



TUGAS AKHIR - RE 141581

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES DI
RAYON GENTENG SURABAYA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

Dosen Pembimbing
Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RE 141581

EVALUATION ON THE CAUSES OF FLOOD IN
DRAINAGE SYSTEM IN THE GREGES CATCHMENT
AREA WHICH IS SERVED BY A GREGES PUMPING
STATION AT GENTENG SURABAYA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3311100108

Supervisor
Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., Ph.D

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES DI RAYON GENTENG SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
Pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

JANUAR CATUR PUTRANTO
NRP 3312100026

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Mas Agus Mardiyanto, ME, PhD
NIP. 19620816 199003 1 004

SURABAYA, JULI 2016



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Evaluasi Timbulnya Genangan Pada *Catchment Area* Sistem Pematusan Greges Yang Dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya

Nama Mahasiswa : Januar Catur Putranto
NRP : 3312100026
Dosen Pembimbing : Ir. Mas Agus Mardiyanto, ME., Ph.D.

Salah satu sistem pematusan Kota Surabaya di Rayon Genteng adalah Sistem Pematusan Greges. Sistem pematusan Greges mencakupi sebagian besar wilayah Kecamatan Krembangan dan beberapa bagian wilayah Kecamatan Tegalsari, Sawahan, Asemrowo, Pabean Cantikan, dan Suko Manunggal dengan luas total 1520 ha. Ketika musim penghujan tahun 2015, genangan masih terdapat di 13 titik pada *catchment area* saluran yang dilayani Rumah Pompa Greges dengan luas genangan total 11,83 ha, tinggi genangan maksimum 13 centimeter dan lama genangan maksimum 110 menit.

Sistem Pematusan Greges yang dilayani oleh Rumah Pompa Greges ini memiliki 1 saluran primer yaitu saluran primer Kali Greges. Saluran primer Kali Greges ini memiliki panjang mencapai 4-5 km dan lebar 12-22 meter dan merupakan muara dari 17 saluran sekunder. Selain rumah pompa Greges yang melayani saluran primer Kali Greges, terdapat 3 rumah pompa di 1 saluran sekunder dan 2 saluran tersier yang berfungsi untuk mengalirkan debit limpasan ke saluran primer Kali Greges yaitu rumah pompa Dupak Bandarejo di saluran sekunder Kali Dupak, rumah pompa Asem Jaya di saluran tersier Kali Asem Jaya, dan rumah pompa Tidar di saluran tersier Petemon Kali yang tidak di operasikan lagi.

Diperlukan adanya evaluasi mengenai timbulnya genangan di wilayah Sistem Pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges dengan menghitung kapasitas pompa, debit saluran

primer, dan debit saluran sekunder untuk meninjau permasalahan pematusan yang ada. Diharapkan dengan adanya evaluasi ini, permasalahan genangan di *catchment area* Sistem Pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges dapat terselesaikan.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kondisi eksisting 5 segmen saluran sekunder tidak mampu melayani debit limpasan air hujan yang menyebabkan terjadinya genangan dengan luas total genangan 5,71 ha dengan lama waktu genangan maksimum 240 menit dan tinggi genangan maksimum 40 centimeter. Dari hasil evaluasi diketahui salah satu penyebab timbulnya genangan yaitu adanya sedimen pada saluran dengan ketinggian bervariasi. Selain itu, penyebab lain timbulnya genangan yaitu tidak adanya *Standard Operating Procedure* (SOP) Pengoperasian Pompa pada wilayah Sistem Pematusan Greges. Hal ini diketahui dari salah satu hasil observasi lapangan pada tanggal 16 April 2016 bahwa terjadi persebaran genangan yang sangat luas.

Kesimpulan dari evaluasi ini yaitu dibutuhkan pengerukan secara menyeluruh untuk mengatasi permasalahan sedimen yang ada. Pengerukan ini perlu dilakukan pada 5 segmen saluran yaitu Kali Dupak, Kali Demak Timur, Kali Margo Rukun, Kali Semarang, Kali Tembok Gede karena saluran tidak mampu melayani limpasan hujan. Selain itu, diperlukan adanya SOP Pengoperasian Pompa yang tertulis untuk wilayah Sistem Pematusan Greges.

Kata kunci: Genangan, Rayon Genteng, Rumah Pompa Greges, Saluran Primer Kali Greges, Sistem Pematusan Greges

ABSTRACT

Evaluation On The Causes Of Flood In Drainage System In The Greges Catchment Area Which Is Served By A Greges Pumping Station At Genteng Surabaya

Name of Student : Januar Catur Putranto
NRP : 3312100026
Supervisor : Ir. Mas Agus Mardiyanto, ME., Ph.D.

One of the drainage systems in Surabaya at Genteng Rayon is Greges drainage system. Greges drainage system serves mostly for district of Krembangan and partially serves for district of Tegalsari, Sawahan, Asemrowo, Pabean Cantikan, and Suko Manunggal with a total area of 1520 ha. On the rainy season period at 2015, there were 13 points of flood in the catchment area served by Greges Pumping Station with 11,83 ha of extensive total flood area, 13 centimeters of the maximum water level reached, and 110 minutes of long flood reaching period.

Greges drainage system served by Greges Pumping Station has one primary river namely Greges Primary River. This Greges Primary River extends about 4-5 km in length and about 12-22 m in width, which is outlet of 17 secondary river. In addition to Greges pumping station that serves the Greges primary river, there are 3 pumping station at 3 secondary river which serve to transfer runoff to the Greges primary river namely Dupak Bandarejo pumping station in Dupak secondary river, Asem Jaya pumping station in Asem Jaya tersiery river, and Tidar pumping station in Petemon Kali tersiery river, which is no longer in use.

There is a need for an evaluation of the ability of Greges Pumping Station in the drainage system of Greges catchment area to find related flood problems by calculating the capacity of the Pumping Station, debit of Primary Canal and Secondary Canal. Problem resolve of this analysis of the flood problems in drainage

system of Greges catchment area served by Greges Pumping Station is to be expected.

The results showed that the condition of five existing secondary channel segments were not able to serve rainwater discharge runoff, which caused flooding with 5.71 ha of total area, 240 minutes of maximum flood period and 40 centimeters of maximum water level. It is known from the observation that sediment vary in height of the channel is one to cause the flood. Moreover, an absence of Standard Operating Procedure (SOP) to operate the pump in the drainage system of Greges catchment area is one other else to cause such problem. Observation in the study case area on 16 April 2016 shows such extended flood area from the causes.

The conclusion of this evaluation is a need of thorough dredging for five segments of channel located in Dupak Canal, Demak Timur Canal, Margo Rukun Canal, Semarang Canal, Tembok Gede Canal, which is unable to serve the runoff of rainwater caused by increasing sediment. It is also needed to establish SOP of the Operation Pump for the Greges catchment area drainage system.

Keywords: Flood, Genteng State, Greges Drainage System, Greges Primary River, Greges Pumping Station

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Perencanaan.....	3
1.4 Manfaat Perencanaan.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN.....	5
2.1 Wilayah Sistem Pematusan Greges.....	5
2.2 Kondisi Klimatologi Kota Surabaya.....	6
2.3 Kondisi Topografi Kota Surabaya.....	7
2.4 Tata Guna Lahan Kota Surabaya.....	11
2.5 Sistem Drainase Kota Surabaya.....	15
2.6 Sarana Prasarana Drainase Kota Surabaya.....	19
2.7 Kondisi Drainase Sistem Pematusan Greges.....	25
2.8 Daerah Genangan Sistem Pematusan Greges.....	26
2.9 Rumah Pompa Sistem Pematusan Greges.....	27

BAB III TINJAUAN PUSTAKA	33
3.1 Drainase.....	33
3.1.1 Pengertian Drainase	33
3.1.2 Pola Jaringan Drainase	33
3.1.3 Bentuk dan Jenis Saluran Drainase	36
3.2 Banjir atau Genangan.....	38
3.3 Analisis Hidrologi	39
3.3.1 Data Curah Hujan	40
3.3.2 Analisis Curah Hujan Rata-Rata.....	44
3.3.3 Analisis Curah Hujan Harian Maksimum	46
3.3.4 Analisis Kecocokan Curah Hujan Harian Maksimum	53
3.3.5 Periode Ulang Hujan (PUH)	60
3.3.6 Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan.....	62
3.3.7 Analisis Lengkung Intensitas Hujan.....	65
3.3.8 Koefisien Aliran Rata-Rata (C)	67
3.3.9 Debit Limpasan Air Hujan	69
3.4 Kecepatan Aliran	73
3.5 Debit Saluran	75
3.6 Rumah Pompa.....	76
BAB IV METODE PERENCANAAN	79
4.1 Kerangka Perencanaan.....	79
4.2 Tahapan Perencanaan	82
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	87
5.1 Analisis Hidrologi	87
5.1.1 Data Curah Hujan	87

5.1.2	Perhitungan Uji Konsistensi Data Hujan	88
5.1.3	Perhitungan Uji Homogenitas.....	93
5.1.4	Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata	103
5.1.5	Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum....	109
5.1.6	Perhitungan Uji Kecocokan Hujan Harian Maksimum	116
5.1.7	Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan	118
5.1.8	Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan	129
5.2	Perhitungan Debit Limpasan Hujan.....	137
5.2.1	Perhitungan Luas Daerah Pelayanan	137
5.2.2	Perhitungan Koefisien Aliran (C)	140
5.2.3	Pehitungan Kecepatan Rencana dan Kecepatan Eksisting	168
5.2.4	Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc), Intensitas Hujan	176
5.2.5	Perhitungan Debit Limpasan	178
5.3	Perhitungan Kapasitas Saluran	182
5.4	Analisis Genangan	189
5.4.1	Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dan Debit Limpasan.....	189
5.4.2	Analisis Volume dan Luas Genangan	192
5.5	Alternatif Rencana Tindak Lanjut	194
5.5.1	Analisis Pengerukan.....	195
5.5.2	Analisis Sistem Pemompaan.....	197
5.5.3	Analisis SOP Pengoperasian Pompa Eksisting	202
5.6	SOP Sistem Pematuan Greges.....	213

5.7	Perhitungan <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	213
5.7.1	<i>Bill of Quantity</i> (BOQ) Pengerukan.....	216
5.7.2	Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Pengerukan	216
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		220
6.1	Kesimpulan	221
6.2	Saran	222
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR LAMPIRAN		
BIOGRAFI PENULIS		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kondisi Klimatologi Kota Surabaya	6
Tabel 2.2	Sistem Drainase Kota Surabaya	15
Tabel 2.3	Daftar Rumah Pompa Kota Surabaya.....	19
Tabel 2.4	Daftar Boezem atau Waduk Kota Surabaya	21
Tabel 2.5	Daftar Saluran Sistem Pematuan Greges	25
Tabel 2.6	Lokasi Genangan Wilayah Studi Tahun 2015.....	26
Tabel 3.1	<i>Reduced Mean (n) dan Standard Deviation</i>	47
Tabel 3.2	<i>Reduced Variate (Yt)</i> pada PUH t Tahun.....	47
Tabel 3.3	Nilai K Distribusi Log Person III	50
Tabel 3.4	Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	56
Tabel 3.5	Nilai Chi Kuadrat.....	57
Tabel 3.6	Nilai D _o Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogrov	59
Tabel 3.7	PUH Perencanaan Saluran Drainase Kota	60
Tabel 3.8	Intensitas Hujan Kota Jakarta	63
Tabel 3.9	Pedoman Hujan Tanimoto.....	65
Tabel 3.10	Koefesien Pengaliran Berdasarkan Komponen	68
Tabel 3.11	Kekasaran Muka Tanah	72
Tabel 3.12	Koefesien Kekasaran Manning	76
Tabel 5.1	Data Stasiun Curah Hujan Harian Maksimum Terpilih	87
Tabel 5.2	Jumlah Data Curah Hujan Harian Maksimum.....	88
Tabel 5.3	Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Perak	88
Tabel 5.4	Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Simokerto	90

Tabel 5.5	Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Gubeng.....	91
Tabel 5.6	Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Stasiun Hujan Perak	93
Tabel 5.7	Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Stasiun Hujan Simokerto	97
Tabel 5.8	Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Stasiun Hujan Gubeng.....	100
Tabel 5.9	Luas Area Pelayanan Ketiga Stasiun Hujan	103
Tabel 5.10	Hasil Perhitungan Metode Poligon Thiessen	105
Tabel 5.11	Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel.....	109
Tabel 5.12	Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel dan Rentang Keyakinan	111
Tabel 5.13	Hasil Perhitungan Standar Deviasi Metode Log Person III	113
Tabel 5.14	Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Log Person III	113
Tabel 5.15	Hasil Perhitungan Standar Deviasi Metode Iway Kadoya	114
Tabel 5.16	Hasil Perhitungan Nilai bi Metode Iway Kadoya.....	115
Tabel 5.17	Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Iway Kadoya.....	115
Tabel 5.18	Perbandingan Nilai Hujan Harian Maksimum.....	116
Tabel 5.19	Data Perhitungan Uji Kecocokan Hujan Harian Maksimum	115
Tabel 5.20	Hasil Perhitungan Uji Chi-Kuadrat.....	115
Tabel 5.21	Hasil Perhitungan Nilai Intensitas Metode Van Breen	119

Tabel 5.22 Intensitas Hujan Kota Jakarta	120
Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Van Breen	120
Tabel 5.24 Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto di Pulau Jawa	120
Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Metode Tanimoto	123
Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Bell	123
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Metode Hasper Weduwen	125
Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Curah Hujan Distribusi Intensitas Hujan Metode Hasper Weduwen	125
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Hasper Weduwen.....	126
Tabel 5.30 Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan	126
Tabel 5.31 Nilai Distribusi Intensitas Hujan Terpilih	128
Tabel 5.32 Hasil Perhitungan Kontanta a dan b atau n Perbandingan Lengkung Intensitas Hujan.....	133
Tabel 5.33 Hasil Perhitungan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun	133
Tabel 5.34 Hasil Perhitungan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun	133
Tabel 5.35 Perbandingan Rumus Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 dan PUH 10.....	128
Tabel 5.36 Perbandingan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun	135
Tabel 5.37 Perbandingan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun	135
Tabel 5.38 Nilai Lengkung Intensitas Hujan Terpilih.....	135

Tabel 5.39 Luas Daerah Pelayanan Saluran Primer Kali Greges	138
Tabel 5.40 Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Pengaliran Blok Pelayanan	149
Tabel 5.41 Hasil Perhitungan Kecepatan Rencana Saluran	170
Tabel 5.42 Pengukuran Kecepatan Eksisting Saat Hujan.....	174
Tabel 5.43 Hasil Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc), Intensitas Hujan, dan Debit Limpasan Saluran	179
Tabel 5.44 Pengukuran Tinggi Sedimen Saluran.....	186
Tabel 5.45 Hasil Perhitungan Debit Rencana dan Kapasitas Saluran Eksisting.....	186
Tabel 5.46 Hasil Perhitungan Selisih Kapasitas Saluran Eksisting dan Debit Limpasan	190
Tabel 5.47 Hasil Perhitungan Volume dan Luas Genangan	193
Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Analisis Pengerukan	196
Tabel 5.49 Volume dan Metode Pengerukan Sedimen	214
Tabel 5.50 BOQ Pengerukan Saluran Secara Manual	214
Tabel 5.51 BOQ Pengerukan Saluran Dengan Alat Berat	215
Tabel 5.52 Hasil Perhitungan <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) Peralatan dan Tenaga Kerja.....	216
Tabel 5.53 Hasil Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Pengerukan	219

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Wilayah Sistem Pematusan Greges	5
Gambar 2.2	Peta Ketinggian Tanah Kota Surabaya	9
Gambar 2.3	Penggunaan Lahan Kota Surabaya	11
Gambar 2.4	Peta Tata Guna Lahan Kota Surabaya	13
Gambar 2.5	Peta Kawasan Rawan Genangan Kota Surabaya	17
Gambar 2.6	Lokasi Stasiun Hujan Kota Surabaya.....	23
Gambar 2.7	Genangan di Jalan Semarang.....	27
Gambar 2.8	Genangan di Jalan Tembaan	27
Gambar 2.9	<i>Inlet</i> Rumah Pompa Greges.....	28
Gambar 2.10	Pintu Air Rumah Pompa Greges.....	29
Gambar 2.11	Pompa Submarsible dan Pompa Lumpur Rumah Pompa Greges.....	29
Gambar 2.12	<i>Outlet</i> Rumah Pompa Greges	30
Gambar 2.13	Tampak Depan Rumah Pompa Dupak Bandarejo	30
Gambar 2.14	Pompa Submarsible dan Pompa Lumpur Rumah Pompa Dupak Bandarejo.....	31
Gambar 2.15	<i>Outlet</i> Rumah Pompa Dupak Bandarejo	30
Gambar 3.1	Pola Jaringan Drainase Model Siku	34
Gambar 3.2	Pola Jaringan Drainase Model Paralel	34
Gambar 3.3	Pola Jaringan Drainase Model <i>Grid Iron</i>	35
Gambar 3.4	Pola Jaringan Drainase Model Alamiah	35
Gambar 3.5	Pola Jaringan Drainase Model Radial	35
Gambar 3.6	Pola Jaringan Drainase Model Jaring-Jaring	36
Gambar 3.7	Bentuk Saluran Trapesium.....	37

Gambar 3.8	Bentuk Saluran Segiempat.....	38
Gambar 3.9	Bentuk Saluran Segitiga	38
Gambar 3.10	Grafik Probabilitas Gumbel.....	43
Gambar 3.11	Grafik Homogenitas	43
Gambar 4.1	Kerangka Tahapan Perencanaan	82
Gambar 5.1	Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Perak	89
Gambar 5.2	Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Simokerto	91
Gambar 5.3	Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Gubeng.....	92
Gambar 5.4	Grafik <i>Gumbels Probability</i> Stasiun Hujan Perak..	95
Gambar 5.5	Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Perak.....	96
Gambar 5.6	Grafik <i>Gumbels Probability</i> Stasiun Hujan Simokerto	98
Gambar 5.7	Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Simokerto	99
Gambar 5.8	Grafik <i>Gumbels Probability</i> Stasiun Hujan Gubeng	101
Gambar 5.9	Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Perak.....	102
Gambar 5.10	Poligon Thiessen Wilayah Studi	107
Gambar 5.11	Grafik Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan Untuk PUH 5.....	127
Gambar 5.12	Grafik Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan Untuk PUH 10.....	127
Gambar 5.13	Grafik Nilai Distribusi Intensitas Hujan Terpilih ...	128
Gambar 5.14	Grafik Nilai Lengkung Intensitas Hujan Terpilih ..	136

Gambar 5.15 Perumahan Kopel Berdekatan	141
Gambar 5.16 Perdagangan dan Jasa Daerah Sekitar Kota	142
Gambar 5.17 Industri Daerah Kurang Padat Industri	143
Gambar 5.18 Industri Daerah Padat Industri	143
Gambar 5.19 Jalan Beraspal.....	144
Gambar 5.20 Jalan Berpaving.....	144
Gambar 5.21 Jalan Berbeton	145
Gambar 5.22 Tempat Ibadah	145
Gambar 5.23 Gedung Pendidikan.....	145
Gambar 5.24 Stasiun Kereta Api.....	146
Gambar 5.25 Ruang Terbuka Hijau	146
Gambar 5.26 Rumah Sakit.....	146
Gambar 5.27 Pengukuran Kedalaman dan Elevasi	168
Gambar 5.28 Pengukuran Kecepatan Eksisting Saat Hujan	173
Gambar 5.29 Pengukuran Tinggi Sedimen	182
Gambar 5.30 Pengukuran Tinggi Genangan	192
Gambar 5.31 Kegiatan Pengerukan.....	195
Gambar 5.32 Pompa Non Permanen.....	200
Gambar 5.33 Alur Pengoperasian Pompa Sistem Pematusan Greges	202

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya sebagai salah satu kota dengan perkembangan yang pesat memerlukan penyediaan sarana dan prasarana yang memadai untuk mendukung aktivitas penduduknya. Salah satu sarana dan prasarana yang diperlukan adalah sarana prasarana drainase yang terpadu, mulai dari jaringan primer, sekunder, sampai dengan tersier. Sebagai salah satu kota pesisir dengan kondisi topografi rendah yaitu berkisar antara 3-6 meter di atas permukaan air laut menyebabkan Kota Surabaya rentan terhadap bencana banjir atau genangan (BPS, 2014). Sementara itu, faktor lain penyebab banjir atau genangan di Kota Surabaya adalah perubahan tata guna lahan yang terjadi secara pesat (RTRW Kota Surabaya, 2013). Di satu sisi, saluran drainase yang ada di kota ini semula merupakan saluran irigasi, dimana kedua saluran ini mempunyai tujuan dan karakter yang bertolak belakang. Kondisi tersebut semakin diperburuk dengan kebiasaan masyarakat yang membuang sampah ke saluran drainase sehingga menyebabkan terjadinya pendangkalan pada saluran drainase yang mengakibatkan kapasitas saluran menurun. Dengan kondisi tersebut maka sudah tidak mungkin lagi beban drainase kota Surabaya ditambah oleh perkembangan perubahan lahan yang mengakibatkan kerentanan lingkungan yang berpotensi memunculkan banjir atau genangan, sehingga sarana dan prasarana drainase ini perlu ditingkatkan seiring dengan kebutuhan kota agar terbebas dari banjir atau genangan yang menyebabkan terganggunya aktifitas penduduk (Soedradjat, 2008).

Pemerintah Kota Surabaya melalui Dinas Bina Marga dan Pematuan melakukan berbagai upaya dalam mengatasi permasalahan banjir atau genangan di Kota Surabaya melalui

program Surabaya *Drainage Master Plan* (SDMP) 2018. Aplikasi dari program tersebut yaitu dengan melakukan pembagian rayon atau sistem drainase, rehabilitasi saluran, pengalihan arus aliran ke saluran lintas, bozem, dan rumah pompa. Berdasarkan Surabaya *Drainage Master Plan* (SDMP) 2018, wilayah sistem drainase di Kota Surabaya dibagi menjadi 5 rayon antara lain Rayon Gubeng, Rayon Jambangan, Rayon Genteng, Rayon Wiyung, dan Rayon Tandes dengan total rumah pompa berjumlah 54 buah yang tersebar di 5 rayon tersebut.

Salah satu sistem pematusan Kota Surabaya di Rayon Genteng adalah Sistem Pematusan Greges. Sistem pematusan Greges berada di wilayah Kecamatan Krembangan, sebagian wilayah Kecamatan Tegalsari, Sawahan, Asemrowo, Pabean Cantikan, dan Suko Manunggal dengan total luas wilayah seluas 1520 ha. Pada Sistem Pematusan Greges terdapat 1 saluran primer yaitu saluran primer Greges. Saluran primer Greges dengan panjang mencapai 4-5 km dan lebar 12-22 meter merupakan muara dari 17 saluran sekunder yang dilayani oleh Rumah Pompa Greges. Selain rumah pompa Greges yang melayani saluran primer Kali Greges, terdapat 3 rumah pompa di 1 saluran sekunder dan 2 saluran tersier yang berfungsi untuk mengalirkan debit limpasan ke saluran primer Kali Greges yaitu rumah pompa Dupak Bandarejo di saluran sekunder Kali Dupak, rumah pompa Asem Jaya di saluran tersier Kali Asem Jaya, dan rumah pompa Tidar di saluran tersier Petemon Kali yang tidak dioperasikan lagi. Sistem Pematusan Greges merupakan wilayah dengan genangan di 13 titik seluas 11,83 ha pada tahun 2015. (Dinas Bina Marga dan Pematusan Pemerintah Kota Surabaya, 2015). Pada hujan lebat, genangan sering muncul di beberapa titik pada *catchment area* saluran yang dilayani Rumah Pompa Greges meskipun terdapat Bozem Morokrembangan Selatan dengan luas 1400 m² dengan volume 5040 m³ yang berfungsi sebagai penampung air hujan dan limpasan aliran air hujan dari saluran primer Greges.

Oleh karena itu diperlukan adanya analisis mengenai penyebab timbulnya genangan di wilayah tersebut meliputi, kapasitas pompa di rumah pompa, debit limpasan ke saluran primer, dan debit limpasan ke saluran sekunder. Hasil evaluasi diharapkan menjadi bahan pertimbangan dalam mengatasi permasalahan genangan yang muncul pada *catchment area* saluran yang dilayani Rumah Pompa Greges.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar dalam tugas akhir ini adalah:

1. Apa yang menyebabkan timbulnya genangan pada *catchment area* Sistem Pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya?
2. Apa rencana tindak lanjut yang dilakukan dari hasil evaluasi untuk mengurangi genangan pada *catchment area* Sistem Pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya?

1.3 Tujuan perencanaan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengevaluasi penyebab timbulnya genangan, meliputi kapasitas pompa di Rumah Pompa, debit limpasan ke saluran primer Kali Greges, dan debit limpasan ke 17 saluran sekunder pada *catchment area* sistem pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya.
2. Menentukan rencana tindak lanjut dari hasil evaluasi dalam mengurangi genangan, meliputi kapasitas pompa di Rumah Pompa, debit aliran yang masuk ke saluran primer Kali Greges, dan debit limpasan yang masuk ke 17 saluran sekunder pada *catchment area* Sistem Pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya.

1.4 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai cara meminimalisasi potensi banjir atau genangan di *catchment area* Sistem Pematusan Greges yang dilayani oleh Rumah Pompa Greges dalam mempercepat target “Kota Bebas Banjir” di Kota Surabaya.
2. Menjadi bahan pertimbangan kepada Pemerintah Kota Surabaya dalam mengevaluasi pengelolaan sistem drainase yang sesuai dengan kebijakan program *System Drainage Master Plan* tahun 2018 Kota Surabaya.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari tugas akhir ini adalah:

1. Wilayah studi sistem drainase meliputi daerah Sistem Pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges.
2. Dilakukan pada waktu hujan dan tidak hujan.
3. Debit saluran yang diperhitungkan adalah debit limpasan air hujan.
4. Analisis dibatasi hanya pada debit saluran Primer, debit saluran sekunder, dan kapasitas pompa Rumah Pompa.
5. Periode Ulang Hujan (PUH) yang digunakan dalam perhitungan debit limpasan adalah 10 tahun untuk saluran primer dan 5 tahun untuk saluran sekunder.
6. Analisis *Standard Operating Procedure* (SOP) pengoperasian pompa wiyah Sistem Pematusan Greges.
7. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB).

BAB II

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

2.1 Wilayah Sistem Pematusan Greges

Daerah perencanaan pada tugas akhir ini adalah wilayah Sistem Pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges, yaitu Kecamatan Krembangan, sebagian wilayah Kecamatan Tegalsari, Sawahan, Asemrowo, Pabean Cantikan, dan Suko Manunggal dengan total luas wilayah seluas 1520 ha.

Batas administratif wilayah perencanaan adalah sebagai berikut: (Dinas Bina Marga dan Pematusan, 2015).

- Utara : Wilayah PT. Pelindo
- Selatan : Sistem Pematusan Gunungsari dan Sistem Pematusan Dinoyo-Keputran
- Timur : Saluran Primer Kali Mas, Sistem Pematusan Kayoon-Grahadi, Sistem Pematusan Kenari
- Barat : Sistem Pematusan Kalianak dan Sistem Pematusan Morokrembangan

Wilayah studi Sistem Pematusan Greges dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Wilayah Sistem Pematusan Greges
Sumber: *Google Maps*

2.2 Kondisi Klimatologi Kota Surabaya

Iklim Kota Surabaya seperti halnya dengan bagian wilayah lain di Indonesia yang berada di selatan garis khatulistiwa. Iklim di daerah ini dipengaruhi oleh perbedaan yang signifikan antara musim hujan dan kemarau. Musim hujan berlangsung antara bulan Mei dan Oktober. Bulan November sampai Februari, musim angin dari utara menjadi sebab naiknya curah hujan tinggi selama musim hujan.

