	34.07
3	0.00	0.00	23.51	0.00	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	5.98	3.42	0.00
4	0.00	0.00	18.07	3.07	0.00	9.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	8.70	0.00	0.00	9.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.98	0.00	0.00
6	22.95	0.00	73.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.12	0.00
7	6.56	0.00	0.00	6.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	25.60	17.58	12.21	37.84	0.00	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	12.56	0.00	21.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.47	9.14	0.00
10	32.19	10.02	0.00	0.00	29.16	35.65	0.00	0.00	0.00	6.84	0.00	0.00
11	0.00	8.95	0.00	0.00	0.00	0.00	7.16	0.00	0.00	0.00	23.44	0.00
12	0.00	29.26	30.63	0.00	0.00	0.00	12.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	5.37	0.00	2.56	20.00	0.00	0.00	18.56	0.00	0.00	5.37	0.00	62.86
14	0.00	0.00	22.96	8.30	0.00	0.00	4.88	0.00	0.00	5.86	20.16	0.00
15	34.77	0.00	25.12	29.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.02	0.00
16	2.05	0.00	5.63	20.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.14	0.98	0.00
17	13.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.05
18	22.56	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.95	25.91
19	29.51	5.98	7.33	0.00	0.00	0.00	9.21	0.00	0.00	3.07	0.00	4.51
20	8.30	5.02	5.63	0.00	0.00	0.00	6.35	0.00	0.00	24.88	16.47	35.91
21	73.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.51	4.98	67.67
22	77.79	0.00	44.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.07
23	41.84	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.12	2.05
24	0.00	0.00	40.96	26.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.23	0.00
25	0.00	33.53	7.16	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.58	0.00	0.00
26	17.81	0.00	13.68	0.00	16.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	28.44	0.00	15.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.70
28	0.00	25.09	39.53	0.00	2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.56	0.00
29	6.84	0.00	4.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.07
30	7.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.84	2.44
31	7.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.58

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 13 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2002

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	12.79	2.05	7.33	13.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.47
2	8.30	8.05	6.14	0.00	14.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	9.28	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.98
4	80.86	18.53	6.35	3.42	8.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.44
5	15.07	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.95
6	0.00	0.00	24.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	36.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	4.40	2.44	71.05	17.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	12.95	10.05	6.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.51
10	2.05	29.56	53.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.47
11	45.63	0.00	38.16	0.00	12.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	2.05	0.00	0.00	53.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	7.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.56
14	46.56	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.51	9.02
15	6.35	15.60	0.00	9.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	22.05	21.60	0.00	20.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	3.91	0.00	0.00	17.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47
18	15.53	0.00	10.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	5.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	14.32	15.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95
23	7.33	70.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	4.09	24.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.51	0.00
25	17.44	18.07	0.00	7.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.02	0.00
26	17.58	9.72	10.47	20.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.95
27	6.47	9.95	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.98	0.98
28	44.02	6.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.86
29	59.02	0.00	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.02	19.40
30	110.12	0.00	58.56	0.00	6.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 14 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2003

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0.00	69.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.09	0.00
2	23.05	10.53	19.49	28.79	46.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95	14.51
3	23.93	17.65	23.95	0.00	0.00	7.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	10.05	33.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.14
5	22.44	7.53	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	11.56	0.98	0.00	0.00	7.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	5.12	1.95	0.00	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	10.98	21.02	4.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53
9	0.00	3.42	7.16	7.02	10.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	10.42	48.05	73.56	51.98	12.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	9.05	47.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	22.95	0.00	0.00	0.00	0.00	19.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	14.47	0.00	3.98	0.98	14.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	11.49	11.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.25	0.00
15	12.07	63.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	55.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49	0.00
17	0.00	38.56	0.00	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.81	0.00
18	0.00	0.00	5.95	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	36.35	0.00
19	0.00	44.95	0.00	0.00	0.00	5.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	40.51	0.00	8.30	2.93	0.00	12.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	52.53	0.00	25.56	0.00	0.00	1.95	0.00	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00
22	9.42	0.00	10.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.30	0.00
23	15.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00
24	0.00	0.00	8.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	46.47	0.00	8.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	6.84	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.40	0.00
27	0.00	6.47	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.07	0.00
28	14.53	0.00	0.00	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.35	0.00
29	6.07	0.00	36.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	12.16	0.00	0.00	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	33.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.51	0.00	0.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 15 Curah Hujan Rata-rata Harian Tahun 2004

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0.00	33.35	7.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	13.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.95
3	0.00	2.51	11.58	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.65
4	0.00	14.91	18.65	8.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.60
5	0.98	0.49	67.96	4.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	80.12	0.00	0.00	0.00	20.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	69.05	0.00	7.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
8	0.00	9.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	9.02	18.47	10.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	0.00
10	5.00	0.00	51.09	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.44
11	11.09	0.00	40.44	45.93	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	4.02	0.00	41.84	8.19	6.47	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.51
13	10.23	0.00	29.86	4.49	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	17.35	0.00	56.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	4.51	8.07	36.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42
16	0.00	4.02	0.00	4.05	24.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	8.53	3.49	0.00	4.51	37.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	1.53	0.98	10.40	5.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	5.02	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.93	9.98
20	0.00	5.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	4.40	9.86	15.09	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.77
22	0.00	46.63	9.02	6.63	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00
23	0.00	8.49	12.79	5.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
24	0.00	46.75	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.93	15.23
25	0.00	13.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.37
26	15.14	29.00	3.07	31.09	4.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.07	7.67
27	23.58	9.47	25.49	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70	7.81
28	0.00	3.49	16.58	10.30	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.70	22.51
29	21.67	38.91	0.00	1.51	13.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00
30	3.51	0.00	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00
31	13.98	0.00	16.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Rekapitulasi curah hujan rata-rata maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 16 Rekapitulasi Curah Hujan Rata-Rata Maksimum

No.	Tahun	R max (mm)
1	1994	83.164
2	1995	124.184
3	1996	71.280
4	1997	76.303
5	1998	84.325
6	1999	103.372
7	2000	95.465
8	2001	88.932
9	2002	110.116
10	2003	91.558
11	2004	38.907
12	2005	96.071
13	2006	54.535
14	2007	71.420
15	2008	66.815
16	2009	51.372
17	2010	28.372
18	2011	39.560
19	2012	95.977
20	2013	63.023
21	2014	21.884

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.3.2 Analisa Parameter Statistik

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia, terlebih dahulu dilakukan penelitian distribusi yang sesuai untuk perhitungan selanjutnya.

Masing-masing distribusi memiliki sifat khas, sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing tersebut. Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik diantaranya terdiri dari :

- \bar{x} : nilai rata-rata hitung
- σ, S : standar deviasi
- C_v : koefisien variasi
- C_k : koefisien ketajaman
- C_s : koefisien kemencengan

4.3.2.1 Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

Perhitungan parameter statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4. 17 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

No	Thn	R max (mm)	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
1	1994	65.793	-26.658	710.641	-18944.177	505011.181
2	1995	96.071	3.620	13.107	47.451	171.788
3	1996	71.093	-21.358	456.167	-9742.852	208088.534
4	1997	85.977	-6.474	41.912	-271.340	1756.654
5	1998	72.838	-19.613	384.673	-7544.616	147973.122
6	1999	98.233	5.783	33.439	193.362	1118.134
7	2000	112.55	20.107	404.298	8129.276	163456.619
8	2001	159.46	67.011	4490.50	300914.68	20164672.40
9	2002	110.11	17.665	312.056	5512.506	97379.030
10	2003	73.558	-18.893	356.940	-6743.604	127405.870

Lanjutan Tabel 4. 18 Perhitungan Parameter Statistik untuk
Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

No	Thn	R max (mm)	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
11	2004	80.116	-12.335	152.149	-1876.747	23149.469
12	2005	83.164	-9.287	86.247	-800.974	7438.597
13	2006	124.18	31.733	1006.98	31954.827	1014024.906
14	2007	71.420	-21.030	442.276	-9301.219	195607.938
15	2008	76.303	-16.148	260.753	-4210.601	67992.145
16	2009	84.325	-8.126	66.036	-536.624	4360.744
17	2010	103.37	10.922	119.283	1302.778	14228.547
18	2011	95.465	3.014	9.087	27.391	82.569
19	2012	95.977	3.526	12.433	43.838	154.574
20	2013	89.884	-2.567	6.588	-16.910	43.402
21	2014	91.558	-0.893	0.797	-0.712	0.635
$\Sigma =$		1941.46	$\Sigma =$	9366.38	288135.73	22744116.86
$\bar{X} =$		92.451	$\bar{X} =$	446.018	13720.749	1083053.184

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan parameter statistik :

1. Nilai Rata-rata (*Mean*)

$$X = \frac{\Sigma \bar{X}}{n}$$

$$X = \frac{1941,46}{21}$$

$$X = 92,451 \text{ mm}$$

2. Deviasi Standar (*Standard Deviation*)

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

$$S = \sqrt{\frac{9366,380}{21 - 1}}$$

$$S = 21,641 \text{ mm}$$

3. Koefisien Variasi (*Coefficien of Variation*)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$Cv = \frac{21,641 \text{ mm}}{92,451 \text{ mm}}$$

$$Cv = 0,234$$

4. Koefisien Kemencengan (*Coefficien of Sweekness*)

$$Cs = \frac{\Sigma (X - \bar{X})^3 \cdot N}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

$$Cs = \frac{288135,75 \cdot 21}{(21 - 1) \cdot (21 - 2) \cdot 21,641^3}$$

$$Cs = 1,571$$

5. Koefisien Ketajaman (*Coefficien of Kurtosis*)

$$Ck = \frac{\Sigma (X - \bar{X})^4 \cdot n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4}$$

$$Ck = \frac{22744116,860^4 \cdot 21^2}{(21 - 1) \cdot (21 - 2) \cdot (21 - 3) \cdot 21,641^4}$$

$$Ck = 6,686$$

4.3.2.2 Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

Perhitungan parameter statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 18 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III

No.	Thn	R max (mm)	Log (X)	Log (X - \bar{X})	Log (X - \bar{X}) ²	Log (X - \bar{X}) ³	Log (X - \bar{X}) ⁴
1	1994	65.793	1.818	-0.138	0.01899	-0.0026	0.0003
2	1995	96.071	1.983	0.027	0.00071	0.0000	0.0000
3	1996	71.093	1.852	-0.104	0.01085	-0.0011	0.0001
4	1997	85.977	1.934	-0.022	0.00047	-0.0000	0.0000
5	1998	72.838	1.862	-0.094	0.00877	-0.0008	0.0000
6	1999	98.233	1.992	0.036	0.00131	0.0000	0.0000
7	2000	112.558	2.051	0.095	0.00910	0.0008	0.0000
8	2001	159.462	2.203	0.247	0.06084	0.0150	0.0037
9	2002	110.116	2.042	0.086	0.00737	0.0006	0.0000
10	2003	73.558	1.867	-0.089	0.00799	-0.0007	0.0000
11	2004	80.116	1.904	-0.052	0.00273	-0.0001	0.0000
12	2005	83.164	1.920	-0.036	0.00130	-0.0000	0.0000
13	2006	124.184	2.094	0.138	0.01906	0.0026	0.0003
14	2007	71.420	1.854	-0.102	0.01044	-0.0010	0.0001
15	2008	76.303	1.883	-0.073	0.00540	-0.0004	0.0000
16	2009	84.325	1.926	-0.030	0.00090	-0.0000	0.0000
17	2010	103.372	2.014	0.058	0.00341	0.0002	0.0000
18	2011	95.465	1.980	0.024	0.00057	0.0000	0.0000
19	2012	95.977	1.982	0.026	0.00068	0.0000	0.0000
20	2013	89.884	1.954	-0.002	0.00001	0.0000	0.0000
21	2014	91.558	1.962	0.006	0.00003	0.0000	0.0000
$\Sigma =$		1941.46	41.07	$\Sigma =$	0.17094	0.0124	0.0049
$\bar{X} =$		92.451	1.956	$\bar{X} =$	0.00814	0.0005	0.0002

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan parameter statistik :

1. Nilai Rata-rata (*Mean*)

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

$$\overline{\log X} = \frac{41,076}{21}$$

$$\log X = 1,956 \text{ mm}$$

2. Deviasi Standar (*Standard Deviation*)

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

$$S \log X = \sqrt{\frac{0,17094}{21 - 1}}$$

$$S \log X = 0,092 \text{ mm}$$

3. Koefisien Variasi (*Coefficien of Variation*)

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

$$Cv = \frac{0,092 \text{ mm}}{1,956 \text{ mm}}$$

$$Cv = 0,047$$

4. Koefisien Kemencengan (*Coefficien of Sweekness*)

$$Cs = \frac{\Sigma (\log X - \log \overline{X})^3 \cdot N}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

$$Cs = \frac{0,0124 \cdot 21}{(21 - 1) \cdot (21 - 2) \cdot 0,092^3}$$

$$Cs = 0,8717$$

5. Koefisien Ketajaman (Coefficient of Kurtosis)

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

$$Ck = \frac{0,0049^4 \cdot 21^2}{(21-1) \cdot (21-2) \cdot (21-3) \cdot 0,092^4}$$

$$Cs = 4,3992$$

Sifat khas masing-masing parameter statistik dapat ditinjau dari besarnya nilai koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien ketajaman (Ck) yang sesuai dengan syarat dari masing-masing jenis distribusi. Kesimpulan analisa untuk pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 19 Kesimpulan Analisa untuk Pemilihan Jenis Distribusi

No.	Metode Distribusi	Sifat Distribusi		Perhitungan		Keterangan
		Cs	Ck	Cs	Ck	
1	Normal	0	3	1.571	6.6860	Tidak Memenuhi
2	Gumbel	≤ 1.139	≤ 5.402	1.571	6.6860	Tidak Memenuhi
3	Log Pearson Type III	$0 < Cs < 9$		0.872	4.1399	Memenuhi
4	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv = 3$		0.872	4.3992	Tidak Memenuhi
		$Cs \neq 0$				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Maka, kesimpulan dari Tabel 4.20, metode distribusi yang memenuhi persyaratan sifat distribusi adalah Metode Distribusi Log Pearson Tipe III.

4.3.3 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi diperlukan untuk mengetahui apakah data curah hujan yang ada sudah sesuai dengan jenis distribusi yang dipilih, sehingga diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili metode distribusi tersebut. Dalam Tugas Akhir ini, metode distribusi yang memenuhi persyaratan sifat distribusi adalah metode distribusi Log Pearson Tipe III.

Pengujian parameter yang sering dipakai ada 2, yaitu :

1. Uji Chi-Kuadrat (Chi Square), dan
2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Berikut merupakan perhitungan pengujian parameter :

4.3.3.1 Uji Chi-Kuadrat (Chi Square)

- Banyaknya data (n) = 21
- Banyaknya kelas (G) = $1 + 3,22 \log (n)$
 $= 1 + 3,22 \log (21)$
 $= 5,392 \approx 6$ grup
- Interval peluang (P) = $\frac{1}{G}$
 $= \frac{1}{6}$
 $= 0,167$

Maka, peluang tiap-tiap grup :

- a. Sub grup 1 = $P \leq 0,167$
 - b. Sub grup 2 = $0,167 \leq P \leq 0,334$
 - c. Sub grup 3 = $0,334 \leq P \leq 0,501$
 - d. Sub grup 4 = $0,501 \leq P \leq 0,668$
 - e. Sub grup 5 = $0,668 \leq P \leq 0,835$
 - f. Sub grup 6 = $P \geq 0,835$
- Derajat Kebebasan (dK) = $G - R - 1$
 $= 6 - 2 - 1$
 $= 3$

Berdasarkan perhitungan parameter statistik, diketahui :

$$\overline{\log X} = 1,956 \text{ mm}$$

$$S \overline{\log X} = 0,092 \text{ mm}$$

$$C_s = 0,8717$$

Persamaan distribusi Log Pearson Type III :

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + K \cdot S \overline{\text{Log}X}$$

$$= 1,956 + 0,092 k$$

Contoh perhitungan batasan sub grup :

Untuk P = 0,80 nilai k di dapat dari interpolasi Tabel 2.1 , sebagai berikut :

$$k = -1,681 - \left(\frac{1,198 - 1,0101}{1,25 - 1,0101} \right) \cdot (-1,681 + 0,8546)$$

$$= -1,035$$

$$\text{Log}X_{tr} = 1,956 + -1,035 \cdot 0,092 = 1,860$$

$$X_{tr} = 10^{1,86} = 72,495$$

Hasil perhitungan batasan sub grup, dapat dilihat pada Tabel 4. 21.

Tabel 4. 20 Perhitungan Batasan Sub Grup

P	T=1/P (tahun)	k	log X _{tr}	X _{tr}
0.835	1.198	-1.035	1.860	72.495
0.668	1.497	-0.620	1.899	79.185
0.501	1.996	-0.147	1.942	87.575
0.334	2.994	0.160	1.971	93.492
0.167	5.988	0.883	2.038	109.046

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hasil perhitungan pengujian parameter Uji Chi-Kuadrat, menggunakan metode distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 21 Perhitungan Pengujian Parameter Uji Chi-Kuadrat

No.	Nilai Batas Sub Kelompok	O _i	E _i	(O _i -E _i)	(O _i -E _i) ² / E _i
1	X ≤ 72.495	5	3.5	1.5	0.6429
2	72.495 ≤ X ≤ 79.185	3	3.5	-0.5	0.0714
3	79.185 ≤ X ≤ 87.575	3	3.5	-0.5	0.0714
4	87.575 ≤ X ≤ 93.492	2	3.5	-1.5	0.6429
5	93.492 ≤ X ≤ 109.046	5	3.5	1.5	0.6429
6	X ≥ 109.046	3	3.5	-0.5	0.0714
Jumlah		21	21	Xh ² =	2.1429

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 2.6. Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat).. nilai kritis Uji Chi-Kuadrat, dengan nilai (dK) = G – R – 1 = 6 – 2 – 1 = 3, dan derajat kepercayaan (α) = 5%, maka didapat harga X² = 7,813.

Diperoleh Xh² < X² = 2,1429 < 7,813, sehingga metode distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

4.3.3.2 Uji Smirnov Kolmogorov

Contoh perhitungan, tahun 1994 sebagai berikut :

Berdasarkan data yang telah diurutkan, didapat :

\bar{X}	= 92,451
Log \bar{X}	= 1,966
m (nilai peringkat)	= 18
n (jumlah data)	= 21
$\overline{\log X}$	= 1,956 mm
S $\log X$	= 0,092 mm

$$\text{Peluang pengamatan, } P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{18}{21+1} = 0,8182$$

$$P(X <) = 1 - 0,8182 = 0,1818$$

$$\text{Peluang teoritis, } f(t) = \frac{\log X - \log \bar{X}}{s \sqrt{\log X}} = \frac{1,8181 - 1,966}{0,092} = -1,598$$

$P'(X <)$, didapat dari tabel wilayah luas di bawah kurva normal, berdasarkan nilai $f(t)$:

$$P'(X) = 0,8925$$

$$P'(X <) = 1 - P'(X) = 1 - 0,8925 = 0,1075$$

Selisih terbesar peluang pengamatan dan peluang teoritis,

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

$$= 0,1075 - 0,1818$$

$$= -0,0743$$

Hasil perhitungan pengujian parameter Uji Smirnov Kolmogorov, menggunakan metode distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 22 Perhitungan Pengujian Parameter Uji Smirnov Kolmogorov

No	Log X	m	P(x)	P(X<)	f(t)	P'(X)	P'(X<)	D
	(1)	(2)	(3)	(4)= (nilai 1)-(3)	(5)	(6)	(7)= (nilai 1)- (6)	(8)=(7)- (4)
1	2.203	1	0.045	0.955	2.561	0.010	0.990	0.036
2	2.094	2	0.091	0.909	1.386	0.092	0.908	-0.001
3	2.051	3	0.136	0.864	0.924	0.176	0.824	-0.040
4	2.042	4	0.182	0.818	0.821	0.201	0.800	-0.019
5	2.014	5	0.227	0.773	0.525	0.278	0.722	-0.050
6	1.983	6	0.273	0.727	0.180	0.386	0.614	-0.113
7	1.982	7	0.318	0.682	0.176	0.386	0.614	-0.068
8	1.980	8	0.364	0.636	0.151	0.397	0.603	-0.034
9	1.962	9	0.409	0.591	-0.046	0.460	0.540	-0.051

Lanjutan Tabel 4.23 Perhitungan Pengujian Parameter Uji
Smirnov Kolmogorov

No	Log X	m	P(x)	P(X<)	f(t)	P'(X)	P'(X<)	D
	(1)	(2)	(3)	(4)= (nilai 1)-(3)	(5)	(6)	(7)= (nilai 1)- (6)	(8)=(7) -(4)
10	1.954	10	0.455	0.545	-0.132	0.500	0.500	-0.045
11	1.934	11	0.500	0.500	-0.341	0.560	0.440	-0.060
12	1.926	12	0.545	0.455	-0.432	0.591	0.409	-0.046
13	1.904	13	0.591	0.409	-0.673	0.670	0.330	-0.079
14	1.889	14	0.636	0.364	-0.829	0.719	0.281	-0.083
15	1.883	15	0.682	0.318	-0.902	0.739	0.261	-0.057
16	1.867	16	0.727	0.273	-1.074	0.785	0.215	-0.058
17	1.830	17	0.773	0.227	-1.472	0.871	0.129	-0.098
18	1.818	18	0.818	0.182	-1.598	0.893	0.108	-0.074
19	1.814	19	0.864	0.136	-1.648	0.900	0.100	-0.036
20	1.813	20	0.909	0.091	-1.658	0.902	0.099	0.008
21	1.762	21	0.955	0.045	-2.206	0.961	0.039	-0.006

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh $D_{\max} = 0,036$. Kemudian, berdasarkan Tabel 2.7 Nilai Kritis D_0 Uji Smirnov-Kolmogorov, dengan derajat kepercayaan 5% dan $N = 21$, menggunakan interpolasi sebagai berikut :

$$D_0 = 0,29 + \left(\frac{21 - 20}{25 - 20} \right) \cdot (0,27 - 0,29) = 0,285$$

Diperoleh $D_{\max} < D_0 = 0,036 < 0,285$, sehingga metode distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Berdasarkan hasil perhitungan, kedua pengujian parameter, metode distribusi Log Pearson Tipe III memenuhi persyaratan, sehingga dapat digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana.

4.3.4 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Perhitungan debit menggunakan metode hidograf satuan sintetis memerlukan data hujan jam-jaman. Lamanya hujan terpusat di Indonesia sendiri tidak lebih dari 7 jam. Hal ini didasari dari Laporan Akhir Departemen Pekerjaan Umum.

Karena lamanya hujan terpusat di Indonesia yang tidak lebih dari 7 jam, maka direncanama durasi optimum hujan rencana di wilayah Kota Surabaya sebesar 4 jam.

Berikut merupakan contoh perhitungan hujan rata-rata (R_t) dan tinggi hujan (R_t') pada jam ke-1 untuk periode ulang hujan 2 tahun :

Pada jam ke – 1, PUH 2 tahun :

$$R_t = \frac{R_{24}}{4} \left(\frac{4}{\text{jam ke } -} \right)^{2/3}$$

$$R_t = \frac{64,654}{4} \left(\frac{4}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 40,730 \text{ mm}$$

$$R_t' = t \cdot R_t - (t - 1) \cdot R_{(t-1)}$$

$$R_t' = 1 \cdot 40,730 - (1 - 1) \cdot R_{(1-1)} = 40,730 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan tinggi hujan pada jam ke-t dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4. 23 Tinggi Hujan Pada Jam ke-t

Rt	PUH			Rt'	PUH		
	2	5	10		2	5	10
Jam	mm			Jam	mm		
1	40.730	80.692	101.924	1	40.730	80.692	101.924
2	25.658	50.833	64.208	2	10.586	20.974	26.492
3	19.581	38.793	49.000	3	7.426	14.712	18.584
4	16.164	32.023	40.448	4	5.912	11.713	14.794

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.3.6 Perhitungan SCS Unit Hidograf

Dalam Tugas Akhir ini, perhitungan debit banjir rencana menggunakan program bantu HEC – HMS. Metode yang digunakan adalah metode hidograf satuan sintetik US – SCS (*United States Soil Conservation Service*).

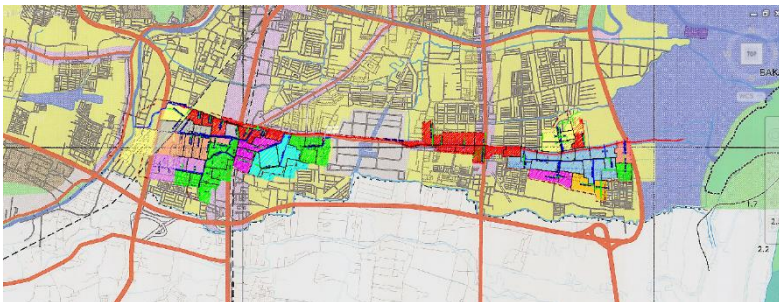
Dalam menggunakan cara US – SCS, *runoff* dari sebuah daerah aliran (*catchment*) yang kejatuhan air hujan ditentukan berdasarkan ciri-ciri dari *catchment*-nya yang diukur dari peta atau penilaian pada saat pengamatan lapangan.

Beberapa parameter yang diperlukan, antara lain :

1. Nama saluran,
2. Kode Saluran/ point,
3. Luas *catchment area*,
4. Daya serap air (*Curve Number*), dan kedap air (*Impervious*),
5. Nilai retensi maksimum (S),
6. Nilai kemiringan lahan (Y),
7. Panjang *overland flow* (L), dan
8. *Time lag* (t_L).

4.3.6.1 Nilai CN dan *Impervious*

Nilai CN dan *impervious* didapat dari Tabel 2.9 berdasarkan Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya Tahun 2009, wilayah DAS Kebon Agung ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8, dapat dilihat pada Tabel 4. 25.



Gambar 4. 7 Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya, 2009
(wilayah DAS Kebon Agung)

(Sumber : *Olahan Data*)



Gambar 4. 8 Legenda Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya, 2009
(Sumber : Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya, 2009)

Tabel 4. 24 Nilai CN dan *Impervious* untuk DAS Kebon Agung

Titik	Kode CA	CN	Impervious
T2-S2	101501	75.580	85.649
T1-S2	101502	76.626	85.453
T3-P1	111450	78.893	85.115
T4-P2	116600	68.869	72.080
T5-P3	118800	68.426	72.260
T6-P4	122060	79.681	80.144
T7-P5	127800	82.804	95.295
T8-P7	132170	79.813	95.465
T10-S3	400002	77.571	85.271
T9-S3	400001	78.367	85.120
T11-S4	402000	72.353	86.262
T6a-S5	414000	86.301	95.097
T12-S6	450001	79.000	85.000
T13-S6	450002	74.528	85.849

Lanjutan Tabel 4.25 Nilai CN dan *Impervious* untuk DAS Kebon Agung

Titik	Kode CA	CN	Impervious
T14-S6	450800	71.471	86.430
T15-S8	453000	74.130	85.925
T16-S9	455000	71.903	86.348
T17-S10	456800	75.220	85.718
T18-S11	458600	85.168	91.853
T20-S12	502002	73.973	85.955
T19-S12	502001	70.369	86.639
T21-S13	504000	74.379	85.877
T22-S14	508002	73.800	85.987
T23-S15	510000	78.164	85.159
T24-S16	530001	73.619	86.022
T25-S16	532001	81.454	89.195
T26-S16	532001	76.917	86.493
T27-S17	532000	81.233	89.762
T28-S18	532000	73.618	86.589
T29-219	534000	82.989	92.913
T30-S19a	550002	85.571	95.138
T31-S19a	550001	85.189	95.160
T32-S20	542000	84.930	91.589
T34-S21	600001	81.753	92.663
T33-S21	600002	82.087	93.174
T35-S22	602500	81.795	91.864
T36-S23	603500	77.764	85.235
T37-S24	732000	79.000	85.000
T38-P11	172000	77.196	87.683

Lanjutan Tabel 4.25 Nilai CN dan *Impervious* untuk DAS Kebon Agung

Titik	Kode CA	CN	Impervious
T39-P12	174021	79.736	89.459
T40-P13	177011	76.501	89.213
T41-P14	182301	77.130	85.355
5- p12- p13	174022	79.000	85.000
6 - p13- p14	177012	79.000	85.000
T42-P14	182302	79.000	85.000
7 - p14	183530	81.052	89.057
8 - p15	186030	75.213	85.719
T47-S26	900002	76.921	85.395
T45-S26	900001	78.083	85.174
T48-S28	950001	77.408	85.302
T49-S28	950002	74.210	85.910
14 - s29	-	76.154	85.540
15 - s29	952700	75.994	85.571
T43-S25	800001	77.644	85.258
T44-S25	800002	70.337	86.645
9 - s25- s27	804701	77.738	85.240
10 - s27- s29	809200	79.000	85.000
11 - s27- s29	812900	79.000	85.000
12 - s25- s27	804702	78.416	85.111
13 - s27- s29	810400	77.593	85.267

Lanjutan Tabel 4.14 Nilai CN dan Impervious untuk DAS Kebon Agung

Titik	Kode CA	CN	Impervious
16 - s30-p18	817750	79.000	85.000
17 - s30-p18	-	79.000	85.000
T50-S30	111111	75.515	85.662
T51-S33	980001	74.132	85.924
18 - s33-p19	980002	79.000	85.000
19 - s33-p19	-	79.000	85.000
T52-P15	-	79.000	85.000
T58-S31	750003	76.967	85.386
T59-S31	750001	75.777	85.612
T60-S32	752502	77.226	85.337
T61-S32	752501	68.868	86.924

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk Titik T2-S2 (Sal. Kebonsari Tengah 1, nilai CN = 75,85 dan panjang *overland flow* = 1148,74 ft)

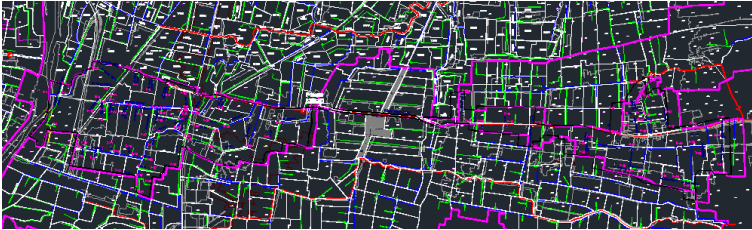
4.3.6.2 Nilai Retensi Maksimum

- Nilai Retensi Maksimum (S) :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1000}{CN} - 10 \\
 &= \frac{1000}{75,85} - 10 \\
 &= 3,231
 \end{aligned}$$

4.3.6.3 Nilai Kemiringan Lahan

- Nilai Kemiringan Lahan (Y) didapat berdasarkan Peta Topografi Surabaya, 2010, dilihat pada Gambar 4.9 .



Gambar 4. 9 Peta Topografi Surabaya, 2010

(Sumber : Olahan Data)

Kemiringan lahan untuk, Sal. Kebonsari Tengah 1 = 0,085 %.

4.3.6.4 Nilai *Time Lag*

- *Time Lag* (t_L) didapat dari persamaan :

$$\begin{aligned}
 t_L &= \frac{L^{0,8} \cdot (S + 1)^{0,7}}{1900 \cdot Y^{0,5}} \\
 &= \frac{1148,74^{0,8} \cdot (3.231 + 1)^{0,7}}{1900 \cdot 0,085^{0,5}} \\
 &= 1,395 \text{ jam} = 83,678 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan Nilai CN, Y, S dan t_L dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 25 Parameter SCS Unit Hidograf untuk DAS Kebon Agung

Titik	Panjang <i>Overland Flow</i> (feet)	Kemiringan Lahan (%)	CN	S	Time Lag (jam)
T2-S2	1148.74	0.085	75.58	3.231	1.395
T1-S2	1538.78	0.180	76.62	3.052	1.171
T3-P1	963.10	0.277	78.39	2.756	0.615
T4-P2	1853.49	0.070	68.87	4.520	2.710
T5-P3	1155.75	0.139	68.43	4.614	1.333

Lanjutan Tabel 4.26 Parameter SCS Unit Hidograf DAS Kebon Agung

Titik	Panjang <i>Overland Flow</i> (feet)	Kemiringan Lahan (%)	CN	S	Time Lag (jam)
T6-P4	5392.63	0.201	79.68	2.550	2.756
T7-P5	789.33	0.391	82.80	2.077	0.384
T8-P7	2341.85	0.121	79.81	2.529	1.811
T10-S3	3087.52	0.165	77.57	2.891	2.074
T9-S3	1897.55	0.404	78.37	2.760	0.878
T11-S4	4501.20	0.669	72.35	3.821	1.619
T6a-S5	931.79	0.149	86.30	1.587	0.629
T12-S6	1184.75	0.210	79.00	2.658	0.818
T13-S6	845.60	0.078	74.53	3.418	1.173
T14-S6	2560.30	0.166	71.47	3.992	2.122
T15-S8	3163.15	0.185	74.13	3.490	2.207
T16-S9	2728.43	0.449	71.90	3.908	1.341
T17-S10	670.22	0.118	75.22	3.294	0.774
T18-S11	2237.39	0.664	85.17	1.742	0.626
T20-S12	1885.89	0.288	73.97	3.519	1.177
T19-S12	3195.51	0.141	70.37	4.211	2.828
T21-S13	2016.55	0.211	74.38	3.445	1.433
T22-S14	2458.85	0.087	73.80	3.550	2.659
T23-S15	2835.94	0.174	78.16	2.794	1.855
T24-S16	1860.17	0.054	73.62	3.583	2.709
T25-S16	660.19	0.054	81.45	2.277	0.939
T26-S16	757.69	0.037	76.92	3.001	1.447
T27-S17	860.91	0.065	81.23	2.310	1.063
T28-S18	843.18	0.550	73.62	3.584	0.451
T29-219	2190.11	0.220	82.99	2.050	1.153

Lanjutan Tabel 4.26 Parameter SCS Unit Hidograf DAS Kebon Agung

Titik	Panjang <i>Overland Flow</i> (feet)	Kemiring an Lahan (%)	CN	S	Time Lag (jam)
T30-S19a	802.84	0.175	85.57	1.686	0.529
T31-S19a	599.29	0.048	85.19	1.739	0.815
T32-S20	926.65	0.235	84.93	1.774	0.524
T34-S21	779.58	0.112	81.75	2.232	0.737
T33-S21	645.59	0.106	82.09	2.182	0.645
T35-S22	1642.81	0.143	81.79	2.226	1.182
T36-S23	2056.25	0.184	77.76	2.859	1.413
T37-S24	62.85	0.100	79.00	2.658	0.113
T38-P11	969.73	0.083	77.20	2.954	1.173
T39-P12	732.57	0.073	79.74	2.541	0.927
T40-P13	2916.23	0.058	76.50	3.072	3.442
T41-P14	783.14	0.068	77.13	2.965	1.093
5- p12-p13	3385.12	0.161	79.00	2.658	2.165
6 - p13-p14	2653.71	0.074	79.00	2.658	2.635
T42-P14	818.35	0.185	79.00	2.658	0.650
7 - p14	2237.50	0.036	81.05	2.338	3.091
8 - p15	3231.21	0.242	75.21	3.296	1.905
T47-S26	4148.38	0.154	76.92	3.000	2.771
T45-S26	2930.53	0.116	78.08	2.807	2.343
T48-S28	1222.41	0.074	77.41	2.918	1.485
T49-S28	2612.25	0.135	74.21	3.475	2.211
14 - s29	2788.08	0.077	76.15	3.131	2.927
15 - s29	2427.56	0.071	75.99	3.159	2.743
T43-S25	3116.05	0.316	77.64	2.879	1.508
T44-S25	2248.30	0.372	70.34	4.217	1.317

Lanjutan Tabel 4.26 Parameter SCS Unit Hidrograf DAS Kebon Agung

Titik	Panjang <i>Overland Flow</i> (feet)	Kemiringan Lahan (%)	CN	S	Time Lag (jam)
9 - s25-s27	3187.80	0.509	77.74	2.864	1.206
10 - s27-s29	4294.65	0.576	79.00	2.658	1.385
11 - s27-s29	2137.23	0.445	79.00	2.658	0.902
12 - s25-s27	3643.79	0.145	78.42	2.752	2.465
13 - s27-s29	2768.13	0.060	77.59	2.888	3.150
16 - s30-p18	1879.08	0.056	79.00	2.658	2.286
17 - s30-p18	1968.95	0.051	79.00	2.658	2.505
T50-S30	2580.51	0.070	75.52	3.242	2.931
T51-S33	994.00	0.077	74.13	3.489	1.354
18 - s33-p19	2661.19	0.050	79.00	2.658	3.212
19 - s33-p19	2518.86	0.200	79.00	2.658	1.535
T52-P15	159.94	0.093	79.00	2.658	0.249
T58-S31	2328.57	0.195	76.97	2.992	1.552
T59-S31	1362.08	0.029	75.78	3.197	2.719
T60-S32	2141.14	0.152	77.23	2.949	1.631
T61-S32	1077.93	0.026	68.87	4.521	2.858
T57-S31	873.44	0.103	75.90	3.175	1.006
T62-P17	1919.27	0.064	75.93	3.169	2.394

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.3.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan debit banjir rencana, terlebih dahulu dibuat unit hidrograf. Perhitungan debit banjir rencana dalam Tugas Akhir ini dilakukan menggunakan program bantu HEC-HMS dengan metode US – SCS.

Menurut SDMP (*Surabaya Drainage Master Plan*), DAS Kebon Agung melewati 3 rumah pompa yaitu Pompa Jambangan (Jl. Gayung Kebonsari, dekat SPBU Pertamina), Pompa Jemur Andayani (Jl. Raya Jemur Andayani, depan Supermarket Sinar), dan Pompa Kebon Agung (Jl. Medokan Ayu).

Setelah melakukan pengamatan langsung ke lapangan, terjadi perkembangan lahan dan sering terjadi banjir, maka air pun langsung di pompa ke Kali Surabaya. Sehingga, dalam analisa Tugas Akhir ini dilakukan pengurangan *catchment* untuk DAS Kebon Agung.



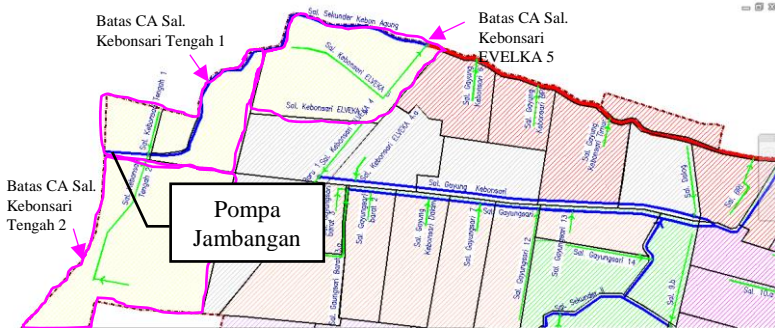
Gambar 4. 10 Pompa Jambangan Saat Beroperasi (9/11/16)
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar 4. 11 Rumah Pompa Jambangan
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Perhitungan pengurangan *catchment area* (CA) dilakukan pada saluran yang berada di sekitar Pompa Jambangan dan atau yang masuk ke saluran Kebon Agung, antara lain :

1. Saluran Kebonsari Tengah 1
2. Saluran Kebonsari Tengah 2
3. Saluran Kebonsari Elveka 5



Gambar 4. 12 Batas *Catchment Area* DAS Kebon Agung sekitar Pompa Jambangan

(Sumber : Olahan Data)

Contoh perhitungan debit Saluran Kebonsari Tengah 1:

- Luas DAS (A) : 0,146 km²
- Panjang saluran : 165,65 m
- Kemiringan lahan (Y) : 0,085 %
- CN (serap air) : 75,85
- *Impervious* (kedap air) : 85,65
- Panjang *overland flow* dihitung dengan melakukan pendekatan *symmetrical catchment*, sehingga :

$$L = \frac{\text{Luas}}{2 \times \text{panjang saluran}}$$

$$= \frac{0,116 \cdot 10^6}{2 \times 165,65}$$

$$= 350,14 \text{ m} = 1148,74 \text{ ft}$$

- $S = \frac{1000}{CN} - 10$

$$= \frac{1000}{75,58} - 10$$

$$= 3,231 \text{ inch}$$

- Hujan yang menjadi aliran permukaan (*Rainfall excess*) :

$$q = \frac{(R - 0,2 \cdot S)^2}{R + 0,8 S}$$

$$= \frac{(2,545 - 0,2 \cdot 3,231)^2}{2,545 + 0,8 \cdot 3,231}$$

$$= 0,703 \text{ inch}$$

- Waktu antara datangnya hujan dengan terjadinya debit puncak (*Time Lag*) :

$$t_L = \frac{L^{0,8} \cdot (S + 1)^{0,7}}{1900 \cdot Y^{0,5}}$$

$$= \frac{1148,74^{0,8} \cdot (3,231 + 1)^{0,7}}{1900 \cdot 0,085^{0,5}}$$

$$= 1,39 \text{ jam}$$

- Waktu debit puncak (*Time Peak*) :

$$T_p = \frac{D}{2} + t_L$$

$$= \frac{2}{2} + 1,39$$

$$= 2,39 \text{ jam}$$

- Debit puncak (Q_p) :

$$Q_p = \frac{484 \cdot q \cdot A}{T_p}$$

$$= \frac{484 \cdot 0,703 \cdot (0,116 \cdot 0,386)}{2,39}$$

$$= 8,01 \text{ cfs} = 0,23 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Hasil perhitungan untuk saluran yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 4. 27.

Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Qp Saluran Sekitar Pompa Jambangan

Nama Saluran	Luas DAS (km ²)	q (inch)	Panjang <i>Overland Flow</i> (feet)	tL (jam)	Tp (jam)	Qp (m ³ /dt)
Sal. Kebonsari Tengah 1	0.146	0.703	1148.74	1.39	2.39	0.23
Sal. Kebonsari Tengah 2	0.7497	0.751	1538.78	1.17	2.17	1.37
Sal. Kebonsari Evelka 5	0.4345	0.837	963.10	0.62	1.62	1.29

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Sedangkan untuk kapasitas Pompa Jambangan dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4. 27 Kapasitas Pompa Tahun 2014

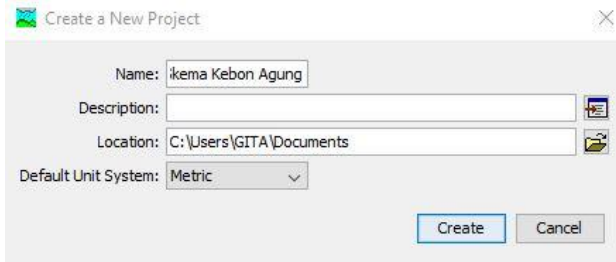
Lokasi	Pompa	
	Jenis	Unit
PA. JAMBANGAN	Submersible Pump	2 Unit Kap : 1,5 m ³ /dt
Jl. Gayung Kebonsari	Sludge Pump	1 Unit Kap : 0,25 m ³ /dt

(Sumber : Pemerintah Kota Surabaya, 2014)

Jumlah debit yang dihasilkan Saluran Kebonsari Tengah 1, Saluran Kebonsari Tengah 2, dan Saluran Evelka 5 adalah sebesar 2,89 m³/dt \approx jumlah kapasitas Pompa Jambangan yaitu sebesar 3,25 m³/dt. Sehingga, ketiga saluran tersebut tidak diperhitungkan dalam perhitungan selanjutnya.

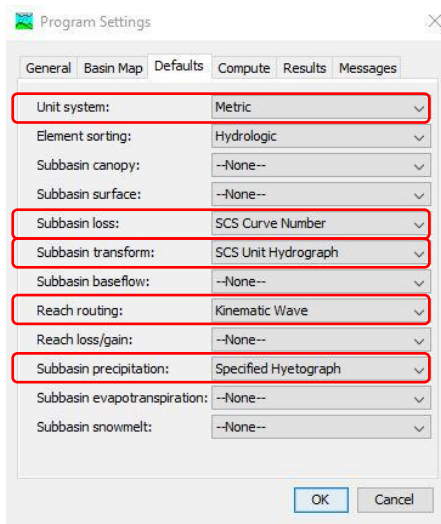
Untuk membuat pemodelan di program bantu HEC – HMS, diperlukan beberapa data yang harus di input. Berikut merupakan langkah kerja menggunakan program bantu HEC – HMS :

1. Menulis nama *project* terlebih dahulu, dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Menulis Nama *Project*

2. Mengatur beberapa pengaturan pada *tools* → *program settings*, yaitu : *unit system*, *subbasin loss*, *subbasin transform*, *reach routing* dan *subbasin precipitation*, dapat dilihat seperti Gambar 4.14.