Data klimatologi diperoleh dari 3 sumber yang berbeda yaitu Stasiun Meteorologi dan Geofisika Perak I, Perak II, dan Juanda. Untuk lebih jelasnya kondisi klimatologi Kota Surabaya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kondisi Klimatologi Kota Surabaya

No.	Klimatologi	Stasiun Pemantauan		
		Perak I	Perak II	Juanda
1.	Curah Hujan	- Curah hujan Sebesar 128,6 mm - Curah hujan terbesar bulan Desember-Maret	- Curah hujan sebesar 160,9 mm - Curah hujan terbesar bulan Desember-Maret	- Curah hujan sebesar 154,4 mm - Curah hujan terbesar bulan Desember-Maret
2.	Kelembaban	- Rata-rata 70% - Maksimum 96 % - Minimum 39%	- Rata-rata 72% - Maksimum 86% - Minimum 52%	- Rata-rata 77,2% - Maksimum 92,6% - Minimum 47,3%

Tabel 2.1 lanjutan

No.	Klimatologi	Stasiun Pemantauan		
		Perak I	Perak II	Juanda
3.	Temperatur Udara	- Rata-rata 28,7 °C	- Rata-rata 28,8 °C	- Rata-rata 27,5 °C
		- Maksimum 35,4 °C	- Maksimum 33,8 °C	- Maksimum 33,6 °C
		- Minimum 24,8 °C	- Minimum 25,2 °C	- Minimum 22,5 °C

Sumber: Surabaya Dalam Angka Tahun 2015

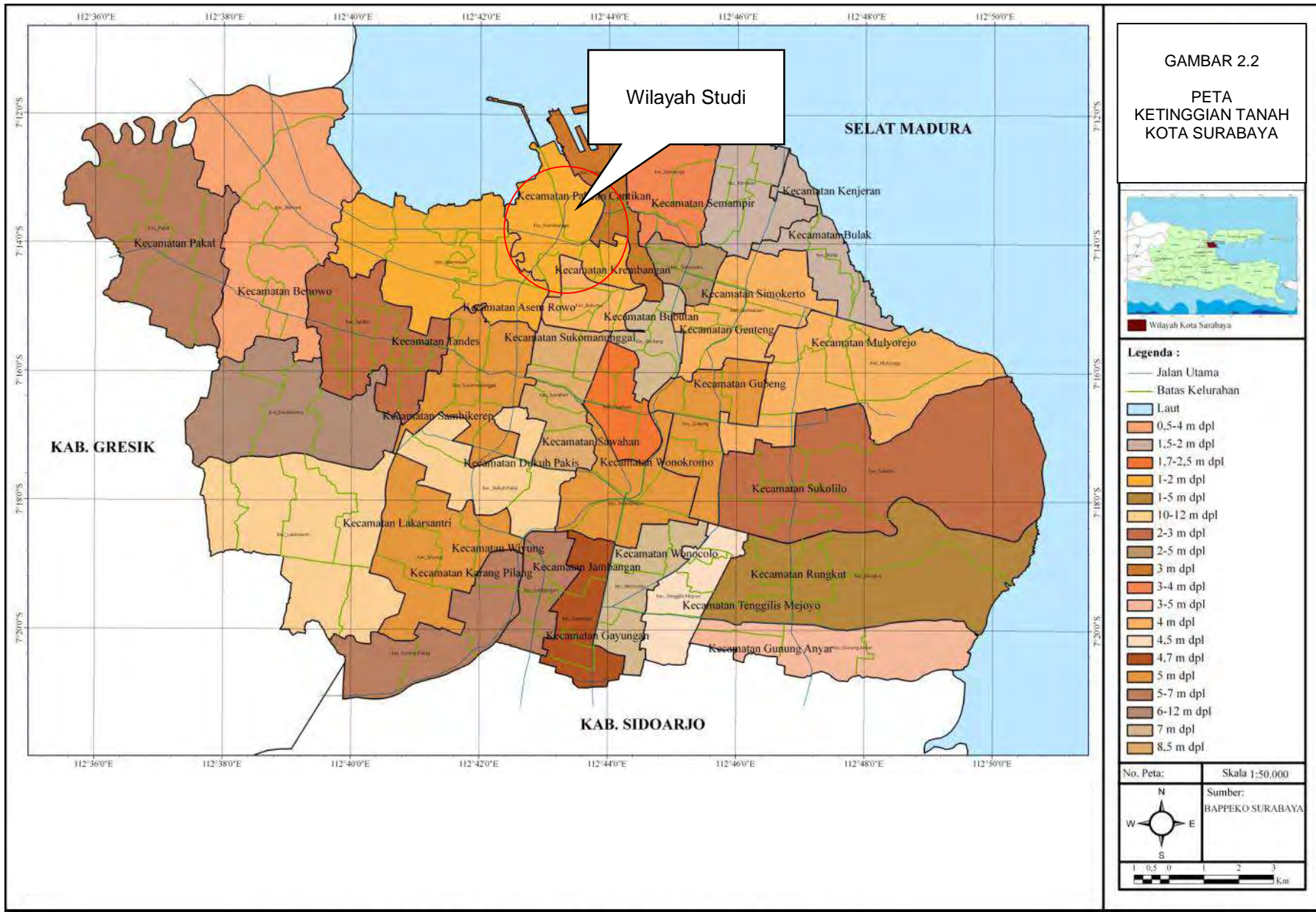
2.3 Kondisi Topografi Kota Surabaya

Berdasarkan data Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya 2009-2029, secara umum kondisi topografi Kota Surabaya memiliki ketinggian tanah antara 0-20 meter di atas permukaan laut, sedangkan pada daerah pantai ketinggiannya berkisar antara 3-6 m di atas permukaan laut. Berikut adalah penjelasan lebih detailnya:

- Sebagian besar Kota Surabaya memiliki ketinggian tanah antara 0-10 meter (80,72% atau sekitar 26.345,19 ha) yang menyebar di bagian timur, utara, selatan, dan pusat kota.
- Pada wilayah lainnya memiliki ketinggian berikiisar antara 10-20 meter (12,53%) dan di atas 20 meter dari permukaan laut (6,76%) yang umumnya terdapat pada bagian barat dan selatan Kota Surabaya yaitu Kecamatan Sawahan, Kecamatan Karangpilang, Kecamatan Benowo, Kecamatan Kecamatan Lakarsantri, dan Kecamatan Tandes.

Secara umum Kota Surabaya didominasi kelas ketinggian tanah datar (0-8%) sebesar 79% sedangkan sisanya dengan kelas ketinggian tanah landai (8-15%) dari total luasan wilayah Surabaya. Berikut adalah peta ketinggian tanah Kota Surabaya yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

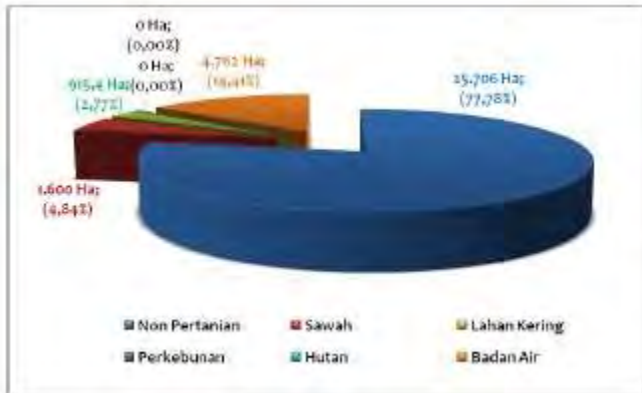
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

2.4 Tata Guna Lahan Kota Surabaya

Penggunaan lahan di Kota Surabaya dikelompokkan menjadi permukiman, pendidikan, perkantoran, industri, perdagangan, rekreasi, dan konservasi alam. Berikut adalah pembagian luas penggunaan lahan di Kota Surabaya yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Penggunaan Lahan Kota Surabaya

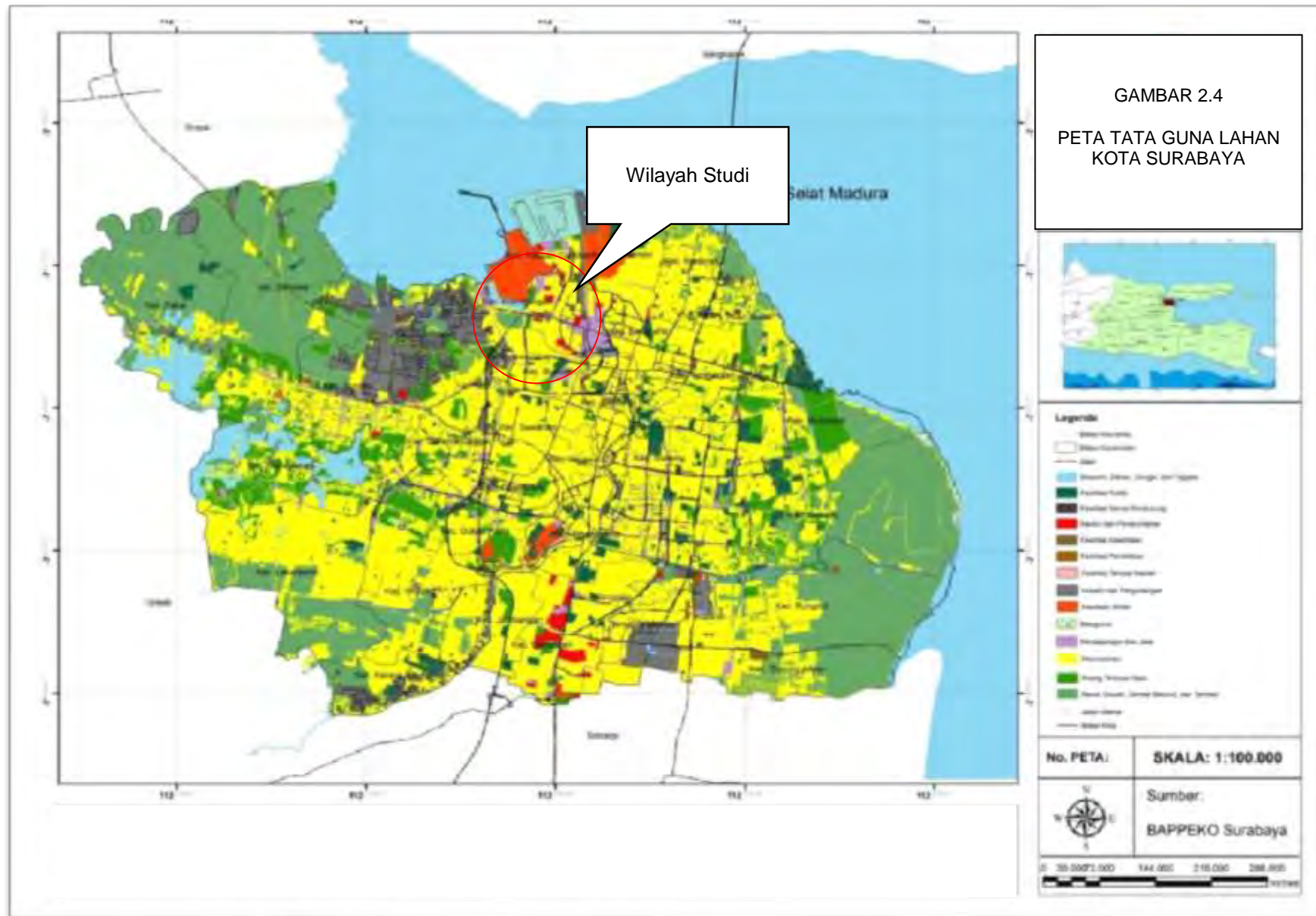
Sumber: Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya 2009-2029

Berikut adalah penjelasan penggunaan lahan di Kota Surabaya:

- Sebesar 25.706 ha atau 77,78% dari luas wilayah Kota Surabaya merupakan lahan non-pertanian.
- Sedangkan 22,22% sisanya terdiri dari lahan yang berfungsi sebagai sawah (1.600 ha atau 4,84%), lahan kering (915,4 ha atau 2,77%), dan badan air (4.762 ha atau 14,41%).

Dari penjelasan tersebut diketahui bahwa semakin berkurangnya lahan untuk ruang terbuka hijau yang tersedia di Kota Surabaya. Berikut adalah peta tata guna lahan Kota Surabaya yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”



“Halaman ini sengaja di kosongkan”

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin berkurangnya lahan untuk ruang terbuka hijau yang tersedia di Kota Surabaya. Dengan perubahan tata guna lahan ini mengakibatkan semakin banyaknya potensi adanya banjir atau genangan di Kota Surabaya, terutamanya di daerah pesisir pantai.

2.5 Sistem Drainase Kota Surabaya

Pemerintah Kota Surabaya melalui Dinas Bina Marga dan Pematuan membagi daerah pematuan Kota Surabaya menjadi 5 rayon sesuai dengan *Surabaya Drainage Master Plan* (SDMP) Tahun 2018. Berikut adalah sistem drainase Kota Surabaya yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sistem Drainase Kota Surabaya

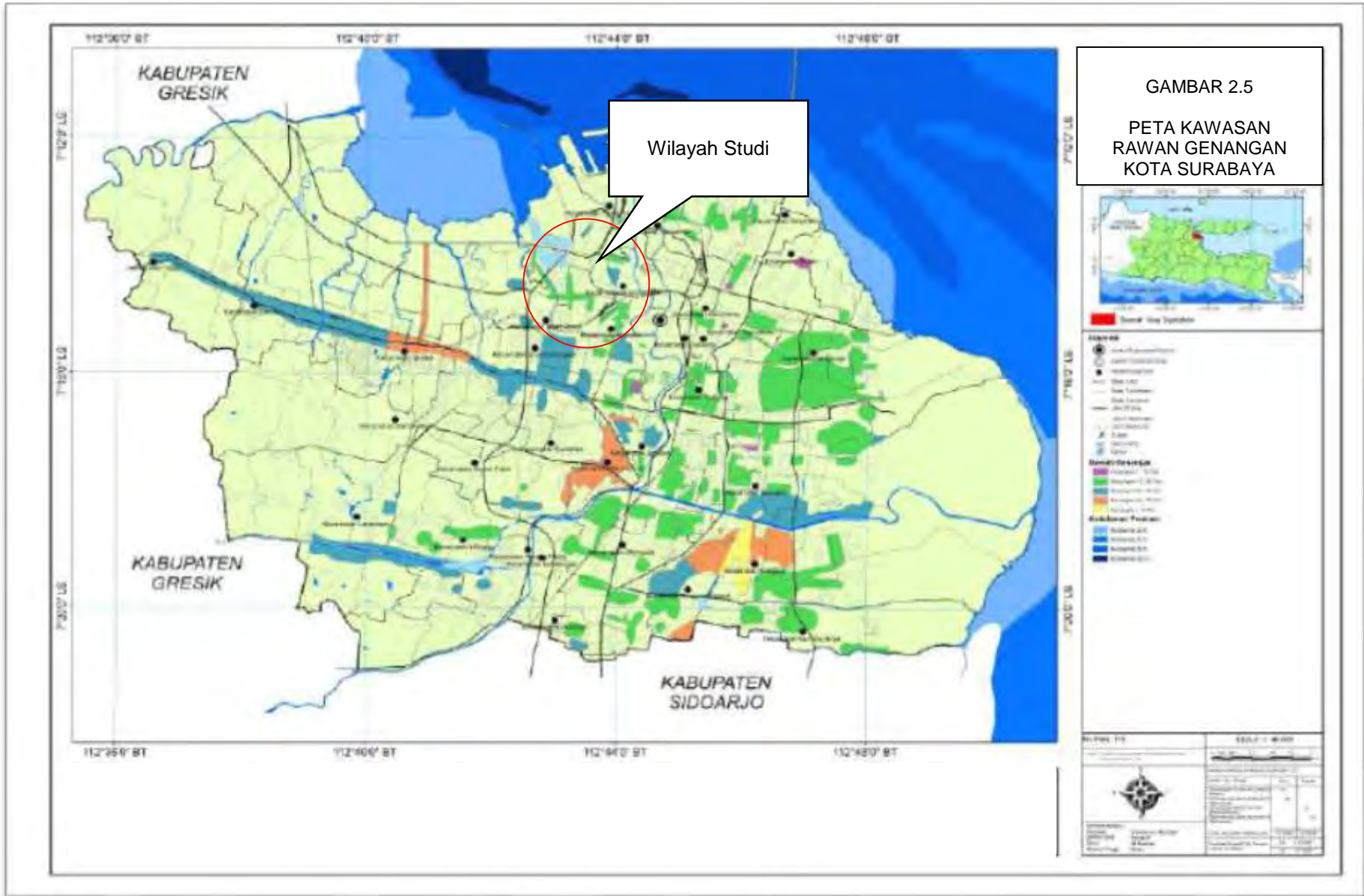
Sistem Pematuan	Sub Sistem Pamatuan	Jumlah Saluran		Akhir Sistem	Luas (ha)
		Primer	Sekunder		
Rayon Tandés					10721
Gunungsari	Gunungsari - HLD	2	6	Laut dan Kali Lamong	5062,19
	Gunungsari - Balong	3	6		
	Gunungsari-Kandangan	3	5		
	Gunungsari-Sememi	2	2		
	Gunungsari-Lamong	1	1		
Dataran Rendah (West Low Level)	-	8	-	Laut	5659
Rayon Wiyung					10721
Kedurus	-	1	44	Kalimas	6884,27
Karangpilang	-				406

Tabel 2.2 lanjutan

Sistem Pematusan	Sub Sistem Pematusan	Jumlah Saluran		Akhir Sistem	Luas (ha)
		Primer	Sekunder		
Rayon Genteng					3841
Darmokali & Ciliwung	-	1	3	Kalimas	287
Peneleh	-	1	1		1610
Dinoyo & Keputran	-	1	5		266
Grahadi & Kenari	-	1	8		130
Greges	-	1	17	Boezem Morokrembangan	1520
Rayon Gubeng					7123
Pegirian – Tambak Wedi	-	2	35	Laut	1675
Jeblokan	-	1	2		201
Lebak Indah & Tanah Kali Kedinding	-	1	12		751
Kali Kepiting	-	1	7		720
Kalibokor	-	1	15		2215
Kenjeran	-	1	7		390
Kalidami	-	1	12	Boezem Kalidami	1171
Rayon Jambangan					7421
Perbatasan	-	1	27	Laut	2128
Kebonagung	-	1	14		1206
Wonorejo & Rungkut	-	1	37	Boezem Wonorejo	2754
Sumo/Bratang	-	1	4	Kali Jagir	350
Mir/Bendul Merisi	-	-	1		152

Sumber: Dinas Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya, 2015

Pada hujan lebat, masih terdapat genangan di beberapa titik di Kota Surabaya. Berikut adalah peta kawasan rawan genangan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



GAMBAR 2.5
PETA KAWASAN
RAWAN GENANGAN
KOTA SURABAYA

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

2.6 Sarana Prasarana Drainase Kota Surabaya

Sarana dan prasarana drainase yang mendukung, tentunya dapat mengurangi permasalahan genangan di Kota Surabaya. Sarana dan prasarana dari program *Surabaya Drainage Master Plan 2018* (SDMP 2018), meliputi rumah pompa dan boezem atau waduk. Berikut adalah daftar 54 Rumah Pompa yang ada di Kota Surabaya yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Daftar Rumah Pompa Kota Surabaya

No.	Nama Rumah Pompa	No.	Nama Rumah Pompa
Rayon Tandes			
1	Pa. Balong I	3	Pa. Balong III
2	Pa. Balong II		
Rayon Wiyung			
1	P.A. Gunung Sari I	2	P.A. Gunung Sari II
Rayon Genteng			
1.	P.A. Dinoyo	8.	P.A. Asem Jaya
2.	P.A. Darmo Kali	9.	P.A. Tidar
3.	P.A. Keputran	10.	P.A. Gadukan
4.	P.A. Perapen	11.	P.A. Greges
5.	P.A. Dupak Bandarejo	12.	P.A Boezem Morokrembangan Selatan
6.	P.A. Kenari	13.	P.A Boezem Morokrembangan Utara
Rayon Gubeng			
1.	P.A Simolawang	10.	P.A Jeblokan
2.	P.A Mulyorejo	11.	P.A. Boezem Kalidami II

Tabel 2.3 lanjutan

No.	Nama Rumah Pompa	No.	Nama Rumah Pompa
Rayon Gubeng			
3.	P.A Kali Kepiting	12.	P.A Mulyosari
4.	P.A Darmahusada	13.	P.A. Tambak Wedi
5.	P.A Kalidami	14.	P. A. Kenjeran
6.	P.A Kalisari	15.	P.A Kenjeran Kenpark
7.	P.A Kalijudan	16.	P.A Flores
8.	P.A Boezem Kalidami 1	17.	P. A. Kenjeran II
9.	P.A Kali Bokor		
Rayon Jambangan			
1.	P.A. Bratang	11.	P.A. Boezem Wonorejo
2.	P.A. Kutisari	12.	P.A. Jemur Andayani
3.	P.A. Kalirungkut	13.	P. A. Medokan Semampir
4.	P.A. Wonorejo I	14.	P.A. Jemursari Prapen
5.	P.A. Semolowaru I	15.	P.A. Medokan Ayu Upn
6.	P.A. Jagir Kalimir	16.	P.A. Wonorejo II
7.	P.A. Semolowaru II	17.	P.A. Bratang Lapangan
8.	P.A. Kebon Agung	18.	P.A Medokan Ayu Hilir
9.	P.A. Pandugo	19.	P.A Jambangan
10.	P.A. Boezem Wonorejo		

Sumber: Dinas Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya, 2015

Berikut adalah daftar 22 boezem atau waduk di Kota Surabaya yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Daftar Boezem atau Waduk Kota Surabaya

No	Nama Boezem atau Waduk	Luas (m ²)	No	Nama Boezem atau Waduk	Luas (m ²)
Rayon Tandes					
1.	Waduk Sememi	7000	4.	Waduk Jl. Dukuh Kapasan	7000
2.	Mini Boezem Sememi	500	5.	Mini Boezem Darmo Harapan	400
3.	Waduk Sambikerep	5000	6.	Waduk Jl. Made	9000
Rayon Wiyung					
1.	Waduk Kedurus		7.	Waduk Sumur Welut RW 3 Gunung Bajul B	2134
2.	Waduk Hutan Kota Balas Klumprik	2772	8.	Waduk Samping Puskesmas Jeruk	5979,7
3.	Mini Boezem Pondok Maritim	4838	9.	Waduk Lakarsantri 1 (belakang SDN)	1439,3
4.	Waduk Sumur Welut gg 2	5610	10.	Waduk Lakarsantri 2 (belakang SDN)	935,25
5.	Waduk Sumur Welut belakang balai RW 1	778,83	11.	Waduk Lidah Kulon	1350
6.	Waduk Sumur Welut RW 3 Gunung Bajul A	2029			
Rayon Genteng					
1.	Boezem Morokrengan Utara	791200	2.	Boezem Morokrengan Selatan	1400

Tabel 2.4 lanjutan

No	Nama Boezem atau Waduk	Luas (m ²)	No	Nama Boezem atau Waduk	Luas (m ²)
Rayon Gubeng					
1.	Boezem Kalidami	27000			
Rayon Jambangan					
1.	Boezem Bratang	19900	3.	Boezem Jambangan	14800
2.	Boezem Wonorejo	122500			

Sumber: Dinas Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya, 2015

Selain itu, di Kota Surabaya terdapat 11 stasiun pengamat curah hujan yaitu Stasiun Hujan Gubeng, Stasiun Hujan Gunungsari, Stasiun Hujan Kebon Agung, Stasiun Hujan Kandangan, Stasiun Hujan Kedung Cowek, Stasiun Hujan Keputih, Stasiun Hujan Larangan, Stasiun Hujan Perak, Stasiun Hujan Simokerto, Stasiun Hujan Wonorejo, dan Stasiun Hujan Wonokromo. Berikut adalah lokasi 11 stasiun pengamat curah hujan Kota Surabaya yang dapat dilihat pada Gambar 2.6



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Stasiun Hujan Perak
- Stasiun Hujan Simokerto
- Stasiun Hujan Gubeng
- Stasiun Hujan Kandangan
- Stasiun Hujan Kedung Cowek
- Stasiun Hujan Keputih
- Stasiun Hujan Larangan
- Stasiun Hujan Gunung Sari
- Stasiun Hujan Wonokromo
- Stasiun Hujan Kebon Agung
- Stasiun Hujan Wonorejo

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100028

DOSEN PEMBIMBING

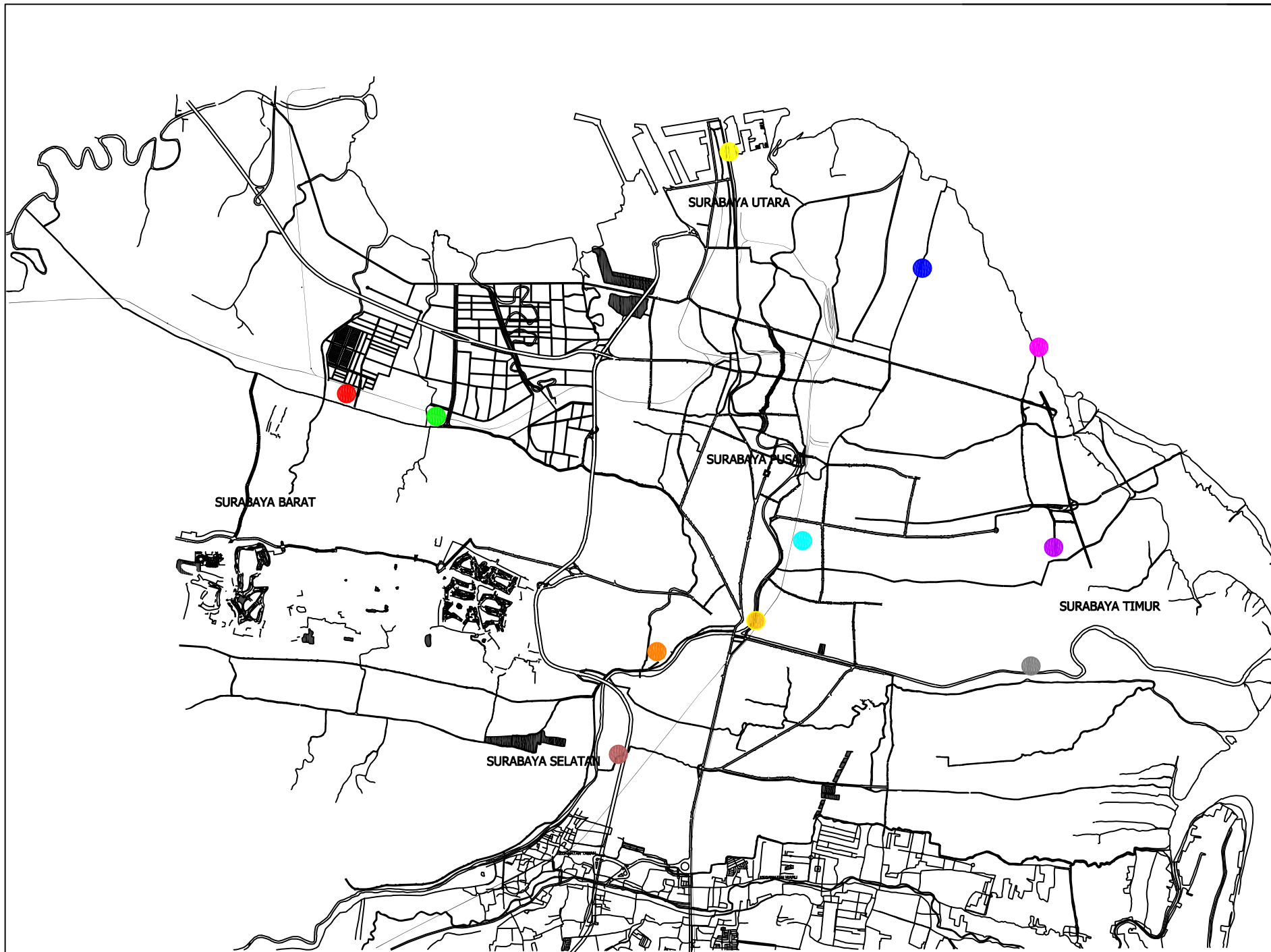
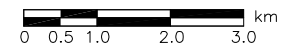
Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19820818 198003 1 004

JUDUL GAMBAR

LOKASI STASIUN HUJAN KOTA SURABAYA

MATA ANGIN	NO. GAMBAR	HALAM/
 UTARA	2.5	23

SKALA



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

2.7 Kondisi Drainase Sistem Pematusan Greges

Sistem Pematusan Greges meliputi wilayah Kecamatan Krembangan, sebagian wilayah Kecamatan Tegalsari, Kecamatan Sawahan, Kecamatan Asemrowo, Kecamatan Pabean Cantikan, dan Kecamatan Suko Manunggal dengan wilayah seluas 1.520 ha. Pada Sistem Pematusan Greges terdapat 1 saluran primer yaitu saluran primer Greges. Saluran primer Greges dengan panjang 4-5 km dan lebar 12-22 meter merupakan muara dari 17 saluran sekunder yang dilayani oleh Rumah Pompa Greges (Dinas Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya, 2015). Selain rumah pompa Greges yang melayani saluran primer Kali Greges, terdapat 3 rumah pompa di 1 saluran sekunder dan 2 saluran tersier yang berfungsi mengalirkan debit limpasan ke saluran primer Kali Greges yaitu rumah pompa Dupak Bandarejo di saluran sekunder Kali Dupak, rumah pompa Asem Jaya di saluran tersier Kali Asem Jaya, dan rumah pompa Tidar di saluran tersier Petemon Kali yang tidak dioperasikan lagi. Berikut adalah daftar saluran primer dan sekunder Sistem Pematusan Greges yang dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Daftar Saluran Sistem Pematusan Greges

No.	Saluran	No.	Saluran
Saluran Primer			
1.	Kali Greges		
Saluran Sekunder			
1.	Kali Rembang	10.	Kali Simo
2.	Kali Dupak	11.	Kali Pacuan Kuda
3.	Kali Demak Timur	12.	Kali Petemon Sidomulyo
4.	Kali Semarang	13.	Kali Petemon V
5.	Kali Margo Rukun	14.	Kali Kedung Anyar
6.	Kali Tembok Gede	15.	Kali Tempel Sukorejo
7.	Kali Pasar Loak	16.	Kali Surabayan
8.	Kali Asem Bagus	17.	Kali Kedung Anyar Wetan
9.	Kali Genie Pelajar		

Sumber: Dinas Pematusan dan Bina Marga Kota Surabaya, 2015

2.8 Daerah Genangan Sistem Pematusan Greges

Pada hujan lebat, genangan sering muncul di beberapa titik pada *catchment area* saluran yang dilayani Rumah Pompa Greges. Pada wilayah Sistem Pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges ini masih terdapat genangan di 13 titik dengan total seluas 11,83 ha (Dinas Bina Marga dan Pematusan Pemerintah Kota Surabaya, 2015). Berikut adalah data dan lokasi genangan wilayah Sistem Pematusan Greges masing-masing dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Lokasi Genangan Wilayah Studi Tahun 2015

No.	Lokasi Genangan	Tinggi Genangan (cm)	Lama Genangan (menit)	Luas Area Genangan (ha)
1	Perempatan Jalan Dupak-Jalan Demak	13	110	5,32
2	Jalan Demak	13	55	0,42
3	Jalan Dupak mulai PGS s/d Pom Bensin	13	110	2,18
4	Jalan Semarang	13	55	0,47
5	Jalan Simo Katrungan V	13	55	0,16
6	Jalan Simo Katrungan XI	13	55	0,16
7	Jalan Petemon III	13	110	0,45
8	Jalan Petemon IV	13	55	0,66
9	Jalan Petemon Barat	13	55	0,31
10	Jalan Kedondong	9	28	0,22
11	Jalan Tegalsari	13	28	0,60
12	Jalan Bromo	9	28	0,18
13	Jalan Tembaan	13	55	0,70
Total				11,83

Sumber : Dinas Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya, 2015

Pada hujan lebat pada periode bulan Februari-April 2016, masih terdapat genangan di *catchment area* Sistem Pematusan Greges. Dari hasil pengamatan di lapangan masih terdapat beberapa lokasi genangan yang sama seperti data di tahun 2015 Berikut contoh gambaran lokasi genangan di Jalan Semarang dan Jalan

Tembaan masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Genangan di Jalan Semarang
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, (07/03/2016)



Gambar 2.8 Genangan di Jalan Tembaan
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, (07/03/2016)

2.9 Rumah Pompa Sistem Pematusan Greges

Pembahasan rumah pompa untuk evaluasi pada Tugas Akhir melingkupi saluran sekunder dan saluran primer. Berikut adalah rumah pompa yang melayani saluran sekunder dan saluran primer:

A. Rumah Pompa Greges

Pengoperasian Rumah Pompa Greges dimulai sejak awal tahun 2012. Terdapat 2 Operator yang bertugas di Rumah Pompa ini secara bergantian selama 24 jam. Dalam mengoperasikan pompa, Pemerintah Kota Surabaya sudah membuat SOP pada tiap Rumah Pompa, namun SOP seringkali tidak dilaksanakan karena berbagai alasan. Saat pengoperasian berlangsung, dampak yang dirasakan oleh penduduk sekitar adalah suara bising. Suara bising ini dihasilkan oleh mesin genset yang digunakan sebagai sumber listrik untuk pengoperasian rumah pompa. Dampak yang lain adalah perahu-perahu tambang yang tidak bisa berlayar di sungai ketika pompa dioperasikan karena volume air sungai berkurang, tersedot oleh pompa dan mengalir ke Boezem Morokrempangan Selatan. Selain itu sampah yang tersaring oleh bar screen, menumpuk di sekitar rumah pompa bisa menimbulkan bau dan aroma yang tidak sedap. Sampah yang berserakan juga tidak baik untuk dipandang. Berikut adalah kondisi eksisting rumah pompa Greges yang dapat dilihat pada Gambar 2.9-Gambar 2.12.



Gambar 2.9 *Inlet* Rumah Pompa Greges
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2016



Gambar 2.10 Pintu Air Rumah Pompa Greges
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2016



Gambar 2.11 Pompa Submersible dan Pompa Lumpur Rumah
Pompa Greges
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2016



Gambar 2.12 *Outlet* Rumah Pompa Greges
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2016

Berikut merupakan sarana dan prasarana di Rumah Pompa Greges sebagai berikut (Dinas Bina Marga dan Pematuan, 2015):

- Tipe pompa: *Submersible Propeller Pump*
- Jumlah pompa : 6 pompa air + 2 pompa lumpur
- Jenis 5 buah pompa air yaitu 900 KPL 75 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 2 m³/detik
 - Motor : 150 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 1 buah pompa air yaitu 1000 KPL 110 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 3 m³/detik
 - Motor : 250 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 2 buah pompa lumpur yaitu 200 KPL 45 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 20 m³/menit
 - Motor : 45 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 2 jenset pompa lumpur yaitu Jondier 800 kvA

B. Rumah Pompa Dupak Bandarejo

Rumah pompa Dupak Bandarejo melayani saluran sekunder Kali Dupak yang merupakan muara dari saluran sekunder Kali Demak Timur dan Kali Margo Rukun. Saluran sekunder Kali Margo Rukun juga merupakan muara dari saluran sekunder Kali Tembok Gede dan Kali Semarang.

Rumah pompa Dupak Bandarejo beroperasi pada tahun 2004. Berikut adalah kondisi eksisting rumah pompa Greges yang dapat dilihat pada Gambar 2.13-Gambar 2.15.



Gambar 2.13 Tampak Depan Rumah Pompa Dupak Bandarejo

Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2016



Gambar 2.14 Pompa Submersible dan Pompa Lumpur Rumah Pompa Dupak Bandarejo

Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2016



Gambar 2.15 *Outlet* Rumah Pompa Dupak Bandarejo
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2016

Berikut merupakan sarana dan prasarana di rumah pompa Dupak Bandarejo (Dinas Bina Marga dan Pematusan, 2015):

- Tipe pompa: *Submersible Propeller Pump*
- Jumlah pompa: 3 pompa air + 1 pompa lumpur
- Jenis 3 buah pompa air yaitu 750 KPL 50 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 1,5 m³/detik
 - Motor : 100 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 1 buah pompa lumpur yaitu 200 KPL 45 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 0,25 m³/detik
 - Motor : 45 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 1 jenset pompa lumpur yaitu Jondier 800 kvA

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Drainase

3.1.1 Pengertian Drainase

Drainase adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Sedangkan drainase kota merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi: pemukiman, kawasan industri, perdagangan, dan fasilitas umum lainnya, sehingga air tersebut tidak mengengangi kota atau menimbulkan dampak negatif lainnya.

Sistem drainase diperlukan untuk melakukan tindakan teknis dalam mengendalikan (Suripin, 2004):

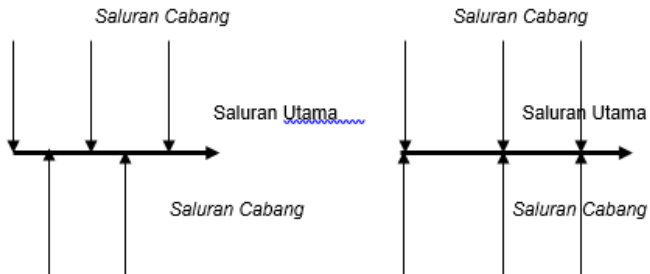
1. Kelebihan air hujan, agar dapat tersalurkan menuju badan air penerima dengan aman sehingga dapat dikendalikan kemungkinan terjadinya banjir maupun genangan air
2. Elevasi badan air permukaan, agar tidak melimpah, sehingga dapat dikendalikan kemungkinan terjadinya arus balik aliran maupun gangguan terhadap badan air permukaan
3. Elevasi permukaan air tanah pada lahan produktif, agar lapisan tanah pada lahan produktif tidak becek sampai permukaan tanah.

3.1.2 Pola Jaringan Drainase

Pola jaringan drainase dapat dikelompokkan menjadi beberapa bentuk berdasarkan fungsi dan kebutuhannya, yaitu (Soedrajat, 2008):

1. Siku

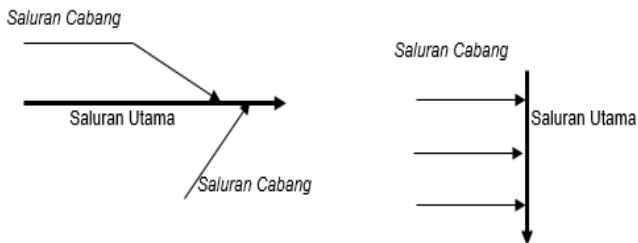
Untuk daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari sungai. dan sungai sebagai saluran pembuangan akhir ditengah kota. Untuk pola jaringan model siku dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pola Jaringan Drainase Model Siku

2. Paralel

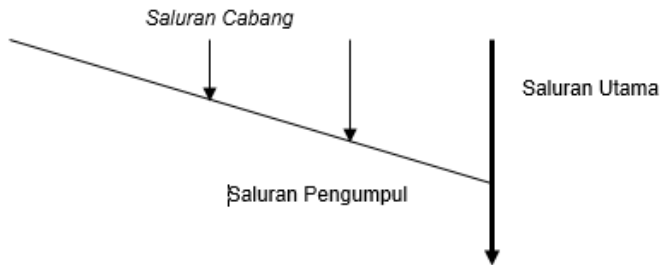
Dengan saluran cabang yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri. Untuk pola jaringan model paralel dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pola Jaringan Drainase Model Paralel

3. Grid Iron

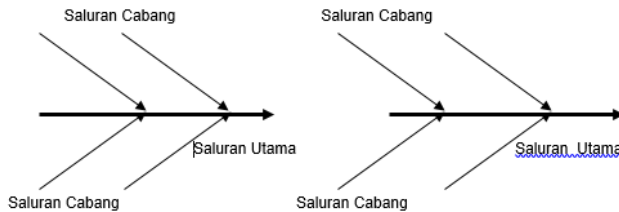
Untuk daerah dimana sungainya terletak dipinggir kota, sehingga saluran-saluran sekunder dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. Untuk pola jaringan model *grid iron* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pola Jaringan Drainase Model *Grid Iron*

4. Alamiah

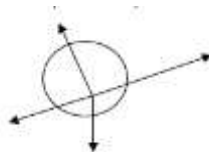
Sesuai dengan keadaan alaminya, sesuai dengan kontur tanah dan letak sungainya sebagai saluran pembuangan akhir. Untuk pola jaringan alamiah dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pola Jaringan Drainase Model Alamiah

5. Radial

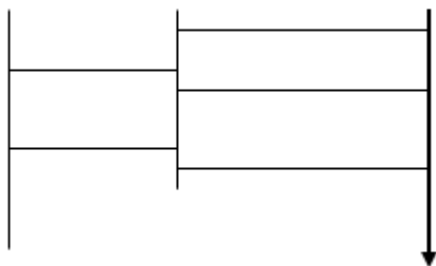
Untuk daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. Untuk pola jaringan model radial dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pola Jaringan Drainase Model Radial

6. Jaring-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. Untuk pola jaringan model jaring-jaring dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pola Jaringan Drainase Model Jaring-Jaring

3.1.3 Bentuk dan Jenis Saluran Drainase

Bentuk-bentuk dan jenis saluran yang dipilih, disesuaikan dengan lingkungan setempat, karena itu digunakan jenis saluran air hujan sebagai berikut (Soedrajat, 2008):

1. Saluran Tertutup

Saluran ini dibuat dari beton tidak bertulang, berbentuk bulat (buis beton) dan diterapkan pada daerah dengan lalu lintas pejalan kaki di daerah itu padat seperti di daerah perdagangan, pusat pemerintahan dan jalan protokol. Sistem pengaliran air dari jalan ke dalam saluran menggunakan *street inlet*. Pada jarak tertentu dibuat suatu rumusan pemeriksaan atau *manhole* yang fungsinya selain sebagai sumuran pemeriksaan juga sebagai bangunan terjunan (*drop manhole*), untuk tiap perubahan dimensi saluran dan pertemuan saluran.

2. Saluran Terbuka

Saluran ini terdiri dari dua bentuk dengan karakteristik berbeda, yaitu:

- Saluran yang berbentuk segiempat dan modifikasinya.
Saluran ini dibuat dari pasangan batu kali atau batu belah dan diterapkan pada daerah dengan ruang yang tersedia terbatas seperti pada lingkungan permukiman penduduk, dimana ambang saluran dapat berfungsi sebagai *inlet* dari air hujan yang turun pada *tribury area*.
- Saluran yang berbentuk trapesium dan modifikasinya.
Saluran ini dibuat tanpa pergeseran, diterapkan pada daerah dengan kepadatan dimana ruang yang tersedia masih luas seperti daerah pertanian dan lapangan. Pada bagian tertentu, dilakukan pergeseran bila batas kecepatan maksimum tidak terpenuhi.

Adapun beberapa macam bentuk saluran :

1. Trapesium

Menyalurkan limbah cair hujan dengan debit besar yang sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi kecil dan digunakan apabila:

- Selokan terbuka.
Tempat memungkinkan (cukup luas).
Untuk saluran dengan bentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Bentuk Saluran Trapesium

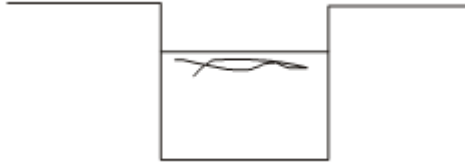
2. Segiempat

Menyalurkan limbah cair hujan dengan debit besar yang sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi kecil pada lokasi jalur saluran tidak atau kurang tersedia lahan yang cukup dan digunakan apabila:

- Debit besar (Q).

- Salokan terbuka.

Untuk saluran dengan bentuk segiempat dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Bentuk Saluran Segiempat

3. Segitiga

Menyalurkan limbah air hujan dengan debit kecil, sampai nol dan banyak endapan dan digunakan apabila:

- Debit (Q) kecil.
- Saluran terbuka.

Untuk saluran dengan bentuk segitiga dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Bentuk Saluran Segitiga

3.2 Banjir atau Genangan

Banjir atau genangan adalah merupakan suatu keadaan sungai dimana aliran airnya tidak tertampung oleh sungai, karena debit air hujan lebih besar dari kapasitas sungai yang ada. Secara umum penyebab terjadinya banjir atau genangan dapat dikategorikan menjadi dua hal, yaitu karena sebab-sebab alami

dan karena tindakan manusia. Yang termasuk sebab alami diantaranya (Soedrajat, 2008):

1. Curah Hujan

Pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan banjir atau genangan di sungai jika muka air melebihi tebing sungai.

2. Pengaruh Fisiografi

Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk dan kemiringan sungai dan lokasi sungai.

3. Erosi dan Sedimentasi

Erosi berpengaruh terhadap kapasitas penampungan sungai, karena tanan yang tererosi pada sungai tersebut apabila ikut terbawa air hujan ke sungai akan mengendap dan menyebabkan terjadinya sedimen. Sedimen akan mengurangi kapasitas sungai.

4. Pengaruh Air Pasang

Air laut memperlambat aliran sungai ke laut. Pada waktu banjir atau genangan bersamaan dengan air pasang yang tinggi, maka tinggi genangan menjadi lebih tinggi karena terjadi aliran balik (*back water*).

5. Perubahan Tata Guna Lahan

Perubahan tata guna lahan seperti berkurangnya ruang terbuka hijau menyebabkan semakin banyaknya air yang mengalir menuju sungai.

6. Sampah

Pembuangan sampah di sungai dapat meninggikan muka air karena menghalangi aliran air.

3.3. Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari seluk beluk air, kejadian, dan distribusinya, sifat fisik dan sifat kimianya, serta tanggapannya terhadap perilaku manusia (Chow, 1964). Dari pengertian tersebut, ilmu hidrologi mencakup hampir semua masalah yang terkait dengan air, meskipun dalam

perkembangannya ilmu hidrologi lebih berorientasi pada suatu bidang tertentu saja.

3.3.1 Data Curah Hujan

Curah hujan adalah tinggi atau tebalnya hujan dalam jangka waktu pengamatan yang dinyatakan dalam satuan mm. Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi untuk suatu perencanaan drainase perkotaan minimal 10 tahun pengamatan yang diperoleh dari stasiun pencatat curah hujan, dimana data Curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan adalah curah hujan rata-rata yang terdekat di wilayah perencanaan. Apabila data yang ada kurang dari 10 tahun, diupayakan melengkapinya dengan data dari stasiun lainnya yang terdekat. Tetapi sebelumnya dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Tes Konsistensi Data Hujan

Apabila dalam suatu pengamatan data hujan terdapat non homogenitas dan tidaksesuaian (*incostency*) dapat menyebabkan penyimpangan pada hasil perhitungan. Non Homogenitas dapat disebabkan:

- a) Pemindahan stasiun pengamat ke tempat baru.
- b) Perubahan jenis alat ukur.
- c) Perubahan cara pengukuran.
- d) Kesalahan observasi sejak tanggal tertentu.
- e) Perubahan ekosistem akibat bencana.

Konsistensi data hujan diuji dengan cara Garis Massa Ganda (*Double Mass Curve Technique*). Dengan metode ini dapat juga dilakukan koreksi datanya. Dasar metode ini ialah membandingkan curah hujan tahunan akumulatif dari stasiun yang diikuti dengan curah hujan tahunan akumulatif dari jaringan stasiun dasar.

Stasiun-stasiun dasar dipilih dari tempat-tempat berdekatan dengan stasiun pengamatan, data-data stasiun dasar harus di uji konsistensinya dan kondisi meteorologis

yang sama dengan stasiun pengamatan. Jumlah stasiun dasar sedikitnya adalah 3 buah.

Data-data stasiun dasar harus diuji konsistensinya dan kondisi meteorologis yang sama dengan stasiun pengamat. Data-data hujan disusun menurut urutan kronologis mundur, dimulai dengan tahun terakhir. Rumus yang digunakan adalah:

$$F_k = \frac{tg\beta}{tg\gamma} = \frac{TB}{TL} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$R_k = F_k \times R$$

Dimana:

- Rk = curah hujan koreksi di stasiun x.
- R = curah hujan asli.
- Fk = faktor koreksi.

2. Tes Homogenitas

Untuk menganalisis satu *array* data hujan diperlukan homogenitas data. Rumus yang digunakan, yaitu

$$R = \left[\frac{\Sigma(R_i)}{n} \right] \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\sigma_R = \left[\frac{\Sigma(R_i - R)^2}{n - 1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:

- σ_R = standar deviasi
- R = curah hujan rata-rata
- Ri = data curah hujan tiap tahun pengamatan
- N = jumlah data curah hujan

$$1/a = \frac{\sigma R}{\sigma n} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana:

σn = reduce standar deviasi

$$\mu = \bar{R} - \frac{1}{a} \cdot Y_n \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana:

Y_n = reduce mean

Satu array data hujan dikatakan homogen apabila plotting titik $H(N, T_R)$ berada pada kertas grafik homogenitas bagian dalam. Harga T_R didapatkan dari persamaan:

$$T_R = \frac{R_{10}}{R} \cdot x T_R \dots\dots\dots(3.6)$$

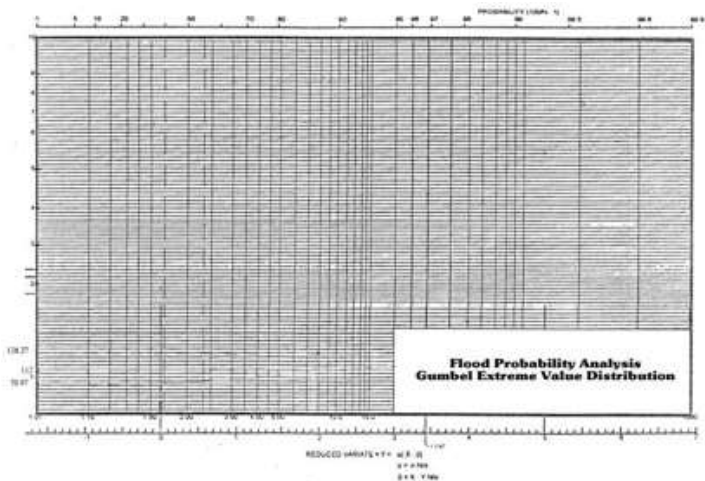
T_R merupakan ordinat, sedangkan absisnya adalah N . N adalah jumlah tahun pada data hujan, dimana:

R_{10} = presipitasi tahunan dengan PUH 10 tahun.

R = presipitasi tahunan rata-rata dengan 1 array data.

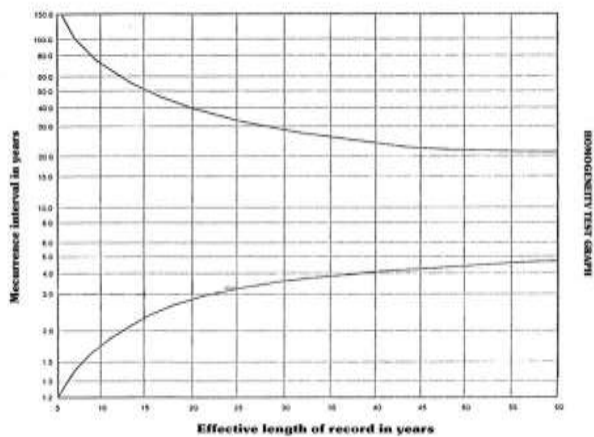
T_R = PUHnya R .

Untuk mencari R_{10} dan T_R diperlukan persamaan regresi. Pada akhirnya akan diperoleh titik $H(N, T_R)$ berada pada bagian dalam grafik homogenitas. Berikut adalah Grafik probabilitas gumbel dan grafik homogenitas dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan Gambar 3.11.



Gambar 3.10 Grafik Probabilitas Gumbel
Sumber: Masduki, 1989

**GRAFIK HOMOGENITAS
DATA CURAH HUJAN**



Gambar 3.11 Grafik Homogenitas
Sumber: Masduki, 1989

Apabila plotting $H(N,T_R)$ pada kertas grafik homogenitas berada di luar grafik, maka pemilihan *array* data dapat diubah dengan memotong atau menambah jumlah data stasiun hujan sedemikian hingga titik $H(N,T_R)$ berada pada bagian dalam grafik homogenitas. Adapun cara untuk mengubah 1 array data adalah sebagai berikut:

- Menambah jumlah data-datanya.
- Menggeser mundur dengan jumlah data yang sama.
- Mengurangi jumlah, namun cara ini tidak dianjurkan.

3.3.2 Analisis Curah Hujan Rata-Rata

Hujan yang tercatat di stasiun pencatat hujan adalah hujan titik atau hujan yang terjadi di tempat alat pencatat hujan berada, karena intensitas hujan sangat bervariasi terhadap suatu tempat atau kawasan dibutuhkan nilai rata-rata hujan kawasan dari beberapa stasiun penakar hujan yang ada dalam wilayah tersebut. Dalam menentukan curah hujra rata-rata di suatu tempat dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu

1. Cara Rata-rata Aritmatik.

Cara ini merupakan perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan didalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan. Cara ini biasanya digunakan untuk daerah datar dan jumlah penakarnya banyak dan sifat curah hujannya dianggap uniform. Cara rata-rata aritmatik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = 1/n (R_1 + R_2+ \dots R_n) \dots\dots\dots(3.7)$$

atau

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

- $R_1, R_2, \dots R_n$: tinggi hujan masing-masing stasiun.
- n : jumlah stasiun penakar hujan.

2. Cara Garis Isohyet

Isohyet adalah garis yang menunjukkan tempat kedudukan dari harga tinggi hujan yang sama. *Isohyet* diperoleh dari interpolasi harga tinggi hujan lokal. Misalnya besarnya isohyet sudah diperkirakan, maka besarnya hujan antara dua isohyet adalah:

$$R_{1,2} = \frac{1}{2}(I_1 + I_2) \dots\dots\dots(3.9)$$

Pola isohyet berubah dengan harga-harga *point rainfall* yang tidak tetap, walaupun letak stasiun penakar hujannya tetap. Untuk menghitung luas antara dua *isohyet* ($A_{1,2}$) dan luas daerah aliran (A) digunakan planimeter. Rumus hujan rata-rata daerah aliran dapat dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{A_{12} \cdot R_{12}}{A} + \frac{A_{23} \cdot R_{23}}{A} + \frac{A_{34} \cdot R_{34}}{A} + \frac{A_{n,n+1} \cdot R_{n,n+1}}{A} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana :

$A_{i, i+1}$: luas daerah antara isohyet I_1 dan I_{i+1} .

$R_{i, i+1}$: tinggi hujan rata-rata antara isohyet I_1 dan I_{i+1} .

3. Cara Poligon Thiessen

Jika titik pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Cara ini dilakukan dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang diwakili oleh stasiun penakar hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien Thiessen.

Besarnya faktor pembobot (*weighing factor*) tergantung dari luas daerah pengaruh yang diwakili oleh stasiun yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus ada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun (tiap stasiun terletak pada poligon yang tertutup).

$$R = \frac{A_1}{A} R_1 + \frac{A_2}{A} R_2 + \frac{A_3}{A} R_3 + \dots + \frac{A_n}{A} R_n \dots\dots\dots(3.11)$$

$$R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_i \cdot R_i \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$: luas daerah yang mewakili stasiun pengamat.

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$: curah hujan di tiap titik pengamatan.

R : curah hujan rata-rata daerah.

Cara membuat poligon-poligon adalah sebagai berikut:

- a. Hubungkan masing-masing stasiun dengan garis lurus sehingga membentuk poligon segitiga.
- b. Buat sumbu-sumbu pada poligon segitiga tersebut sehingga titik potong sumbu akan membentuk poligon baru.
- c. Poligon baru ini merupakan batas daerah pengaruh masing-masing stasiun penakar hujan.

Cara Thiessen ini lebih teliti dibandingkan cara aritmatik mean (rata-rata). Namun, penentuan stasiun serta pemilihan ketinggian mempengaruhi ketelitian hasil.

3.3.3 Analisis Curah Hujan Harian Maksimum

Untuk analisis curah hujan Harian Maksimum dapat digunakan beberapa metode sebagai berikut:

1. Metode Gumbel.

Metode ini menyatakan bahwa distribusi dari harga ekstrim (maksimum atau minimum) tahun yang dipilih dari n sampel akan mendekati suatu bentuk batas bila ukuran sampel meningkat. Rumus yang digunakan adalah:

$$R_T = R + \frac{\sigma_R}{\sigma n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots(3.13)$$

Dimana :

R_T : tinggi hujan rata-rata.

R : standar deviasi.

Y_n & σ_n : didapat dari Tabel *reduced mean and standar deviation* pada Tabel 3.1

Y_t : didapat dari Tabel 3.2 *Reduced Variate* pada PUH t tahun.

Berikut adalah *Reduced Mean* (Y_n) dan *Standard Deviation* yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan *Reduced Variate* (Y_t) yang dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.1 *Reduced Mean (n) dan Standard Deviation*

n	Y_n	σ_n
10	0,4952	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5035	0,9833
13	0,5070	0,9971
14	0,5100	1,0095
15	0,5128	1,0206

Sumber: Pandebesie, 2002

Tabel 3.2 *Reduced Variate (Yt) pada PUH t Tahun.*

PUH = t Tahun	Reduced Variate (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: Pandebesie, 2002

Rentang keyakinan (*Convidence Interval*) untuk harga-harga RT.

$$R_k = \pm t(a) \cdot S_e \dots\dots\dots(3.14)$$

Dimana:

Rk = rentang keyakinan (*confidence interval*, mm/jam).

T(a) = fungsi α .

Se = *probability error* (deviasi).

Untuk $\alpha = 90\% \rightarrow t(a) = 1,64$

$\alpha = 80\% \rightarrow t(a) = 1,282$

$\alpha = 68\% \rightarrow t(a) = 1,000$

$$R_i = \frac{\sum R_i}{n} \dots\dots\dots(3.15)$$

Dimana:

Ri = curah hujan rata-rata

n = banyaknya data

$$S_e = \frac{b \cdot \tau_R}{\sqrt{\sigma n}} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{\tau_n} \dots\dots\dots(3.17)$$

$$b = \sqrt{1 + 1,3k + 1,1 \cdot k^2} \dots\dots\dots(3.18)$$

Dimana:

N : jumlah data

2. Metode Log Person *Type III*

Metode Log Person didasarkan pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritmik. Langkah-langkah perhitungannya:

1. Menyusun data-data curah hujan (R) mulai dari harga yang terbesar sampai dengan harga terkecil

2. Mengubah sejumlah N data curah hujan ke dalam bentuk logaritma $\rightarrow X_i = \log R_i$
3. Menghitung besarnya harga rata-rata besaran tersebut, dengan persamaan:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(3.19)$$

Dimana:

- \bar{x} = besarnya harga rata-rata besaran
- X_i = log R_i
- n = banyaknya data

4. Menghitung besarnya harga deviasi rata-rata dari besaran logaritma tersebut, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_x = \left[\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.20)$$

Dimana:

- σ_x = deviasi rata-rata
- n = banyaknya data

5. Menghitung harga *skew coefficient* (koefisien asimetri) dari besaran logaritma di atas:

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (x_i - \bar{x})^3}{(N-1)(N-2)(\tau_x)^3} \dots\dots\dots(3.21)$$

Dimana:

- C_s = harga skew coefficient
- n = banyaknya data

6. Kadang-kadang harga C_s disesuaikan dengan besarnya N, sehingga persamaannya menjadi:

$$C_{SH} = C_s \cdot (1 + 8,5 / N) \dots\dots\dots(3.22)$$

7. Berdasarkan harga *skew coefficient* (C_s) yang diperoleh dan harga periode ulang (T) yang ditentukan, dapat diketahui nilai K_x dengan menggunakan Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai K Distribusi Log Person III

Skew coefficient C_u or C_w	Return period in years						
	2	5	10	25	50	100	200
	Exceedence probability						
	0.50	0.20	0.10	0.04	0.02	0.01	0.005
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.154	4.015	4.900
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.273	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.653
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.222
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.382	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.317	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.487
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.222
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.131
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.066	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	0.303	0.777	0.895	0.958	0.980	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.906	0.903	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.792	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.760	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.728	0.740	0.740	0.741
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.668	0.668	0.667	0.667

Sumber: Pandebesie, 2002

8. Menghitung besarnya harga logaritma dari masing-masing data curah hujan untuk suatu periode ulang T tertentu.

$$X_T = \bar{X} + Kx \cdot \tau_x \dots\dots\dots(3.23)$$

Dimana:

X_T = besarnya harga logaritma

\bar{x} = besarnya harga rata-rata besaran

σx = deviasi rata-rata

9. Jadi perkiraan nilai curah hujan harian maksimum untuk periode ulang T (tahun) adalah :

$$R_T = \text{anti log} \cdot X_T \text{ atau } R_T = 10^{X_T} \dots\dots\dots(3.24)$$

Dimana:

R_T = perkiraan nilai curah hujan harian maksimum

X_T = besarnya harga logaritma

σx = deviasi rata-rata

3. Metode Iway Kadoya

Metode perhitungan Iway Kadoya dengan menggunakan variabel normal, hal tersebut dapat dihitung dengan persamaan

$$\xi = c \cdot \log \frac{x + b}{x_0 + b} \dots\dots\dots(3.25)$$

Dimana:

$$\log(x_0 + b) = \bar{x}_0 \dots\dots\dots(3.26)$$

adalah rata-rata dari:

$$\log(x_i + b) \dots\dots\dots(3.27)$$

Langkah-langkah perhitungannya:

- 1) Memperkirakan harga X_0 :

$$\log \cdot x_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \dots\dots\dots(3.28)$$

2) Memperkirakan harga bi:

$$bi = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n b_i \dots\dots\dots(3.29)$$

Dimana :

$$m \approx n / 10$$

$$bi = \frac{X_s \cdot X_t - Xr^2}{2Xr - (X_s + X_T)} \dots\dots\dots(3.30)$$

Keterangan:

- Xs : harga pengamatan dengan Nomor urutan m dari yang terbesar
- Xt : harga pengamatan dengan nomor urutan m dari yang terkecil
- n : banyaknya data
- $m \cong \frac{n}{10}$: angka bulat
- W (x) : kemungkinan terlampaui
- ξ : harga kemungkinan lebih sembarang

3) Memperkirakan harga Xo:

$$\bar{x}_o = \log \cdot (x_o + b) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log \cdot (x_i + b) \dots\dots\dots(3.31)$$

4) Memperkirakan harga C:

$$\frac{1}{c} = \sqrt{\frac{2}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\log \frac{(x_i + b)}{(x_o + b)} \right)^2} \dots\dots\dots(3.32)$$

$$= \left[\left(\frac{2n}{n-1} \right) (\bar{x}^2 - x_o^2) \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(3.33)$$

Dimana:

$$\bar{x}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{\log(x_i + b)\}^2 \dots\dots\dots(3.34)$$

Dengan menggunakan rumus \bar{x}^2 dan \bar{x}_o^2 maka $1/c$ dihitung dengan rumus:

$$\frac{1}{c} = \left(\frac{2n}{n-1} \right) \cdot (\bar{x}^2 - \bar{x}_o^2) \dots\dots\dots(3.35)$$

harga ξ yang sesuai dengan kemungkinan lebih sembarang (*arbitrary excess probability*) didapat dari tabel dan besarnya curah hujan yang mungkin dihitung dengan rumus berikut:

$$\log(x + b) = \log(x_o + b) + \left(\frac{1}{c} \right) \cdot \xi \dots\dots\dots(3.36)$$

3.3.4 Analisis Kecocokan Curah Hujan Harian Maksimum

Untuk menentukan kecocokan curah hujan harian maksimum dari sampel data terhadap fungsi distribusi teoritis yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi empiris, diperlukan pengujian secara statistik.. Ada 2 jenis kecocokan yaitu:

1. Uji Chi–Kuadrat

Uji Chi–Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan peluang (metode yang digunakan untuk analisis kecocokan), dapat mewakili distribusi sampel data yang analisis. Parameter yang digunakan untuk pengambilan keputusan uji ini adalah X^2 , sehingga disebut Uji Chi–Kuadrat.

Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$x^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(3.37)$$

Dimana:

- X^2 = Parameter Chi-Kuadrat terhitung
- O_i = Jumlah nilai pengamatan pada kelompok ke i
- E_i = Jumlah nilai teoritis pada kelompok ke i
- Peluang untuk mencapai X^2 sama atau lebih besar daripada nilai Chi-Kuadrat yang sebenarnya X^2

Prosedur Uji Chi-Kuadrat adalah:

1. Urutkan data pengamatan (dari yang terbesar ke yang terkecil)
2. Tentukan jumlah sub kelompok

$$G = 1 + 1,33 \ln n \dots\dots\dots(3.38)$$

Dimana:

- G = Jumlah kelompok
- n = jumlah data

3. Hitung interval atau batasan setiap sub kelompok

$$X_T = \bar{X} + K_T S \dots\dots\dots(3.39)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \dots\dots\dots(3.40)$$

Dimana:

- X_T = interval setiap sub kelompok
- \bar{X} = Curah hujan rata-rata
- K_T = Nilai variabel reduksi gauss
- S = Standar deviasi

4. Kelompokkan data menjadi G sub grup.
5. Jumlah data pengamatan sebesar O_j tiap-tiap sub grup.
6. Jumlah data pengamatan sebesar distribusi (E_i) yang digunakan:

$$E_i = \frac{\sum O_i}{\sum_{sub}} \dots\dots\dots(3.41)$$

7. Lakukan perhitungan uji chi-kuadrat

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(3.42)$$

8. Tentukan derajat kebebasan

$$dk = G - [R + 1] \dots\dots\dots(3.43)$$

Dimana:

dk = Derajat kebebasan

G = Jumlah kelompok

R = Nilai distribusi,

nilai R = 2 untuk metode log person *type* III dan
iway kadoya

nilai R = 1 untuk metode gumbel

Interpresentasinya adalah

1. Apabila peluang > 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang < 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila nilai peluang diantara 1% - 5%, maka tidak mungkin diambil keputusan. Sehingga diperlukan data tambahan.

Berikut adalah nilai variabel reduksi Gauss dan nilai chi kuadrat masing-masing dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5

Tabel 3.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode Ulang, T (Tahun)	Peluang	K_T
1.	1,001	0,999	-3,05
2.	1,005	0,995	-2,58
3.	1,010	0,990	-2,33
4.	1,050	0,950	-1,64
5.	1,110	0,900	-1,28
6.	1,250	0,800	-0,84
7.	1,330	0,750	-0,67
8.	1,430	0,700	-0,52
9.	1,670	0,600	-0,25
10.	2,000	0,500	0
11.	2,500	0,400	0,25
12.	3,330	0,300	0,52
13.	4,000	0,250	0,67
14.	5,000	0,200	0,84
15.	10,000	0,100	1,28
16.	20,000	0,050	1,64
17.	50,000	0,020	2,05
18.	100,000	0,010	2,33
19.	200,000	0,005	2,58
20.	500,000	0,002	2,88
21.	1.000,000	0,001	3,09

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 3.5 Nilai Chi Kuadrat

R/α	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1.	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2.	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3.	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4.	5,989	7,779	9,468	13,277	18,465
5.	8,558	10,645	12,592	16,812	22,547
6.	9,803	12,017	14,067	18,475	24,322
7.	11,030	13,362	15,507	20,090	26,125
8.	12,242	14,684	16,919	21,666	27,877
9.	13,442	15,987	18,307	23,209	29,588
10.	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
11.	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
12.	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
13.	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14.	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15.	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16.	20,265	23,542	26,296	32,000	39,252
17.	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18.	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19.	23,900	27,204	30,144	36,191	43,820
20.	25,038	28,412	31,410	37,566	45,315

Sumber : Suripin, 2004

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov–Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*). Karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Prosedur Uji Smirnov–Kolmogorov adalah :

1. Urutkan data pengamatan (dari data terbesar sampai yang terkecil) dan tentukan besarnya peluang masing-masing data tersebut (persamaan distribusi).

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X_n) = m/n+1 \text{ dan } P'(X_i) = 1 - P'(X_m) \dots\dots\dots(3.44)$$

Dimana:

$P(X)$ = Peluang

m = Nomor urut

n = Jumlah data

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

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_m = P'(X_m)$$

$$X_n = P'(X_n)$$

$$F(t) = X-x/Sd \text{ dan } P'(X_i) = 1 - P'(X_m) \dots\dots\dots(3.45)$$

Dimana:

$P'(X_m)$ = Peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke- m yang didapat dari tabel.

X = Curah hujan harian

x = Curah hujan rata-rata

$F(t)$ = Distribusi normal standard

3. Tentukan selisih terbesar dari peluang pengamatan dengan peluang teoritis dari kedua nilai peluang tersebut.

$$D_{maks} = [P(X_m) - P'(X_m)] \dots\dots\dots(3.46)$$

4. Tentukan harga D_0 berdasarkan table nilai kritis Smirnov-Kolmogorov.

Interpretasi hasilnya adalah:

- Apabila $D_{maks} < D_0$ distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.
- Apabila $D_{maks} > D_0$ distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak sama.

Persamaan garis umum yang digunakan untuk Smirnov-Kolmogorov adalah:

$$X = x + (k \times Sd) \dots\dots\dots(3.47)$$

Dimana :

X = Curah hujan harian maksimum

x = Curah hujan rata-rata

K = Faktor distribusi

Sd = Standar deviasi

Berikut adalah nilai D_0 untuk uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov yang dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai D_0 Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov

n	Derajat Kepercayaan (α)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27

Sumber : Soewarno, 1995

3.3.5 Periode Ulang Hujan (PUH)

Periode Ulang Hujan (PUH) adalah periode (dalam tahun) dimana suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama berkemungkinan dapat berulang kembali. PUH ditentukan untuk mendapatkan besarnya kapasitas saluran terhadap limpasan air hujan.

Penentuan PUH berdasarkan pada :

- Skala kepentingan/ prioritas
- Skala kemampuan ekonomi
- Skala resiko/ dampak lingkungan
- Skala tepat guna/ teknis

Berikut adalah PUH perencanaan saluran drainase kota yang dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 PUH Perencanaan Saluran Drainase Kota

No	Distribusi	PUH (Tahun)
1.	Saluran tepian	
	- Jalan raya biasa	5-10
	- Jalan <i>by pass</i>	10-25
	- Jalan <i>free ways</i>	25-50
2.	Gorong-gorong	
	- Jalan raya biasa	10
	- Jalan <i>by pass</i>	25
	- Jalan <i>free ways</i>	50

Tabel 3.7 lanjutan

No	Distribusi	PUH (Tahun)
5.	Saluran sekunder - Tanpa resiko - Resiko kecil - Resiko besar	2 5 10

Sumber : Masduki, 1989

3.3.6 Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu (mm/jam, cm/hari). Perhitungan intensitas hujan dapat menggunakan 3 metode, yaitu:

1. Metode Van Breen

Metode ini beranggapan bahwa besarnya atau lama durasi hujan harian adalah terpusat selama 4 jam dengan hujan efektif sebesar 90 % dari hujan selama 24 jam rumus berikut:

$$I = \frac{90\% \cdot R^{24}}{4} \dots\dots\dots(3.48)$$

Dimana:

I : Intensitas hujan (mm/jam).

R²⁴ : curah hujan harian maksimum (mm/24 jam).

Intensitas hujan yang didapat dari rumus diatas, kemudian diplotkan pada kurva durasi intensitas hujan, dimana Van Breen mengambil bentuk kurva kota Jakarta sebagai kurva basis yang dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Intensitas Hujan Kota Jakarta.

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam)				
	Untuk Periode Ulang				
5	12	148	155	180	191
10	11	126	138	156	168
20	10	114	123	135	144
40	7	87	96	105	114
60	6	73	81	91	100
120	3	45	51	58	63
240	2	27	30	35	40

Sumber : Subarkah,1980

2. Metode Bell

Untuk keperluan analisis frekuensi hujan, haruslah tersedia data hujan selama selang waktu yang cukup panjang. Bila data ini tak tersedia, bila diketahui besarnya curah hujan 1 jam (60 menit) dengan periode ulang 10 tahun sebagai dasar, maka suatu rumus empiris yang diberikan oleh Bell dapat dipakai untuk menentukan curah hujan dari 5–120 menit dengan periode ulang 2-100 tahun.

Hubungan ini diturunkan dari analisis curah hujan pada 157 stasiun dan tes statistik yang dapat dipergunakan di seluruh dunia. Rumusnya:

$$R_T^t = (0,21 \cdot \ln(T) + 0,52) \cdot (0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50) \cdot R_{10\text{-tahun}}^{60\text{-menit}} \dots\dots(3.49)$$

Dimana :

R : curah hujan (mm).

T : Periode Ulang Hujan.

t : durasi hujan (menit).

Perhitungan intensitas hujan menurut Bell, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_t^t = \frac{60}{t} \cdot R_T^t \left(\frac{mm}{jam} \right) \dots\dots\dots(3.50)$$

3. Metode Hasper Weduwen

Penurunan rumus diperoleh berdasarkan kecenderungan curah hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi simetrsi dengan durasi hujan (t) lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai 24 jam.

Perumusan dari metode Hasper-Weduwen adalah:

i. $0 \leq t \leq 1$, maka:

$$R_i = X_T \cdot \left(\frac{1218 \cdot t + 54}{X_T(1-t) + 1272 \cdot t} \right) \dots\dots\dots(3.51)$$

$$R = \left(\frac{R_i}{100} \right) \sqrt{\frac{11300 \cdot t}{t+3,12}} \dots\dots\dots(3.52)$$

ii. $1 \leq t \leq 24$, maka:

$$R_i = X_T \cdot \left(\frac{1218 \cdot t + 54}{X_T(1-t) + 1272 \cdot t} \right) \dots\dots\dots(3.53)$$

$$R = \sqrt{\frac{11300 \cdot t}{t+3,12}} \left(\frac{Xt}{100} \right) \dots\dots\dots(3.54)$$

Dimana:

- t : durasi hujan (jam)
- R, Ri : curah hujan Hasper - Weduwen (mm)
- X_T : curah hujan harian maksimum yang terpilih (mm)

Untuk menentukan intensitas hujan menurut Hasper-Weduwen, digunakan rumus:

$$I = \frac{R}{t} \dots\dots\dots(3.55)$$

Berikut adalah pedoman hujan tanimoto yang dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Pedoman Hujan Tanimoto

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	26	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14
15	-	3	8	13
16	-	3	8	13
17	-	3	7	13
18	-	3	7	12
19	-	2	7	11
20	-	-	7	11
21	-	-	7	11
22	-	-	6	11
23	-	-	4	10

Sumber: Subarkah, 1980

3.3.7 Analisis Lengkung Intensitas Hujan

Persamaan intensitas hujan terhadap variabel t umumnya untuk perhitungan debit air hujan dengan rumus:

$$I = R/t$$

Makin besar t, intensitas hujan makin kecil. Pemilihan rumus

intensitas hujan yang akan dipakai berdasarkan selisih terkecil antara intensitas hasil analisis dengan intensitas teoritis. Untuk menghitung intensitas hujan, dimana harga 1 bervariasi dapat dipakai 3 rumus perhitungan, yaitu:

1. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots(3.56)$$

Dimana:

$$a = \frac{(\sum I \cdot t)(\sum I^2) - (\sum I^2 \cdot t)(\sum I)}{(N \cdot \sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.57)$$

$$b = \frac{(\sum I) \cdot (\sum I \cdot t) - N(\sum I^2 \cdot t)}{(N \cdot \sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.58)$$

2. Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots(3.59)$$

Dimana:

$$\log a = \frac{(\sum \log I) \cdot (\sum \log^2 t) - (\sum \log t \cdot \sum \log I) \cdot (\sum \log t)}{N \cdot \sum (\log^2 t) - (\sum \log t)^2} \dots\dots\dots(3.60)$$

$$n = \frac{(\sum \log I \cdot \sum \log t) - n \cdot (\sum \log t \cdot \sum \log I)}{N \sum (\log^2 t) - (\sum \log t)^2} \dots\dots(3.61)$$

Untuk pemilihan rumus intensitas hujan dari ketiga rumus diatas, maka harus dicari selisih terkecil antara I asal dan I teoritis berdasarkan rumus diatas. Persamaan intensitas dengan selisih terkecil itulah yang dipakai untuk perhitungan debit.

3. Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots(3.62)$$

Dimana:

$$a = \frac{(\sum I\sqrt{t} \cdot \sum I^2) - (\sum I^2 \sqrt{t} \cdot \sum I)}{N \cdot \sum I^2 - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.63)$$

$$b = \frac{(\sum I \cdot \sum I\sqrt{t}) - N \cdot (\sum I^2 \sqrt{t})}{N\sum I^2 - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.64)$$

Dimana:

- I : intensitas hujan (mm/jam).
- t : durasi hujan (menit).
- a, b, n : konstanta.
- N : banyaknya data.

3.3.8 Koefisien Aliran Rata-Rata (C)

Pengaliran adalah suatu nilai koefisien yang menunjukkan persentase kualitas curah hujan yang menjadi aliran permukaan dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi. Koefisien air larian atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan (Asdak, 2006). Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Daerah bervegetasi umumnya mempunyai nilai C kecil, sedang pada daerah pembangunan dengan sebagian besar tanah beraspal atau bentuk permukaan tanah kedap jenis lainnya mempunyai nilai C.besar. Rumus perhitungan nilai C rata-rata:

$$C \text{ Rata-Rata} = \frac{(C1 \times A1) + (C2 \times A2) + (C3 \times A3) + \dots (Cn \times An)}{(A1 + A2 + A3 + \dots An)} \dots(3.65)$$

Keterangan:

C Rata-Rata = koefisien rata-rata tertimbang

C1, C2, ...Cn = harga koefisien aliran sesuai
penggunaan lahan

A1, A2, ... An = luas masing-masing penggunaan lahan.

Berikut adalah penentuan koefisien aliran rata-rata (c) berdasarkan komponen lahan yang dapat dilihat pada Tabel 3.10

Tabel 3.10 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Komponen

Penggunaan Lahan	C	Penggunaan Lahan	C
<u>Perdagangan :</u>		<u>Ladang garapan :</u>	
Daerah Pusat Kota	0,70 – 0,95	Tanah berat tanpa vegetasi	0,30 – 0,60
Daerah sekitar Kota	0,50 – 0,70	Berpasir dengan vegetasi	
<u>Perumahan :</u>		Berpasir tanpa vegetasi	0,10 – 0,25
Rumah tunggal	0,30 – 0,50	Padang rumput	0,20 – 0,25
Rumah kopel berjauhan	0,40 – 0,60	Tanah berat	0,15 – 0,45
Rumah kopel berdekatan	0,60 – 0,75	Berpasir	0,05 – 0,25
Apartemen	0,25 – 0,40	Hutan / Bervegetasi	0,05 – 0,25
<u>Daerah Industri :</u>		<u>Tanah Lapang :</u>	0,05 - 0,1

Tabel 3.10 lanjutan

Penggunaan Lahan	C	Penggunaan Lahan	C
Kurang padat industri	0,50 – 0,80	Berpasir, datar. 2%	0,10 – 0,15
Padat industri	0,60 – 0,90	Berpasir, agak rata, 2 – 7%	0,15 – 0,20
Taman dan makam	0,10 – 0,20	Berpasir, miring, 7%	
Daerah Stasiun KA	0,20 – 0,40	Tanah berat, datar, 2%	0,15 -0,20
Daerah tak berkembang	0,10 – 0,30	Tanah berat, agak rata, 2 – 7%	0,13 – 0,17
<u>Jalan raya :</u>		Tanah berat, miring, 7%	
Beaspal	0,70 – 0,95	Tanah pertanian, 0 – 30%	0,18 – 0,22
Berbeton	0,80 – 0,95	Tanah kosong	0,25 – 0,35
Berbatu bata	0,70 – 0,85	Rata	0,30 – 0,60
Trotoar	0,70 – 0,85	Kasar	0,20 – 0,50

Sumber: Asdak, 2006

3.3.9 Debit Limpasan Air Hujan

Untuk perhitungan debit limpasan, terdapat beberapa metode, yaitu:

Metode Rasional.

Metode ini hanya berlaku untuk menghitung limpasan

hujan untuk daerah aliran sampai dengan 80 ha, sedangkan untuk daerah yang lebih luas (> 80 ha) digunakan metode rasional yang dimodifikasi.

- Metode Rasional (<80 ha):

$$Q = 0,0278.C.I.A \dots\dots\dots(3.66)$$

- Metode Rasional yang dimodifikasi (>80 ha):

$$Q = 0,0278.C_s..C.I.A \dots\dots\dots(3.67)$$

$$C_s = \frac{2t_c}{2t_c + t_d} \dots\dots\dots(3.68)$$

Dimana:

- Q : debit aliran (m³/det).
- C : koefisien pengaliran, nilainya berbeda-beda sesuai dengan tata guna lahan dan faktor-faktor yang berkaitan dengan aliran permukaan di dalam sungai terutama kelembaban tanah. Harga C biasanya diambil untuk tanah jenuh pada waktu permulaan hujan.
- C_s : koefisien penampungan atau storage coefficient.
- I : rata-rata intensitas hujan (mm/jam).
- A : luas daerah tangkap (km²).

Waktu yang diperlukan air hujan dalam saluran untuk mengalir sampai ke titik pengamatan (td) ditentukan oleh karakteristik hidrolis di dalam saluran dimana rumus pendekatannya adalah:

$$t_d = \frac{Ld}{V} \dots\dots\dots(3.69)$$

Dimana:

- L : panjang saluran (m).
- V : kecepatan aliran (m/det).

Untuk mencari nilai V dapat digunakan rumus kecepatan Manning sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(3.70)$$

Dimana:

- n : harga kekasaran saluran
- R : radius hidrolis
- S : kemiringan medan atau slope (m/m).

Lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik pengamatan oleh air hujan yang jatuh di tempat terjauh dari titik pengamatan disebut waktu konsentrasi atau time of concentration (tc). Waktu konsentrasi merupakan penjumlahan antara waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh di daerah pematasan untuk masuk kedalam saluran (to) dengan waktu yang dibutuhkan oleh air yang masuk ke dalam saluran untuk mengalir sampai ke titik pengamatan (td) sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(3.71)$$

Waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh di daerah pematasan untuk masuk ke dalam saluran (to), dipengaruhi oleh :

- Kekasaran permukaan tanah yang dilewati dapat menghambat pengaliran.
- Kemiringan tanah mempengaruhi kecepatan pengaliran di atas permukaan.
- Adanya lekukan pada tanah menghambat dan mengurangi jumlah air yang mengalir.
- Ukuran luas daerah aliran dan karak dari street inlet juga berpengaruh terhadap lamanya waktu pengaliran tersebut.
- Dalam mencari besarnya to pada perhitungan kapasitas saluran dapat digunakan beberapa rumus di bawah ini:
 - a. Berlaku untuk daerah pengaliran dengan tali air sepanjang ± 300 m.

$$t_o = \frac{3,26 \cdot (L_i - c) \cdot (L_o)^{\frac{1}{2}}}{S_o^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots(3.72)$$

Dimana:

- to : waktu limpasan (menit).
- c : angka pengaliran.
- Lo : panjang limpasan (m).
- So : kemiringan medan / slope (m/m).

b. Berlaku untuk daerah dengan panjang tali air sampai dengan 1000 m.

$$t_o = \frac{108n \cdot (L_o)^{\frac{1}{3}}}{S_o^{\frac{1}{5}}} \dots\dots\dots(3.73)$$

Dimana:

- to : waktu limpasan (menit).
- n : harga kekasaran permukaan tanah.
- Lo : panjang limpasan (m).
- So : kemiringan medan atau slope (m/m).

Berikut adalah nilai kekasaran muka tanah berdasarkan jenis permukaan tanah yang dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Kekasaran Muka Tanah

No	Jenis permukaan tanah	n
1	Permukaan diperkeras	0,013
2	Permukaan tanah terbuka	0,0275
3	Permukaan berumput sedikit	0,035
4	Permukaan berumput sedang	0,045
5	Permukaan berumput tebal	0,060

Sumber: Masduqi, 1988

- c. Berlaku untuk umum, baik untuk limpasan maupun waktu konsentrasi.

$$t_c = \frac{92,7 \cdot L}{A^{0,1} \cdot S_r^{0,2}} \dots\dots\dots(3.74)$$

Dimana:

- t_c : waktu konsentrasi (menit).
- L : jumlah panjang (ekivalen) aliran (Km).
- A : luas daerah pengaliran kumulatif (Ha).
- S_r : kemiringan atau slope rata – rata (m/m).

- d. Waktu untuk mengalir dalam saluran (td).

$$t_d = \frac{L}{V} \text{ (detik) } \dots\dots\dots(3.75)$$

atau

$$t_d = \frac{L}{V} \cdot \frac{1}{60} \text{ (menit) } \dots\dots\dots(3.76)$$

Dimana:

- L : panjang saluran (m).
- V : kecepatan aliran (m/detik).

3.4 Kecepatan Aliran

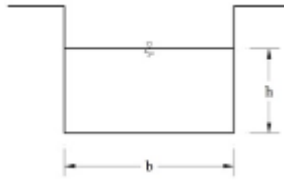
Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran dapat dihitung dengan rumus manning yang digunakan dalam menentukan kecepatan rencana atau awal. Rumus yang digunakan antara lain:

1. Untuk saluran berpenampang segiempat:

$$A = b \times h \dots\dots\dots(3.77)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots(3.78)$$

Untuk sketsa saluran berpenampang segiempat dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Penampang Saluran Segiempat

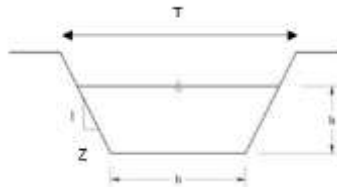
2. Untuk saluran berpenampang trapesium

$$Z = (T-b) / (2.h) \dots\dots\dots(3.79)$$

$$A = (b + Z.h).h \dots\dots\dots(3.80)$$

$$P = b + 2h(1 + Z^2)^{1/2} \dots\dots\dots(3.81)$$

Untuk sketsa saluran berpenampang trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Penampang Saluran Segiempat

$$S = \frac{h}{L} \dots\dots\dots(3.82)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(3.83)$$

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(3.84)$$

Dimana:

- A : luas penampang basah (m²).
- b : lebar saluran (m)
- h : elevasi muka air (m)
- T : lebar atas saluran (m)

- b : lebar bawah saluran (m)
- L : panjang saluran (m)
- Z : kemiringan dinding saluran
- V : kecepatan rata-rata dalam saluran (m/det).
- n : koefisien kekasaran Manning.
- R : jari-jari hidrolis (m).
- S : kemiringan dasar saluran (m/m).
- P : keliling basah (m)

Penentuan kecepatan eksisting suatu saluran dapat diketahui dengan observasi lapangan sesuai Standard Nasional Indonesia 8066:2015 tentang Tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung. Sesuai SNI tersebut bahwa kecepatan aliran sungai atau saluran terbuka dapat ditentukan dengan cara mengukur langsung.

3.5 Debit Saluran

Rumus yang digunakan untuk perhitungan debit saluran digunakan persamaan kontinuitas dan rumus Manning, yaitu:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(3.85)$$

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(3.86)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h} \dots\dots\dots(3.87)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(3.88)$$

Dimana:

- Q : debit air yang disalurkan (m³/det).
- V : kecepatan rata-rata dalam saluran
- n : koefisien kekasaran Manning.
- A : luas penampang basah (m²).
- R : jari-jari hidrolis (m).

S : kemiringan dasar saluran (m/m).

Sesuai dengan sifat bahan saluran yang dipakai untuk kota, maka beberapa harga n tercantum seperti dalam Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Koefisien Kekasaran Manning

Jenis Saluran		n
Saluran galian	Saluran tanah	0,022
	Saluran pada batuan, digali merata	0,035
Saluran Alam	Berumput	0,027
	Semak-semak	0,050
	Tidak berarutan, banyak semak dan pohon batang	0,100
	Pohon banyak jatuh ke saluran	0,150
Perkerasan	Lapisan beton seluruhnya	0,015
	Lapisan beton pada kedua sisi saluran	0,020
	Pasangan batu, diplester	0,020
	Pasangan batu, diplester pada kedua sisi saluran	0,022
	Pasangan batu, disiar	0,025
	Pasangan batu kosong	0,030

Sumber: Subarkah, 1980

3.6 Rumah Pompa

Sebuah stasiun pemompaan adalah fasilitas pengontrol banjir atau genangan paling penting dari sistem drainase perkotaan yang fungsinya mengalirkan air hujan di sebuah perkotaan ke sungai atau laut (Hsu et al., 2013). Genangan yang terjadi di daerah perkotaan, khususnya daerah yang terletak di dataran rendah dekat pantai, dapat berasal dari tiga sumber; yaitu air kiriman dari hulu yang meluap dari saluran primer, hujan setempat, dan genangan akibat air pasang. Sistem drainase yang tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong, maka perlu dilengkapi dengan rumah pompa. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan atau mengalirkan air dari saluran.

Pola operasi sistem kinerja rumah pompa berdasarkan pada muka air sungai induk dan kolam penampung. Pada saat muka air kolam lebih rendah daripada air di sungai induk, pintu dibuka dan pompa diperasikan. Sebaliknya, pada saat muka air kolam lebih tinggi dibandingkan dengan tinggi muka air di sungai induk, operasi pompa dihentikan dan pintu dibuka.

Menurut Linsley dan Franzini (1979) menyatakan pada kasus sistem drainase pompa, debit keluar maksimum sama dengan kapasitas pompa. Hubungan antara aliran masuk, kapasitas pompa dan aliran keluar serta kapasitas tampungan dinyatakan dalam persamaan kontinuitas berikut.

$$Q_i - Q_o = \frac{dV}{dt} \dots\dots\dots(3.89)$$

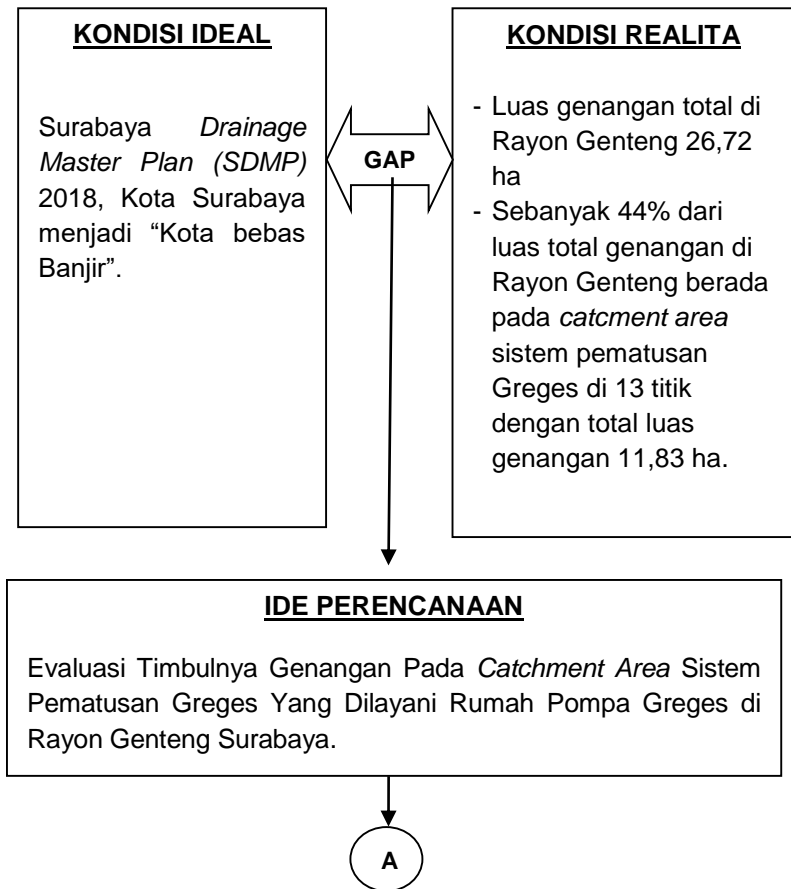
Menurut Suripin (2005) menyatakan bahwa muka air maksimum dan kapasitas pompa yang diperlukan dapat ditentukan berdasarkan elevasi muka terendah dan tata guna lahan daerah studi. Lokasi stasiun pompa atau bangunan pembuang lainnya yang berhubungan dengan muka air diluar areal drainase dipilih pada bagian yang mempunyai muka air yang paling rendah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV METODE PERENCANAAN

4.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan rangkaian kegiatan yang akan dilakukan untuk mempermudah proses pengerjaan perencanaan dan dapat mencapai tujuan yang telah direncanakan. Kerangka tahapan perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.1



A



RUMUSAN MASALAH

1. Apa yang menyebabkan timbulnya genangan pada *catchment area* sistem pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya?
2. Apa rencana tindak lanjut yang dilakukan dari hasil evaluasi untuk mengurangi genangan pada *catchment area* sistem pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya?