Gambar 4. 14 Mengatur Beberapa Pengaturan pada *Program Settings*

3. Membuat HMS *Component Models*, antara lain : *Basin Model*, *Meteorologic Model*, dan *Control Specifications*.
4. Membuat Time-Series Data.
5. Melakukan simulasi.

4.3.7.1 Basin Model

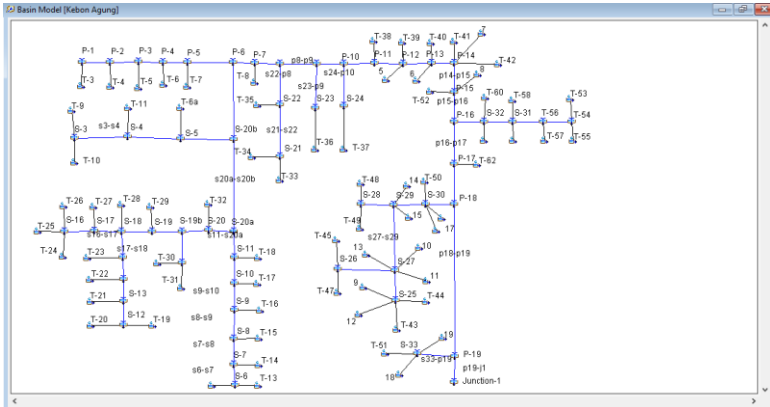
Untuk menggambarkan suatu DAS dalam HEC – HMS, maka perlu dibuat skema jaringan terlebih dahulu. Berikut merupakan beberapa elemen yang digunakan tergantung pada kebutuhan, dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4. 28 Macam *Element Tools* dan Kegunaannya

No.	<i>Element Tools</i>	Deskripsi
1.	<i>Subbasin</i> 	Elemen ini digunakan untuk menunjukkan batas <i>catchment area</i> .
2.	<i>Reach</i> 	Elemen ini digunakan untuk menunjukkan aliran air (saluran).
3.	<i>Junction</i> 	Elemen ini digunakan untuk mengkombinasikan aliran air dari hulu menuju ke <i>junction</i> .
4.	<i>Source</i> 	Elemen ini digunakan untuk menunjukkan aliran yang tidak memiliki <i>inflow</i> .
5.	<i>Sink</i> 	Elemen ini digunakan untuk menunjukkan <i>outlet</i> , yang mana tidak memiliki <i>outflow</i> .
6.	<i>Reservoir</i> 	Elemen ini digunakan untuk menunjukkan tempat penyimpanan (kolam).
7.	<i>Diversion</i> 	Elemen ini digunakan untuk memodelkan aliran air menuju ke saluran utama lainnya.

(Sumber : HEC – HMS User Reference Manual V.4.0)

Dengan menggunakan *basin model element tools* diatas, maka skema DAS Kebon Agung dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Skema Jaringan DAS Kebon Agung pada program bantu HEC – HMS

Setelah selesai membuat skema, selanjutnya memasukkan beberapa data terkait parameter (Metode US – SCS) yang digunakan untuk mengubah data hujan menjadi aliran, antara lain :

- *Subbasin loss* : Untuk menghitung hujan yang menjadi limpasan (hujan efektif) dengan memasukkan data CN (serap air) dan kedap air (*impervious*). Besarnya kedua nilai tersebut telah diolah berdasarkan Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya, Tahun 2009, dan dapat dilihat pada Tabel 4.14.
- *Subbasin transform* : Untuk transformasi dari hujan efektif menjadi aliran dengan memasukkan *time lag*. Nilai *time lag* didapatkan dari perhitungan, yang dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Contoh penginputan data untuk T-19 pada *Basin Model* HEC – HMS dapat dilihat pada Gambar 4.16, Gambar 4.17, dan Gambar 4.18.

The screenshot shows the 'Subbasin' tab in the HEC-HMS software. The 'Basin Name' is 'Kebon Agung' and the 'Element Name' is 'T-19'. The 'Area (KM2)' field is set to 0.1779, indicated by a red arrow. Other fields include 'Downstream' (S-12), 'Latitude Degrees', 'Latitude Minutes', 'Latitude Seconds', 'Longitude Degrees', 'Longitude Minutes', 'Longitude Seconds', 'Canopy Method' (None), 'Surface Method' (None), 'Loss Method' (SCS Curve Number), 'Transform Method' (SCS Unit Hydrograph), and 'Baseflow Method' (None).

Gambar 4. 16 Input Subbasin Data pada *Basin Model* HEC-HMS

The screenshot shows the 'Loss' tab in the HEC-HMS software. The 'Basin Name' is 'Kebon Agung' and the 'Element Name' is 'T-19'. The 'Initial Abstraction (MM)' is 5, '*Curve Number' is 70.37, and '*Impervious (%)' is 86.64, all indicated by red arrows.

Gambar 4. 17 Input CN dan *Impervious* pada *Basin Model* HEC-HMS

The screenshot shows the 'Transform' tab in the HEC-HMS software. The 'Basin Name' is 'Kebon Agung' and the 'Element Name' is 'T-19'. The 'Graph Type' is 'Standard' and the '*Lag Time (MIN)' is 169.672, indicated by a red arrow.

Gambar 4. 18 Input Time Lag pada *Basin Model* HEC-HMS

4.3.7.2 Time – Series Data

Setelah *basin model*, langkah selanjutnya adalah *time-series data* dengan memasukkan data hujan rencana yang telah diolah pada Tabel 4.13.

Data yang dimasukkan merupakan data hujan periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier (*Gage 1*), dan 5 tahun untuk saluran sekunder dan primer (*Gage 2*), ditunjukkan pada Gambar 4.19.

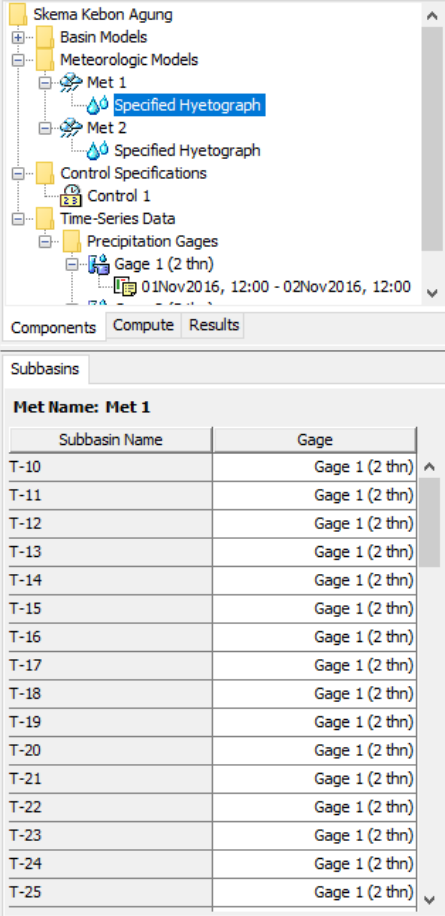
The screenshot shows the 'Time-Series Gage' window in HEC-HMS. The 'Table' tab is active, displaying the following data:

Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
01Nov2016, 12:00	
01Nov2016, 13:00	40.730
01Nov2016, 14:00	10.586
01Nov2016, 15:00	7.426
01Nov2016, 16:00	5.912
01Nov2016, 17:00	0.000
01Nov2016, 18:00	0.000
01Nov2016, 19:00	0.000
01Nov2016, 20:00	0.000
01Nov2016, 21:00	0.000
01Nov2016, 22:00	0.000
01Nov2016, 23:00	0.000
02Nov2016, 00:00	0.000
02Nov2016, 01:00	0.000
02Nov2016, 02:00	0.000
02Nov2016, 03:00	0.000
02Nov2016, 04:00	0.000

Gambar 4. 19 Input Data Hujan Periode Ulang (*Gage 1*) pada *Meteorological HEC – HMS*

4.3.7.3 Meteorologic Models

Selanjutnya, membuat *meteorological* untuk Gage 1 dan Gage 2, dapat dilihat pada Gambar 4.20.



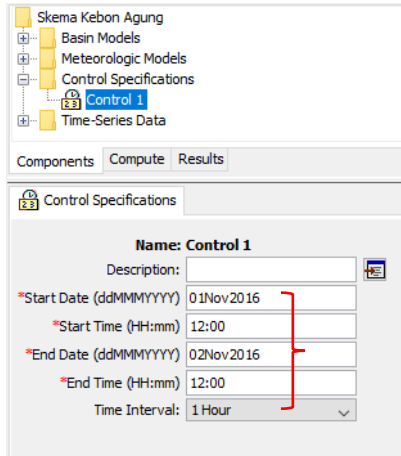
The screenshot shows the HEC-HMS software interface. The top part is a tree view of the project structure, with 'Specified Hyetograph' selected under 'Met 1'. Below the tree view are tabs for 'Components', 'Compute', and 'Results'. The 'Subbasins' tab is active, displaying a table for 'Met Name: Met 1'.

Subbasin Name	Gage
T-10	Gage 1 (2 thn)
T-11	Gage 1 (2 thn)
T-12	Gage 1 (2 thn)
T-13	Gage 1 (2 thn)
T-14	Gage 1 (2 thn)
T-15	Gage 1 (2 thn)
T-16	Gage 1 (2 thn)
T-17	Gage 1 (2 thn)
T-18	Gage 1 (2 thn)
T-19	Gage 1 (2 thn)
T-20	Gage 1 (2 thn)
T-21	Gage 1 (2 thn)
T-22	Gage 1 (2 thn)
T-23	Gage 1 (2 thn)
T-24	Gage 1 (2 thn)
T-25	Gage 1 (2 thn)

Gambar 4. 20 Input *Meteorological* HEC – HMS

4.3.7.4 Control Specifications

Setelah *meteorologic model*, selanjutnya adalah input *control specifications*, dengan interval 1 jam selama 1 hari, ditunjukkan pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Input *Meteorological* HEC – HMS

4.3.7.5 Simulation Run

Setelah selesai memasukkan data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi. Hasil dari simulasi ini adalah untuk mendapatkan debit puncak (*peak discharge*).

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan *simulation run* sebanyak 2 kali. *Running* pertama digunakan untuk hujan rencana PUH 2 tahun dan akan diolah untuk merencanakan dimensi saluran tersier, sedangkan *running* kedua digunakan untuk hujan rencana PUH 5 tahun dan akan diolah untuk merencanakan saluran sekunder dan saluran primer dengan menggunakan program bantu HEC - RAS.

Toolbar → *Compute* → *Create Compute* → *Simulation Run*. Hasil *running* pertama dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4. 29 *Peak Discharge* Saluran Tersier PUH 2 tahun

<i>Hydrologic Element</i>	<i>Peak Dishcarge (m³/s)</i>
T-10	0.8
T-11	0.7
T-12	0.4
T-13	1
T-14	0.6
T-15	0.7
T-16	0.8
T-17	0.9
T-18	0.8
T-19	0.5
T-20	0.6
T-21	0.9
T-22	0.7
T-23	0.9
T-24	1
T-25	0.6
T-26	0.5
T-27	0.7
T-28	0.4
T-29	1.6
T-3	2
T-30	2
T-31	0.7
T-32	1.5
T-33	1.5
T-34	0.8

Lanjutan Tabel 4.30 Peak Discharge Saluran Tersier PUH 2 tahun

<i>Hydrologic Element</i>	<i>Peak Dishcarge (m³/s)</i>
T-35	1.6
T-36	3.4
T-37	0.1
T-38	1.5
T-39	0.5
T-4	0.5
T-40	1
T-41	0.7
T-42	1.1
T-43	0.8
T-44	0.9
T-45	0.9
T-47	0.6
T-48	1.2
T-49	0.7
T-5	0.5
T-50	0.8
T-51	1.1
T-52	0.3
T-53	2.6
T-54	7.1
T-55	4.5
T-56	8.4
T-57	1.3
T-58	0.8
T-59	0.4

Lanjutan Tabel 4.30 Peak Discharge Saluran Tersier PUH 2 tahun

<i>Hydrologic Element</i>	<i>Peak Dishcharge (m³/s)</i>
T-6	0.6
T-6a	1.1
T-60	0.7
T-61	0.3
T-62	1
T-7	1.1
T-8	1.1
T-9	1
t54-t56	7
t56-s31	8.2

(Sumber : Simulation Run (Simulation Run-2th) HEC – HMS)

4.4 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika diperlukan untuk merencanakan dimensi penampang saluran. Untuk saluran tersier dilakukan menggunakan perhitungan analitik, sedangkan untuk saluran sekunder dan primer menggunakan program bantu HEC – RAS.

4.4.1 Perhitungan Dimensi Saluran Tersier

Penampang saluran tersier DAS Kebon Agung direncanakan menggunakan *U – Ditch*. *U – Ditch* adalah saluran dari beton bertulang dengan bentuk penampang huruf U dan juga bisa diberi tutup. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan spesifikasi dan dimensi dari PT. Calvary Abadi.

Ketinggian saluran ini dapat bervariasi mengikuti kebutuhan di lapangan atau elevasi yang diinginkan. Dimensi *U – Ditch* dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4. 30 Dimensi U – Ditch

Type	b (m)	h(m)	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)
1	0.3	0.3	0.18	0.02
2	0.4	0.4	0.22	0.03
3	0.4	0.5	0.23	0.05
4	0.4	0.6	0.23	0.06
5	0.5	0.5	0.25	0.06
6	0.5	0.6	0.26	0.08
7	0.5	0.7	0.27	0.09
8	0.6	0.7	0.29	0.12
9	0.6	0.8	0.30	0.14
10	0.6	1	0.31	0.19
11	0.8	0.5	0.31	0.12
12	0.8	0.6	0.32	0.15
13	0.8	0.7	0.33	0.19
14	0.8	0.8	0.34	0.22
15	0.8	1	0.36	0.29
16	0.8	1.2	0.37	0.36
17	1	1	0.40	0.40
18	1	1.2	0.42	0.50
19	1.2	1	0.43	0.52
20	1.2	1.2	0.45	0.65
21	1.2	1.5	0.47	0.85
22	1.5	1	0.47	0.71
23	1.5	1.2	0.50	0.89
24	1.5	1.5	0.52	1.18
25	2	1	0.52	1.05

Lanjutan Tabel 4.31 Dimensi U – Ditch

Type	b (m)	h(m)	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)
25	2	1	0.52	1.05
26	2	1.2	0.56	1.33
27	2	1.5	0.59	1.78
28	2.5	1.5	0.64	2.42
29	2.5	2	0.70	3.49
30	2.5	2.5	0.74	4.60
31	3	1.5	0.69	3.09
32	3	2	0.75	4.50
33	3	2.5	0.80	5.98
34	3.5	1.5	0.72	3.79
35	3.5	2	0.79	5.56
36	3.5	2.5	0.85	7.42
37	4	2	0.83	6.66
38	4	2.5	0.89	8.92
39	5	1.5	0.80	5.98
40	5	2	0.89	8.92
41	5	2.5	0.97	12.07
42	6	1.5	0.83	7.49
43	6	2	0.94	11.27
44	6	2.5	1.02	15.34
45	7	2	0.98	13.68
46	7	2.5	1.07	18.72
47	8	2	1.01	16.12
48	8	2.5	1.11	22.17
49	9	2	1.03	18.60
50	9	2.5	1.14	25.68

Perhitungan penampang saluran tersier dilakukan dengan cara *trial and error*, hingga didapat $Q_{\text{hidrolika}} \geq Q_{\text{hidrologi}}$. $Q_{\text{hidrologi}}$ didapat dari simulasi menggunakan program bantu HEC – HMS. Dimensi saluran menggunakan dimensi U - Ditch pada Tabel 4.20.

Berikut merupakan contoh perhitungan Saluran Gayung Kebonsari 6 (T4 – P2) :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{hidrologi}} &= 0,50 \text{ m}^3/\text{dtk} \\
 \text{Direncanakan saluran dengan U – Ditch Tipe 20} \\
 b &= 1,2 \text{ m} \\
 h &= 1,2 \text{ m} \\
 A &= 1,44 \text{ m}^2 \\
 P &= b + 2h \\
 &= 2 + 2 \cdot (1,2) \\
 &= 3,6 \text{ m} \\
 R &= A/P \\
 &= 1,44/3,6 \\
 &= 0,4 \text{ m} \\
 S &= 0,0002 \\
 n &= 0,017 \\
 V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= 1/0,017 \cdot 0,4^{2/3} \cdot 0,0002^{1/2} \\
 &= 0,452 \text{ m/dtk} \\
 Q &= A \cdot V \\
 &= 1,44 \cdot 0,452 \\
 &= 0,65 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$Q_{\text{hidrolika}} \geq Q_{\text{hidrologi}} \approx 0,65 \text{ m}^3/\text{dtk} \geq 0,50 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Maka, *U - Ditch* tipe 20 dapat digunakan untuk Saluran Gayung Kebonsari 6 (T4 – P2). Dengan menggunakan cara yang sama, didapatkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 4.32.

Tabel 4. 31 Rencana Tipe U – Ditch Saluran Tersier DAS Kebon Agung

Nama Saluran	Type U - Ditch
Sal. Gayung Kebonsari 6	20
Sal. Gayung Kebonsari BP	20
Sal. Gayung Kebonsari Timur	20
Sal. BRI	24
Sal. Jemur Andayani 15	24
Sal. Kebonsari Baru 1	21
Sal. Kebonsari Evelka 4	24
Sal. Kebonsari Evelka 4.a	21
Sal. Dolog	24
Sal. Gayungsari Barat 3	20
Sal. Gayungsari Barat 3.a	24
Sal. Gayungsari Barat 2	20
Sal. Gayung Kebonsari Dalam	21
Sal. Gayungsari 7	21
Sal. Gayungsari 12	24
Sal. Gayungsari 13	21
Sal. 1.a	20
Sal. 1.b	20
Sal. 2.a	24
Sal. 3.b	21
Sal. 4.b	24
Sal. 5.a	24
Sal. 5.b	20
Sal. 5.c	20
Sal. 6.b	21

Lanjutan Tabel 4.32 Rencana Tipe U – Ditch Saluran Tersier DAS Kebon Agung.

Nama Saluran	Type U - Ditch
Sal. 7.b	20
Sal. 8.a	27
Sal. 9.a	28
Sal. 9.b	21
Sal. Gayungsari 14	27
Sal. 10.a	21
Sal. 11.a	27
Sal. 12.a	27
Sal. 13.a	29
Sal. 14.a	20
Sal. Rungkut Asri Barat 5B	27
Sal. 15.c	20
Sal. 16.c	24
Sal. 17.c	21
Sal. Gunung Anyar Lor 3	24
Sal. Wiguna 1	20
Sal. Gunung Anyar 2	24
Sal. Wiguna Tengah 1	26
Sal. Wiguna Tengah 2	21
Sal. Gunung Anyar 1	21
Sal. Suryamas Timur	24
Sal. Gunung Anyar Tambak 1	21
Sal. Gunung Anyar Mas 1	24
Sal 18	20
Sal. 18.a	21

Lanjutan Tabel 4.32 Rencana Tipe U – Ditch Saluran Tersier DAS Kebon Agung.

Nama Saluran	Type U - Ditch
Sal. 18.b	20
Sal. 19.a	21
Sal. 19.b	20
Sal. Medayu Selatan 1	26
Sal. Medayu Selatan 2	24

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.4.2 Analisa Kapasitas Saluran Primer dan Bangunan Pelengkap Eksisting

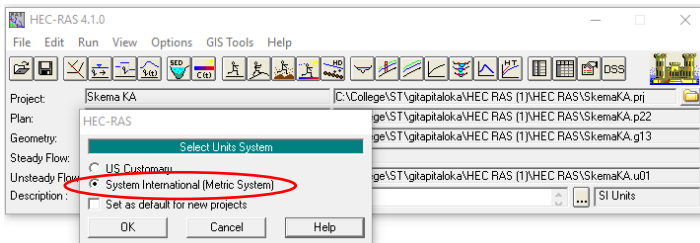
Untuk merencanakan dimensi saluran perlu dilakukan evaluasi eksisting terlebih dahulu. Dalam analisa kapasitas saluran DAS Kebon Agung hanya terdapat data saluran primer saja berdasarkan hasil *survey*, sehingga analisa eksisting hanya dilakukan pada saluran primer .

Debit banjir yang digunakan merupakan hasil *running* menggunakan program bantu HEC – HMS (PUH 5 tahun), kemudian ditambah 20% dari *Q peak* masing – masing saluran sebagai *baseflow* saluran. Untuk *boundary condition* merupakan hasil *running* selama 24 jam, sedangkan untuk *initial condition* merupakan *Q* pada jam pertama.

4.4.2.1 Setting Units System

Langkah kerja pertama penggunaan program bantu HEC – RAS setelah *make a new project's name* adalah mengatur *units system* nya terlebih dahulu. Pilih *system international (metric system)*. Hal ini dilakukan guna menyamakan setting dengan program bantu HEC – HMS.

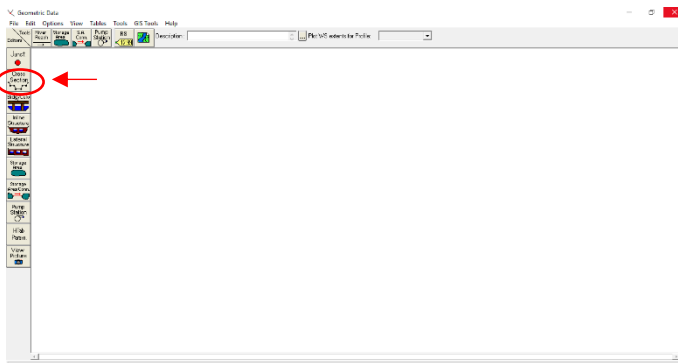
Klik Options pada Menu Bar → Units System (US Customary/SI) → pilih System International (Metric System), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Setting Units System pada program bantu HEC – RAS

4.4.2.2 Data Geometri

Setelah mengatur *unit setting*, langkah selanjutnya adalah membuat skema saluran terlebih dahulu. Skema yang dibuat untuk analisa eksisting DAS Kebon Agung hanya saluran primer, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24.



Gambar 4. 23 Geometri Data DAS Kebon Agung pada program bantu HEC – RAS

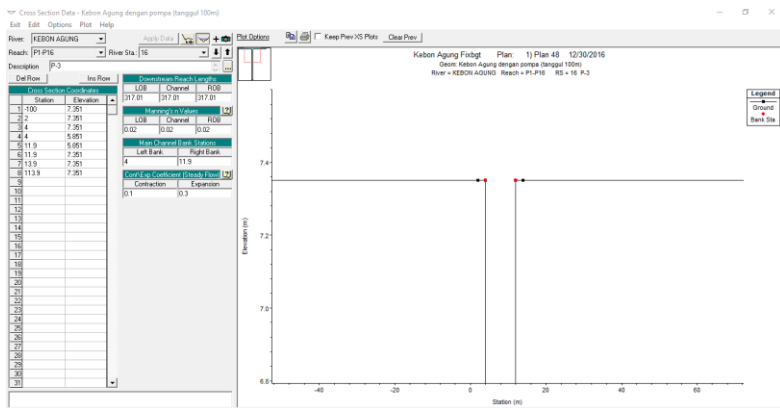


Gambar 4. 24 Skema DAS Kebon Agung (Saluran Primer) pada program bantu HEC – RAS

4.4.2.3 Cross Section

Langkah berikutnya adalah memasukkan data penampang. Adapun yang beberapa data yang harus dimasukkan antara lain, panjang saluran, koefisien Manning, koordinat saluran, dan batasan saluran yang dapat menerima debit banjir.

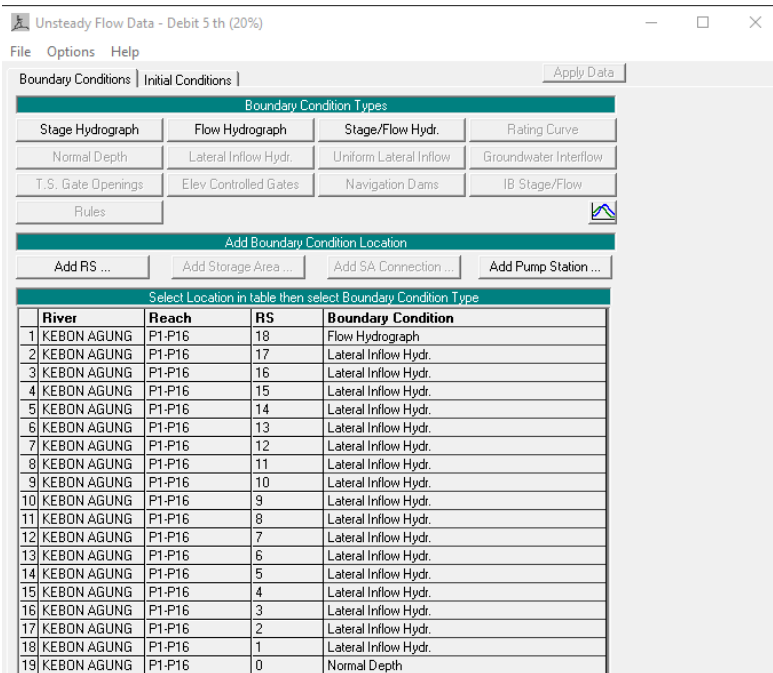
Contoh hasil *input cross section* Saluran Primer Kebon Agung, RS : 16, dapat dilihat pada Gambar 4.25.



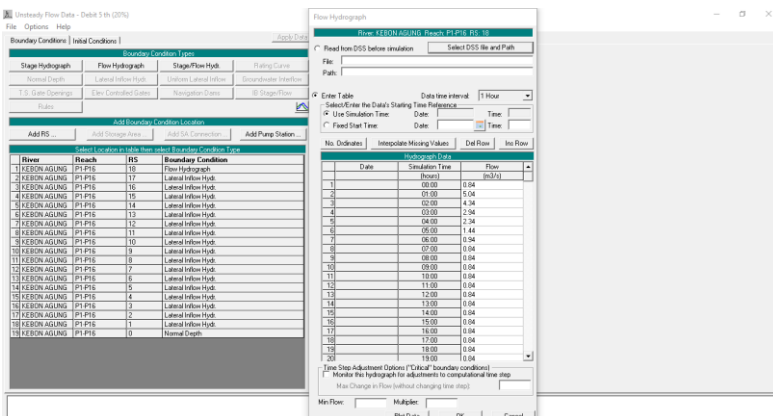
Gambar 4. 25 Cross Section Saluran Primer Kebon Agung (RS : 16), pada program bantu HEC – RAS

4.4.2.4 Unsteady Flow Data

Dalam analisa ini digunakan *unsteady flow*, karena debit tidak konstan. Debit yang dimasukkan pada Saluran Primer Kebon Agung merupakan debit tiap *cross section* dimana terdapat saluran sekunder masuk. Debit yang dimasukkan dibagi menjadi dua yaitu *boundary condition*, dan *initial condition*. Hasil input *unsteady flow data* dapat dilihat pada Gambar 4.26 dan contoh *input unsteady flow data* RS 18 dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 26 Unsteady Flow Data pada program bantu HEC – RAS



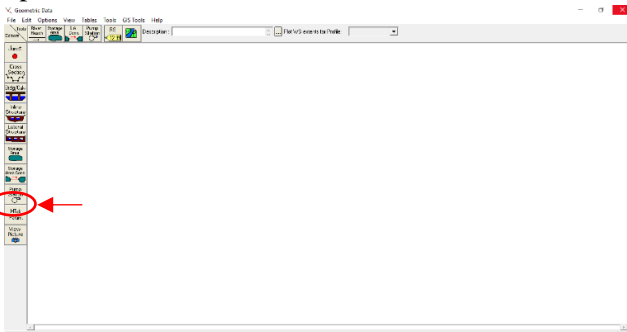
Gambar 4. 27 Input Unsteady Flow Data (RS : 18) pada program bantu HEC – RAS

4.4.2.5 Pump Station

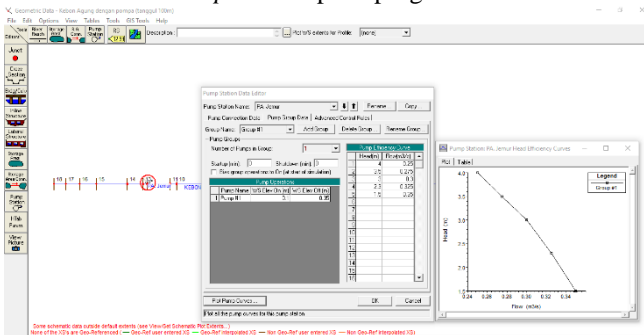
Setelah memasukkan *unsteady flow data*, langkah selanjutnya adalah memasukkan data pompa seperti kondisi eksisting, yaitu RA. Jemur Andayani (1 buah pompa kapasitas 0,35 m³/detik) dan RA. Kebon Agung (3 buah pompa kapasitas 1,5 m³/detik serta 1 buah pompa kapasitas 2 m³/detik).

Data pompa yang dimasukkan berupa *rating curve*, yaitu dengan memasukkan *head, flow, WS elev on and off* yang sesuai dengan kapasitas masing – masing pompa beserta jumlahnya.

Dalam Tugas Akhir ini, untuk *input data rating curve* menggunakan katalog produsen pompa *Grundfos*. Contoh *input data rating curve* untuk Rumah Pompa Jemur Andayani dapat dilihat pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29.



Gambar 4. 28 Pump Station pada program bantu HEC – RAS

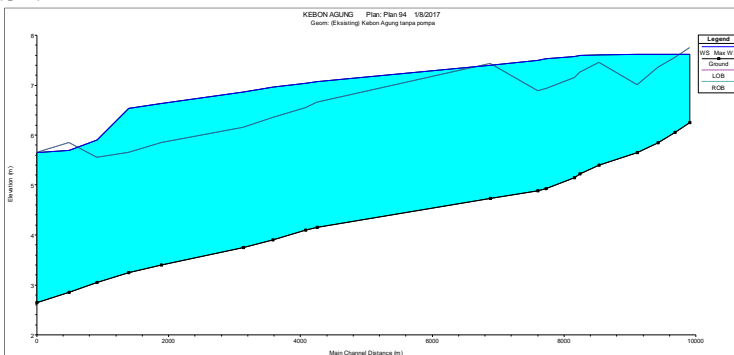


Gambar 4. 29 Input Rating Curve Pompa Jemur Andayani pada program bantu HEC – RAS

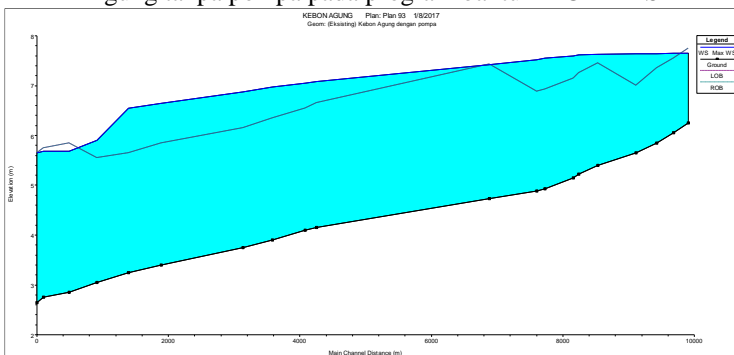
4.4.2.6 Simulation Run

Running dilakukan dengan klik menu *run* → pilih *unsteady flow data* → centang *geometry preprocessor*, *unsteady flow simulation* dan *post processor*. Simulation time window diisi dengan waktu sesuai *flow hydrograph*. Klik *compute*.

Untuk melihat hasil *running*, dapat dilihat pada menu *view* → *water surface profiles*. Hasil *running* analisa Saluran Primer DAS Kebon Agung eksisting tanpa pompa dapat dilihat pada Gambar 4.30, dan hasil *running* analisa Saluran Primer DAS Kebon Agung eksisting dengan pompa dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4. 30 Long Section Saluran Primer Eksisting DAS Kebon Agung tanpa pompa pada program bantu HEC – RAS



Gambar 4. 31 Long Section Saluran Primer Eksisting DAS Kebon Agung dengan pompa pada program bantu HEC – RAS

Berdasarkan Gambar 4.30 dan Gambar 4.31 dapat dilihat bahwa saluran primer eksisting DAS Kebon Agung baik tanpa pompa maupun dengan pompa tidak dapat mengalirkan debit banjir rencana. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan saluran kembali.

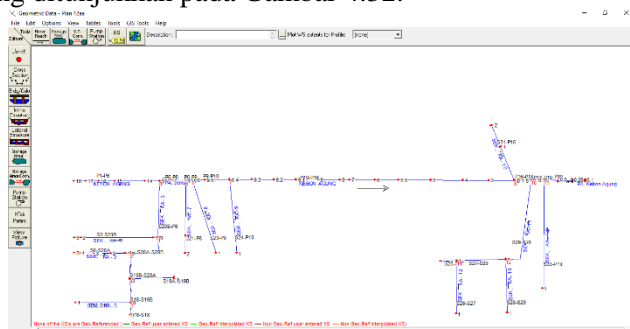
4.4.3 Analisa Kapasitas Saluran Primer dan Saluran Sekunder Rencana beserta Bangunan Pelengkap

Setelah dilakukan analisa eksisting, diperlukan perencanaan saluran kembali. Perencanaan dimensi saluran primer dan saluran sekunder dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC – RAS. Penampang yang direncanakan berbentuk persegi empat.

Debit banjir yang digunakan merupakan hasil *running* menggunakan program bantu HEC – HMS (PUH 5 tahun), kemudian ditambah 20% dari Q *peak* masing – masing saluran sebagai *baseflow* saluran.

4.4.3.1 Data Geometri

Skema yang dibuat untuk analisa rencana DAS Kebon Agung terdiri dari Saluran Sekunder dan Saluran Primer, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.32.

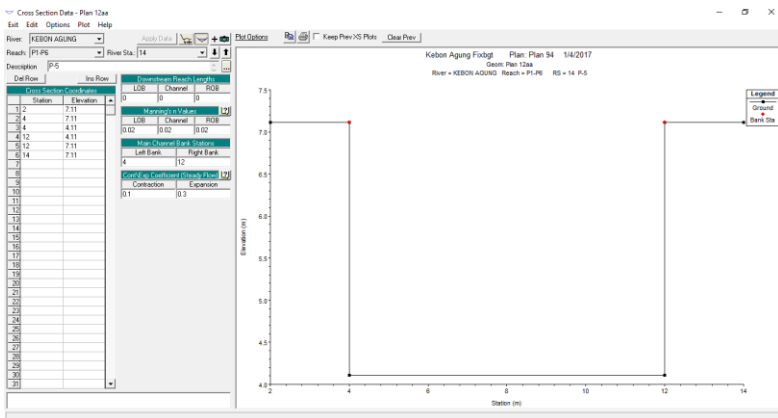


Gambar 4. 32. Skema DAS Kebon Agung (Rencana) pada program bantu HEC – RAS

4.4.3.2 Cross Section

Langkah berikutnya adalah memasukkan data penampang. Adapun yang beberapa data yang harus dimasukkan antara lain, panjang saluran, koefisien manning, koordinat saluran, dan batasan saluran yang dapat menerima debit banjir.

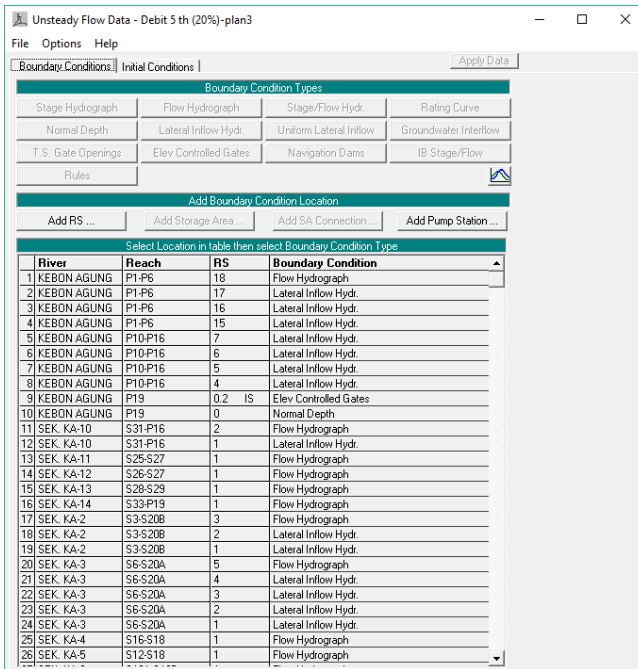
Contoh hasil input cross section Saluran Primer Kebon Agung, (P1 – P6) dapat dilihat pada Gambar 4.33.



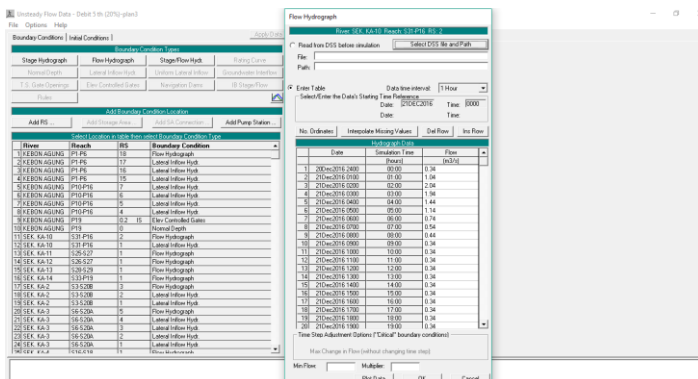
Gambar 4. 33 Cross Section Saluran Primer Kebon Agung (P1 – P6; RS : 14) pada program bantu HEC – RAS

4.4.3.3 Unsteady Flow Data

Dalam analisa ini digunakan unsteady flow, karena debit tidak konstan. Debit yang dimasukkan pada Saluran Primer Kebon Agung merupakan debit tiap *cross section* dimana terdapat saluran sekunder masuk. Debit yang dimasukkan dibagi menjadi dua yaitu *boundary condition*, dan *initial condition*. Hasil input *unsteady flow data* dapat dilihat pada Gambar 4.34 dan contoh *input unsteady flow data* RS 18 dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4. 34 Unsteady Flow Data pada program bantu HEC – RAS



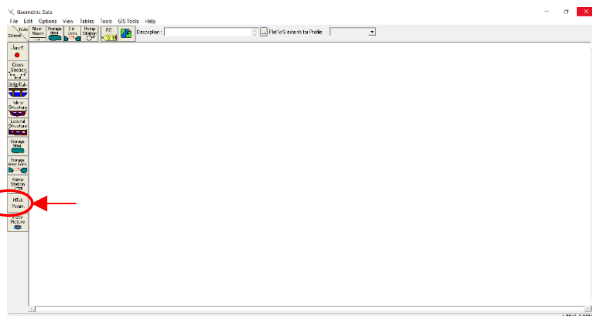
Gambar 4. 35 Input Unsteady Flow Data (Sekunder 10; RS : 2) pada program bantu HEC – RAS

4.4.3.4 Pump Station

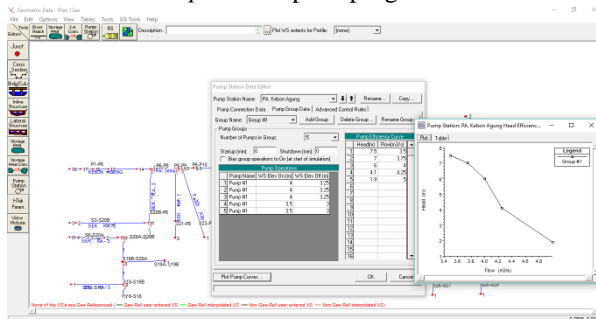
Pada kondisi eksisting sudah terdapat 2 rumah pompa, yaitu RA. Jemur Andayani dan RA. Kebon Agung, untuk analisa rencana menjadi 5 m^3/detik dan 3 buah pompa dengan kapasitas 1,5 m^3/detik (Saluran primer Kebon Agung dianggap *long storage*, sehingga kapasitas pompa yang dibutuhkan sebesar debit total dikurangi debit yang dapat ditampung *long storage*).

Data pompa yang dimasukkan berupa *rating curve*, yaitu dengan memasukkan *head, flow, WS elev on and off* yang sesuai dengan kapasitas masing – masing pompa beserta jumlahnya.

Dalam Tugas Akhir ini, untuk *input data rating curve* menggunakan katalog produsen pompa *Grundfos*. Contoh *input data rating curve* untuk Rumah Pompa Kebon Agung dapat dilihat pada Gambar 4.36 dan Gambar 4.37.



Gambar 4. 36 Pump Station pada program bantu HEC – RAS

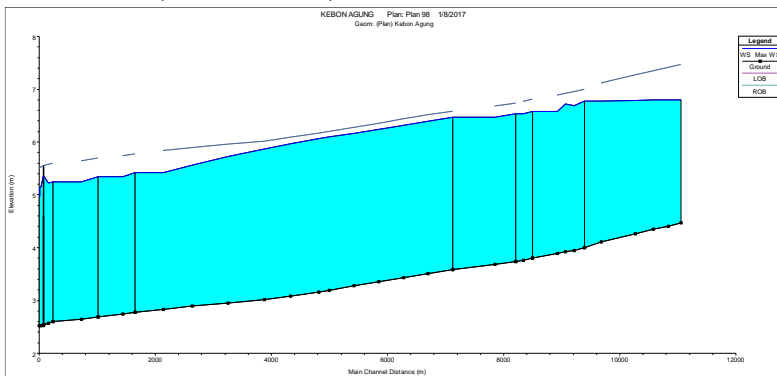


Gambar 4. 37. Input Rating Curve Pompa Kebon Agung pada program bantu HEC – RAS

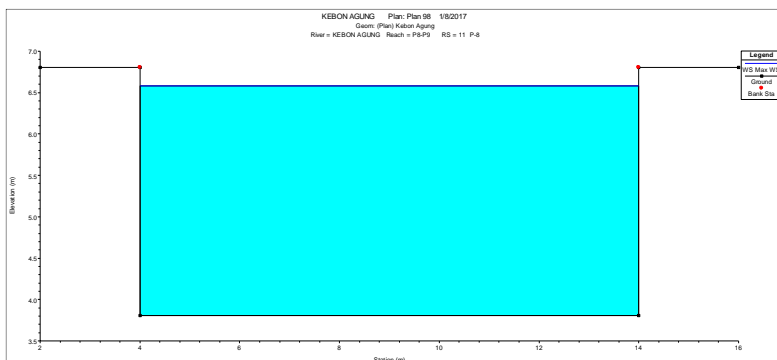
4.4.3.5 Simulation Run

Running dilakukan dengan klik menu *run* → pilih *unsteady flow data* → centang *geometry preprocessor*, *unsteady flow simulation* dan *post processor*. *Simulation time window* diisi dengan waktu sesuai *flow hydrograph*. Klik *compute*.

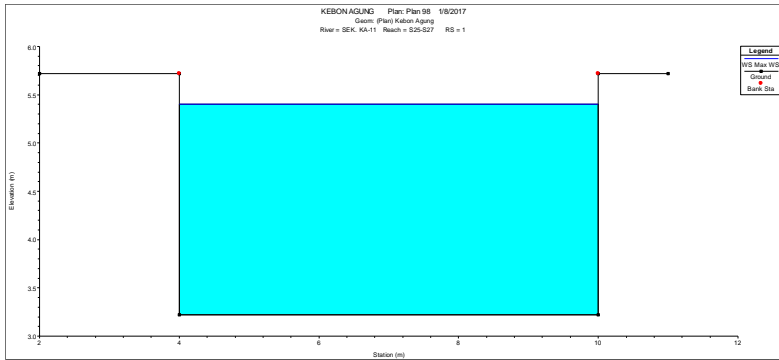
Untuk melihat hasil *running*, dapat dilihat pada menu *view* → *water surface profiles*. Hasil *running* analisa Saluran Primer DAS Kebon Agung rencana dapat dilihat pada Gambar 4.38, Gambar 4.39, Gambar 4.40, dan Gambar 4.41.