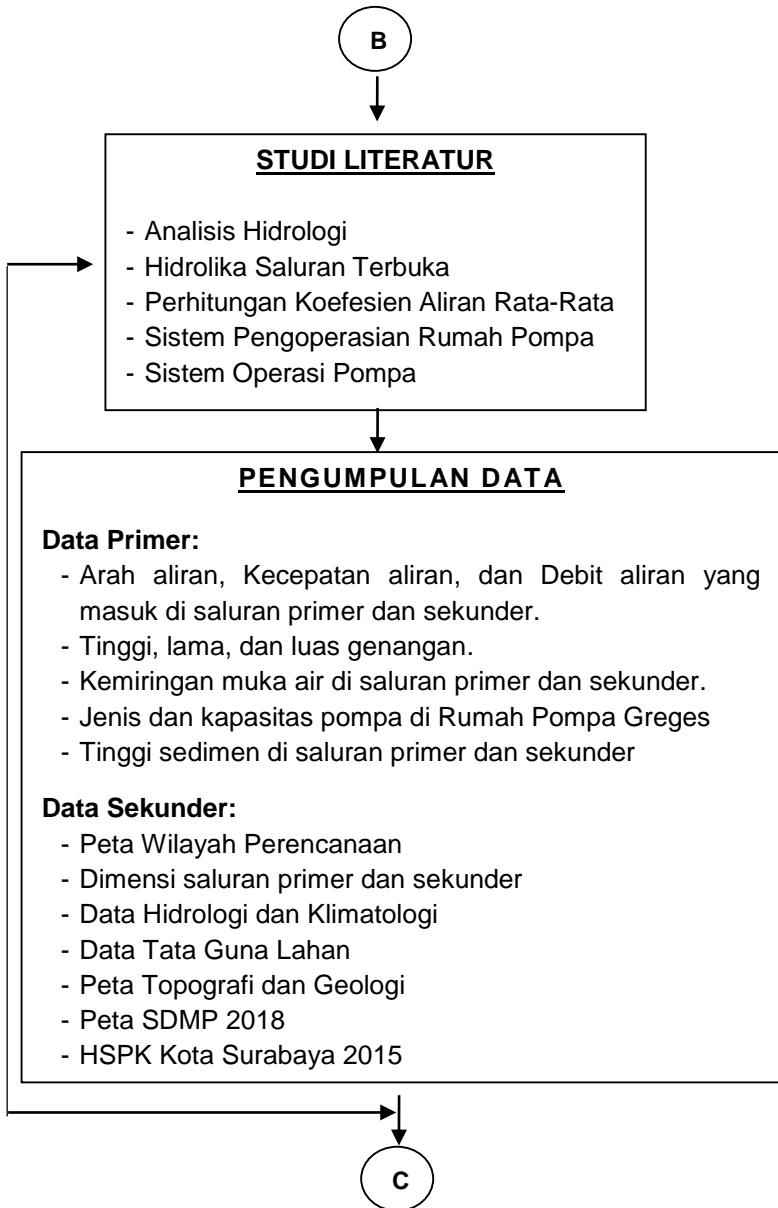


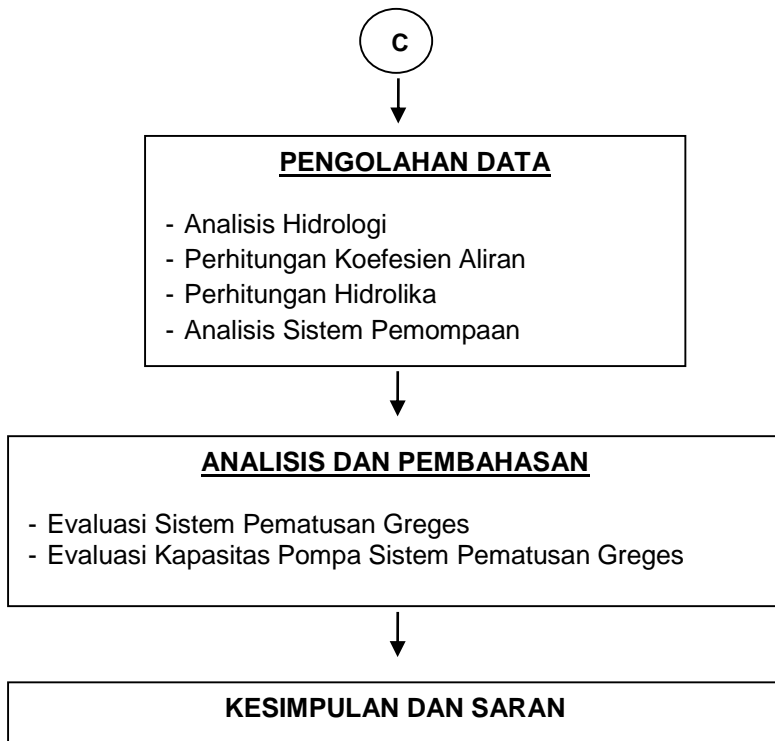
TUJUAN PERENCANAAN

1. Mengevaluasi penyebab timbulnya, meliputi kapasitas pompa, debit aliran yang masuk ke saluran primer Kali Greges, dan debit aliran yang masuk ke 17 saluran sekunder pada *catchment area* sistem pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya.
2. Menentukan rencana tindak lanjut dari hasil evaluasi dalam mengurangi genangan, meliputi kapasitas pompa, perhitungan debit aliran yang masuk ke saluran primer Kali Greges, dan perhitungan debit 17 saluran sekunder pada *catchment area* sistem pematusan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya.



B





Gambar 4.1 Kerangka Tahapan Perencanaan

4.2 Tahapan Perencanaan

Berdasarkan kerangka perencanaan, didapatkan tahapan perencanaan sebagai berikut:

1. Ide Perencanaan

Ide Peencanaan “Evaluasi Timbulnya Genangan Pada *Catchment Area* Sistem Pematuan Greges Yang Dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya” ini di latarbelakangi oleh banyaknya genangan yang terdapat di Rayon Genteng, terutamanya di wilayah *catchment area* Sistem Pematuan Greges yang dilayani oleh rumah pompa

Greges.

2. Rumusan Masalah dan Tujuan Perencanaan

Dari ide perencanaan, kemudian ditentukan rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini. Setelah itu dijelaskan tujuan dari dilaksanakannya tugas akhir sebagai upaya untuk mengurangi genangan pada wilayah Sistem Pematuan Greges yang dilayani Rumah Pompa Greges.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan perencanaan sehingga dapat menjadi acuan dalam melaksanakan perencanaan. Sumber literatur yang digunakan antara lain adalah jurnal, tugas akhir terdahulu, *text book*, artikel ilmiah, dan peraturan-peraturan. Literatur yang digunakan meliputi analisis hidrologi, perhitungan koefisien aliran rata-rata, penentuan PUH pada saluran primer dan sekunder, hidrologi saluran terbuka, sistem operasional rumah pompa, dan literatur lain yang menunjang. Studi literatur ini dilakukan mulai dari awal hingga penarikan kesimpulan.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Data yang dikumpulkan dalam perencanaan merupakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapat langsung dari survei lapangan. Data sekunder merupakan data yang diambil dari instansi-instansi yang berkaitan, seperti BPS (Badan Pusat Statistik) Kota Surabaya, Dinas Bina Marga dan Pematuan, dan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika).

A. Data-data primer yang diperlukan antara lain:

- Arah aliran, Kecepatan aliran, dan Debit aliran saluran primer dan sekunder.

Digunakan untuk mengetahui arah, kecepatan, dan debit aliran yang masuk pada saluran primer Kali Greges dan 17

saluran sekunder pada Sistem Pematusan Greges. Pengambilan data dilakukan pada saat hujan untuk mengetahui arah dan kecepatan aliran sebagai data dalam debit aliran yang masuk pada saluran yang masing-masing digunakan dengan alat bantu pelampung (gabus di ikat dengan tali) yang dilakukan 3 kali.

- Tinggi, Lama dan Luas Genangan.
Digunakan untuk mengetahui tinggi, lama serta luas genangan yang ada di titik-titik lokasi genangan pada Sistem Pematusan. Pengambilan data dilakukan dengan pemantauan pada saat hujan dengan meteran untuk data tinggi genangan, *stopwatch* untuk lama genangan, *google earth* untuk data luas genangan.
- Elevasi Dasar di Saluran Primer dan Sekunder.
Digunakan untuk mengetahui kemiringan saluran Sistem Pematusan Greges. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*) di awal, akhir, dan titik pertemuan saluran.
- Jenis dan Kapasitas Pompa di Rumah Pompa
Digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi sistem pemompaan di rumah pompa. Pengambilan data dilakukan dengan wawancara operator rumah pompa dan pembacaan spesifikasi generator pompa di rumah pompa.
- Tinggi Sedimen di Saluran Primer dan Sekunder
Digunakan untuk menentukan tinggi sedimen yang ada pada saluran primer Kali Greges dan 17 saluran sekunder pada Sistem Pematusan Greges. Pengambilan data dilakukan pada 3 titik dasar saluran yaitu kiri, kanan, dan tengah dengan tongkat

B. Data – data sekunder yang diperlukan untuk perencanaan ini antara lain:

- Peta Wilayah Perencanaan

Digunakan untuk mengetahui *catchment area* saluran, luas daerah pelayanan, dan jarak antar saluran wilayah Sistem Pematusan Greges

- Data Hidrologi dan Klimatologi
Digunakan untuk mengetahui curah hujan, hujan harian maksimum, dan intensitas hujan yang dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas saluran eksisting dalam melayani debit limpasan.
- Peta Topografi dan Geologi
Digunakan untuk mengetahui kontur tanah dan karakteristiknya yang dimaksudkan untuk mengetahui arah aliran saluran drainase.
- Data Tata Guna Lahan
Digunakan untuk mengetahui segala kondisi penggunaan lahan di daerah perencanaan yang dimaksudkan untuk menentukan nilai koefisien tata guna lahan guna menghitung besarnya debit limpasan hujan.
- Peta *Surabaya Drainage Master Plan*
Digunakan sebagai rujukan dalam mengerjakan tugas akhir.

5. Pengolahan Data

Pengolahan dilakukan setelah data primer dan sekunder yang diharapkan telah diperoleh. Pengolahan data dilakukan analisis hidrologi untuk memperoleh debit limpasan menuju saluran primer Kali Greges dan 17 saluran sekunder pada Sistem Pematusan Greges. Dilakukan perhitungan hidrolika untuk mengetahui debit saluran rencana dan debit eksisting. Selain itu, dilakukan perbandingan terhadap kapasitas pompa saat ini dan kapasitas awal.

6. Analisis dan Pembahasan

Analisis dan Pembahasan data dilakukan dengan melakukan evaluasi terhadap sistem operasional pemompaan di Rumah

Pompa, debit saluran primer Kali Greges, dan debit 17 saluran sekunder dalam melayani debit aliran. Setelah itu dilakukan perhitungan kapasitas pompa yang sesuai dengan debit limpasan pada saluran primer Kali Greges.

7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data perencanaan yang dilakukan sehingga diperoleh masalah utama yang menjadi penyebab masih timbulnya genangan pada wilayah studi yang dilayani oleh Rumah Pompa Greges yang kemudian ditetapkannya rencana tindak lanjut yang dilakukan. Selanjutnya menentukan saran untuk mengendalikan genangan yang timbul pada wilayah studi Sistem Pematusan Greges.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hidrologi

Pada analisis hidrologi dibutuhkan data curah hujan harian maksimum pada stasiun hujan terdekat di wilayah studi. yaitu Stasiun Hujan Perak, Stasiun Hujan Simokerto, dan Stasiun Hujan Gubeng. Dipilihnya ketiga stasiun hujan berdasarkan luas daerah pengaruh yang diwakili masing-masing stasiun hujan mencakupi wilayah studi yang dibuktikan dengan terbentuknya poligon tertutup. Berikut adalah data curah hujan harian maksimum ketiga stasiun hujan yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Stasiun Curah Hujan Harian Maksimum Terpilih

Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)		
	ST.Perak (ST.A)	ST.Simokerto (ST.B)	ST.Gubeng (ST.C)
2006	95	132	106
2007	89	107	104
2008	53	79	87
2009	92	107	86
2010	109	89	127
2011	110	84	81
2012	94	45	67
2013	61	52	99
2014	84	78	83
2015	140	88	61

Sumber: UPT PSAWS Buntung Peketingan, 2015

5.1.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam perencanaan dimulai tahun 2006 sampai 2015. Dari data sekunder tersebut yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum untuk perencanaan. Berikut adalah perhitungan jumlah data curah hujan pada masing-masing stasiun pengamat yang dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Jumlah Data Curah Hujan Harian Maksimum

no	Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)		
		ST.Perak	ST.Simokerto	ST.Gubeng
		ST.A	ST.B	ST.C
1	2006	95	132	106
2	2007	89	107	104
3	2008	53	79	87
4	2009	92	107	86
5	2010	109	89	127
6	2011	110	84	81
7	2012	94	45	67
8	2013	61	52	99
9	2014	84	78	83
10	2015	140	88	61
Jumlah		927	861	901

5.1.2 Perhitungan Uji Konsistensi Data Hujan

Dalam suatu uji konsistensi suatu stasiun dibuat grafik dimana sumbu x merupakan akumulasi data tahun stasiun yang di uji konsistensinya dan sumbu y merupakan akumulasi data hujan rata-rata stasiun pembandingan. Berikut adalah perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Perak yang dapat dilihat pada Tabel 5.3:

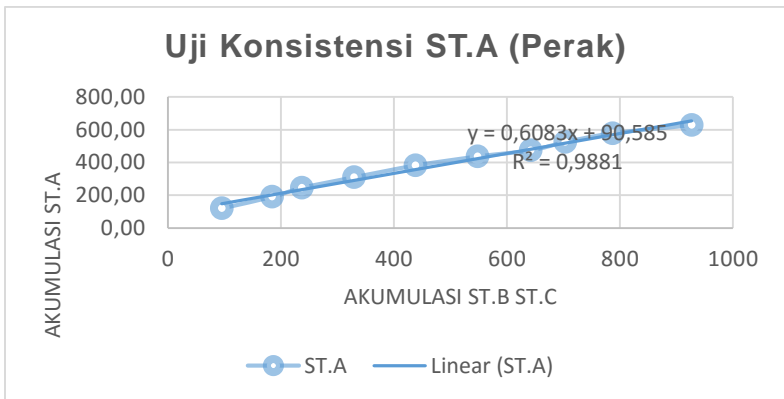
Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Perak

Tahun	ST.A	Akumulasi ST. A (mm)	ST.B	S. C	Jumlah ST.B ST.C (mm)	Rata- rata ST.B ST. C (mm)	Akumulasi Rata - rata ST.B ST.C (mm)
	(mm)		(mm)	(mm)			
2006	95	95	132	106	238	119,00	119,00

Tabel 5.3 lanjutan

Tahun	ST A	Akumulasi ST. A (mm)	ST B	ST C	Jumlah ST.B ST.C (mm)	Rata-rata ST.B ST. C (mm)	Akumulasi Rata - rata ST.B ST.C (mm)
	(mm)		(mm)	(mm)			
2007	89	184	107	104	211	70,33	189,33
2008	53	237	79	87	166	55,33	244,67
2007	89	184	107	104	211	70,33	189,33
2009	92	329	107	86	193	64,33	309,00
2010	109	438	89	127	216	72,00	381,00
2011	110	548	84	81	165	55,00	436,00
2012	94	642	45	67	112	37,33	473,33
2013	61	703	52	99	151	50,33	523,67
2014	84	787	78	83	161	53,67	577,33
2015	140	927	88	61	149	49,67	627,00

Dari tabel uji konsistensi diatas dibuat grafik uji konsistensi Stasiun Hujan Perak dengan sumbu x merupakan akumulasi rata-rata Stasiun Hujan Simokerto dan Stasiun Hujan Gubeng, sedangkan sumbu Y merupakan akumulasi Stasiun Hujan Perak. Grafik dari uji konsistensi Stasiun Hujan Perak dapat dilihat pada Gambar 5.1:



Gambar 5.1 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Perak

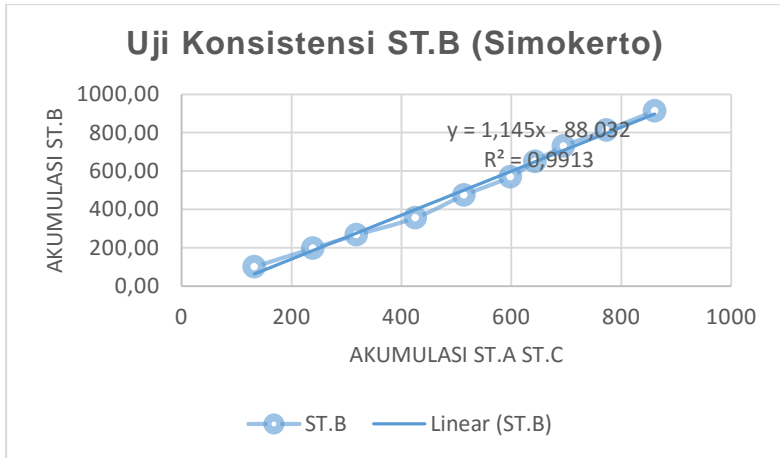
Dari grafik di halaman sebelumnya dapat disimpulkan bahwa data hujan stasiun Perak linier dengan dipertunjukkannya nilai regresi mendekati 1 atau 0,98.

Dengan cara yang sama untuk stasiun hujan Simokerto dibuat grafik dengan sumbu x merupakan akumulasi data tahun stasiun yang di uji konsistensinya dan sumbu y merupakan akumulasi data hujan rata-rata stasiun pembanding. Berikut adalah perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Simokerto yang dapat dilihat pada Tabel 5.4:

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Simokerto

Tahun	ST A	ST B	Akumulasi ST. B (mm)	ST C	Jumlah ST.A ST.C (mm)	Rata- rata ST.A ST.C (mm)	Akumulasi rata - rata ST.A ST.C (mm)
	(mm)	(mm)		(mm)			
2006	95	132	132	106	201	100,50	100,50
2007	89	107	239	104	193	96,50	197,00
2008	53	79	318	87	140	70,00	267,00
2009	92	107	425	86	178	89,00	356,00
2010	109	89	514	127	236	118,00	474,00
2011	110	84	598	81	191	95,50	569,50
2012	94	45	643	67	161	80,50	650,00
2013	61	52	695	99	160	80,00	730,00
2014	84	78	773	83	167	83,50	813,50
2015	140	88	861	61	201	100,50	914,00

Dari tabel uji konsistensi diatas dibuat grafik uji konsistensi Stasiun Hujan Simokerto dengan sumbu x merupakan akumulasi rata-rata Stasiun Hujan Perak dan Stasiun Hujan Gubeng, sedangkan sumbu Y merupakan akumulasi Stasiun Hujan Simokerto. Grafik dari uji konsistensi Stasiun Hujan Simokerto dapat dilihat pada Gambar 5.2:



Gambar 5.2 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Simokerto

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan Stasiun Simokerto linier dengan dipertunjukkannya nilai regresi mendekati 1 atau 0,99.

Dengan cara yang sama untuk stasiun hujan Gubeng dibuat grafik dengan sumbu x merupakan akumulasi data tahun stasiun yang di uji konsistensinya dan sumbu y merupakan akumulasi data hujan rata-rata stasiun pembanding. Berikut adalah perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Gubeng yang dapat dilihat pada Tabel 5.5:

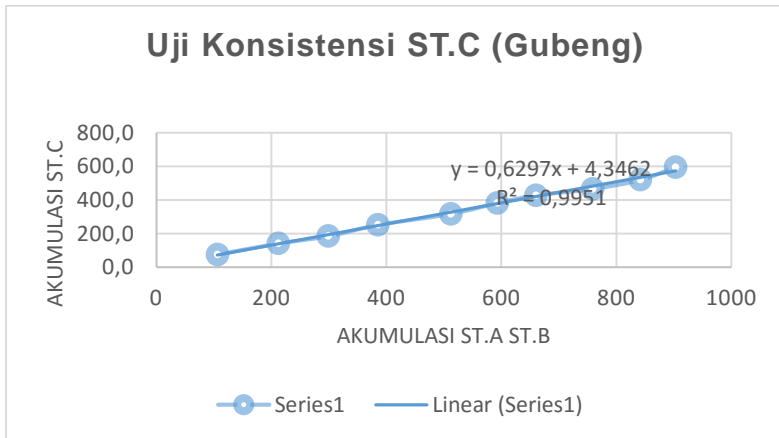
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Stasiun Hujan Gubeng

Tahun	ST A	ST B	ST C	Akumulasi ST.C (mm)	Jumlah ST.A ST.B (mm)	Rata-rata ST.A ST.B (mm)	Akumulasi rata - rata ST.A ST.B (mm)
	(mm)	(mm)	(mm)				
2006	95	132	106	106	227	75,67	75,67
2007	89	107	104	212	196	65,33	141,00
2008	53	79	87	299	132	44,00	185,00

Tabel 5.5 lanjutan

Tahun	ST A	ST B	ST C	Akumulasi ST.C (mm)	Jumlah ST.A ST.B (mm)	Rata-rata ST.A ST.B (mm)	Akumulasi rata - rata ST.A ST.B (mm)
	(mm)	(mm)	(mm)				
2009	92	107	86	385	199	66,33	251,33
2010	109	89	127	512	198	66,00	317,33
2011	110	84	81	593	194	64,67	382,00
2012	94	45	67	660	139	46,33	428,33
2013	61	52	99	759	113	37,67	466,00
2014	84	78	83	842	162	54,00	520,00
2015	140	88	61	903	228	76,00	596,00

Dari tabel uji konsistensi tersebut dibuat grafik uji konsistensi Stasiun Hujan Gubeng dengan sumbu x merupakan akumulasi rata-rata Stasiun Perak dan Stasiun Simokerto, sedangkan sumbu Y merupakan akumulasi Stasiun Hujan Gubeng. Grafik dari uji konsistensi Stasiun Hujan Gubeng dapat dilihat pada Gambar 5.3:



Gambar 5.3 Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Gubeng

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan Stasiun Gubeng linier dengan dipertunjukkannya nilai regresi mendekati 1 atau 0,99.

5.1.3 Perhitungan Uji Homogenitas

Uji ini dilakukan untuk menghindari adanya ketidak homogenan data, dimana jika terjadi hal tersebut mengakibatkan penyimpangan data hasil perhitungan. Langkah perhitungan dari uji homogenitas ini yaitu hasil perhitungan rata-rata pertahun di urutkan dari nilai yang paling besar sampai yang terkecil. Selanjutnya R dari tahun 2006 sampai tahun 2015 di cari rata-ratanya. Setelah diketahui rata-ratanya, masing-masing R di setiap tahunnya di kurangi rata-ratanya. Hasilnya kemudian di kuadratkan. Perhitungan dilakukan untuk mencari standar deviasi (δ).

Berikut adalah perhitungan untuk uji homogenitas masing-masing stasiun:

1. Stasiun Hujan Perak

- Menghitung R:

$$R = \left[\frac{\sum(R_i)}{n} \right] \dots\dots\dots(3.2)$$

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Stasiun Hujan Perak

Rangking	Data (Ri)	(Ri-R)	(Ri-R) ²
1	140	47,3	2237,29
2	110	17,3	299,29
3	109	16,3	265,69
4	95	2,3	5,29
5	94	1,3	1,69
6	92	-0,7	0,49
7	89	-3,7	13,69
8	84	-8,7	75,69

Tabel 5.6 lanjutan

Rangking	Data (R _i)	(R _i -R)	(R _i -R) ²
9	61	-31,7	1004,89
10	53	-39,7	1576,09
Jumlah	927		5480,1
(R)	92,7		

- Menghitung standar deviasi:

$$\sigma_R = \left[\frac{\sum(R_i - R)^2}{n - 1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$= \left[\frac{5480,1^2}{10 - 1} \right]^{1/2} = 24,67$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Reduced Mean* dan *Standard Deviation* di halaman 47, diperoleh nilai (σn = 0,9496 dan Yn = 0,4952):

$$1/a = \frac{\sigma R}{\sigma n} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$= \frac{24,67}{0,9496} = 25,98$$

$$\mu = R - \frac{1}{a} \cdot Yn \dots\dots\dots(3.5)$$

$$= 92,7 - (25,98 \cdot 0,4952) = 79,83$$

- Persamaan regresi:

$$\bar{R} = \mu + \frac{1}{a} \cdot Y$$

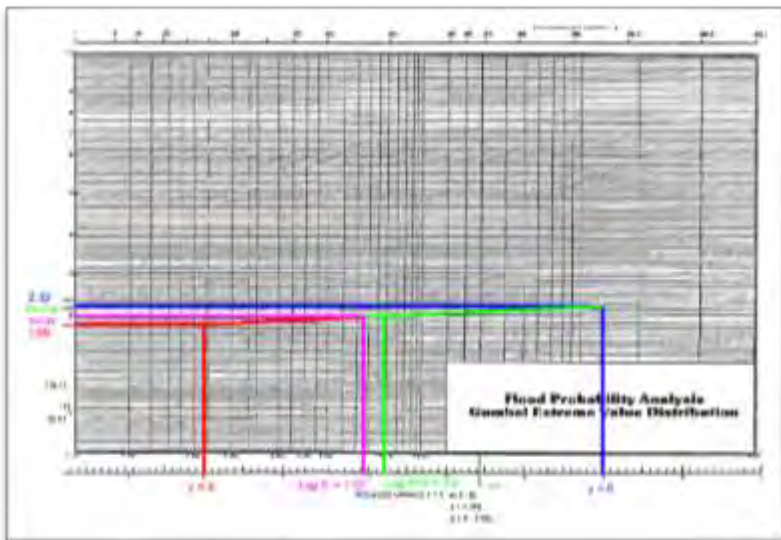
$$= 79,83 + 25,98 \cdot Y$$

Maka,

Jika $Y_1 = 0, R_1 = 79,83$: $\text{Log } R_1 = 1,90$

Jika $Y_2 = 5, R_2 = 209,76$: $\text{Log } R_2 = 2,32$

Untuk PUH 10 dari Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 47, diketahui nilai ($\text{Log } R_{10} = 2,22$). Selanjutnya, nilai R_1 dan R_2 diplot pada grafik *Gumbels probability* yang dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik *Gumbels Probability* Stasiun Hujan Perak

Dari grafik diatas diperoleh $\text{Log } R_{10} = 2,22$, $R_{10} = 166$, $Tr = 1,98$ Kemudian titik homogenitas dapat dari ordinat.

$$T_R = \frac{R_{10}}{R} \times Tr \dots\dots\dots(3.6)$$

$$= \frac{166}{92,7} \cdot 1,98 = 3,55$$

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Stasiun Hujan Simokerto

Rangking	Data (Ri)	(Ri-R)	(Ri-R) ²
1	132	45,9	2106,81
2	107	20,9	436,81
3	107	20,9	436,81
4	89	2,9	8,41
5	88	1,9	3,61
6	84	-2,1	4,41
7	79	-7,1	50,41
8	78	-8,1	65,61
9	52	-34,1	1162,81
10	45	-41,1	1689,21
Jumlah	861		5964,90
Rata2	86,1		

- Menghitung standar deviasi:

$$\sigma_R = \left[\frac{\sum(R_i - R)^2}{n - 1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$= \left[\frac{5964,90^2}{10 - 1} \right]^{1/2} = 25,74$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Reduced Mean* dan *Standard Deviation* di halaman 47, diperoleh nilai ($\sigma = 0,9496$ dan $Y_n = 0,4952$):

$$1/a = \frac{\sigma R}{\sigma n} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$= \frac{25,74}{0,9496} = 27,11$$

$$\mu = R - \frac{1}{a} \cdot Y_n \dots\dots\dots(3.5)$$

$$= 86,1 - (27,11 \cdot 0,4952) = 72,67$$

- Persamaan regresi:

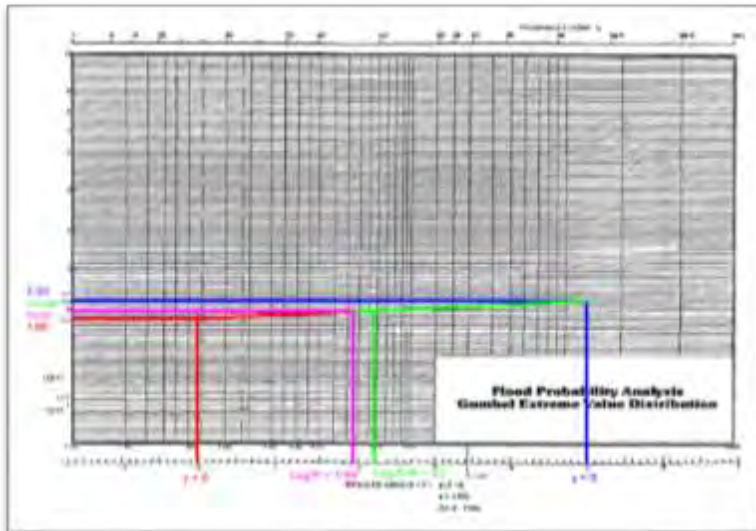
$$\begin{aligned} \bar{R} &= \mu + \frac{1}{a} \cdot Y \\ &= 72,67 + 27,11 \cdot Y \end{aligned}$$

Maka

Jika $Y_1 = 0$, $R_1 = 72,67$: $\text{Log } R_1 = 1,86$

Jika $Y_2 = 5$, $R_2 = 208,22$: $\text{Log } R_2 = 2,32$

Untuk PUH 10 dari Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 47, diketahui nilai ($\text{Log } R_{10} = 2,22$). Selanjutnya, nilai R_1 dan R_2 diplot pada grafik *Gumbels probability* yang dapat dilihat pada Gambar 5.6.



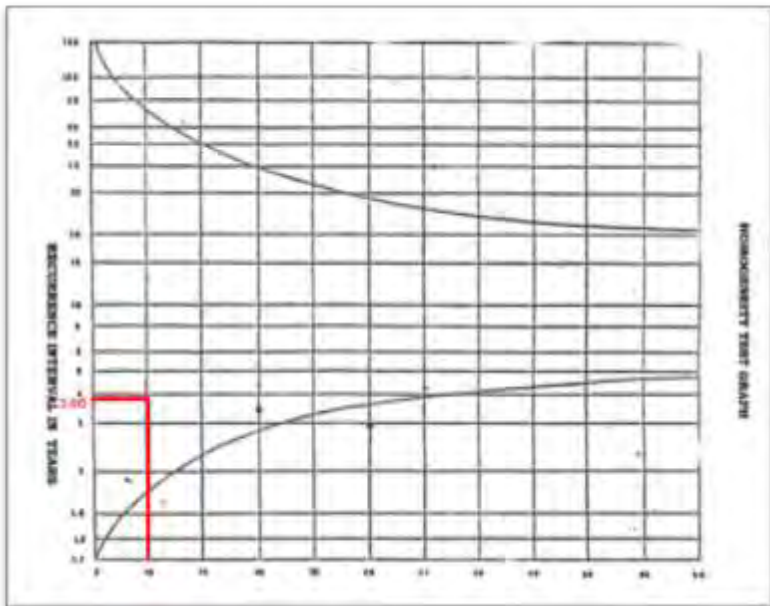
Gambar 5.6 Grafik *Gumbels Probability* Stasiun Hujan Simokerto

Dari grafik diatas diperoleh $\text{Log } R_{10} = 2,22$, $R_{10} = 166$, $T_r = 1,97$. Kemudian titik homogenitas dapat dari ordina.t

$$T_R = \frac{R_{10}}{R} xTr \dots\dots\dots(3.6)$$

$$= \frac{166}{86,1} .1,97 = 3,80$$

Sehingga titik homogenitas Stasiun Simokerto berada pada koordinat $(n, T_R) = (10; 3,80)$, dimana data berada pada range homogen yang dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Simokerto

Dari gambar diatas, maka dapat disimpulkan data hujan stasiun Simokerto yang digunakan homogen.

3. Stasiun Hujan Gubeng

- Menghitung R:

$$R = \left[\frac{\sum(R_i)}{n} \right] \dots\dots\dots(3.2)$$

Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Stasiun Hujan Gubeng

Ranking	Data (R _i)	(R _i -R)	(R _i -R) ²
1	127	36,9	1361,61
2	106	15,9	252,81
3	104	13,9	193,21
4	99	8,9	79,21
5	87	-3,1	9,61
6	86	-4,1	16,81
7	83	-7,1	50,41
8	81	-9,1	82,81
9	67	-23,1	533,61
10	61	-29,1	846,81
Jumlah	901		3426,90
(R)	90,1		

- Menghitung standar deviasi:

$$\sigma_R = \left[\frac{\sum(R_i - R)^2}{n - 1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$= \left[\frac{3426,90^2}{10 - 1} \right]^{1/2} = 10,01$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Reduced Mean* dan *Standard Deviation* di halaman 47, diperoleh nilai (σ_n = 0,9496 dan Y_n = 0,4952):

$$1/a = \frac{\sigma R}{\sigma n} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$= \frac{10,01}{0,9496} = 10,54$$

$$\mu = R - \frac{1}{a} \cdot Yn \dots\dots\dots(3.5)$$

$$= 90,1 - (10,54 \cdot 0.4952) = 84,88$$

• Persamaan regresi:

$$\bar{R} = \mu + \frac{1}{a} \cdot Y$$

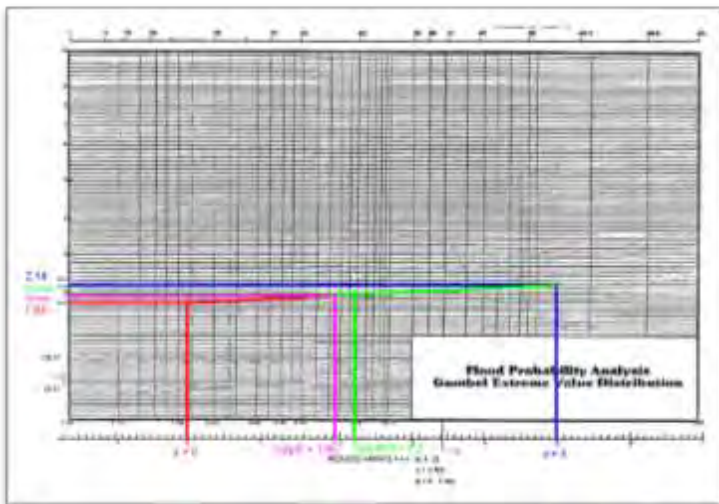
$$= 84,88 + 10,54 \cdot Y$$

Maka

Jika Y1 = 0, R1 = 84,88 : Log R1 = 1,93

Jika Y2 = 5, R2 = 137,57 : Log R5 = 2,14

Untuk PUH 10 dari Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 47, diketahui nilai (Log R10 = 2,22). Selanjutnya, nilai R1 dan R2 diplot pada grafik *Gumbels probability* yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.



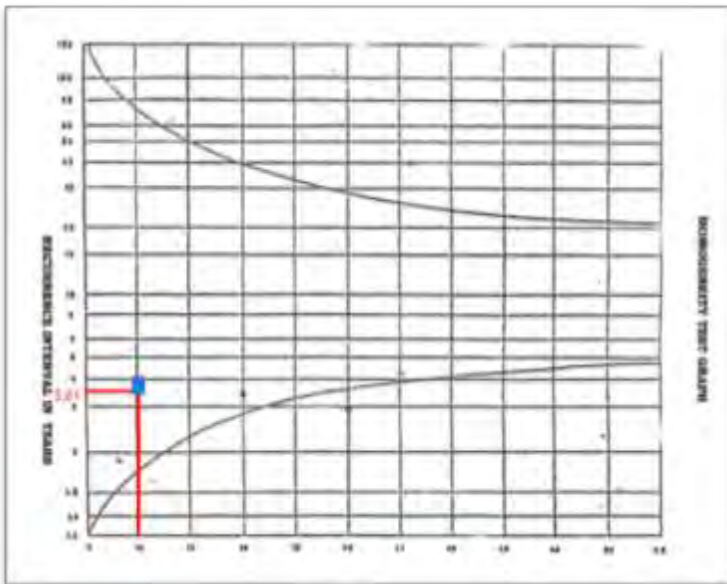
Gambar 5.8 Grafik *Gumbels Probability* Stasiun Hujan Gubeng

Dari grafik diatas diperoleh $\text{Log } R_{10} = 2,22$, $R_{10} = 166$, dan $T_r = 1,96$. Kemudian titik homogenitas dapat dari ordinat

$$T_R = \frac{R_{10}}{R} \times T_r \dots\dots\dots(3.6)$$

$$= \frac{166}{90,1} \cdot 1,96 = 3,61$$

Sehingga titik homogenitas Stasiun Gubeng berada pada koordinat $(n, T_R) = (10; 3,61)$, dimana data berada pada range homogen yang dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik Homogenitas Stasiun Hujan Gubeng

Dari gambar diatas, maka dapat disimpulkan data hujan stasiun

Gubeng yang digunakan homogen.

5.1.4 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata

Metode curah hujan yang digunakan adalah metode poligon thiessen. Metode ini dipilih karena titik pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, sehingga perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan untuk mengetahui luas area yang dilayani setiap stasiun hujan dengan proporsi luasan daerah yang lebih akurat. Setelah dilakukan langkah-langkah penerapan prosedur metode ini sesuai dengan penjelasan yang dijelaskan di tinjauan pustaka, diketahui luas area yang dilayani masing-masing stasiun hujan. Pada perencanaan ini luas area pelayanan yang ditentukan berjumlah 3 stasiun. Berikut adalah luas daerah pelayanan masing-masing stasiun curah hujan yang dapat dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5.9 Luas Area Pelayanan Ketiga Stasiun Hujan

No.	Kode	Nama Stasiun Hujan	Area Pelayanan (ha)
1	ST. A	Stasiun Hujan Perak	115,37
2	ST. B	Stasiun Hujan Simokerto	496,36
3	ST. C	Stasiun Hujan Gubeng	908,27
Luas Total			1520

Sumber: UPT PSAWS Buntung Peketingan, 2015

Berikut ini contoh perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode poligon thiessen:

Curah hujan peringkat 1:

A. Stasiun Perak (ST. A)

$$\text{Curah hujan peringkat 1 (R1)} = 140 \text{ mm}$$

$$\text{Luas area yang dilayani (A)} = 115,37 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} \text{R1 X A} &= 140 \text{ mm} \times 115,37 \text{ ha} \\ &= 16152 \end{aligned}$$

B. Stasiun Simokerto (ST. B)

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan peringkat 1(R2)} &= 132 \text{ mm} \\ \text{Luas area yang dilayani (B)} &= 496,36 \text{ ha} \\ \text{R2 X B} &= 132 \text{ mm} \times 496,36 \text{ Ha} \\ &= 65520 \end{aligned}$$

C. Stasiun Gubeng (ST. C)

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan peringkat 1(R3)} &= 127 \text{ mm} \\ \text{Luas area yang dilayani (C)} &= 908,27 \text{ ha} \\ \text{R3 X C} &= 127 \text{ mm} \times 908,27 \text{ ha} \\ &= 115350 \end{aligned}$$

Dari perhitungan curah hujan rata-rata pada masing-masing stasiun didapatkan curah hujan rata-rata pada wilayah studi, yaitu:

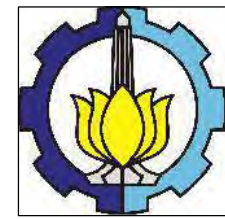
$$\begin{aligned} R &= \frac{A_1}{A} R_1 + \frac{A_2}{A} R_2 + \frac{A_3}{A} R_3 + \dots + \frac{A_n}{A} R_n \dots\dots(3.11) \\ &= \frac{R1xA + R2xB + R3xC}{A + B + C} \\ &= \frac{16152 + 65520 + 115350}{115,37 + 496,36 + 908,27} \\ &= 129,62 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan polygon thiessen yang terbentuk pada ketiga stasiun yang melayani wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Metode Poligon Thiessen

No.	Stasiun Hujan Perak			Stasiun Hujan Simokerto			Stasiun Hujan Gubeng			\bar{R}
	(ST. A)			(ST. B)			(ST. C)			
	R1 (mm)	Luas Pelayanan Stasiun (A)	R1 x A	R2 (mm)	Luas Pelayanan Stasiun (B)	R2 x B	R3 (mm)	Luas Pelayanan Stasiun (C)	R3 X C	mm
1	140	115,37	16152	132	496,36	65520	127	908,27	115350	129,62
2	110	115,37	12691	107	496,36	53111	106	908,27	96277	106,63
3	109	115,37	12575	107	496,36	53111	104	908,27	94460	105,36
4	95	115,37	10960	89	496,36	44176	99	908,27	89919	95,43
5	94	115,37	10845	88	496,36	43680	87	908,27	79019	87,86
6	92	115,37	10614	84	496,36	41694	86	908,27	78111	85,80
7	89	115,37	10268	79	496,36	39212	83	908,27	75386	82,15
8	84	115,37	9691	78	496,36	38716	81	908,27	73570	80,25
9	61	115,37	7038	52	496,36	25811	67	908,27	60854	61,65
10	53	115,37	6115	45	496,36	22336	61	908,27	55404	55,17
Total										889,91
Rata-rata										88,99

“Halaman ini sengaja di kosongkan”



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Stasiun Hujan Perak (ST. A)
- Stasiun Hujan Simokerto (ST. B)
- Stasiun Hujan Gubeng (ST. C)
- Daerah Pelayanan ST. A
- Daerah Pelayanan ST. B
- Daerah Pelayanan ST. C
- Wilayah Studi

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100028

DOSEN PEMBIMBING

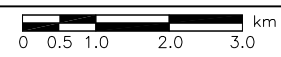
Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19820818 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POLYGON THIESSEN WILAYAH STUDI

MATA ANGIN	NO. GAMBAR	HALAM/
 UTARA	5.10	10

SKALA



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

5.1.5 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum

Dari data curah hujan daerah perencanaan, dilakukan analisis terhadap kecenderungan besarnya hujan harian maksimum (HHM) dalam satuan millimeter perhari. Tiga metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan harian maksimum yaitu:

1. Metode Gumbel

R dari rata-rata Aljabar yang dihitung deviasinya dapat dilihat pada Tabel 5.11

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel

Rangking	R _{thiessen}	R _{thiessen} - R	(R _{thiessen} - R) ²
1	129,62	40,63	1650,66
2	106,63	17,64	311,14
3	105,36	16,37	267,91
4	95,43	6,44	41,47
5	87,86	-1,13	1,28
6	85,80	-3,19	10,17
7	82,15	-6,84	46,81
8	80,25	-8,74	76,44
9	61,65	-27,34	747,74
10	55,17	-33,82	1144,01
Total	889,91		4297,63
Rata-rata (R10)	88,99		429,76

Berikut adalah contoh perhitungan curah hujan harian maksimum dengan metode Gumbel untuk PUH 5.

- Menghitung R:

$$R = \frac{\sum Ri}{n} \dots\dots\dots(3.15)$$

$$= \frac{889,21}{10} = 88,99 \text{ mm}$$

- Menghitung standar deviasi:

$$\sigma_R = \left[\frac{\sum(R_i - R)^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$= \left[\frac{4297,63^2}{10-1} \right]^{1/2} = 21,85$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel 3.1 *Standard Deviation and Reduced Mean* dan Tabel 3.2 *Reduced Variated* di halaman 47, diperoleh nilai:

$$\sigma_n = 0,9496$$

$$Y_n = 0,4952$$

$$Y_t = 1,4999$$

- Menghitung rentang keyakinan:

$$R_T = R + \frac{\sigma_R}{\sigma n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots(3.13)$$

$$= 88,99 + \frac{21,85}{0,9496} (1,4999 - 0,4952) = 112,11$$

Rentang keyakinan untuk harga Rk dapat dihitung:

$$Rk = \pm t(a). Se \dots\dots\dots(3.14)$$

Untuk $\alpha = 90\%$ maka $t(a)$ adalah 1,64

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{\tau_n} \dots\dots\dots(3.17)$$

$$= \frac{1,4999 - 0,4952}{0,9496} = 1,06$$

$$b = \sqrt{1 + 1,3k + 1,1 \cdot k^2} \dots\dots\dots(3.18)$$

$$= \sqrt{1 + 1,3(1,06) + 1,1(1,06)^2} = 1,90$$

$$S_e = \frac{b \cdot \sigma_R}{\sqrt{\sigma n}} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$= \frac{1,90 \cdot 21,85}{\sqrt{0,9496}} = 42,59$$

$$\begin{aligned} R_k &= \pm t(a). Se \\ &= \pm 1,64 \times 42,59 = 70,06 \end{aligned}$$

Dari perhitungan Rk tersebut diperoleh nilai HMM metode gumbel untuk PUH 5 adalah 112,11 ± 70,06 mm/24jam. Dalam ruang lingkup Tugas Akhir digunakan PUH 5 dan PUH 10. Hasil perhitungan hujan harian maksimum selengkapannya dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut:

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan HMM Metode Gumbel dan Rentang Keyakinan

PUH	Rentang Keyakinan					
	Yt	Rt	k	b	Se	Rk
T						±1,64x Se
5	1,4999	112,11	1,06	1,90	42,59	70,06
10	2,2502	129,38	1,85	2,68	60,00	98,71

PUH	HMM (mm/24 jam)		
	Rt ± Rk	Rt + Rk	Rt- Rk
5	112,11 ± 70,06	182,17	42,05
10	129,38 ± 98,71	228,08	30,67

2. Metode Log Person III

Pada metode ini, analisis curah hujan harian maksimum (HHM) didasarkan pada perubahan data yang ada ke dalam bentuk logaritma. Berikut menunjukkan data curah hujan rata-rata dalam bentuk logaritma sebelum penghitungan hujan harian maksimum (HHM) dengan Metode *Log Person III* yang dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Standar Deviasi Metode Log Person III

Rangking	Ri	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³
1	129,62	2,11	0,18	0,03083	0,00541358
2	106,63	2,03	0,09	0,00824	0,00074856
3	105,36	2,02	0,09	0,00733	0,00062700
4	95,43	1,98	0,04	0,00182	0,00007734
5	87,86	1,94	0,01	0,00004	0,00000030
6	85,80	1,93	0,00	0,00001	-0,00000005
7	82,15	1,91	-0,02	0,00051	-0,00001136
8	80,25	1,90	-0,03	0,00107	-0,00003480
9	61,65	1,79	-0,15	0,02166	-0,00318790
10	55,17	1,74	-0,20	0,03818	-0,00746008
Total	889,91	19,37		0,10969	-0,00382739
R (X)	88,99	1,94		0,01097	-0,00038274

Dari Tabel 5.13 tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai Standar Deviasi. Berikut ini merupakan rangkaian perhitungan analisis HHM metode Log Person III.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(3.19)$$

$$= \frac{19,37}{10} = 1,94$$

$$\sigma_x = \left[\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.20)$$

$$= \left[\frac{0,10969}{(10 - 1)} \right]^{1/2} = 0,01097$$

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (x_i - \bar{x})^3}{(N-1)(N-2)(\tau_x)^3} \dots\dots\dots(3.21)$$

$$= \frac{10(-0,00382739)}{(10-1)(10-2)(0,01097)^3} = -0,40$$

Untuk nilai K_x dapat dilihat pada Tabel 3.3 Nilai K_x distribusi metode log person III di halaman 50 dari nilai C_s yang ada dengan contoh perhitungan pada PUH 5.

$$X_t = \bar{X} + K_x \cdot \tau_x \dots\dots\dots(3.22)$$

$$= 1,94 + (0,855 \times 0,01097) = 2,03$$

$$R_T = \text{anti log} \cdot X_T \text{ atau } R_T = 10^{X_T} \dots\dots\dots(3.23)$$

$$R_{10} = \text{antilog } 2,03 = 107,52 \text{ mm/24 jam}$$

Perhitungan selengkapnya analisis HHM Metode Log Person III dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Log Person III

CS	PUH	kx	kx.σx	Xt	Rt(mm/24 jam)
-0,40	5	0,855	0,09	2,03	107,52
	10	1,231	0,14	2,07	118,30

3. Metode Iway Kadoya

Metode ini disebut juga dengan metode distribusi terbatas sepihak (*One Side Finite Distribution*). Prinsipnya adalah dengan merubah variabel (X) dari kurva kemungkinan kerapatan dari curah hujan harian maksimum ke log X atau merubah kurva distribusi yang *asimetris* menjadi kurva

distribusi normal. Berikut merupakan perhitungan standar deviasi Metode Iway Kadoya yang dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Standar Deviasi Metode Iway Kadoya

No	R rata-rata (Xi)	Xi	Xi + b	Log (Xi + b)	Log (Xi + b) ²
1	129,62	2,11	129,62	2,11	4,46
2	106,63	2,03	106,63	2,03	4,11
3	105,36	2,02	105,36	2,02	4,09
4	95,43	1,98	95,43	1,98	3,92
5	87,86	1,94	87,86	1,94	3,78
6	85,80	1,93	85,80	1,93	3,74
7	82,15	1,91	82,15	1,91	3,67
8	80,25	1,90	80,25	1,90	3,63
9	61,65	1,79	61,65	1,79	3,20
10	55,17	1,74	55,17	1,74	3,03
Jumlah			889,91	19,37	37,63
Rata-Rata				1,94	3,76

Berikut adalah contoh perhitungannya hujan harian maksimum metode iway kadoya pada PUH 5:

$$\log \cdot x_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \dots\dots\dots(3.28)$$

- Log Xr = $\Sigma \log Xi / n = 19,37/10 = 1,94$
- Xr = 86,51
- Xs = 129,62
- Xt = 55,17
- Xs.Xt = 129,62 x 55,17 = 7150,84
- Xs + Xt = 129,62 + 55,17 = 184,79

$$\begin{aligned}
X_s \cdot X_t - (X_r)^2 &= 7150,84 - (86,51)^2 = -333,69 \\
2X_r - (X_s + X_t) &= 2(66,74) - 5034,28 = -11,76 \\
bi &= \frac{X_s \cdot X_t - X_r^2}{2X_r - (X_s + X_t)} \dots\dots\dots(3.30) \\
&= \frac{7150,84 - (86,51)^2}{2(86,51) - (184,79)} \\
&= 28,37
\end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai bi. Berikut adalah perhitungan nilai bi selengkapnya yang dapat dilihat Tabel 5.16

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Nilai bi Metode Iway Kadoya

Xs	Xt	Xs . Xt	Xs + Xt	Xs . Xt - (Xr) ²	2 Xr - (Xs + Xt)	bi
129,62	55,17	7150,84	184,79	-333,69	-11,76	28,37
106,63	61,65	6573,35	168,28	-911,18	4,75	-191,83
Jumlah						-163,46

Dari hasil perhitungan diatas pada PUH 5 dan PUH 10 didapatkan:

PUH 5, nilai bi = 28,37

PUH 10, nilai bi = -191,83

Diketahui bahwa nilai bi pada PUH 10 bernilai negatif, maka nilai bi diganti nol (0) sesuai dengan persyaratan pada metode Iway Kadoya. Berikut adalah perhitungan HHM dengan metode Iway Kadoya dengan nilai bi telah diganti nol (0) yang dapat dilihat pada Tabel 5.17

Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Iway Kadoya

PUH	W (x) = 1/ PUH	ξ	(1/c)xξ	X0 + (1/c)xξ	antilog (X0 + (1/c)xξ)	HHM
5	0,20	0,5951	0,09	2,03	107,15	107,15
10	0,10	0,9062	0,14	2,08	119,83	119,83

Adapun perbandingan hasil perhitungan nilai curah hujan harian maksimum (HHM) dari ketiga metode yang di gunakan, yaitu metode Gumbel, metode Log Person III, dan metode Iway Kadoya dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut:

Tabel 5.18 Perbandingan Nilai Hujan Harian Maksimum

PUH	Gumbel				Log person III	Iway Kadoya	HHM Terpilih	Metode
	Rt	Rt ± Rk	Rt + Rk	Rt- Rk				
5	112,11	112,11 ± 70,06	182,17	42,05	107,52	107,15	112,11	Gumbel
10	129,38	129,38 ± 98,71	228,08	30,67	118,30	119,83	129,38	Gumbel

Pada Tabel 5.18 diketahui bahwa nilai HHM Log Person III dan Iway Kadoya terletak diantara nilai range $Rt \pm Rk$. Hal ini menunjukkan perbandingan nilai HHM ketiga metode tersebut tidak terlalu jauh. Untuk menentukan nilai HHM yang akan digunakan, dipilih yang memiliki nilai terbesar. Untuk PUH 5 tahun dan PUH 10 tahun dipilih metode Gumbel.

5.1.6 Perhitungan Uji Kecocokan Hujan Harian Maksimum

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi intensitas hujan, perlu dilakukan uji kecocokan hujan harian maksimum. Pada perhitungan sebelumnya, telah diketahui nilai hujan harian maksimum yang dipilih pada PUH 5 dan PUH 10 menggunakan Metode Gumbel. Penentuan uji kecocokan hujan harian maksimum pada Tugas Akhir ini menggunakan metode Chi-Kuadrat. Berikut adalah langkah perhitungannya.

- Jumlah sub kelompok:

$$\begin{aligned}
 n &= 10 \\
 G &= 1 + 1,322 \ln n \dots\dots\dots(3.39) \\
 &= 1 + 1,322 \ln 10 \\
 &= 4 \text{ kelompok}
 \end{aligned}$$

- Urutkan data pengamatan (dari yang terbesar ke yang terkecil). Berikut adalah data untuk perhitungan chi-kuadrat yang dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Data Perhitungan Uji Kecocokan Hujan Harian Maksimum

No.	R Thiessen	X _R	X _R ²	P
	X _T			
1	129,62	40,63	1650,66	0,1
2	106,63	17,64	311,14	0,2
3	105,36	16,37	267,91	0,3
4	95,43	6,44	41,47	0,4
5	87,86	-1,13	1,28	0,5
6	85,80	-3,19	10,17	0,5
7	82,15	-6,84	46,81	0,6
8	80,25	-8,74	76,44	0,7
9	61,65	-27,34	747,74	0,8
10	55,17	-33,82	1144,01	0,9
\bar{X}	88,99		4297,63	

- Urutkan Interval atau batasan sub kelompok:
Untuk menentukan interval atau batasan setiap sub kelompok digunakan persamaan garis lurus berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \dots\dots\dots(3.40)$$

$$= \frac{4297,63^{0,5}}{10} = 20,73$$

$$X_T = \bar{X} + K_T S \dots\dots\dots(3.41)$$

$$= 88,99 + K.20,73$$

Faktor frekuensi untuk distribusi curah hujan harian maksimum (K_T) di dapat dari nilai variabel reduksi gauss pada Tabel 3.4 di halaman 56. Berikut adalah perhitungan interval sub kelompok:

- Untuk P = 0,80, diketahui K_T = -0,84

$$X_T = 88,99 + (-0,84).20,73$$

$$= 71,58 \text{ mm}$$

- Untuk P = 0,50, diketahui K_T = 0

$$X_T = 88,99 + (0).20,73$$

$$= 88,99 \text{ mm}$$

- Untuk $P = 0,20$, diketahui $K_T = 0,84$
 $X_T = 88,99 + (0,25).20,73$
 $= 106,40 \text{ mm}$

- Setelah X_T di dapat, maka nilai X_T di posisikan sesuai dengan interval sub kelompok kemudian dilakukan pendataan O_i dan E_i . Hasil uji Chi-Kuadrat pada distribusi curah hujan harian maksimum metode Gumbel yang dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

No	Interval Kelompok	Jumlah Data (O_i)	E_i	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
1	$X < 71,58$	2	2,5	0,25	0,1
2	$71,58 < X < 88,99$	4	2,5	2,25	0,9
3	$88,99 < X < 106,40$	3	2,5	0,25	0,1
4	$X > 106,40$	1	2,5	2,25	0,9
Total		10	10	1	2,0

Dari table 5.20 diatas, diketahui dari persamaan distribusi di dapatkan $X_T = 2,0$ dengan derajat kebebasan:

$$\begin{aligned}
 dk &= G - (R-1) \dots\dots\dots(3.43) \\
 &= 4 - (1+1) \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai kritis untuk uji Chi-kuadrat pada Tabel 3.5 di halaman 57 diketahui bahwa apabila peluang $>5\%$, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima. Sehingga diketahui $\alpha = 0,05$ dengan $R = 1$, diperoleh $X^2 = 3,841$. Dari hasil perhitungan didapat $X^2 > X_T \rightarrow 3,841 > 2,0$. Sehingga curah hujan harian maksimum metode Gumbel dapat diterima.

5.1.7 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan

Setelah melakukan penentuan HHM dengan metode Gumbel selanjutnya dilakukan analisis intensitas hujan dapat dilakukan dengan 3 metode:

1. Metode Van Breen

Pada metode ini dilakukan pendekatan terhadap besar atau lamanya durasi hujan harian yang terpusat selama 4 jam dengan hujan efektif 90% mengacu pada hujan selama 24 jam. Berikut rumus yang digunakan untuk contoh perhitungan PUH 5 tahun, yaitu:

- PUH 5 tahun

Nilai HHM = 112,11 mm/24 jam (Metode Gumbel di Tabel 5.18 di halaman 116)

$$I = \frac{90\% \cdot R^{24}}{4} \dots\dots\dots(3.48)$$

$$= \frac{90\% ((112,11)^{24})}{4} = 25,23 \text{ mm/jam}$$

Nilai I yang diperoleh tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Hasil Perhitungan Nilai Intensitas Hujan Metode Van Breen

PUH	HHM	I (mm/jam)
5	112,11	25,23
10	129,38	29,11

Untuk mendapatkan intensitas hujan pada masing-masing durasi. Maka digunakan Tabel 5.22 mengenai intensitas hujan untuk Kota Jakarta yang digunakan sebagai acuan mengingat keterbatasan data pembanding untuk daerah pengamatan.

Tabel 5.22 Intensitas Hujan Kota Jakarta

Durasi (menit)	INTENSITAS HUJAN JAKARTA (mm/jam)				
	Periode Ulang Hujan (Tahun)				
	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber: *BUDP Drainage Design for Bandung, 1996*

Berikut adalah contoh perhitungan PUH 5 tahun untuk durasi 5 menit:

$$I = \frac{148}{27} (25,23)$$

$$= 138,27 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan dengan metode Van breen selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Van Breen

Durasi (menit)	Intensitas Hujan Surabaya	
	Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)	
	5	10
5	138,27	150,40
10	117,72	133,91
20	106,51	119,35
40	81,28	93,15
60	68,20	78,60
120	42,04	49,49
240	25,23	29,11

2. Metode Bell

Perkiraan pola distribusi intensitas hujan ini dilakukan apabila durasi hujan tidak ada, sehingga dalam mencari hubungan intensitas hujan pada setiap durasi digunakan perumusan secara empiris, dimana data curah hujan didasarkan pada rentang durasi per 60 menit. Berikut adalah pola hujan setiap jam menurut Tanimoto yang dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto di Pulau Jawa

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	26	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14
15	-	3	8	13
16	-	3	8	13
17	-	3	7	13
18	-	3	7	12
19	-	2	7	11
20	-	-	7	11
21	-	-	7	11

Tabel 5.24 lanjutan

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
22	-	-	6	11
23	-	-	4	10

Sumber: *BUDP Drainage Design for Bandung, 1996*

Dengan mengacu pada Tabel 5.24 diatas, maka pola distribusi curah hujan hanya diambil 2 jam pertama untuk curah hujan 170 mm karena menghasilkan curah hujan yang maksimum. Berikut perhitungan distribusi intensitas hujan untuk PUH 10 tahun dengan nilai HHM yang didapatkan dari hasil perhitungan sebelumnya yaitu 129,38 mm/24 jam (Metode Gumbel Tabel 5.18 di halaman 116):

- Perhitungan nilai HHM, sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Jam ke 1 HHM} &= \text{HHM } 10 \text{ tahun} \cdot \frac{87}{170} \\ &= 129,38 \cdot \frac{87}{170} = 66,21 \frac{\text{mm}}{24 \text{ jam}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jam ke 2 HHM} &= \text{HHM } 10 \text{ tahun} \cdot \frac{28}{170} \\ &= 129,38 \cdot \frac{28}{170} = 21,31 \frac{\text{mm}}{24 \text{ jam}} \end{aligned}$$

$$R_{60\text{menit } 10\text{tahun}} = \frac{66,21 + 21,31}{2} = 43,76 \text{ mm/24jam}$$

- Untuk PUH (T) 10 tahun; durasi (t) = 5 menit

$$\begin{aligned} R_T^t &= (0,21 \cdot \ln(T) + 0,52) \cdot (0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50) \cdot R_{10\text{-tahun}}^{60\text{-menit}} \dots\dots\dots(3.49) \\ &= (0,21 \times \ln 10 + 0,52) \cdot (0,54 \times 5^{0,25} - 0,5) \times R_{10\text{tahun}}^{60\text{menit}} \\ &\quad (\text{mm/24 jam}) \\ &= 13,50 \text{ mm/24 jam} \end{aligned}$$

$$I_t' = \frac{60}{t} \cdot R_T' \left(\frac{mm}{jam} \right) \dots\dots\dots(3.50)$$

$$I_{60\text{menit}}^{60\text{tahun}} = \frac{60}{5} \cdot 13,50 \text{ (mm/jam)} = 162,04 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan nilai R dengan metode tanimoto dan distribusi intensitas hujan selengkapnya masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26.

Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Metode Tanimoto

Perhitungan R Tanimoto		
Durasi (menit)	PUH (tahun)	
	5	10
5	11,54	13,50
10	17,28	20,21
20	24,10	28,19
40	32,21	37,68
60	37,65	44,04
120	48,33	56,53
240	61,03	71,38

Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Bell

Intensitas Hujan		
Durasi (menit)	PUH (tahun)	
	5	10
5	138,54	162,04
10	103,69	121,28
20	72,31	84,57
40	48,32	56,52
60	37,65	44,04
120	24,17	28,27
240	15,26	17,85

3. Metode Hasper Weduwen

Didalam metode ini penurunan rumus didasarkan pada kecenderungan curah hujan harian yang di kelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan memiliki distribusi simetris dengan durasi hujan (t) yang lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai dengan 24 jam. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Untuk durasi $0 \leq t < 1$ jam

$$R_i = X_T \cdot \left(\frac{1218 \cdot t + 54}{X_T(1-t) + 1272 \cdot t} \right) \dots\dots\dots(3.51)$$

$$R = \left(\frac{Ri}{100} \right) \sqrt{\frac{11300 \cdot t}{t+3,12}} \dots\dots\dots(3.52)$$

- Untuk durasi $1 \leq t \leq 24$ jam

$$R_i = X_T \cdot \left(\frac{1218 \cdot t + 54}{X_T(1-t) + 1272 \cdot t} \right) \dots\dots\dots(3.53)$$

$$R = \sqrt{\frac{11300 \cdot t}{t+3,12}} \left(\frac{Xt}{100} \right) \dots\dots\dots(3.54)$$

- $I = \frac{R}{t} \dots\dots\dots(3.55)$

Berikut adalah contoh perhitungan untuk PUH 5 tahun durasi 5 menit:

- Untuk durasi $0 \leq t < 1$ jam
- Untuk PUH (T) = 5 tahun ; durasi (t) = 5 menit = 0,083 jam
- Nilai HHM terpilih (Xt) = 129,38 mm/24 jam (Metode Gumbel di halaman 118)
- $Ri = 129,38 \left(\frac{1218 (0,083)+54}{129,38 (1-0,083)+1272 \cdot (0,083)} \right)$
 $= 83,51$ mm

- $R = \left(\frac{83,51}{100} \right) \cdot \sqrt{\frac{11300 \cdot (0,083)}{0,083 + 3,12}} = 14,32 \text{ mm}$
- $I = \frac{14,32}{0,083} = 171,81 \text{ mm/jam}$

Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan menurut metode hasper Weduwen yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.27 hingga Tabel 5.29

Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Nilai Curah Hujan Metode Hasper Weduwen

Durasi		Perhitungan Ri	
		Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)	
(menit)	(jam)	5	10
5	0.083	83,51	89,57
10	0.167	94,34	103,97
20	0.333	103,40	116,64
40	0.667	109,66	125,73
60	1.000	112,11	129,38
120	2.000	114,79	133,42
240	4.000	116,22	135,60

Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Curah Hujan Distribusi Intensitas Hujan Metode Hasper Weduwen

Perhitungan R			
Durasi		Perhitungan R	
		Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)	
(menit)	(jam)	5	10
5	0.083	14,32	15,36
10	0.167	22,58	24,89
20	0.333	34,15	38,52
40	0.667	48,91	56,08
60	1.000	58,71	67,76
120	2.000	76,26	88,64
240	4.000	92,60	108,04

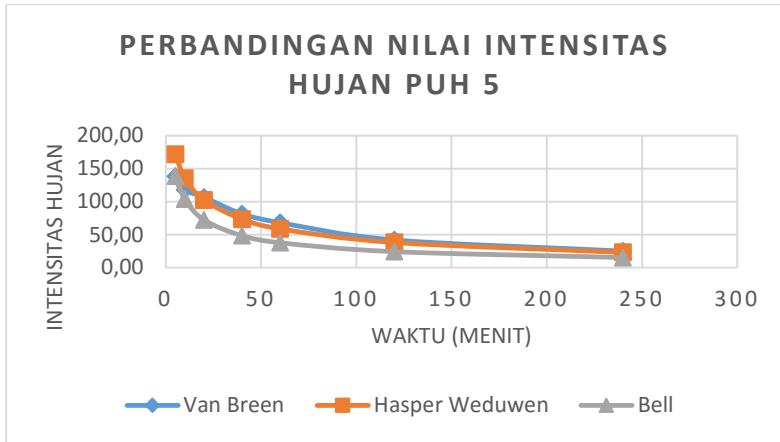
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Metode Hasper Weduwen

Intensitas Hujan			
Durasi	Durasi	Perhitungan Intensitas	
		Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)	
(menit)	(jam)	5	10
5	0,083	171,81	184,30
10	0,167	135,49	149,32
20	0,333	102,45	115,56
40	0,667	73,37	84,12
60	1,000	58,71	67,76
120	2,000	38,13	44,32
240	4,000	23,15	27,01

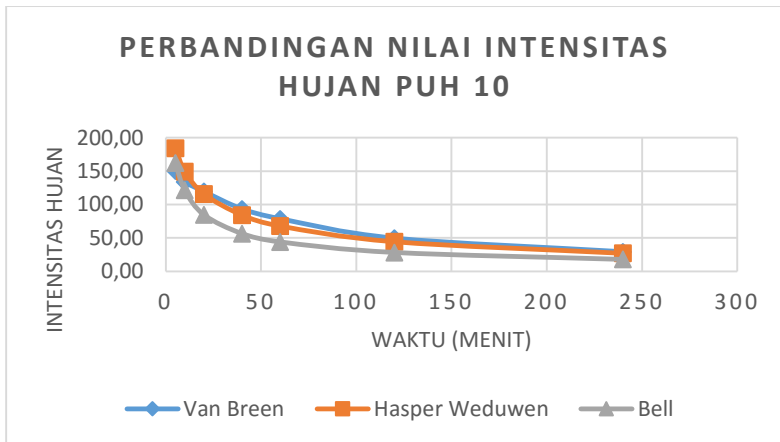
Berikut adalah hasil dan grafik perbandingan perhitungan nilai distribusi intensitas hujan dari ketiga metode yang digunakan, yaitu metode van breen, bell dan hasper weduwen masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.30 dan Gambar 5.11 dan 5.12

Tabel 5.30 Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan

Waktu	Durasi	Metode Perhitungan Intensitas hujan					
		Van Breen		Hasper Weduwen		Bell	
(menit)	(jam)	5	10	5	10	5	10
5	0,083	138,27	150,40	171,81	184,30	138,54	162,04
10	0,167	117,72	133,91	135,49	149,32	103,69	121,28
20	0,333	106,51	119,35	102,45	115,56	72,31	84,57
40	0,667	81,28	93,15	73,37	84,12	48,32	56,52
60	1,000	68,20	78,60	58,71	67,76	37,65	44,04
120	2,000	42,04	49,49	38,13	44,32	24,17	28,27
240	4,000	25,23	29,11	23,15	27,01	15,26	17,85



Gambar 5.11 Grafik Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan Untuk PUH 5



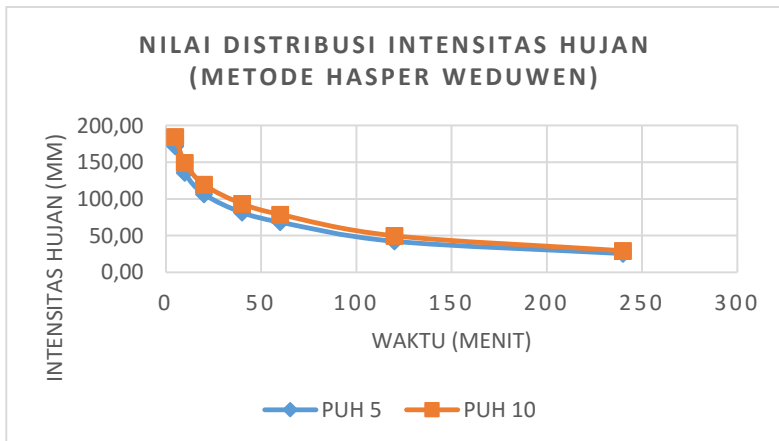
Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan Untuk PUH 10

Berdasarkan Tabel 5.30, maka nilai distribusi intensita hujan yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah nilai distribusi intensitas hujan yang memiliki nilai terbesar untuk setiap PUH dan

waktu yaitu Metode Hasper Weduwen. Pemilihan tersebut didasarkan pada metode yang memiliki rata-rata intensitas hujan yang lebih besar untuk semua durasi di bandingkan dengan metode yang lain. Nilai distribusi dan grafik ntensitas hujan yang dipilih masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.31 dan Gambar 5.13.

Tabel 5.31 Nilai Distribusi Intensitas Hujan Terpilih

Waktu (menit)	Nilai Distribusi Intensitas Hujan (Metode Hasper Weduwen)	
	5	10
5	171,81	184,30
10	135,49	149,32
20	106,51	119,35
40	81,28	93,15
60	68,20	78,60
120	42,04	49,49
240	25,23	29,11



Gambar 5.13 Grafik Nilai Distribusi Intensitas Hujan Terpilih

5.1.8 Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan

Dalam perhitungan ini untuk memilih rumus digunakan 3 metode yaitu metode Talbot, metode Ishiguro, metode Sherman yang mana telah di jelaskan pada tinjauan pustaka. Dari metode ini dapat diketahui bahwa ketiga metode yang dipakai akan dapat menghasilkan selisih terkecil terhadap intensitas data yang dipakai pada perencanaan. Pada perencanaan ini dipakai periode ulang hujan (PUH) 5 tahun dan 10 tahun. Data tersebut kemudian diolah, selanjutnya di tentukan rumus intensitas hujan untuk masing-masing metode (Talbot, Ishiguro, dan Sherman) kemudian ditentukan selisih I. berikut perhitungan pemilihan rumus intensitas hujan:

1. Metode Talbot

Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta “a” dan “b”. Kedua nilai konstanta tersebut tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan metode Talbot. Adapun rumus dan perhitungan untuk konstanta “a” dan “b” pada contoh perhitungan PUH 5 tahun sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{tc + b} \dots\dots\dots(3.56)$$

$$\begin{aligned} \bullet a &= \frac{(\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2.t)(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.57) \\ &= \frac{(22786,36)(72881,15) - (1466196,14)(630,55)}{7 \cdot (72881,15) - (630,55)^2} \\ &= 6539,76 \end{aligned}$$

$$\bullet b = \frac{(\sum I)(\sum I.t) - N(\sum I^2.t)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.58)$$

$$= \frac{(630,55).(22786,36) - 7(1466196,14)}{7(72881,15) - (630,55)^2}$$

$$= 36,46$$

$$\bullet l = \frac{a}{tc+b} = \frac{6539,76}{tc+36,46}$$

2. Metode Sherman

Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta “a” dan “n”. Kedua nilai konstanta tersebut diperoleh dari hasil logaritmanya, yang kemudian diperoleh nilai antilognya. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan nilai intensitas hujan metode Sherman. Adapun rumus dan perhitungan untuk konstanta “a” dan “b” adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots(3.59)$$

$$a = \frac{(\sum \log I)(\sum \log^2 t) - (\sum \log t.\log I)(\sum \log t)}{N(\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2} \dots\dots(3.60)$$

$$= \frac{(13,16)(19,41) - (19,37)(10,84)}{7(19,41) - (10,84)^2}$$

$$= 303,26$$

$$n = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t) - N(\sum \log t.\log I)}{N \sum (\log^2 t) - (\sum \log t)^2} \dots\dots(3.61)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(13,16)(10,84) - 7(19,37)}{7(19,41) - (10,84)^2} \\
&= 0,39 \\
I &= \frac{a}{tc^n} = \frac{303,26}{tc^{0,39}}
\end{aligned}$$

3. Metode Ishiguro

Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta “a” dan “b”. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan nilai intensitas hujan metode Ishiguro. Adapun rumus dan hasil perhitungan konstanta “a” dan “b” adalah sebagai berikut.:

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots(3.62)$$

$$a = \frac{(\sum I \cdot \sqrt{t})(\sum I^2) - (\sum I^2 \sqrt{t})(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.63)$$

$$= \frac{(3182,62)(72881,15) - (281819,20)(630,55)}{7(72881,15) - (630,55)^2}$$

$$= 481,93$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I \cdot \sqrt{t}) - N(\sum I^2 \sqrt{t})}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots(3.64)$$

$$= \frac{(630,55)(3181,62) - 7(281819,20)}{7(72881,15) - (630,55)^2}$$

$$= 0,30$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} = \frac{481,93}{0,30}$$

Berikut adalah hasil perhitungan konstanta a dan b atau n dari ketiga metode untuk PUH 5 dan PUH 10 yang dapat dilihat pada Tabel 5.32

Tabel 5.32 Hasil Perhitungan Konstanta a dan b atau n Perbandingan Metode Lengkung Intensitas Hujan

Metode	PUH	a	b atau n
Talbot	5	6539,76	36,46
	10	7851,18	40,93
Sherman	5	303,26	0,39
	10	444,47	0,46
Ishiguro	5	481,93	0,30
	10	570,13	0,54

Berikut ini Tabel 5.33 dan Tabel 5.34 merupakan hasil perhitungan lengkung intensitas hujan selengkapnya untuk PUH 5 dan PUH 10.

Tabel 5.33 Hasil Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun

Perhitungan lengkung Intensitas Hujan PUH 5 tahun												
t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I ²	I ² x t	Log I	Log t	Log I x Log t	log ² I	log ² t	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
5	171,81	859,04	29517,94	147589,69	2,24	0,70	1,56	5,00	1,00	2,24	384,17	66004,11
10	135,49	1354,92	18358,04	183580,40	2,13	1,00	2,13	4,55	1,00	3,16	428,46	58053,22
20	106,51	2130,11	11343,45	226869,05	2,03	1,30	2,64	4,11	1,69	4,47	476,31	50729,46
40	81,28	3251,22	6606,54	264261,59	1,91	1,60	3,06	3,65	2,57	6,32	514,06	41783,43
60	68,20	4092,06	4651,37	279082,45	1,83	1,78	3,26	3,36	3,16	7,75	528,28	36029,39
120	42,04	5045,00	1767,50	212100,56	1,62	2,08	3,38	2,64	4,32	10,95	460,54	19362,04
240	25,23	6054,01	636,30	152712,41	1,40	2,38	3,34	1,97	5,67	15,49	390,78	9857,54
Jumlah	630,55	22786,36	72881,15	1466196,14	13,16	10,84	19,37	25,26	19,41	50,39	3182,62	281819,20

Tabel 5.34 Hasil Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun

Perhitungan lengkung Intensitas Hujan PUH 10 tahun												
t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I ²	I ² x t	Log I	Log t	Log I x Log t	log ² I	log ² t	t ^{0,5}	I x t ^{0,5}	I ² x t ^{0,5}
5	184,30	921,48	33964,89	169824,45	2,27	0,70	1,58	5,13	0,49	2,24	412,10	75947,80
10	149,32	1493,24	22297,66	222976,58	2,17	1,00	2,17	4,73	1,00	3,16	472,20	70511,38
20	119,35	2387,01	14244,50	284890,00	2,08	1,30	2,70	4,31	1,69	4,47	533,75	63703,34
40	93,15	3726,06	8677,20	347087,88	1,97	1,60	3,15	3,88	2,57	6,32	589,14	54879,41
60	78,60	4715,79	6177,42	370645,11	1,90	1,78	3,37	3,59	3,16	7,75	608,81	47850,08
120	49,49	5938,41	2448,94	293872,26	1,69	2,08	3,52	2,87	4,32	10,95	542,10	26826,74
240	29,11	6986,36	847,38	203371,80	1,46	2,38	3,48	2,14	5,67	15,49	450,97	13127,59
Jumlah	703,31	26168,34	88658	1892668,08	13,54	10,84	20	26,66	18,90	50,39	3609,07	352846,36

Berikut adalah perbandingan rumus lengkung intensitas hujan dari ketiga metode untuk PUH 5 dan PUH 10 yang dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35 Perbandingan Rumus Lengkung Intensitas Lengkung PUH 5 dan PUH 10

Metode	Intensitas	PUH	
		5	10
TALBOT	$\frac{a}{t + b}$	$\frac{6539,76}{t + 36,46}$	$\frac{7851,18}{t + 40,93}$
SHERMAN	$\frac{a}{t^n}$	$\frac{303,26}{t^{0,39}}$	$\frac{444,47}{t^{0,46}}$
ISHIGURO	$\frac{a}{\sqrt{t + b}}$	$\frac{481,93}{t^{0,5 + 0,30}}$	$\frac{570,13}{t^{0,5 + 0,54}}$

Setelah didapatkan semua rumus intensitas, dilakukan perbandingan diantara ketiga metode melalui selisih intensitas hujan. Berikut adalah perhitungan selisih intensitas hujan dari ketiga metode untuk PUH 5 dan PUH 10 yang dapat dilihat pada Tabel 3.36 dan Tabel 3.37

Tabel 5.36 Perbandingan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun

PUH 5 tahun							
Durasi (menit)	I (mm/jam)	I Talbot	I - I Talbot	I Ishiguro	I - I Ishiguro	I Sherman	I - I Sherman
5	172	157,72	14,08	189,83	18,02	162,33	9,48
10	135	140,75	5,26	139,08	3,59	124,02	11,47
20	107	115,82	9,32	100,93	5,58	94,76	11,75
40	81	85,53	4,25	72,72	8,56	72,40	8,88
60	68	67,80	0,41	59,88	8,32	61,85	6,35
120	42	41,80	0,24	42,81	0,77	47,26	5,21
240	25	23,66	1,57	30,51	5,29	36,10	10,88
Rata-rata			5,02		7,16		9,15

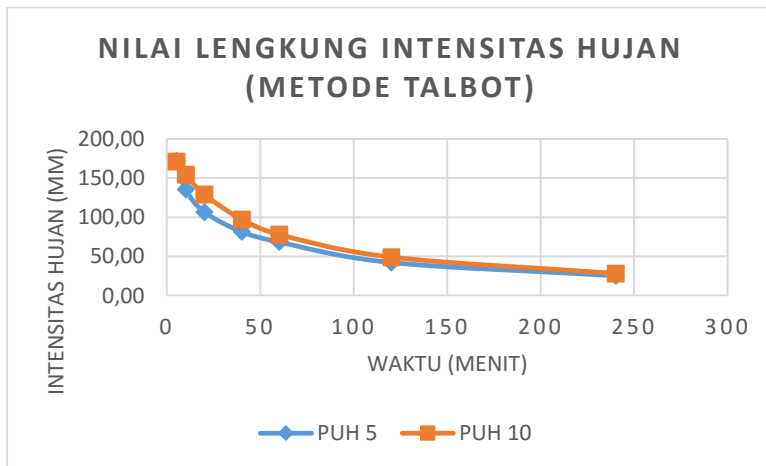
Tabel 5.37 Perbandingan Nilai Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun

PUH 10 tahun							
Durasi (menit)	I (mm/jam)	I Talbot	I - I Talbot	I Ishiguro	I - I Ishiguro	I Sherman	I - I Sherman
5	184	170,92	13,37	205,16	20,86	211,70	27,41
10	149	154,14	4,82	153,87	4,55	153,82	4,49
20	119	128,85	9,50	113,68	5,67	111,76	7,59
40	93	97,01	3,85	83,02	10,13	81,20	11,95
60	79	77,78	0,81	68,78	9,81	67,36	11,24
120	49	48,78	0,70	49,59	0,10	48,94	0,55
240	29	27,95	1,16	35,56	6,45	35,56	6,45
Rata-rata			4,89		8,22		9,95

Dari Tabel 5.34 hingga Tabel 5.35 diketahui bahwa nilai delta Intensitas terkecil untuk masing PUH 5 dan PUH 10 adalah intensitas lengkung Talbot. Berikut adalah nilai dan grafik lengkung intensitas hujan terpilih yang masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.38 dan Gambar 5.14.

Tabel 5.38 Nilai Lengkung Intensitas Hujan Terpilih

Durasi (menit)	Nilai Lengkung Intensitas Hujan (Metode Talbot)	
	PUH	
	5	10
5	157,72	170,92
10	140,75	154,14
20	115,82	128,85
40	85,53	97,01
60	67,80	77,78
120	41,80	48,78
240	23,66	27,95



Gambar 5.14 Grafik Nilai Lengkung Intensitas Hujan Terpilih

5.2 Perhitungan Debit Limpasan Hujan

Penentuan besarnya debit limpasan hujan tergantung pada besarnya intensitas hujan yang terjadi, luas area dan fungsi tata guna lahan yang memberikan pengaruh pada nilai koefisien pengaliran air hujan (*run off*) yang ditunjukkan dengan nilai *C*. besarnya nilai *C* dapat diambil dari pola pengaliran terhadap bentuk-bentuk peruntukkan lahan, sedangkan untuk tiap beban yang lebih dari satu saluran dilakukan perhitungan koefisien pengaliran gabungan (*C_r* gabungan). Penentuan arah aliran permukaan direncanakan sesuai dengan keadaan topografi.

5.2.1 Perhitungan Luas Daerah Pelayanan

Dalam menentukan luas daerah pelayanan atau *catchment area* di saluran primer Kali Greges dilakukan dengan peta topografi wilayah studi, peta sistem drainase wilayah studi, dan peta *catchment area* eksisting wilayah studi. Berdasarkan elevasi permukaan tanah tersebut dilakukan pembagian blok untuk setiap segmen disaluran primer. Pada evaluasi kali ini pada saluran primer Kali Greges pembagian saluran menjadi 10 segmen yang mana masing-masing segmen melayani satu blok. Pembagian segmen atau blok tersebut didasarkan pada arah aliran pada saluran, kontur wilayah studi, peta eksisting *catchment area* dari dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya serta titik pertemuan antara saluran primer dan sekunder. Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah pelayanan wilayah studi dengan tujuan mengetahui debit limpasan yang mampu ditampung saluran primer Kali Greges. Setelah dilakukan pengamatan dengan mempertimbangkan kontur di wilayah studi, berikut dapat diketahui luas masing-masing blok pelayanan yang ditunjukkan pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Luas Daerah Pelayanan Saluran Primer Kali Greges

Blok	Kode Primer	Luas Daerah (ha) ⁽¹⁾	Panjang (m) ⁽¹⁾
1	A-B	300,01	457
2	B-C	143,12	366
3	C-D	98,17	406
4	D-E	120,64	324
5	E-F	29,53	226
6	F-G	97,65	335
7	G-H	102,93	312
8	H-I	143,76	616
9	I-J	87,37	423
10	J-K	327,44	210
11	K-L	68,89	553
Total		1520	4228

Sumber: ⁽¹⁾ Dinas Bina Marga dan Pematusan dalam SDMP 2018

Keterangan:

- Blok 1 (A-B), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Surabayan (saluran Ab'-Ab), saluran sekunder Kali Tempel Sukorejo (saluran Aa'-Aa), saluran sekunder Kali Kedung Anyar Wetan (A3-A2, A2-A1, A1-A), 3 saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges.
- Blok 2 (B-C), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Kedung Anyar (saluran B1-B) dan 2 saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges.
- Blok 3 (C- D), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang

melayani saluran sekunder Kali Genie Pelajar (saluran C1-C) dan 2 saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges.

- Blok 4 (D-E), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Petemon V (Saluran D1-D) yang tidak dilayani Rumah Pompa Tidar karena tidak di operasikan lagi dan 2 saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges.
- Blok 5 (E-F), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Petemon Sidomulyo (saluran E1-E) dan 3 saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges.
- Blok 6 (F-G), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Pacuan Kuda (saluran F1-F) dan 1 saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges
- Blok 7 (G-H), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Simo (Saluran G1-G) dan beberapa saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges.
- Blok 8 (H-I), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Asem Bagus (saluran H1-H) dan 6 saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges
- Blok 9 (I-J), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Pasar Loak (saluran I1-I) dan 1 saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges.

- Blok 10 (J-K), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Tembok Gede (saluran Jb'-Jb), saluran sekunder Kali Semarang (saluran Ja'-Ja), saluran sekunder Kali Margo Rukun (saluran Jc-J2), saluran sekunder Kali Demak Timur (saluran J'-J1), saluran sekunder Kali Dupak (J3-J) melalui pemompaan pada Rumah Pompa Dupak Bandarejo.
- Blok XI (K-L), terdiri dari Saluran Primer Kali Greges yang melayani saluran sekunder Kali Rembang (saluran K1-K) dan beberapa saluran tersier yang secara langsung menuju saluran primer Kali Greges hingga rumah pompa Greges ke boezem morokrengan selatan.

Blok pelayanan wilayah studi dapat dilihat pada Lampiran 1 Peta Blok Pelayanan Sistem Pematusan Greges.

5.2.2 Perhitungan Koefisien Aliran (C)

Koefisien aliran rata-rata (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan besarnya air aliran terhadap besarnya curah hujan. Permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air menentukan besaran nilai C. Besarnya nilai Koefisien aliran yang digunakan berdasarkan fungsi lahan pada daerah studi. Tata guna lahan pada daerah studi terdapat 4 jenis fungsi lahan yaitu: perumahan, perdagangan dan jasa industri, serta fasilitas umum. Pada setiap jenis fungsi lahan yang ada dikelompokkan menjadi beberapa tipe dengan memperhatikan kondisi eksisting yang ada.

1. Pemukiman

Pemukiman pada wilayah studi terdapat pemukiman padat. Dari kondisi eksisting tersebut maka fungsi lahan pemukiman pada wilayah studi, yaitu

- Tipe : Pemukiman kopel berdekatan

Berikut adalah gambaran lahan untuk perumahan kopel

berdekatan yang dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Pemukiman Kopel Berdekatan
Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Petemon Kali, 2016

Berikut nilai C pemukiman kopel berdekatan dari Tabel 3.10 di halaman 70, didapatkan:

a. Perumahan Kopel Berdekatan

- Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,75 (Asdak, 2006)

2. Perdagangan dan Jasa

Perdagangan dan jasa pada wilayah studi berlokasi pada daerah pusat kota. Dari kondisi eksisting fungsi lahan perdagangan dan jasa daerah pusat kota yaitu

- Tipe : Perdagangan dan Jasa Daerah Pusat Kota

Berikut adalah gambaran fungsi lahan untuk perdagangan dan jasa tipe daerah pusat kota dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Perdagangan dan Jasa Daerah Sekitar Kota
Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Tegalsari, 2016

Berikut nilai C perdagangan dan jasa tipe 1 dan tipe 2 masing-masing yaitu daerah perdagangan sekitar kota dan daerah pusat kota dari Tabel 3.10 di halaman 68, didapatkan:

a. Perdagangan dan Jasa (Daerah Pusat Kota)

- Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,95 (Asdak, 2006)

3. Industri

Industri pada wilayah studi terdiri dari beberapa jenis. Dari kondisi eksisting fungsi lahan industri pada wilayah studi dibagi menjadi 2 tipe yaitu

- Tipe 1 : industri di daerah kurang padat industri
- Tipe 2 : industri di daerah padat industri

Berikut adalah gambaran fungsi lahan untuk industri tipe 1 dan tipe 2 yang masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.



Gambar 5.17 Industri Daerah Kurang Padat Industri
Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Bubutan, 2016



Gambar 5.18 Industri Daerah Padat Industri
Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Dupak, 2016

Berikut nilai C industri tipe 1 dan tipe masing-masing yaitu industri di daerah kurang padat industri dan industri daerah padat industri dari Tabel 3.10 di halaman 68, didapatkan:

- a. Industri Tipe 1 (Daerah Kurang Padat Industri)
 - Nilai koefesien aliran rata-rata (C) = 0,80 (Asdak, 2006)
- b. Industri Tipe 2 (Daerah Padat Industri)
 - Nilai koefesien aliran rata-rata (C) = 0,90 (Asdak, 2006)

4. Fasilitas umum

Fasilitas umum pada wilayah studi terdiri dari beberapa jenis, yaitu :

- Tipe 1 : Jalan Raya
 - 1a : Beraspal
 - 1b : Paving
 - 1c : Berbeton
- Tipe 2 : Tempat ibadah
- Tipe 3 : Gedung pendidikan
- Tipe 4 : Stasiun kereta api
- Tipe 5 : Ruang Terbuka Hijau (Taman/makam)
- Tipe 6 : Rumah sakit/puskesmas

Berikut adalah fungsi lahan masing-masing fasilitas umum yang dapat dilihat pada Gambar 5.19 sampai dengan Gambar 5.26.



Gambar 5.19 Jalan Beraspal

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Tidar, 2016



Gambar 5.20 Jalan Berpaving

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Petemon III, 2016



Gambar 5.21 Jalan Berbeton

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Dupak, 2016



Gambar 5.22 Tempat Ibadah

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Banyu Urip, 2016



Gambar 5.23 Gedung Pendidikan

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Petemon II, 2016



Gambar 5.24 Stasiun Kereta Api

Sumberr: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Semarang, 2016



Gambar 5.25 Ruang Terbuka Hijau

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Margo Rukun, 2016



Gambar 5.26 Rumah Sakit

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Dupak, 2016

Berikut adalah nilai C masing-masing fasilitas umum yang didapat dari nilai koefisien aliran rata-rata dari Tabel 3.10 di halaman 68, yaitu: (Asdak, 2006)

- a. Fasilitas Umum Tipe 1a (Jalan Beraspal)
 - Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,95
- b. Fasilitas Umum Tipe 1b (Jalan Berpaving)
 - Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,85
- c. Fasilitas Umum Tipe 1c (Jalan Berbeton)
 - Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,95
- d. Fasilitas Umum Tipe 2 (Tempat Ibadah)
 - Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,90
- e. Fasilitas Umum Tipe 3 (Gedung Pendidikan)
 - Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,80
- f. Fasilitas Umum Tipe 4 (Stasiun Kereta Api)
 - Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,40
- g. Fasilitas Umum Tipe 5 (RTH)
 - Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,20
- h. Fasilitas Umum Tipe 6 (Rumah Sakit/Puskesmas)
 - Nilai koefisien aliran rata-rata (C) = 0,80

Berikut adalah contoh perhitungan nilai koefisien aliran rata-rata pada blok pelayanan A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayan:
Segmen A2' – A2 saluran sekunder Kali Surabayan

- Luas DAS = 79,19 ha ^(a)
- Panjang = 616 m ^(a)
- Pemukiman:
 - Persentase fungsi lahan = 70 % ^(a)
 - Luas lahan (A1) = 70 % x 79,19 ha = 55,43 ha
 - Nilai C1 = 0,75 ^(b)
- Perdagangan dan Jasa:
 - Persentase fungsi lahan = 12 % ^(a)
 - Luas lahan (A2) = 12 % x 79,19 ha = 9,50 ha
 - Nilai C2 = 0,95 ^(b)

- Jalan Beraspal:
 Persentase fungsi lahan = 10 % ^(a)
 Luas lahan (A3) = 10 % x 79,19 ha = 7,92 ha
 Nilai C3 = 0,95 ^(b)
- Jalan Berpaving:
 Persentase fungsi lahan = 8 % ^(a)
 Luas lahan (A4) = 8 % x 79,19 ha = 6,33 ha
 Nilai C4 = 0,95 ^(b)

Sehingga,

$$C \text{ Rata-Rata} = \frac{(C1 \times A1) + (C2 \times A2) + (C3 \times A3) + \dots + (Cn \times An)}{(A1 + A2 + A3 + \dots + An)} \dots\dots\dots(3.37)$$

$$= \frac{[(0,75 \times 55,43) + (0,95 \times 9,50) + (0,95 \times 7,92) + (0,95 \times 6,33)]}{55,43 + 9,50 + 7,92 + 6,33}$$

$$= 0,81$$

Keterangan :

^(a) Dinas Bina Marga dan Pematusan dalam SDMP 2018

^(b) Tabel 3.10 halaman 68

Berikut adalah nilai koefesien aliran rata-rata pada segmen saluran selengkapnya dan tata guna lahan wilayah studi yang masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.40 dan Lampiran 2 Peta Tata Guna Lahan Sistem Pematusan Greges.