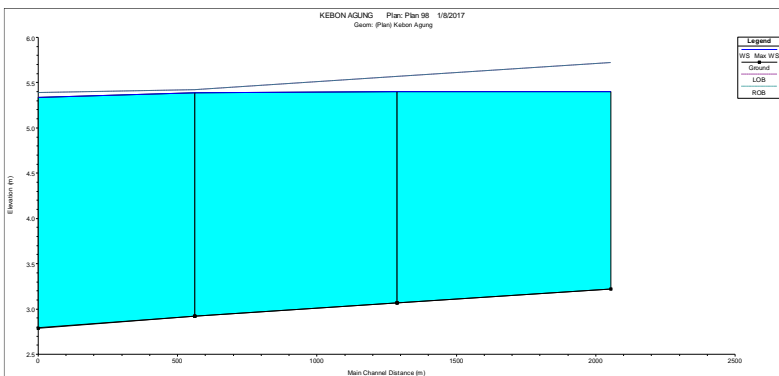
Gambar 4. 38. Long Section Saluran Primer Rencana DAS Kebon Agung dengan pada program bantu HEC – RAS



Gambar 4. 39 Cross Section Saluran Primer Rencana (P8 – P9) DAS Kebon Agung dengan pada program bantu HEC – RAS



Gambar 4. 40 Long Section Saluran Sekunder Rencana (Sekunder 11) DAS Kebon dengan pada program bantu HEC – RAS Agung



Gambar 4. 41. Cross Section Saluran Sekunder Rencana DAS Kebon Agung (Sekunder 11; S25 – P18) dengan pada program bantu HEC – RAS

Berdasarkan Gambar 4.40 dan Gambar 4.41 dapat dilihat bahwa saluran dapat mengalirkan debit banjir rencana. Beberapa saluran sekunder memerlukan tanggul yaitu Sekunder 7, 8, dan 9. Hal ini disebabkan elevasi saluran sekunder lebih rendah dari saluran primer sehingga akan terjadi *backwater* bila tidak ditambahkan tanggul. Dimensi penampang saluran lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.32 dan Tabel 4.33.

Tabel 4. 32. Dimensi Saluran Sekunder Rencana DAS Kebon Agung

Kode Saluran	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Lebar Saluran (m)	Tinggi Saluran (m)
S3 - S20B	Sek. 2	1491.35	8	2.5
S6 - P6	Sek. 3	1463.38	7	2.5
S16 - S20A	Sek. 4	907.82	8	2.5
S12 - S18	Sek. 5	935.98	6	2.5
S19A - S19B	Sek. 6	393.97	6	2.5
S21 - P8	Sek. 7	761.781	5	2.5
S23 - P9	Sek. 8	706.1	5	2.5
S24 - P10	Sek. 9	734.1	5	2.5
S31 - P16	Sek. 10	326.02	8	2.5
S25 - P18	Sek. 11	2055.34	6	2.5
S26 - S27	Sek. 12	347.16	5	2.5
S28 - S29	Sek. 13	543.59	5	2.5
S33 - P19	Sek. 14	297.49	7	2.5

Tabel 4. 33. Dimensi Saluran Primer Rencana DAS Kebon Agung

Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Eksisting		Rencana	
		Lebar Saluran (m)	Tinggi Saluran (m)	Lebar Saluran (m)	Tinggi Saluran (m)
P1 - P6	1666.99	7.8	1.5	8	3
P6 - P8	690.1	7.95	2	8	3
P8 - P9	163	8.3	2	10	3
P9 - P10	722	8.8	2.6	12	3
P10 - P16	5881.5	7.5	2.65	13	3
P18 - P19	588	12.5	3	12	3
P19	237.5	12.5	3	15	3

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dapat diperoleh kesimpulan untuk Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Berdasarkan survey pendahuluan, diketahui bahwa penyebab terjadinya genangan pada DAS Kebon Agung, yaitu karena kondisi saluran drainase yang kurang terawat, sedimentasi di sebagian besar saluran DAS Kebon Agung, dimensi saluran terlalu kecil. Serta, perubahan tata guna lahan dan pemukiman menyebabkan berkurangnya ruang terbuka hijau (RTH) sehingga air hujan yg meresap ke dalam tanah berkurang dan aliran permukaan meningkat.
2. Berdasarkan hasil analisa hidrologi (PUH 5 tahun) menggunakan program bantu HEC – HMS, didapatkan debit banjir rencana untuk saluran tersier sebesar 0,2 m³/detik sampai 5,3 m³/detik, untuk saluran sekunder sebesar 1,9 m³/detik sampai 29,3 m³/detik, dan untuk saluran primer memiliki debit banjir rencana terbesar pada hilir sebesar 77,7 m³/detik.
3. Berdasarkan hasil analisa hidrolika, menggunakan program bantu HEC – RAS, diketahui bahwa kapasitas saluran primer eksisting DAS Kebon Agung lebih kecil dari debit banjir rencana, sehingga diperlukan perencanaan saluran kembali. Dengan menggunakan program bantu HEC – RAS, saluran primer direncanakan berbentuk persegi dengan lebar 8 sampai 15 dengan kedalaman 3 meter.
4. Berdasarkan hasil analisa hidrolika, saluran tersier direncanakan menggunakan beton *precast U-ditch*,

dengan lebar 1,2 sampai 2 meter dengan kedalaman 1 meter sampai 2 meter. Sedangkan saluran sekunder direncanakan berbentuk persegi dengan lebar 5 sampai 8 meter dengan kedalaman 2,5 meter. Serta 5 buah pompa dengan kapasitas 5 m³/detik dan 3 buah pompa dengan kapasitas 1,5 m³/detik., dapat menampung debit banjir rencana.

5.2 Saran

Setelah melakukan analisa dan perhitungan, terdapat beberapa saran, antara lain sebagai berikut :

1. Sebaiknya dilakukan pemeliharaan saluran secara berkala oleh pihak yang berwenang, khususnya pengerukan sedimentasi.
2. Diberikan himbauan kepada masyarakat sekitar agar dapat memelihara dan menjaga saluran drainase bersama atau bahkan memberikan *rewards* agar dapat memotivasi tidak membuang sampah di saluran drainase sekitar tempat tinggal mereka.
3. Dilakukan pengukuran detail potongan memanjang (*long section*) dan potongan melintang (*cross section*) saluran serta pengamatan pasang surut untuk perencanaan lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

Istiarto. 2014. **Modul HEC – RAS Dasar Simple Geometry River**. Yogyakarta.

Istiarto. 2014. **Modul HEC – RAS Junction and Inline Structures**. Yogyakarta.

Istiarto. 2014. **Modul HEC – RAS Lateral Structure, Storage Area, and Pump Station**. Yogyakarta.

SDMP (Surabaya Drainage Master Plan). 2012

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

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

Lasminto, Umboro. 2005. Modul Hidrolika: **Perencanaan Saluran Terbuka untuk Aliran Seragam**. Surabaya

Soemarto CD. 1999. **Hidrologi Teknik**. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama

Peta Genangan Kota Surabaya. 2013

USACE 2013. **HEC – HMS Technical Reference Manual**. USA : HEC – HMS

USACE 2010. **HEC – RAS Technical Reference Manual**. USA : HEC – RAS

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Curah Hujan Rata-rata Harian (lanjutan)

Tabel 1. Curah Hujan Rata – rata Harian Tahun 2005

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	22.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.14	0.00	0.00	0.00	0.00	20.51
2	0.00	5.12	2.44	37.56	20.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.00
3	0.00	24.02	48.02	0.00	8.44	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	27.51
4	9.02	32.44	38.86	22.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47
5	8.93	0.00	49.60	11.21	14.51	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	11.23	0.00	17.19	0.00	5.00	24.74	41.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98
7	7.93	0.00	74.26	7.56	72.77	24.40	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00	32.81
8	12.67	0.00	38.63	15.98	0.00	19.84	2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98
9	0.00	83.16	30.02	0.00	0.00	0.00	8.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	11.95	25.35	41.42	0.98	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.56
11	37.05	0.00	0.00	8.35	5.60	0.00	44.93	0.00	13.00	0.00	5.49	0.00
12	0.00	28.60	0.00	3.42	0.00	0.00	68.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	8.42	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	42.79
14	18.05	20.21	0.98	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.39
15	14.51	22.93	16.35	29.86	0.00	13.44	0.49	0.00	0.00	10.12	0.00	65.09
16	5.98	0.00	2.93	0.00	0.00	10.42	0.00	0.00	0.00	29.21	0.00	0.00
17	16.81	1.95	17.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.49
18	0.00	22.21	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42
19	58.21	0.00	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.49	0.00	0.00
20	21.47	0.00	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.53	30.26	16.74
21	5.53	33.93	13.81	0.00	0.00	16.47	0.00	0.00	0.00	0.00	18.77	31.09
22	14.49	13.35	36.54	0.00	0.00	11.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	24.49
23	0.00	24.91	0.00	0.00	0.00	27.33	0.00	0.00	0.00	17.09	0.00	47.30
24	0.00	11.47	11.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.51	64.07	0.00
25	0.00	12.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	0.00	0.00
26	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.72	14.49
27	29.40	29.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.49
28	0.00	0.00	10.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	1.47
29	0.00	0.00	2.51	4.88	0.00	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.56
30	12.19	0.00	24.86	0.00	0.00	7.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	20.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 3. Curah Hujan Rata – rata Harian Tahun 2007

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0.00	12.21	47.51	36.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.93	1.95	16.58	11.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	21.26	0.98	13.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.49	13.19
4	0.00	26.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	63.91
5	0.00	21.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.51	0.00
6	1.95	18.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.47
7	0.00	28.95	34.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	54.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47
9	0.00	0.00	2.44	43.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95
10	0.00	4.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	12.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98
12	0.00	22.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	12.21	0.00	44.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	16.37	0.00	0.00	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	0.00
16	0.00	0.00	40.44	15.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	28.07	0.00	6.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.79
18	4.09	13.68	0.00	0.00	9.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.35
19	31.44	6.35	3.91	4.40	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.19
20	0.00	0.00	0.98	29.44	0.98	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	12.28	59.07	30.51	24.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.28
22	24.21	48.84	0.00	12.21	25.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.21
23	20.91	0.00	0.00	28.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	53.02	35.44	0.00	35.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.40
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.26
26	0.00	24.14	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.58
27	40.28	21.12	0.00	12.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44
28	0.00	71.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	0.98
29	9.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98
30	0.00	0.00	22.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.65	8.53
31	28.04	0.00	38.47	0.00	9.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.51

Tabel 5. Curah Hujan Rata – rata Harian Tahun 2009

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	7.49	0.00	16.47	52.74	0.00	6.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.05	28.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	2.44	27.53	24.95	5.86	0.00	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	8.79	9.07	0.00	0.00	11.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.51
5	17.95	14.74	44.53	0.00	0.00	5.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	4.88	0.00	74.98	4.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49
7	7.33	0.00	3.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	84.32	33.63	0.00	0.00	24.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	15.14	0.00	0.00	51.05	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	1.98	8.42	14.44	0.00	34.40	6.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	53.40	0.00	54.07	0.00	16.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.26
13	29.53	0.00	0.00	8.47	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.14
15	0.00	21.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.53
16	0.00	28.39	0.00	0.00	12.95	6.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.95
17	18.98	2.93	30.28	6.98	11.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.65
18	0.00	4.40	0.00	10.47	20.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	25.47	25.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	1.02	8.30	0.00	0.00	21.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.26
21	3.51	12.51	0.00	16.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.28
22	0.00	60.14	0.00	22.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.30	0.00
23	0.00	15.02	0.00	0.00	35.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.07
24	34.19	11.91	0.00	0.00	13.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.89
25	0.00	5.95	0.00	0.00	18.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.88	0.00
26	0.00	69.51	0.00	0.00	42.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.12	14.65
27	0.00	0.00	0.00	0.00	19.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.07	8.09
28	4.40	42.30	0.00	0.00	7.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.09	0.00
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	31.30
30	0.00	0.00	51.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	43.14	0.00	2.93	0.00	4.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44

Tabel 6. Curah Hujan Rata – rata Harian Tahun 2010

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	24.60	0.00	23.70	43.70	7.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.47	14.95
2	22.70	3.47	31.88	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.98
3	0.00	44.95	0.00	23.49	23.26	0.00	11.02	0.00	0.00	0.00	4.47	103.37
4	0.00	61.42	14.16	0.00	27.02	5.98	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	9.77
5	22.96	21.60	16.05	0.00	3.42	11.95	0.00	0.00	0.00	0.00	7.07	0.00
6	21.37	71.91	12.19	13.19	0.00	0.00	0.00	0.00	15.95	0.00	20.35	55.42
7	30.47	21.47	31.12	0.00	0.00	41.91	0.00	0.00	7.98	0.00	53.88	0.00
8	10.23	2.44	2.93	3.02	1.02	4.02	0.00	0.00	4.02	8.70	0.00	0.00
9	0.00	0.00	5.86	2.93	7.02	17.51	0.00	0.00	0.00	37.37	0.00	2.49
10	14.47	12.70	33.14	1.02	58.81	0.00	6.84	0.00	0.00	0.00	3.42	17.74
11	15.95	0.00	0.00	18.19	10.42	12.47	0.00	0.00	1.51	0.00	9.42	0.00
12	10.53	4.60	7.07	50.58	2.49	0.00	2.93	0.00	15.02	0.00	0.00	4.49
13	11.42	13.35	0.00	11.93	26.53	4.93	0.00	0.00	3.98	0.00	0.00	0.00
14	0.00	10.02	0.00	19.93	13.02	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	22.93	3.91
15	0.00	11.30	0.00	25.72	10.26	0.00	0.00	0.00	0.00	60.44	0.00	11.51
16	0.00	0.00	0.00	73.23	4.40	8.95	0.00	0.00	0.00	10.58	0.00	3.98
17	0.00	9.42	2.93	3.49	19.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.98	6.84
18	0.00	10.65	21.79	17.02	0.00	5.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	30.67	36.26	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	39.98	73.56	0.00	2.44	13.60	0.00	0.00	0.00	7.09	0.00	0.00	10.26
21	47.28	36.95	0.00	0.00	3.42	0.00	0.00	0.00	3.56	19.67	0.00	0.00
22	23.42	0.00	0.00	10.05	11.53	0.00	0.00	0.00	7.56	0.00	9.49	0.00
23	25.89	30.91	1.95	5.53	21.93	0.00	0.00	0.00	10.56	0.00	0.00	6.84
24	49.30	0.00	45.33	32.53	39.37	0.00	0.00	7.33	6.95	0.00	5.98	0.00
25	19.74	11.77	83.79	18.98	23.93	0.00	0.00	0.00	12.51	0.00	19.47	0.00
26	9.63	41.33	0.00	20.07	0.00	0.00	21.53	0.00	0.00	0.00	0.00	14.53
27	16.19	21.21	2.44	18.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.86
28	12.93	19.44	0.00	28.37	0.00	0.00	15.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00	20.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00
30	0.98	0.00	0.00	14.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.49	15.91
31	0.49	0.00	6.84	0.00	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	25.44	0.00	3.91

Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	25.98	59.72	22.95	15.49	19.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	10.05	26.51	6.47	48.37	7.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	19.44	15.47	1.95	9.44	44.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.98	54.93
4	10.60	12.21	3.07	15.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	10.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.81	32.05
6	6.95	0.00	4.40	12.95	5.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	22.44	20.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.05	21.05
8	3.47	15.53	12.47	11.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	0.00
9	5.47	9.77	0.00	8.79	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95.47	0.00
10	17.93	7.81	0.00	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.05	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	28.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	1.47	29.56	77.84	7.47	30.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.95	18.05
13	0.00	11.42	54.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	37.33	46.35	5.98	9.72	17.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	2.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.77
16	0.00	15.42	10.42	0.00	6.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.21
17	3.98	0.00	11.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	21.07	23.00
19	0.00	18.30	0.00	31.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49
20	7.47	0.00	1.02	0.00	17.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	15.95	0.00	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.47
22	5.98	0.00	4.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	9.00	5.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.86	0.00
24	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.72
25	9.95	0.00	76.86	43.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.42
26	22.35	11.00	45.23	5.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.88
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.47
28	8.98	0.00	0.00	0.00	10.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.81	0.00
29	14.02	0.00	33.37	22.44	0.00	14.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	39.56	0.00	3.42	34.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.81	12.21	0.00
31	14.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 7. Curah Hujan Rata – rata Harian Tahun 2011

Tabel 9. Curah Hujan Rata – rata Harian Tahun 2013

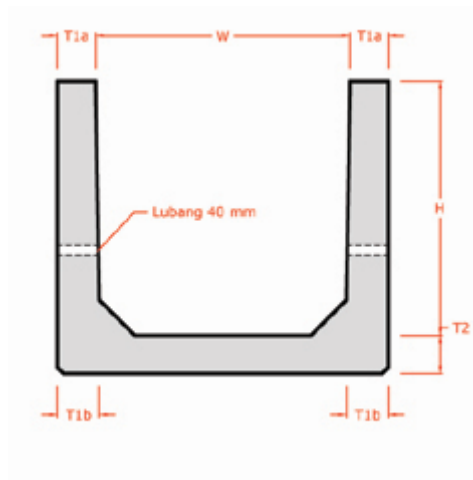
Tgl	Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	37.44	14.16	0.00	39.51	11.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.91
2	27.56	15.00	0.00	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.35
3	5.86	23.05	8.00	0.00	0.00	12.49	30.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	28.33	37.56	10.00	11.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	5.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	4.40	0.00	11.51	34.51	0.00	19.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	10.26	0.00	0.00	0.00	0.00	18.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	25.49	24.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	11.00	10.23	14.93	10.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	20.49	10.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	7.51	23.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	32.44	0.00	20.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	22.56	11.47	0.00	5.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	25.00	24.51	8.05	39.51	40.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	45.60	17.02	29.51	20.00	0.00	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.58
16	0.00	41.51	24.88	25.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	0.00
17	0.00	17.58	21.00	0.00	0.00	9.28	0.00	0.00	0.00	0.00	5.12	0.00
18	23.53	0.00	28.05	0.00	0.00	33.65	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	12.79
19	37.07	0.00	0.00	8.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.46
20	0.00	0.00	0.00	6.00	14.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70	0.00
21	27.02	0.00	0.00	8.95	10.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.32
22	29.98	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	3.58	0.00	0.00	0.00	4.09	14.84
23	16.49	0.00	0.00	89.88	16.88	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	8.19
24	0.00	4.40	10.49	0.00	72.98	0.00	6.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	12.49	21.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	17.91	6.14
26	0.00	16.05	0.00	0.00	0.00	8.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	75.51	51.05	0.00	3.58	41.51	14.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.88
28	63.02	35.77	48.30	0.00	26.00	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.67	32.74
29	46.98	0.00	23.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.26	23.53
30	0.00	0.00	0.00	5.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Lampiran 2. Brosur U-Ditch

PT. Calvary Abadi



Gambar 1. *U-Ditch*

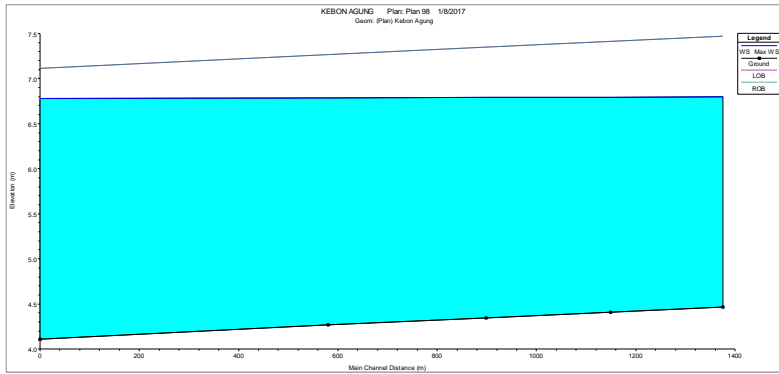


Gambar 2. Potongan *U-Ditch*

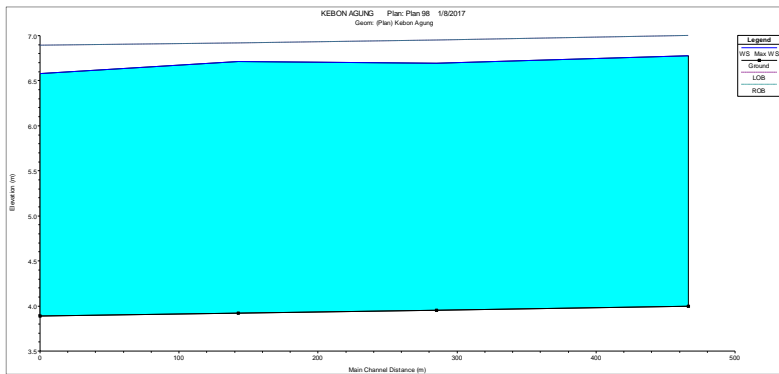
Tabel 11. Dimensi *U – Ditch* Pabrik

TYPE	DIMENSION (mm)						
	w x h x l	W	H	t1a	t1b	t2	L
300 x 300 x 1200	290	300	50	60	60	60	1200
300 x 400 x 1200	300	400	50	60	60	60	1200
400 x 400 x 1200	390	400	60	70	70	70	1200
400 x 500 x 1200	395	500	60	70	70	70	1200
400 x 600 x 1200	400	600	60	70	70	70	1200
500 x 500 x 1200	490	500	60	75	75	75	1200
500 x 600 x 1200	495	600	60	75	75	75	1200
500 x 700 x 1200	500	700	60	75	75	75	1200
600 x 600 x 1200	590	600	80	95	95	95	1200
600 x 700 x 1200	595	700	80	95	95	95	1200
600 x 800 x 1200	600	800	80	95	95	95	1200
600 x 1000 x 1200	600	1000	80 s/d 200	95 s/d 215	95 s/d 215	95	1200
800 x 500 x 1200	780	500	80	95	95	95	1200
800 x 600 x 1200	785	600	80	95	95	95	1200
800 x 700 x 1200	790	700	80	95	95	95	1200
800 x 800 x 1200	795	800	80	95	95	95	1200
800 x 1000 x 1200	800	1000	80	95	95	95	1200
800 x 1200 x 1200	800	1200	100	115	115	115	1200
1000 x 1000 x 1200	1000	1000	100	115	115	115	1200
1000 x 1200 x 1200	1000	1200	100	115	115	115	1200
1200 x 1000 x 1200	1190	1000	120	140	140	140	1200
1200 x 1200 x 1200	1195	1200	120	140	140	140	1200
1200 x 1500 x 1200	1200	1500	120 s/d 200	140	140	140	1200
1500 x 1000 x 1200	1490	1000	120 s/d 200	145 s/d 225	145 s/d 225	145	1200
1500 x 1200 x 1200	1495	1200	120 s/d 200	145 s/d 225	145 s/d 225	145	1200
1500 x 1500 x 1200	1500	1500	120 s/d 250	145 s/d 275	145 s/d 275	145	1200
BIG U-DITCH	Menye- suaikan	1500	150 s/d 250	175 s/d 275	175 s/d 275	175	1200
BIG U-DITCH		2000	150 s/d 300	175 s/d 325	175 s/d 325	175	1200
BIG U-DITCH		2500	150 s/d 300	175 s/d 325	175 s/d 325	175	1200

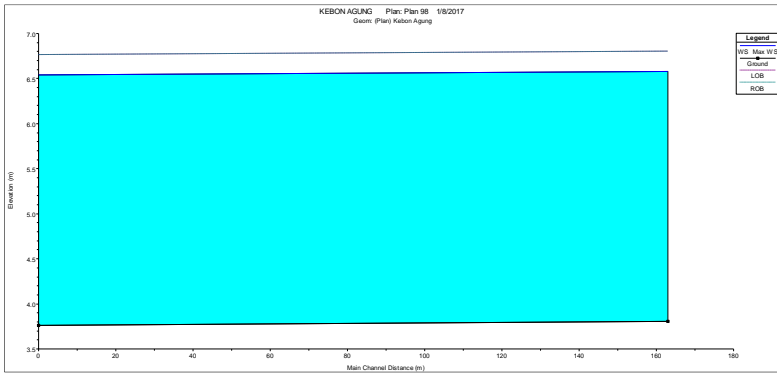
Lampiran 3. Long Section (Output dari HEC – RAS)



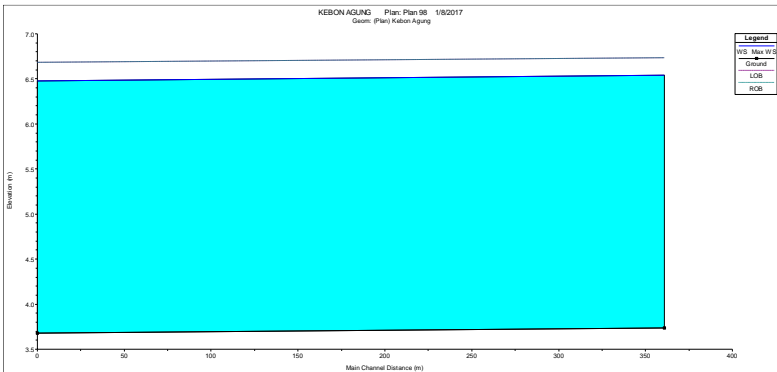
Gambar 3. Long Section Saluran Primer Kebon Agung (P1 – P6)



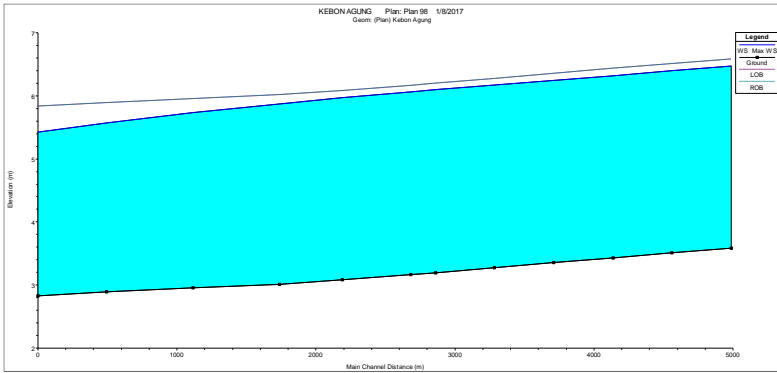
Gambar 4. Long Section Saluran Primer Kebon Agung (P6 – P8)



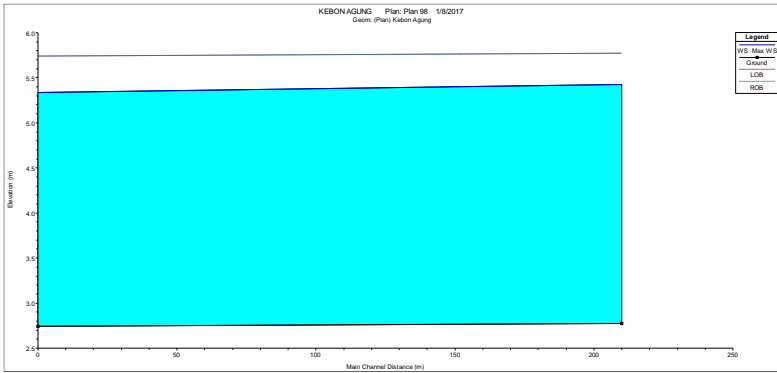
Gambar 5. Long Section Saluran Primer Kebon Agung (P8 – P9)



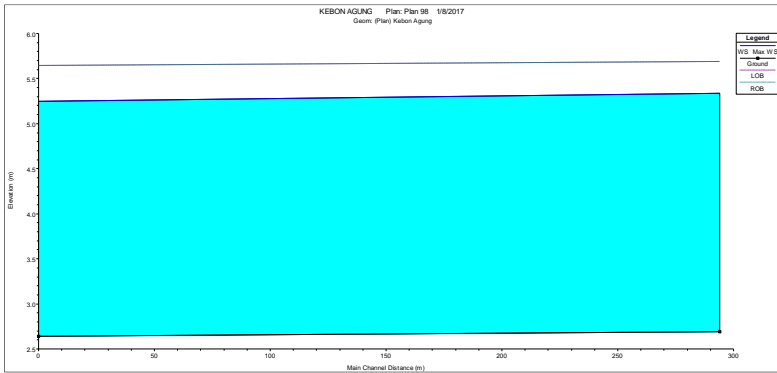
Gambar 6. Long Section Saluran Primer Kebon Agung (P9 – P10)



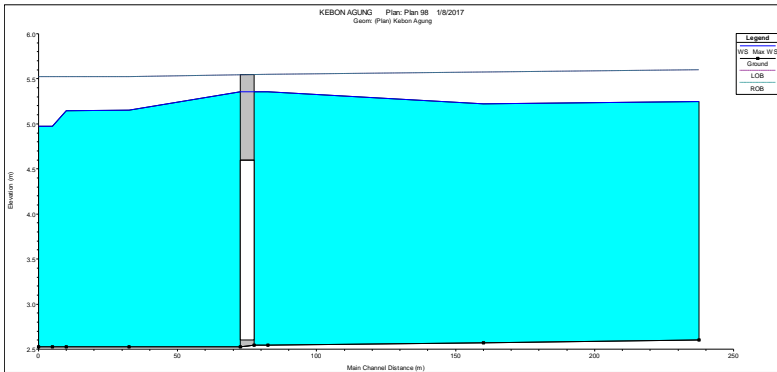
Gambar 7. Long Section Saluran Primer Kebon Agung (P10 – P16)



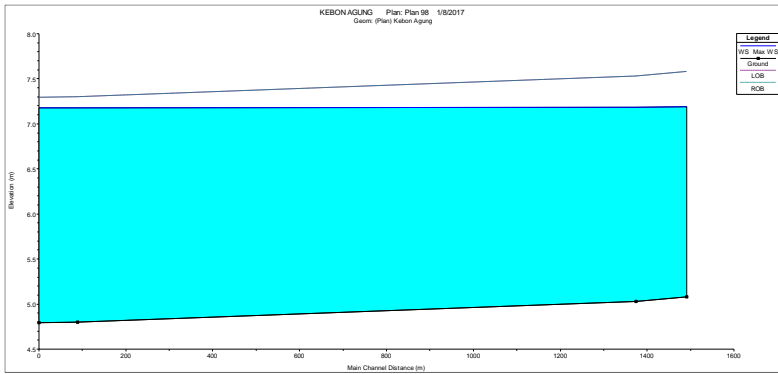
Gambar 8. Long Section Saluran Primer Kebon Agung (P16 – P18)



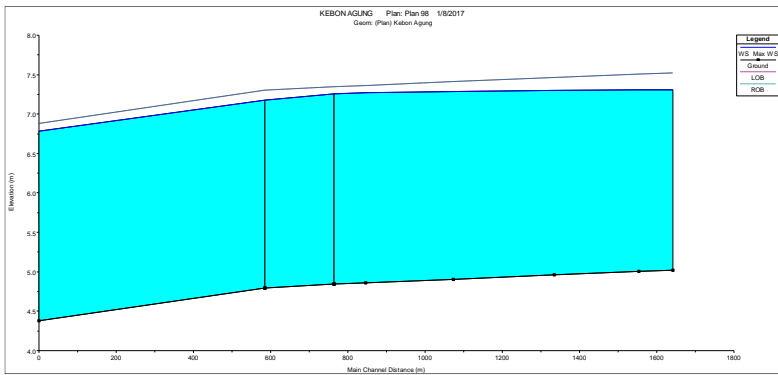
Gambar 9. Long Section Saluran Primer Kebon Agung (P18 – P19)



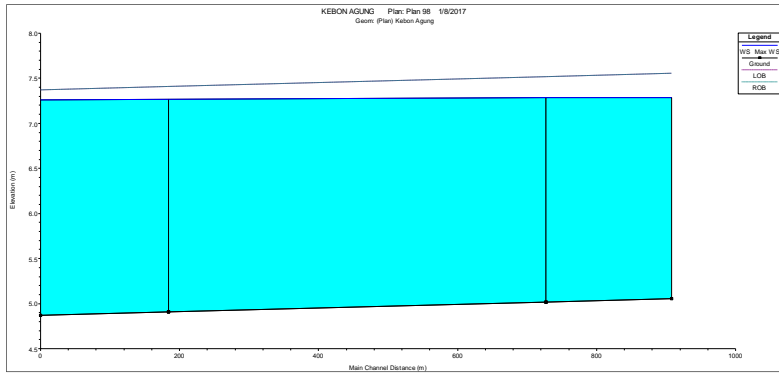
Gambar 10. Long Section Saluran Primer Kebon Agung (P19)



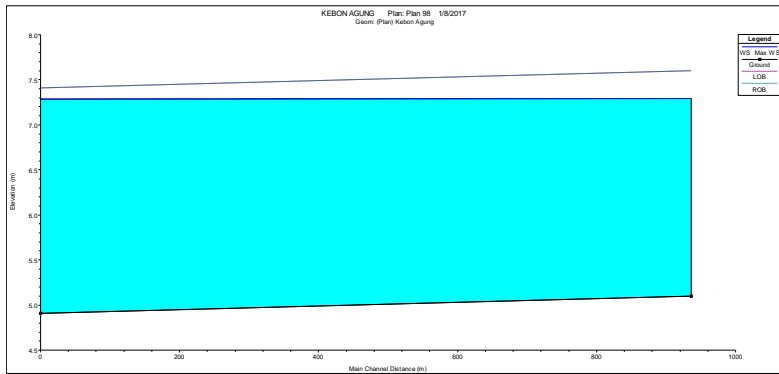
Gambar 11. Long Section Saluran Sekunder KA – 2



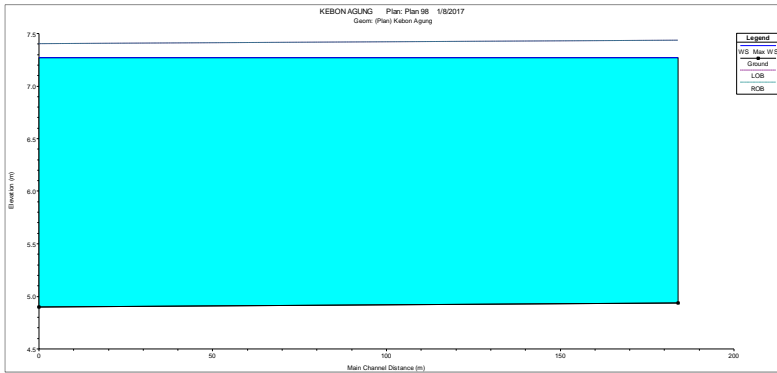
Gambar 12. Long Section Saluran Sekunder KA – 3



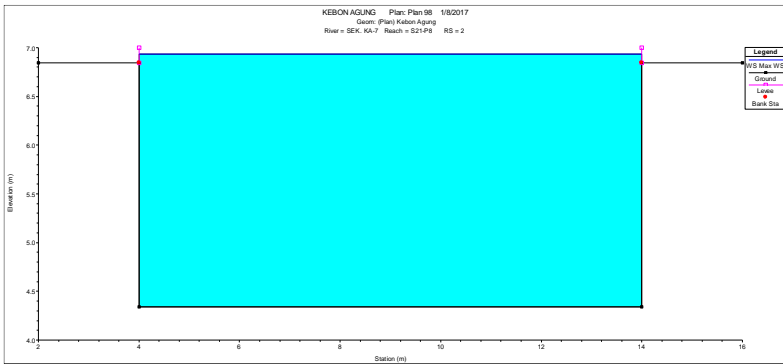
Gambar 13. Long Section Saluran Sekunder KA – 4



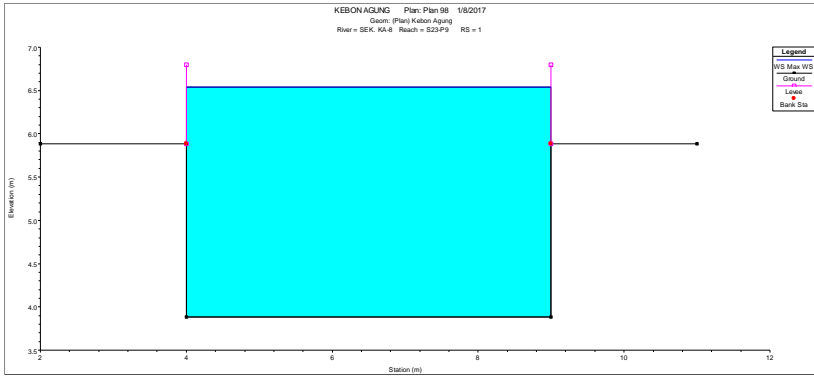
Gambar 14. Long Section Saluran Sekunder KA – 5



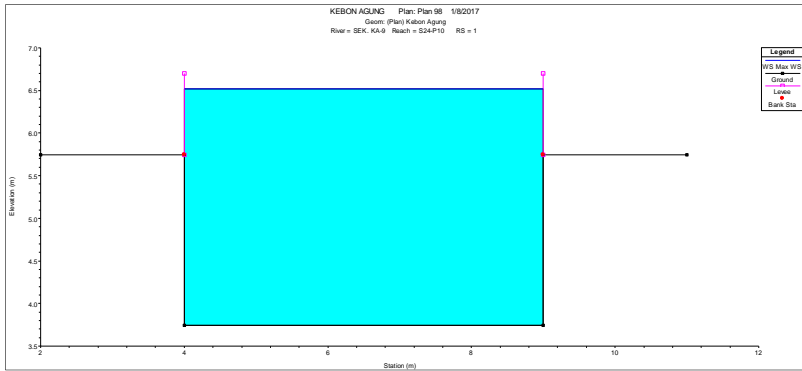
Gambar 15. Long Section Saluran Sekunder KA – 6



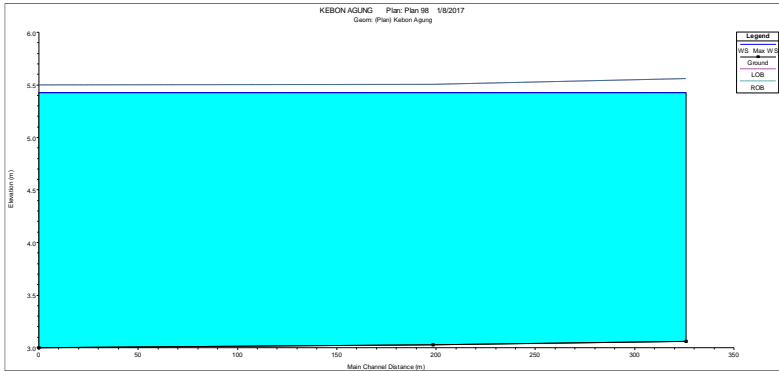
Gambar 16. Cross Section Saluran Sekunder KA – 7



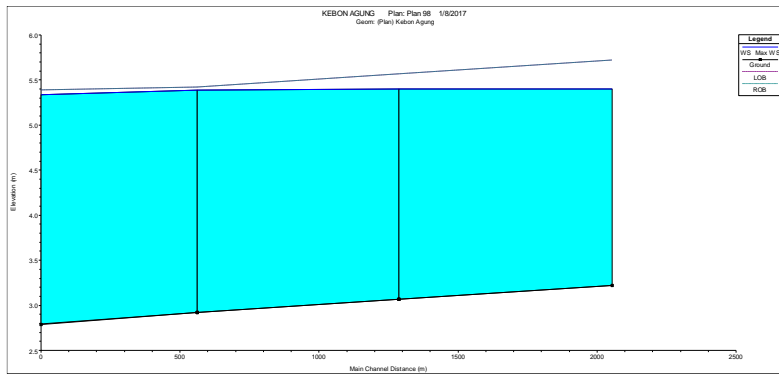
Gambar 17. Cross Section Saluran Sekunder KA – 8



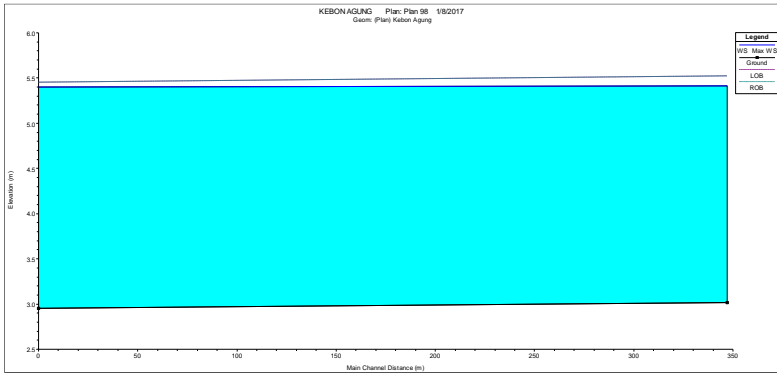
Gambar 18. Cross Section Saluran Sekunder KA – 9



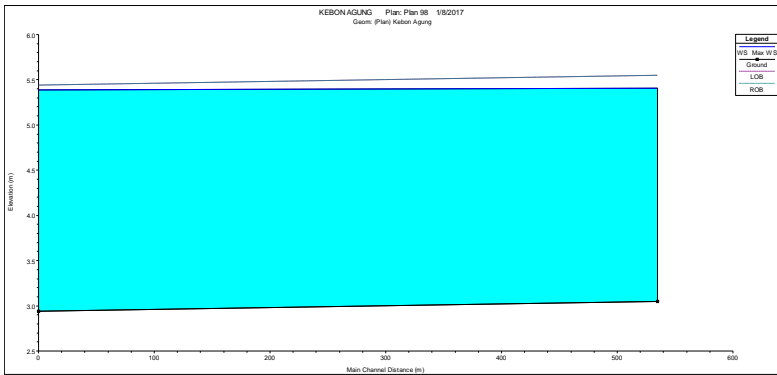
Gambar 19. Long Section Saluran Sekunder KA – 10



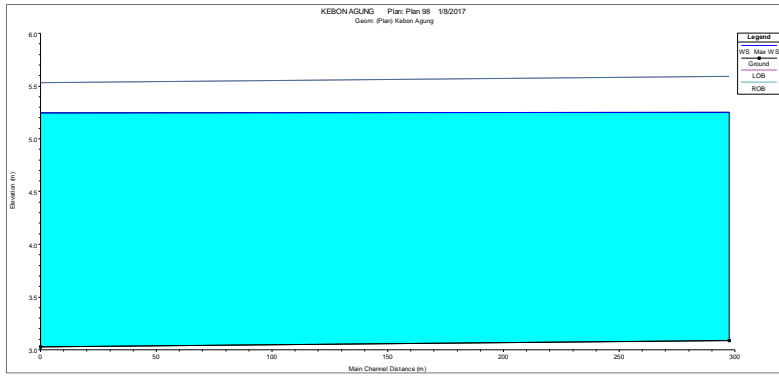
Gambar 20. Long Section Saluran Sekunder KA – 11



Gambar 21. Long Section Saluran Sekunder KA – 12



Gambar 22. Long Section Saluran Sekunder KA – 13

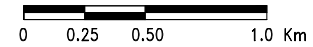


Gambar 23. Long Section Saluran Sekunder KA – 14

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Skala/Scale



JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 REGULER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

DAS KEBON AGUNG
(Surabaya Drainage
Master Plan)

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
3113100135

Dosen PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

01

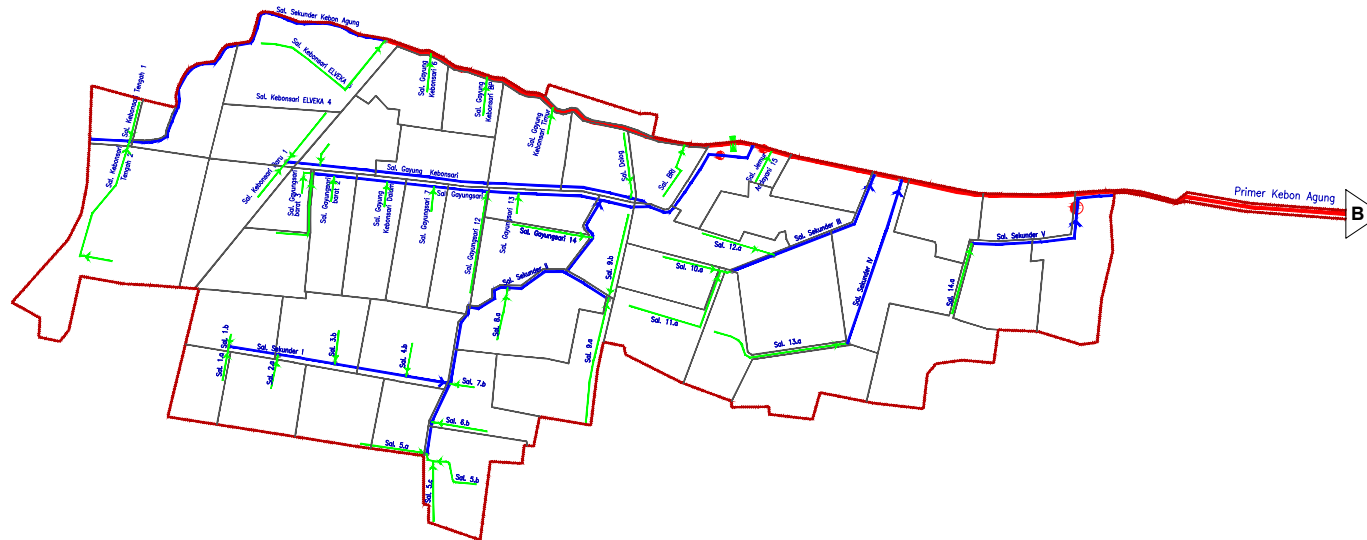
14

SKALA GAMBAR

—

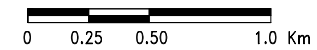
HALAMAN

141





Skala/Scale



JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 REGULER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

DAS KEBON AGUNG
(Surabaya Drainage
Master Plan)

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
3113100135

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

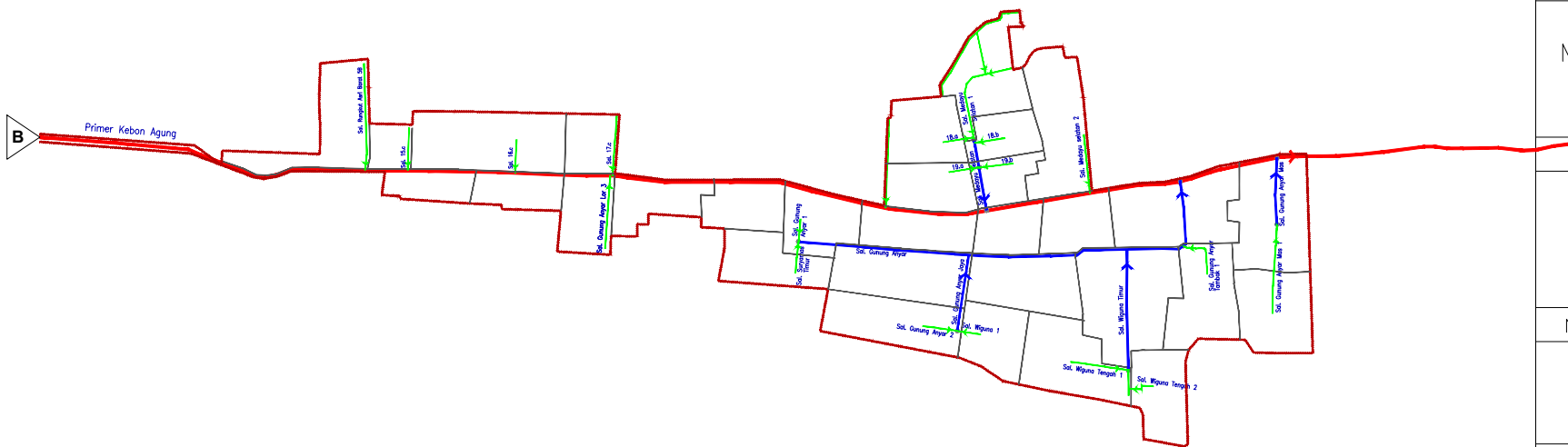
02	14
----	----

SKALA GAMBAR

—

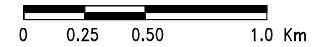
HALAMAN

142





Skala/Scale



JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 REGULER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

Catchment Area
DAS Kebon Agung

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
3113100135

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

03

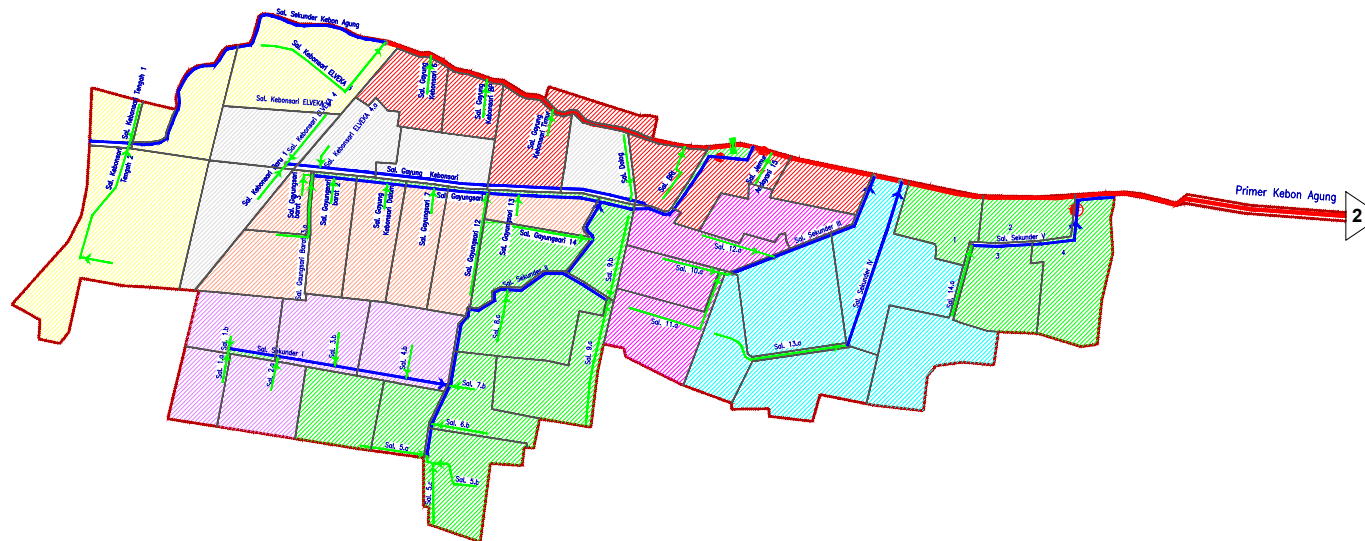
14

SKALA GAMBAR

—

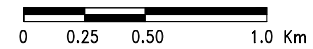
HALAMAN

143





Skala/Scale



JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 REGULER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

Catchment Area
DAS Kebon Agung

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
3113100135

Dosen PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

04

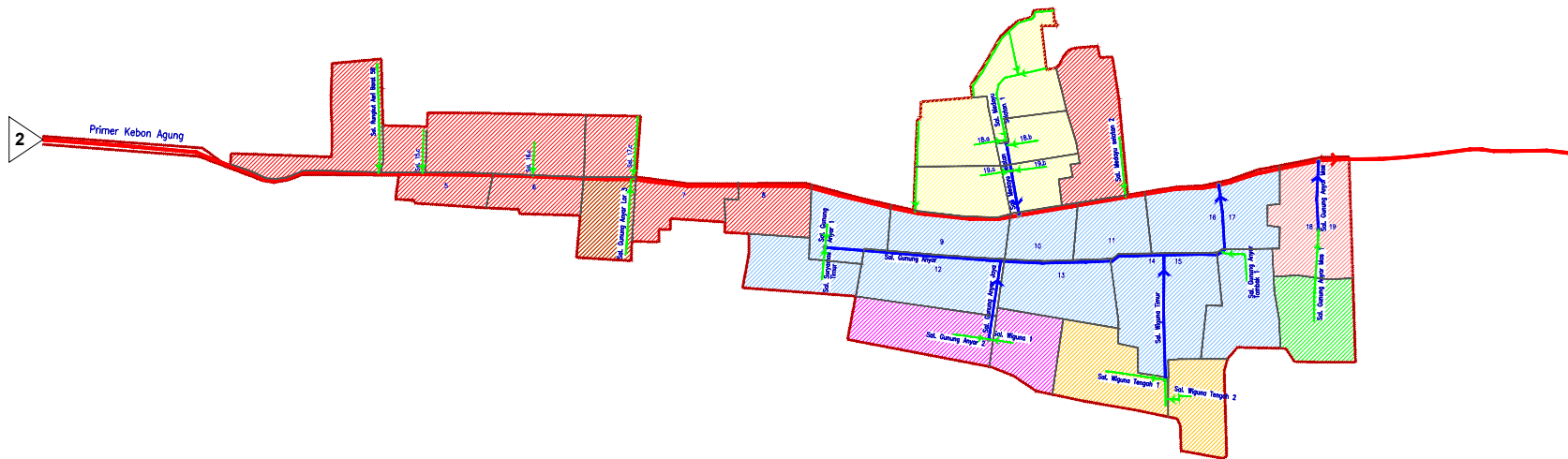
14

SKALA GAMBAR

—

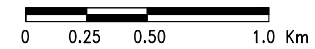
HALAMAN

144





Skala/Scale



JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 REGULER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

Skema Jaringan
DAS Kebon Agung

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
3113100135

Dosen PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

05

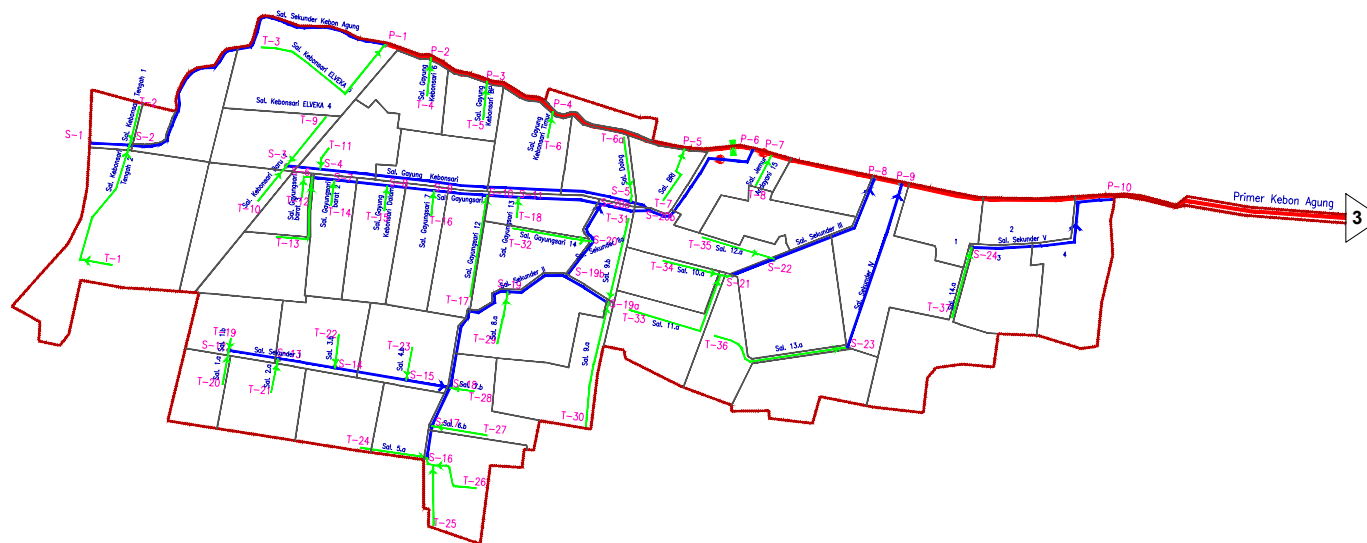
14

SKALA GAMBAR

—

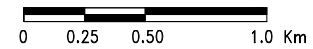
HALAMAN

145





Skala/Scale



JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 REGULER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

Skema Jaringan
DAS Kebon Agung

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
3113100135

Dosen Pembimbing

Dr. Techn. Umboro
Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

06

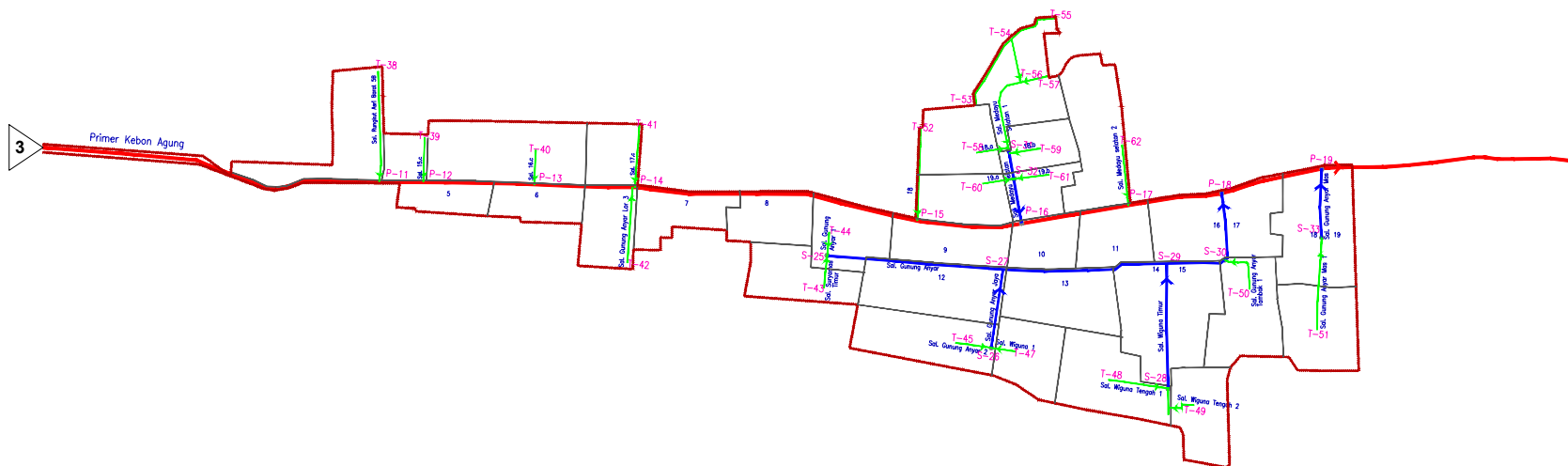
14

SKALA GAMBAR

—

HALAMAN

146



JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 REGULER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

Poligon Thiessen
DAS Kebon Agung

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
3113100135

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

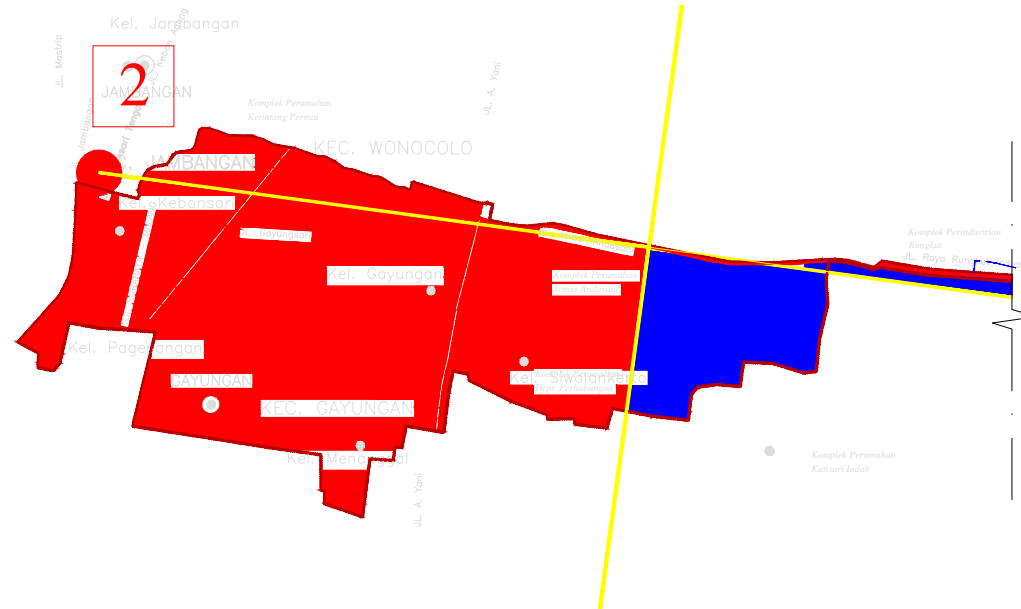
07	14
----	----

SKALA GAMBAR

—

HALAMAN

147



JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 REGULER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

Poligon Thiessen
DAS Kebon Agung

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
3113100135

Dosen Pembimbing

Dr. Techn. Umboro
Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

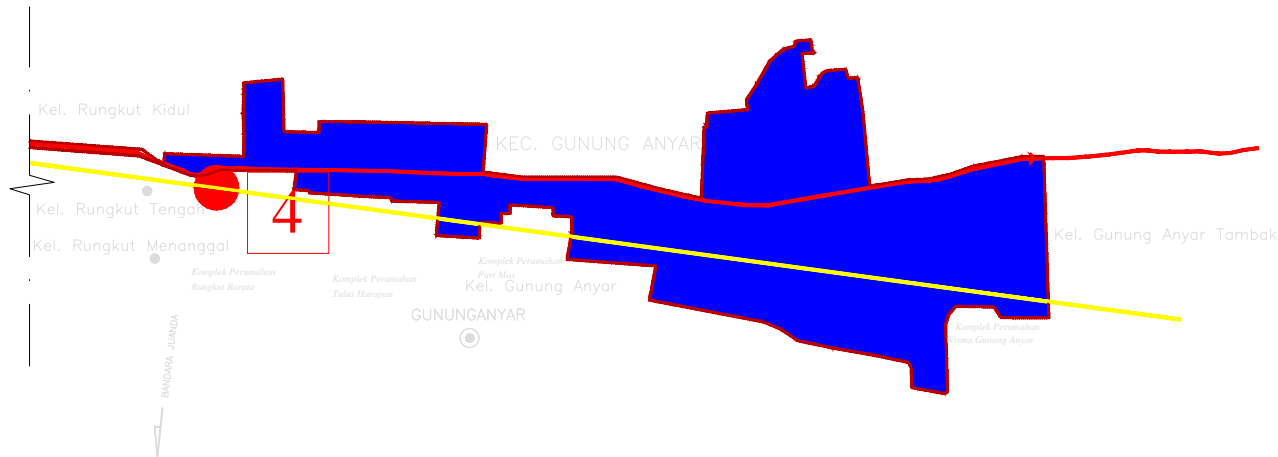
08	14
----	----

SKALA GAMBAR

—

HALAMAN

148



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
 DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
 SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN
 DAS KEBON AGUNG

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
 3113100135

Dosen PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
 Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

09

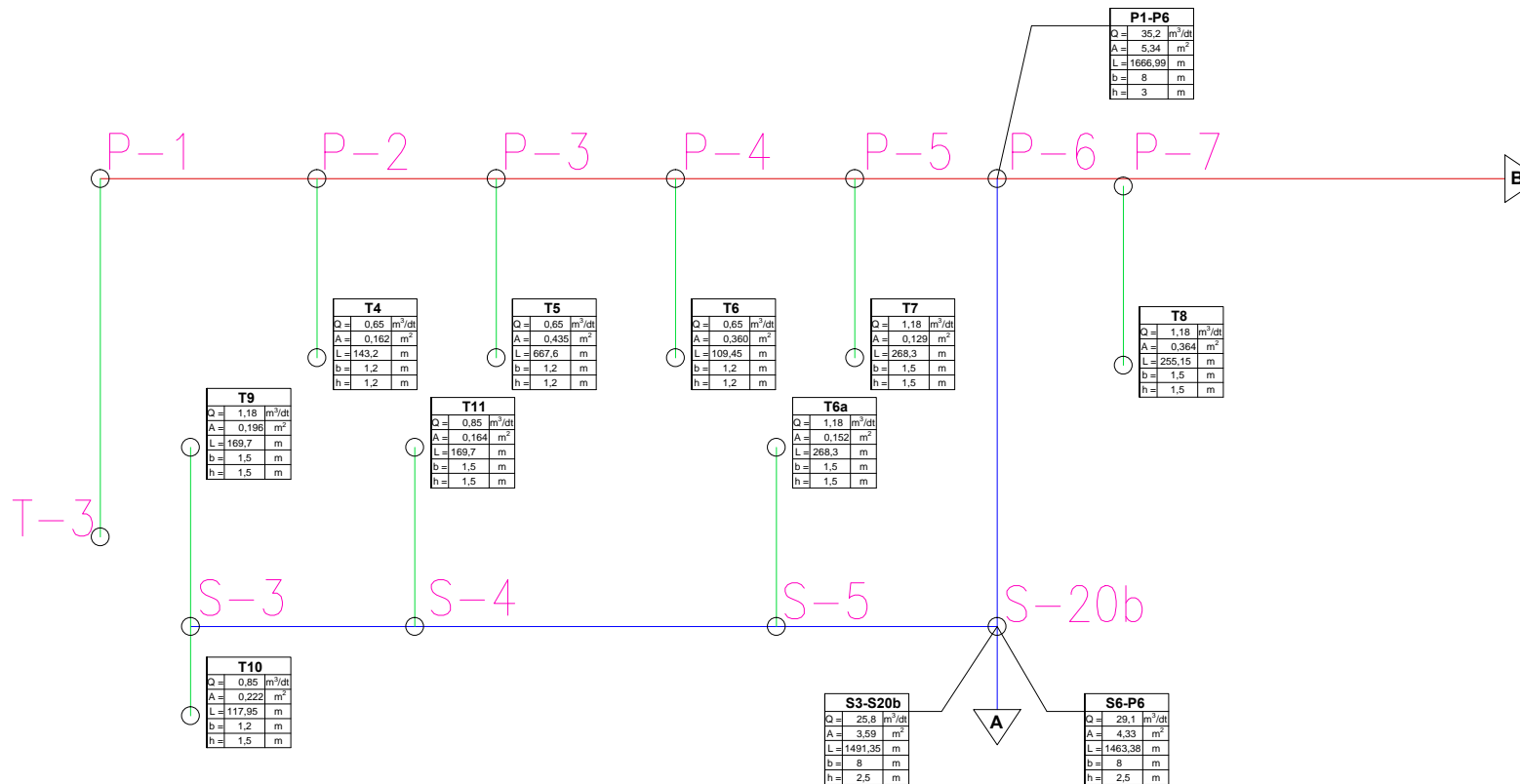
14

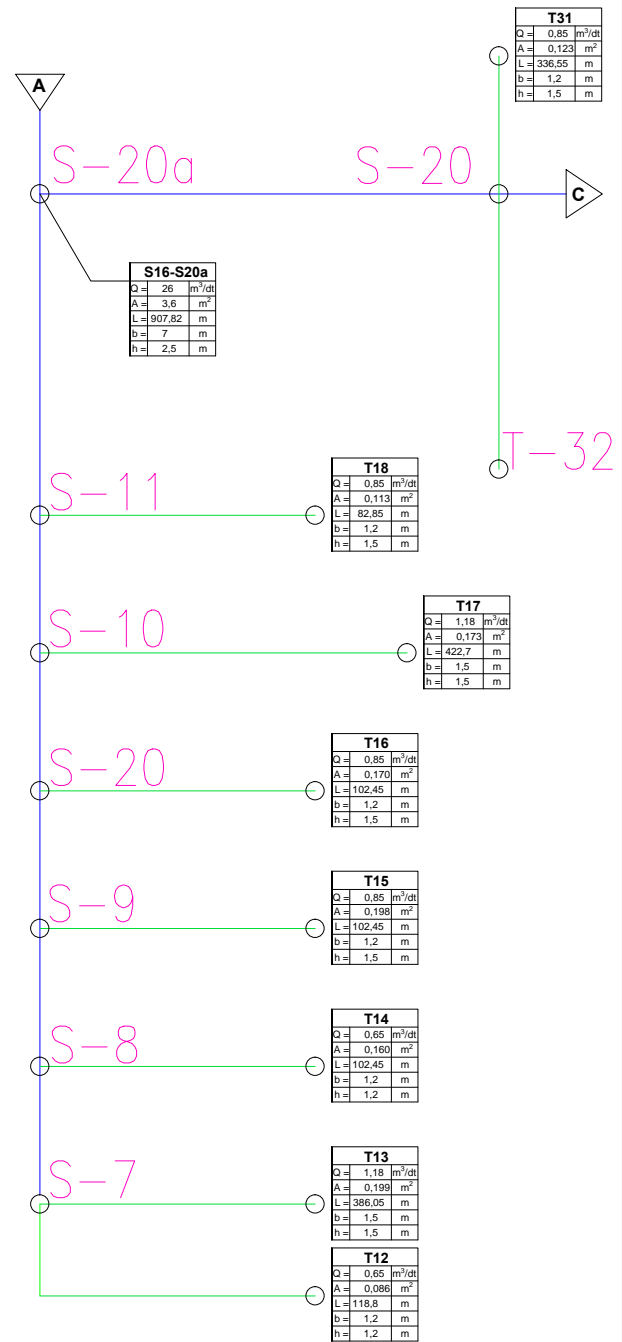
SKALA GAMBAR

—

HALAMAN

149





JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
 DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
 SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

SKEMA JARINGAN
 DAS KEBON AGUNG

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
 3113100135

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
 Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-----------	---------------

10	14
----	----

SKALA GAMBAR

—

HALAMAN

150

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM
 DRAINASE KEBON AGUNG KOTA
 SURABAYA, JAWA TIMUR

NAMA GAMBAR

DENAI SKEMASISTARINCSALURAN
 SEKUNDA KEBISA AGUNINGAN 1

NAMA MAHASISWA / NRP

Made Gita Pitaloka/
 3113100135

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Techn. Umboro
 Lasminto, ST., M.Sc

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

11

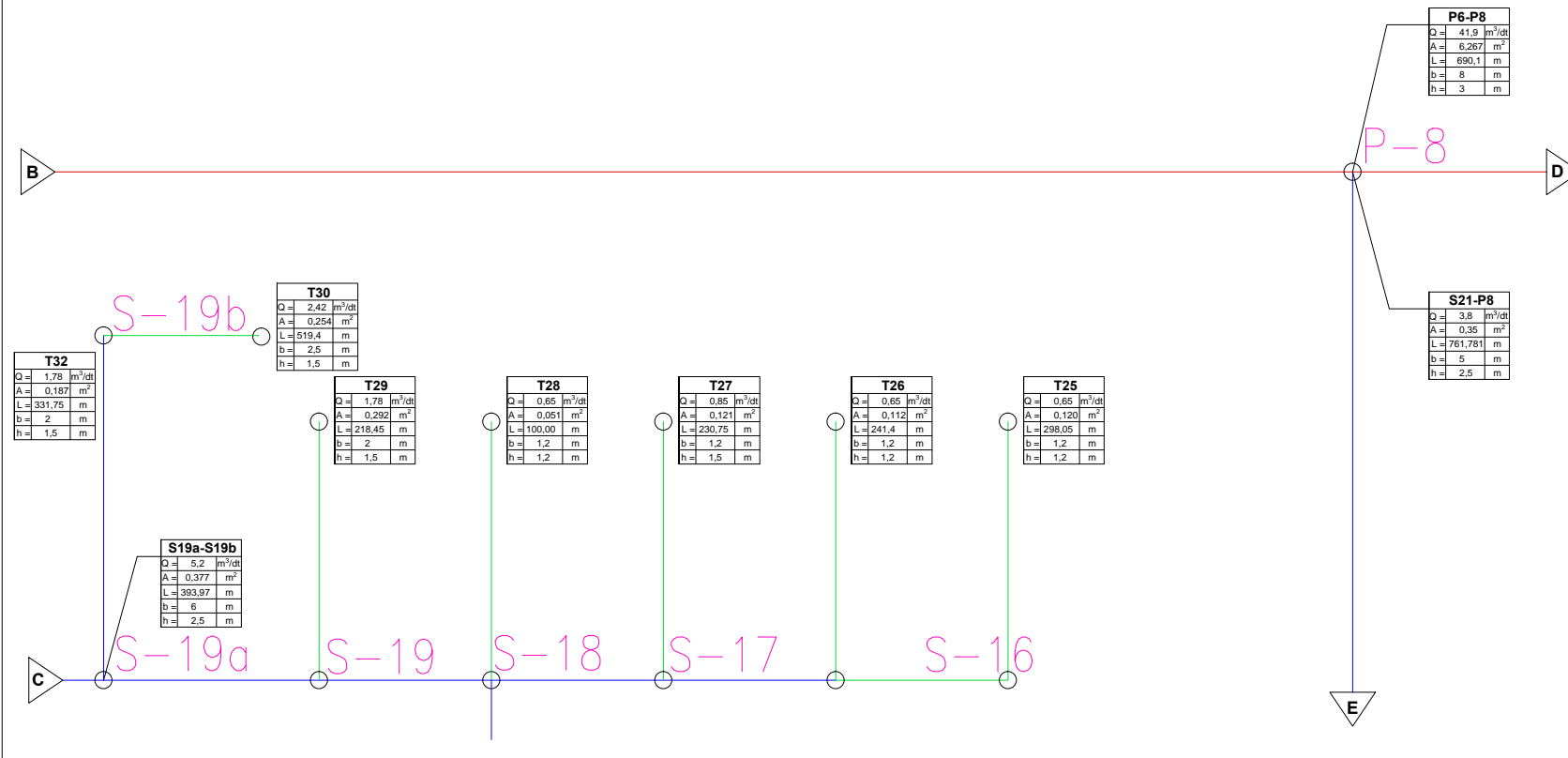
14

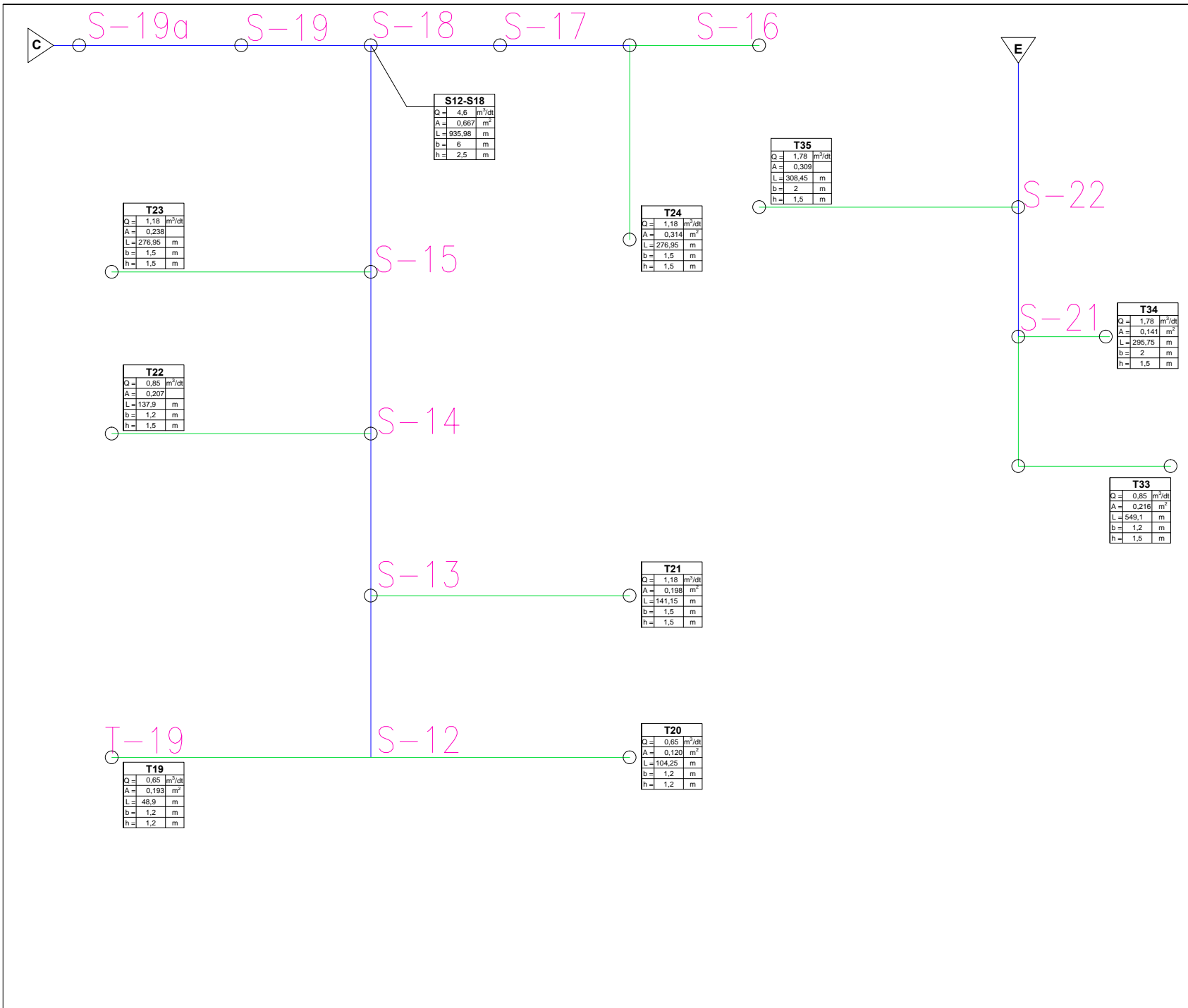
SKALA GAMBAR

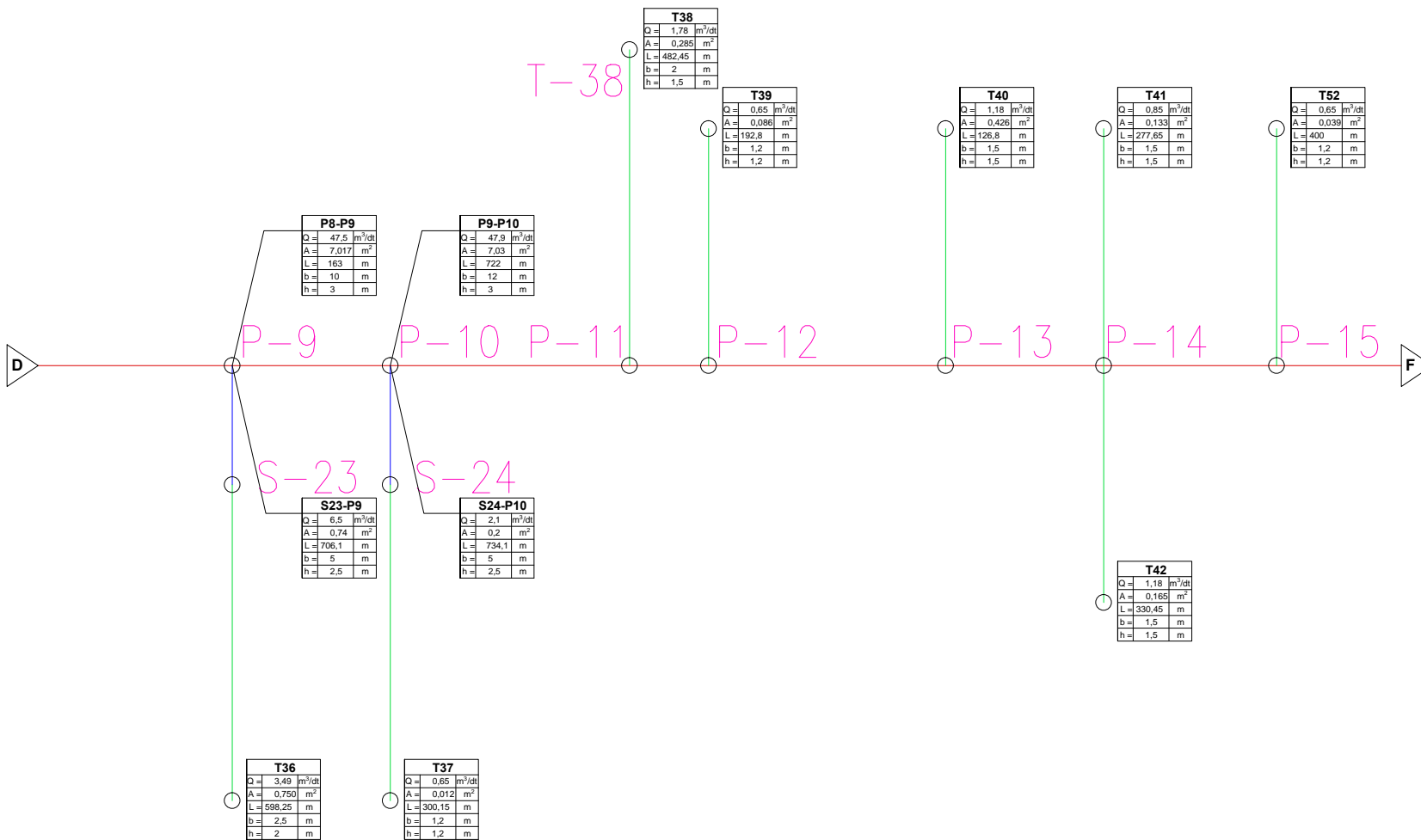
—

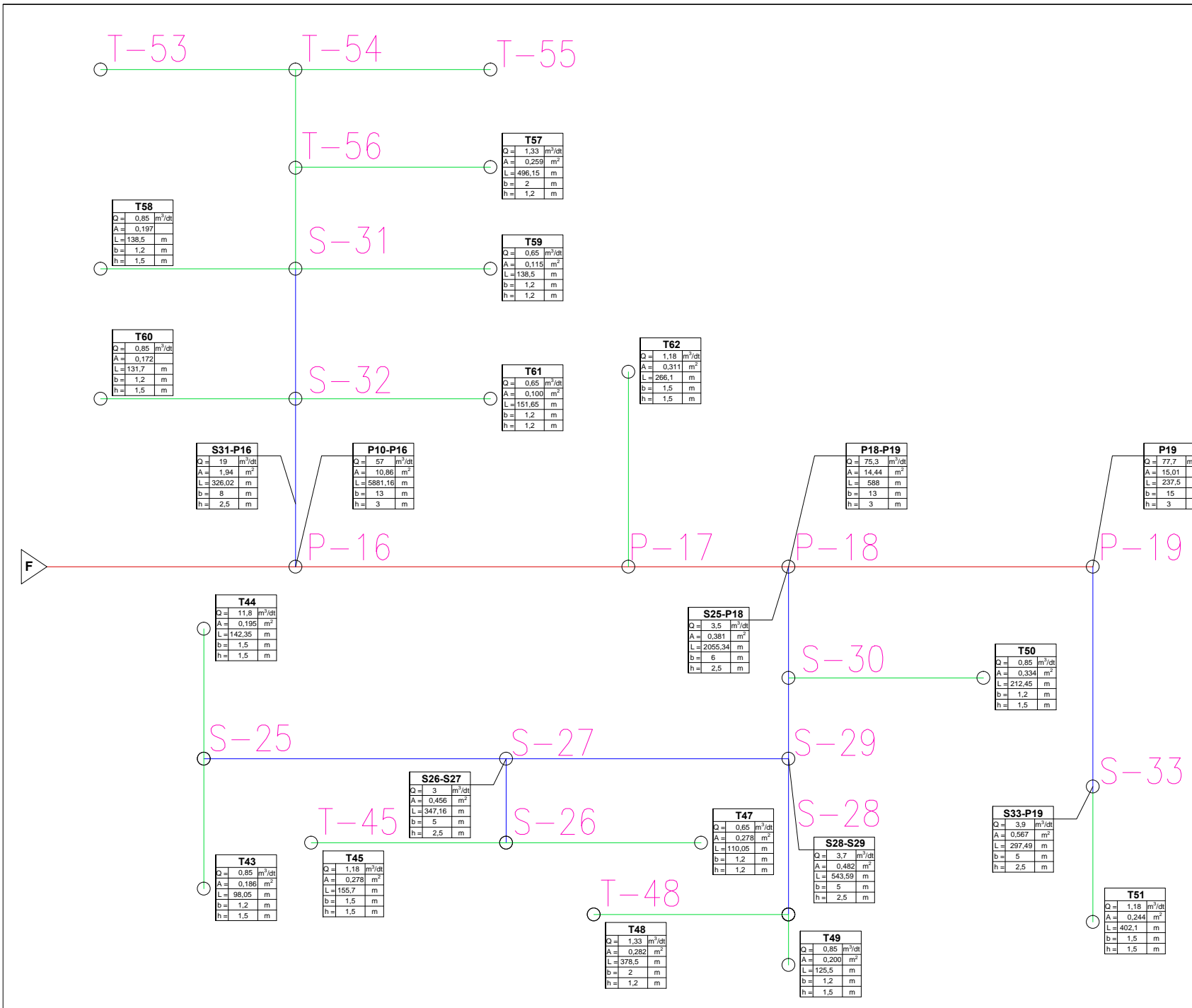
HALAMAN

151









BIODATA PENULIS



Made Gita Pitaloka dilahirkan di Jayapura, 16 November 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Tunas Jakasampurna, SMPN 252 Jakarta dan lulus pada tahun 2010, dan SMAN 71 Jakarta dan lulus pada tahun 2013. Pada tahun 2013 penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan jurusan Teknik Sipil, FTSP, terdaftar dengan NRP 3113 100 135.

Di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, pada semester tujuh penulis mengambil bidang Hidroteknik. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar maupun kemahasiswaan yang diselenggarakan jurusan, Himpunan Mahasiswa Sipil ITS, maupun Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selain itu pada semester tiga dan empat penulis sempat menjadi Bendahara Umum II TPKH-ITS 14/15, dan staff Departemen Hubungan Luar di LE HMS-ITS 14/15. Kemudian, pada semester lima dan enam menjadi sekretaris Departemen Hubungan Luar di LE HMS-ITS 15/16.

e-mail : gitapitalokaa@gmail.com



Form AK/TA-04
rev.01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc
NAMA MAHASISWA	: MADE GITA PITALOKA
NRP	: 3113100135
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KEBON AGUNG. KOTA SURABAYA, JAWA TIMUR
TANGGAL PROPOSAL	: 14 JUNI 2016
NO. SP-MMTA	: 051779 / IT2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	15/09/16	- DAS (ok) - Curah hujan max rata-rata (revisi)	- Perbaiki perhitungan curah hujan max	
2.	07/10/16	- Curah hujan max rata-rata (ok) - Analisa frekuensi (ok) Distribusi yang dipakai berdasarkan uji Kecocokan : log Pearson III	- Buat skema di HEC-HMS input data : 1. Catchment Area 2. Panjang Saluran 3. Tata guna lahan	
3.	17/10/16	- Skema di HEC-HMS (revisi) ↳ ganti beberapa setting terlebih dahulu ↳ junction - junction = reach = saluran	- Perbaiki setting & skema Setting → pakai metode SCS	
4.	21/10/16	- Skema di HEC-HMS (ok) - Cek lagi rumus CN di excel	- Input data CN, impervious, tL - Hitung kemiringan dari kontur	
5.	31/10/16	- Lengkapi data-data di HEC-HMS - Cek lagi slope saluran - Initial abstraction isi 5 mm semua	- Skema di HEC-HMS tambahkan beberapa das yang tanpa saluran	
6.	04/11/16	- Skema di HEC-HMS, termasuk sub-das baru (ok) - Grafik hydrograph (ok)	- Buat skema di HEC-RAS	
7.	17/11/16	- Skema di HEC-RAS belum bisa input cross section - laporan CBAB (IV) lanjutkan (ok)	- Survey beberapa lokasi untuk input cross section - Sal. Tersier hitung manual	
8.	22/11/16	- Hasil dimensi sal. tersier (ok), cek lagi dimensi sal. lbc - Input 8 titik cross section hasil survey (ok)	- Input cross section (tunggu data dari Bu Yang) - Input debit tersier dari HEC-HMS → HEC RAS	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



Form AK/TA 04
rev.01

NAMA PEMBIMBING	:	
NAMA MAHASISWA	:	
NRP	:	
JUDUL TUGAS AKHIR	:	
TANGGAL PROPOSAL	:	
NO. SP-MMTA	:	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
9.	02/12/16	<ul style="list-style-type: none"> - Fiksasi untuk saluran yang masuk ke pompa jambangan (tidak masuk ke DAS Kebon Agung). - Cek perhitungan dimensi saluran bersier (panjang overland flow) 	<ul style="list-style-type: none"> - Input cross section di HEC-RAS. - Perubahan catchment fix 	
10.	07/12/16	<ul style="list-style-type: none"> - Penulisan perubahan catchment (dekat Pompa Jambangan) diperbaiki. - Lanjut input cross section. - Cross Section masukkan semua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Input cross section dari 01-07. 	
11.	16/12/16	<ul style="list-style-type: none"> - Input cross section data - Input debit 	<ul style="list-style-type: none"> - Running eksisting 	
12.	20/12/16	<ul style="list-style-type: none"> - Running eksisting (aliran tidak stabil) 	<ul style="list-style-type: none"> - eval primer (eksisting) - cek lagi slope tiap Cross / adj.elevation 	
13.	23/12/16	<ul style="list-style-type: none"> - Running eksisting (slope & flow ok) - laporan 	<ul style="list-style-type: none"> - input perencanaan 	