Tabel 5.40 Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Pengaliran Blok Pelayanan

A. Saluran Sekunder

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha)	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Surabayan										
1.	A2'-A2	616	79,19	Pemukiman	55,43	70%	0,75	41,57	0,81	0,81
				Perdagangan dan Jasa	9,50	12%	0,95	9,03		
				Jalan Beraspal	7,92	10%	0,95	7,52		
				Jalan Berpaving	6,33	8%	0,95	6,02		
				Total	79,19	100%		64,14		
Kali Tempel Sukorejo										
2.	A1'-A1	2379	103,23	Pemukiman	76,39	74%	0,75	57,29	0,80	0,80
				Perdagangan dan Jasa	19,61	19%	0,95	18,63		
				Jalan Beraspal	5,16	5%	0,95	4,90		
				Jalan Berpaving	2,06	2%	0,95	1,96		
				Total	103,23	100%		82,79		

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Kedung Anyar Wetan										
3.	A3-A2	598	45,11	Pemukiman	36,09	80%	0,75	27,07	0,79	0,79
				Perdagangan dan Jasa	4,51	10%	0,95	4,29		
				Gedung Pendidikan	0,45	1%	0,80	0,36		
				Jalan Beraspal	2,26	5%	0,95	2,14		
				Jalan Berpaving	1,80	4%	0,95	1,71		
				Total	45,11	100%		35,57		
	A2-A1	952	124,30	Segmen A2'-A2 (Kali Surabayan)					0,81	0,80
				Total	79,19					
				Segmen A3-A2					0,79	
				Total	45,11					
	A1-A	582	227,53	Segmen A1'-A1 (Kali Tempel Sukorejo)					0,80	
				Total	103,23					
				Segmen A2-A1					0,80	
				Total	124,30					
	Luas Keseluruhan					227,53				

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Kedung Anyar										
4.	B1-B	2967	105,91	Pemukiman	52,96	50%	0,75	39,72	0,80	0,80
				Perdagangan dan Jasa	33,89	32%	0,95	32,20		
				Gedung Pendidikan	3,18	3%	0,80	2,54		
				Jalan Beraspal	10,59	10%	0,95	10,06		
				Jalan Berpaving	5,30	5%	0,95			
				Total	105,91	100%		84,52		
Kali Genie Pelajar										
5.	C1-C	810	82,95	Pemukiman	48,11	58%	0,75	36,08	0,83	0,83
				Perdagangan dan Jasa	18,25	22%	0,95	17,34		
				Gedung Pendidikan	4,15	5%	0,80	3,32		
				Jalan Beraspal	8,29	10%	0,95	7,88		
				Jalan Berpaving	4,15	5%	0,95	3,94		
				Total	82,95	100%		68,56		

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Petemon V										
6.	D1-D	2076	90,83	Pemukiman	83,56	92%	0,75	62,67	0,77	0,77
				Jalan Beraspal	4,54	5%	0,95	4,31		
				Jalan Berpaving	2,72	3%	0,95	2,59		
				Total	90,83	100%		69,58		
Kali Petemon Sidomulyo										
7.	E1-E	1749	102,93	Pemukiman	92,64	90%	0,75	69,48	0,77	0,77
				Jalan Beraspal	5,15	5%	0,95	4,89		
				Jalan Berpaving	5,15	5%	0,95	4,89		
				Total	102,93	100%		79,26		

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Pacuan Kuda										
8.	F1-F	2893	75,62	Pemukiman	70,33	93%	0,75	52,74	0,76	0,76
				Jalan Beraspal	2,27	3%	0,95	2,16		
				Jalan Berpaving	3,02	4%	0,95	2,87		
				Total	75,62	100%		57,77		
Kali Simo										
9.	G1-G	2163	102,93	Pemukiman	86,46	84%	0,75	64,85	0,77	0,77
				Perdagangan dan Jasa	10,29	10%	0,95	9,78		
				Tempat Ibadah	1,03	1%	0,80	0,82		
				Jalan Beraspal	2,06	2%	0,95	1,96		
				Jalan Berpaving	2,06	2%	0,95	1,96		
				Total	102,93	99%		79,36		

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Asem Bagus										
10.	H1-H	1110	58,73	Pemukiman	18,79	32%	0,75	14,10	0,77	0,77
				Perdagangan dan Jasa	24,67	42%	0,95	23,43		
				Taman/Makam	9,40	16%	0,20	1,88		
				Jalan Beraspal	4,11	7%	0,95	3,91		
				Jalan Berpaving	1,76	3%	0,95	1,67		
				Total	58,73	100%		44,99		
Kali Pasar Loak										
11.	I1-I	1015	74,15	Pemukiman	53,39	72%	0,75	40,04	0,80	0,80
				Perdagangan dan Jasa	14,83	20%	0,95	14,09		
				Jalan Berbeton	1,48	2%	0,85	1,26		
				Jalan Beraspal	2,97	4%	0,95	2,82		
				Jalan Berpaving	1,48	2%	0,95	1,41		
				Total	74,15	100%		59,62		

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Tembok Gede										
12.	Jb'-Jb	617	63,04	Pemukiman	35,30	56%	0,75	26,47	0,84	0,84
				Perdagangan dan Jasa	25,21	40%	0,95	23,95		
				Gedung Pendidikan	1,26	2%	0,80	1,01		
				Jalan Beraspal	0,63	1%	0,95	0,60		
				Jalan Berpaving	0,63	1%	0,95	0,60		
				Total	63,04	100%		52,63		
Kali Semarang										
13.	Ja'-Ja	1212	44,74	Pemukiman	13,42	30%	0,75	10,07	0,76	0,76
				Perdagangan dan Jasa	18,34	41%	0,95	17,43		
				Rumah Sakit/Puskesmas	0,89	2%	0,80	0,72		
				Stasiun KA	10,74	24%	0,40	4,29		
				Jalan Beraspal	1,34	3%	0,95	1,28		
				Total	44,74	100%		33,78		

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Margo Rukun										
14.	Jc -Jb	452	5,74	Pemukiman	2,30	40%	0,75	1,72	0,82	0,82
				Perdagangan dan Jasa	2,41	42%	0,95	2,29		
				Gedung Pendidikan	0,57	10%	0,80	0,46		
				RTH	0,29	5%	0,20	0,06		
				Jalan Beraspal	0,17	3%	0,95	0,16		
				Total	5,74	100%		4,69		
	Jb-Ja	431	68,78	Segmen Jb'-Jb (Kali Tembok Gede)					0,84	0,83
				Total						
				Segmen Jc -Jb					0,82	
				Total						
	Akumulasi					68,78				
	Ja-J2	1526	52,10	Pemukiman	36,47	70%	0,75	27,35	0,77	0,81
				RTH	7,82	15%	0,95	7,42		
				Stasiun KA	5,21	10%	0,95	4,95		
				RTH	2,61	5%	0,20	0,52		
				Total	52,10	100%		40,25		
			Segmen Jb-Ja					0,83		
Total					68,78					
Luas Keseluruhan					120,88					

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum			
Kali Demak Timur													
15.	J'-J1	1512	234,71	Pemukiman	75,11	32%	0,75	56,33	0,83	0,83			
				Industri Tipe 2	131,44	56%	0,95	124,87					
				Jalan Berbeton	16,43	7%	0,85	13,97					
				Jalan Beraspal	11,74	5%	0,95	11,15					
				Total	234,71	100%		195,16					
Kali Dupak													
16.	J3-J2	1322	5,75	Industri Tipe 1	5,64	98%	0,80	4,51	0,80	0,80			
				Jalan Beraspal	0,11	2%	0,95	0,10					
				Total	5,75	100%	1,00	4,61					
	J2-J1	1027	126,63	Segmen Jc -J2 (Kali Margo Rukun)						0,81	0,81		
				Total	120,88	Segmen J3-J2						0,80	
				Total	5,75	Akumulasi							
				Akumulasi	126,63								
	J1-J	1352	361,34	Segmen J2-J1						0,81	0,82		
				Total	126,63	Segmen J'-J1 (Kali Demak Timur)						0,83	
				Total	234,71	Luas Keseluruhan						361,34	
Luas Keseluruhan				361,34									

Tabel 5.40 lanjutan

No	Segmen Saluran Sekunder	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
Kali Rembang										
17.	K1-K	1512	45,78	Pemukiman	37,08	81%	0,75	27,81	0,79	0,79
				Industri Tipe 2	7,78	17%	0,95	7,39		
				Jalan Berbeton	0,46	1%	0,85	0,39		
				Jalan Beraspal	0,46	1%	0,95	0,43		
				Total	45,78	100%		36,03		

Tabel 5.40 lanjutan

B. Tersier Langsung Menuju Greges

Blok	Kode Saluran Primer	Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
1.	A-B	Kali Kedung Doro Raya	14,82	Pemukiman	2,96	20%	0,75	2,22	0,91	0,85
				Perdagangan dan Jasa	10,38	70%	0,95	9,86		
				Jalan Beraspal	1,48	10%	0,95	1,41		
				Total	14,82	100%		13,49		
		Kali Widodaeren	16,00	Pemukiman	7,84	49%	0,75	5,88	0,85	
				Perdagangan dan Jasa	7,84	49%	0,95	7,45		
				Jalan Beraspal	0,32	2%	0,95	0,30		
				Total	16,00	100%		13,63		
		Kali Argopuro	8,50	Pemukiman	6,72	79%	0,75	5,04	0,79	
				Perdagangan dan Jasa	1,53	18%	0,95	1,45		
				Jalan Beraspal	0,26	3%	0,95	0,24		
				Total	8,50	100%		6,73		

Tabel 5.40 lanjutan

Blok	Kode Saluran Primer	Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
2	B-C	Kali Anjasmoro	16,56	Pemukiman	11,10	67%	0,75	8,32	0,77	0,81
				Perdagangan dan Jasa	3,64	22%	0,95	3,46		
				Gedung Pendidikan	0,50	3%	0,80	0,40		
				Jalan Beraspal	0,50	3%	0,95	0,47		
				RTH	0,83	5%	0,20	0,17		
				Total	16,56	100%		12,82		
		Kali Welirang	20,65	Pemukiman	11,56	56%	0,75	8,67	0,84	
				Perdagangan dan Jasa	8,47	41%	0,95	8,04		
				Jalan Beraspal	0,62	3%	0,95	0,59		
				Total	20,65	100%		17,30		

Tabel 5.40 lanjutan

Blok	Kode Saluran Primer	Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
3	C-D	Saluran Petemon Kali	4,98	Pemukiman	4,73	95%	0,75	3,55	0,76	0,76
				Jalan Beraspal	0,15	3%	0,95	0,14		
				Jalan Berpaving	0,10	2%	0,95	0,09		
				Total	4,98	100%		3,78		
		Saluran 2	5,07	Pemukiman	4,92	97%	0,75	3,69	0,76	
				Jalan Beraspal	0,10	2%	0,95	0,10		
				Jalan Berpaving	0,05	1%	0,95	0,05		
				Total	5,07	100%		3,84		
		Saluran Tangkuban Perahu	5,25	Pemukiman	4,99	95%	0,75	3,74	0,76	
				Jalan Beraspal	0,21	4%	0,95	0,20		
				Jalan Berpaving	0,05	1%	0,95	0,05		
				Total	5,25	100%		3,99		

Tabel 5.40 lanjutan

Blok	Kode Saluran Primer	Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
4.	D-E	Kali Kratau	5,42	Pemukiman	5,25	97%	0,75	3,94	0,76	0,76
				Jalan Beraspal	0,11	2%	0,95	0,10		
				Jalan Berpaving	0,05	1%	0,95	0,05		
				Total	5,42	100%		4,10		
		Kali Kinibalu Barat	8,93	Pemukiman	8,57	96%	0,75	6,43	0,76	
				Jalan Beraspal	0,27	3%	0,95	0,25		
				Jalan Berpaving	0,09	1%	0,95	0,08		
				Total	8,93	100%		6,77		
		Kali Don Boscho	15,47	Pemukiman	14,54	94%	0,75	10,90	0,76	
				Jalan Beraspal	0,46	3%	0,95	0,44		
				Jalan Berpaving	0,31	2%	0,95	0,29		
				Gedung Penddikan	0,15	1%	0,80	0,12		
				Total	15,47	100%		11,76		

Tabel 5.40 lanjutan

Blok	Kode Saluran Primer	Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	Luas DAS (ha) ^a	Fungsi Lahan	A (ha)	% ^a	C ^b	C x A	Cr	Ckum
5	F-G	Saluran Simo Sidomulyo 4	22,03	Pemukiman	20,71	94%	0,75	15,53	0,75	0,75
				Jalan Beraspal	0,66	3%	0,95	0,63		
				Jalan Berpaving	0,44	2%	0,95	0,42		
				Total	22,03	99%		16,58		
6	G-H	Kali Sawahan DKA	18,49	Pemukiman	6,66	36%	0,75	4,99	0,79	0,77
				Gedung Pendidikan	0,18	1%	0,80	0,15		
				Industri Tipe 1	11,28	61%	0,80	9,02		
				Jalan Beraspal	0,18	1%	0,95	0,18		
				Jalan Berpaving	0,18	1%	0,95	0,18		
				Total	18,49	100%		14,51		
		Kali Asem Mulya	18,48	Pemukiman	17,55	95%	0,75	13,17	0,76	
				Jalan Beraspal	0,55	3%	0,95	0,53		
				Jalan Berpaving	0,37	2%	0,95	0,35		
				Total	18,48	100%		14,04		

Tabel 5.40 lanjutan

Blok	Kode Saluran Primer	Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	Luas DAS (ha)	Fungsi Lahan	A (Ha)	%	C	C x A	Cr	Ckum
6	H-I	Kali Asem Raya	13,86	Pemukiman	13,44	97%	0,75	10,08	0,76	0,72
				Jalan Beraspal	0,28	2%	0,95	0,26		
				Jalan Berpaving	0,14	1%	0,95	0,13		
				Total	13,86	100%		10,48		
		Kali Asem Jaya	16,25	Pemukiman	15,60	96%	0,75	11,70	0,76	
				Jalan Beraspal	0,49	3%	0,95	0,46		
				Jalan Berpaving	0,16	1%	0,95	0,15		
				Total	16,25	100%		12,31		
		Kali Asemrowo Masjid	14,07	Pemukiman	13,51	96%	0,75	10,13	0,76	
				Tempat Ibadah	0,14	1%	0,90	0,13		
				Jalan Beraspal	0,28	2%	0,95	0,27		
				Jalan Berpaving	0,14	1%	0,95	0,13		
		Total	14,07	100%		10,66				
		Kali Asemrowo Sekolah	15,46	Pemukiman	14,85	96%	0,75	11,13	0,75	
				Gedung Pemdikan	0,15	1%	0,80			
				Jalan Beraspal	0,31	2%	0,95	0,29		
				Jalan Berpaving	0,15	1%	0,95	0,15		
		Total	15,46	100%		11,57				
		Kali Asem Jaya 9	12,29	Pemukiman	5,78	47%	0,75	4,33	0,48	
				RTH	6,15	50%	0,20	1,23		
				Jalan Beraspal	0,25	2%	0,95	0,23		
Jalan Berpaving	0,12			1%	0,95	0,12				
Total	12,29	100%		5,91						
Kali Dupak Barat	13,23	Pemukiman	12,70	96%	0,75	9,52	0,76			
		Jalan Beraspal	0,26	2%	0,95	0,25				
		Jalan Berpaving	0,26	2%	0,95	0,25				
		Total	13,23	100%		10,02				

Tabel 5.40 lanjutan

Blok	Kode Saluran Primer	Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	Luas DAS (ha)	Fungsi Lahan	A (Ha)	%	C	C x A	Cr	Ckum
7	I-J	Kali Dupak Rukun	13,22	Pemukiman	10,31	78%	0,75	7,73	0,79	0,79
				Industri Tipe 2	2,25	17%	0,90	2,02		
				Jalan Beraspal	0,40	3%	0,95	0,38		
				Jalan Berbeton	0,26	2%	0,95	0,25		
				Total	13,22	100%		10,38		
8	K-L	Kali Bangunsari Selatan	5,47	Pemukiman	5,25	96%	0,75	3,94	0,76	0,75
				Jalan Beraspal	0,11	2%	0,95	0,10		
				Jalan Berpaving	0,11	2%	0,95	0,10		
				Total	5,47	100%		4,15		
		Kali Tambak Asri Timur	8,42	Pemukiman	8,17	97%	0,75	6,13	0,76	
				Jalan Beraspal	0,17	2%	0,95	0,16		
				Jalan Berpaving	0,08	1%	0,95	0,08		
				Total	8,42	100%		6,37		
		Kali Bandarsari Selatan	5,13	Pemukiman	5,02	98%	0,75	3,77	0,75	
				Jalan Beraspal	0,05	1%	0,95	0,05		
				Jalan Berpaving	0,05	1%	0,95	0,05		
				Total	5,13	100%		3,87		
		Kali Tambak Asri Tengah	4,08	Pemukiman	3,96	97%	0,75	2,97	0,75	
				Jalan Beraspal	0,04	1%	0,95	0,04		
				Jalan Berpaving	0,04	1%	0,95	0,04		
				Total	4,08	99%		3,05		

Tabel 5.40 lanjutan

C. Saluran Primer Kali Greges

Blok	Kode Saluran Primer	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Akumulasi Luas (ha) ^a	Saluran Terlayani	Cr	Ckum
1	A-B	457	266,86	266,86	Kali Surabayan	0,81	0,80
					Kali Tempel Sukorejo	0,80	
					Kali Kedung Anyar Wetan	0,80	
					3 Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	0,76	
2	B-C	366	143,12	409,98	Kali Kedung Anyar	0,80	0,80
					2 Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	0,81	
3	C-D	406	98,25	508,23	Kali Genie Pelajar	0,83	0,80
					3 Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	0,76	
4	D-E	324	120,64	628,87	Kali Petemon V	0,77	0,79
					3 Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	0,76	
5	E-F	226	29,53	658,40	Kali Petemon Sidomulyo	0,77	0,79
6	F-G	335	97,65	756,05	Kali Pacuan Kuda	0,76	0,79
					1 Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	0,75	

Tabel 5.40 lanjutan

Blok	Kode Saluran Primer	Panjang (m) ^a	Luas DAS (ha) ^a	Akumulasi Luas (ha)	Saluran Terlayani	Cr	Ckum
7	G-H	312	102,93	858,98	Kali Simo	0,77	0,79
8	H-I	616	143,89	1002,87	Kali Asem Bagus	0,77	0,78
					6 Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	0,72	
9	I-J	423	87,37	1090,23	Kali Pasar Loak	0,80	0,78
					1 Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	0,79	
10	J-K	210	361,34	1451,57	Kali Tembok Gede	0,84	0,79
					Kali Semarang	0,76	
					Kali Margo Rukun	0,81	
					Kali Demak Timur	0,83	
					Kali Dupak	0,82	
11	K-L	553	68,89	1520	Kali Rembang	0,79	0,78
					4 Saluran Tersier Langsung Menuju Greges	0,75	

Sumber :

^a = Dinas Bina Marga dan Pematuan dalam SDMP 2018

5.2.3 Pehitungan Kecepatan Rencana dan Kecepatan Eksisting

Kecepatan aliran dalam evaluasi ini terbagi menjadi dua yaitu kecepatan rencana dan kecepatan eksisting.

1. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana merupakan kecepatan awal pada saat saluran dibangun sehingga belum terdapat sedimen. Kedalaman dan lebar saluran didapatkan dari Dinas Bina Marga dan Pematusan. Berikut adalah proses pengukuran elevasi muka air dan elevasi dasar saluran menggunakan *GPS* yang dapat dilihat pada Gambar 5.27.



Gambar 5.27 Pengukuran Kedalaman dan Elevasi
Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Kali Kedung Anyar Wetan dan Petemon V, 2016

Berikut merupakan contoh perhitungan kecepatan rencana pada segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayan.

Segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayan:

- Bentuk saluran adalah Trapesium (a)
- Luas penampang rencana = 10,55 m² (a)
- Panjang saluran (L) = 616 meter (a)
- Lebar atas saluran (T) = 2,2 meter (a)
- Lebar bawah saluran (b) = 2,1 meter (a)

- Kedalaman awal saluran = 2,3 meter (a)
- Kedalaman akhir saluran = 2,5 meter (a)
- Elevasi muka air awal (h1) = 5,12 m dpl (b)
- Elevasi muka air akhir (h2) = 4,19 m dpl (b)
- Elevasi awal dasar saluran = 3,62 m dpl (b)
- Elevasi akhir dasar saluran = 3,41 m dpl (b)

Sumber :

^a Dinas Bina Marga dan Pematuan dalam SDMP 2018

^b Hasil Pengukuran di lapangan dengan GPS, 2016

- Koefesien kekasaran Manning (n) → lapisan beton pada kedua sisi saluran dari Tabel 3.12 halaman 76

$n = 0,020$ (Subarkah, 1980)

- Kemiringan dinding saluran (Z)
 - = $(T-b) / (2 \cdot h_1)$ (3.79)
 - = $(2,2 - 2,1) / (2 \times 5,12)$
 - = 0,01

- Slope saluran (S) = h/L(3.82)
 - = $(h_2-h_1) / L$
 - = $(5,12- 4,19)\text{meter} / 616 \text{ meter}$
 - = 0,00034

- Keliling basah (P) = $b + 2 \cdot h_1 \times (1 + Z^2)^{0,5}$(3.83)
 - = $2,1 + 2(5,12) \times (1 + 0,01^2)^{0,5}$
 - = 12,34 m

- Jari –jari hidrolis (R) = A / P (3.84)
 - = $10,55 \text{ m}^2 / 12,34 \text{ meter}$
 - = 0,85 meter

- Kecepatan rencana (Vrencana)
 - $$\text{Vrencana} = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$
(3.86)

$$= \frac{0,85^{2/3} \cdot 0,00034^{1/2}}{0,020} = 0,22 \text{ m/dt}$$

Hasil perhitungan kecepatan rencana masing-masing segmen selengkapny dapat dilihat pada Tabel 5.41

Tabel 5.41 Hasil Perhitungan Kecepatan Rencana Saluran

A. Saluran Sekunder

Saluran Sekunder	Bentuk	Luas Rencana (A)	Panjang (m)	Lebar (m)		Kedalaman saluran (m)		Elevasi Muka Air (m)		Elevasi Dasar Saluran (m)		n saluran	S	Z	P	R	V rencana (m/dt)
		(m ²)		Atas (T)	Bawah (b)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal	Akhir				(m)	(m)	
Kali Surabaya																	
A2'-A2	Trapesium	10,55	616	2,2	2,1	2,3	2,5	5,12	4,91	3,62	3,41	0,020	0,00034	0,01	12,34	0,85	0,22
Kali Tempel Sukorejo																	
A1'-A1	Trapesium	15,51	2379	3,0	2,0	2,4	2,6	5,50	5,47	4,00	3,97	0,020	0,00001	0,15	13,13	1,18	0,18
Kali Kedung Anyar Wetan																	
A3-A2	Trapesium	13,92	598	2,3	2,1	2,5	2,6	5,16	4,89	3,66	3,39	0,020	0,00045	0,15	12,54	1,11	0,44
A2-A1	Trapesium	12,64	952	2,1	2,0	2,6	2,8	4,89	4,66	3,39	3,16	0,020	0,00024	0,15	11,89	1,06	0,29
A1-A	Trapesium	12,19	582	2,1	2,0	2,8	3,0	4,66	4,53	3,16	3,03	0,020	0,00022	0,15	11,43	1,07	0,28
Kali Kedung Anyar																	
B1-B	Trapesium	15,08	2967	3,5	2,5	3,1	3,6	4,91	4,69	3,41	3,19	0,020	0,00007	0,15	12,43	1,21	0,21
Kali Genie Pelajar																	
C1-C	Trapesium	11,19	810	2,2	1,8	2,0	2,5	5,50	4,50	4,00	3,00	0,020	0,00123	0,15	12,93	0,87	0,44
Kali Petemon V																	
D1-D	Trapesium	11,28	2076	2,3	2,1	2,3	2,7	4,47	4,13	2,97	2,63	0,020	0,00016	0,15	11,14	1,01	0,22
Kali Petemon Sidomulyo																	
E1-E	Trapesium	8,17	1749	2,1	1,8	2,4	2,8	3,92	3,50	2,42	2,00	0,020	0,00024	0,15	9,73	0,84	0,18
Kali Pacuan Kuda																	
F1-F	Trapesium	8,76	2893	2,0	1,9	2,3	2,8	4,13	3,58	2,63	2,08	0,020	0,00019	0,15	10,26	0,85	0,17

Tabel 5.41 lanjutan

Saluran Sekunder	Bentuk	Luas Rencana (A)	Panjang (m)	Lebar (m)		Kedalaman saluran (m)		Elevasi Muka Air (m)		Elevasi Dasar Saluran (m)		n saluran	S	Z	P	R	Vrencana
		(m ²)		Atas (T)	Bawah (b)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal	Akhir	Awal (h2)	Akhir (h1)				(m)	(m)	(m/dt)
Kali Simo																	
G1-G	Trapesium	43,56	2163	15,0	13,0	4,5	4,6	3,41	3,13	2,41	2,13	0,020	0,00013	0,29	20,11	2,17	0,89
Kali Asem Bagus																	
H1-H	Trapesium	18,28	1110	4,2	4,0	3,2	3,3	4,50	4,46	3,00	2,96	0,020	0,00004	0,02	13,00	1,41	0,20
Kali Pasar Loak																	
I1-I	Trapesium	11,01	1015	3,1	2,7	2,4	2,7	4,21	3,82	2,71	2,32	0,020	0,00038	0,05	11,13	0,99	0,32
Kali Tembok Gede																	
Jb'-Jb	Trapesium	9,86	617	2,3	2,1	1,7	1,9	5,00	4,50	3,50	3,00	0,020	0,00081	0,02	12,10	0,81	0,31
Kali Semarang																	
Ja'-Ja	Trapesium	10,92	1212	2,5	2,4	1,5	1,8	4,55	4,46	3,05	2,96	0,020	0,00007	0,01	11,50	0,95	0,13
Kali Margo Rukun																	
Jc -Jb	Trapesium	15,01	452	3,4	3,3	3,2	3,3	4,53	4,48	3,03	2,98	0,020	0,00011	0,01	12,36	1,21	0,26
Jb-Ja	Trapesium	14,20	431	3,3	3,1	3,3	3,4	4,48	4,44	2,98	2,94	0,020	0,00009	0,02	12,06	1,18	0,22
Ja-J2	Trapesium	12,27	1526	3,1	3,0	3,4	3,8	4,44	4,03	2,94	2,53	0,020	0,00027	0,01	11,88	1,03	0,29
Kali Demak Timur																	
J'-J1	Trapesium	7,61	1512	2,10	1,90	3,0	3,5	4,19	3,82	2,69	2,32	0,020	0,00024	0,02	10,28	0,74	0,14
Kali Dupak																	
J3-J2	Trapesium	18,24	1322	4,80	4,70	3,4	3,5	3,88	3,84	2,38	2,34	0,020	0,00003	0,01	12,46	1,46	0,20
J2-J1	Trapesium	17,29	1027	4,70	4,50	3,5	3,6	3,84	3,76	2,34	2,26	0,020	0,00008	0,03	12,18	1,42	0,30
J1-J	Trapesium	14,44	1352	4,50	4,40	3,6	3,9	3,76	3,25	2,26	1,75	0,020	0,00038	0,01	11,92	1,21	0,48
Kali Rembang																	
K1-K	Trapesium	13,25	1512	3,20	2,90	3,6	3,9	5,21	4,38	3,71	2,88	0,020	0,00055	0,03	13,32	0,99	0,39

Tabel 5.41 lanjutan

B. Saluran Primer Kali Greges

Saluran Primer	Bentuk	Luas Rencana (A)	Panjang (a)	Lebar (m)		Kedalaman saluran (m)		Elevasi Muka Air (m)		Elevasi Dasar Saluran (m)		n saluran	S	Z	P	R	Vrencana
		(m ²)		Atas (T)	Bawah (b)	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal (h ₂)	Akhir (h ₁)						
A-B	Trapeسيوم	36,90	457	12,0	11,8	3,00	3,10	4,77	4,75	1,77	1,75	0,020	0,00004	0,03	17,80	2,07	0,47
B-C	Trapeسيوم	41,78	366	13,2	12,9	3,10	3,20	4,75	4,74	1,75	1,74	0,020	0,00003	0,05	19,11	2,19	0,42
C-D	Trapeسيوم	44,93	406	14,1	13,1	3,20	3,30	4,74	4,73	1,74	1,73	0,020	0,00002	0,16	19,58	2,30	0,44
D-E	Trapeسيوم	49,89	324	15,2	14,3	3,30	3,38	4,73	4,72	1,73	1,72	0,020	0,00003	0,14	20,96	2,38	0,52
E-F	Trapeسيوم	55,59	226	16,7	15,7	3,38	3,43	4,72	4,71	1,72	1,71	0,020	0,00004	0,15	22,53	2,47	0,67
F-G	Trapeسيوم	59,74	335	17,9	16,2	3,43	3,50	4,71	4,69	1,71	1,69	0,020	0,00006	0,25	23,27	2,57	0,85
G-H	Trapeسيوم	64,45	312	18,2	17,9	3,50	3,57	4,69	4,67	1,69	1,67	0,020	0,00006	0,04	24,91	2,59	0,89
H-I	Trapeسيوم	69,07	616	19,1	18,2	3,57	3,70	4,67	4,64	1,67	1,64	0,020	0,00005	0,13	25,40	2,72	0,86
I-J	Trapeسيوم	75,64	423	20,3	19,6	3,70	3,79	4,64	4,62	1,64	1,62	0,020	0,00005	0,09	27,03	2,80	0,90
J-K	Trapeسيوم	80,87	210	21,8	20,3	3,79	3,84	4,62	4,61	1,62	1,61	0,020	0,00005	0,20	28,03	2,89	0,96
K-L	Trapeسيوم	86,08	553	22,0	21,0	3,84	4,00	4,61	4,59	1,61	1,59	0,020	0,00004	0,13	28,74	2,99	0,90

Sumber :

(Bentuk, panjang, lebar, kedalaman saluran) : Dinas Bina Marga dan Pematuan dalam SDMP 2018
 (Elevasi muka air, Elevasi dasar saluran) : Hasil Pengukuran di lapangan dengan GPS, 2016

2. Kecepatan Eksisting

Kecepatan eksisting merupakan kecepatan yang diperoleh dengan melakukan pengukuran dilapangan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 8066:2015) tentang tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan pelampung. Pengukuran kecepatan aliran pada tugas akhir kali ini dilakukan saat hujan dengan menggunakan gabus yang di ikat dengan tali. Pada setiap segmen saluran dilakukan pengukuran kecepatan aliran satu titik dilaksanakan sebanyak 3 kali. Contoh proses pengukuran kecepatan yang dilakukan di Kali Kedung Anyar dan hasil pengukuran kecepatan aliran saat hujan dengan intensitas hujan sedang hingga tinggi semua segmen saluran pada masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5.28 dan Tabel 5.42



Gambar 5.28 Pengukuran Kecepatan Eksisting Saat Hujan
Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Saluran Sekunder Kedung Anyar, 2016

Tabel 5.42 Pengukuran Kecepatan Eksisting Saat Hujan

A. Saluran Sekunder

Saluran Sekunder	Veksisting (saat hujan) (m/dt)			Rata-rata (m/dt)
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	
Kali Surabaya ^(a)				
A2'-A2	0,10	0,15	0,15	0,13
Kali Tempel Sukorejo ^(a)				
A1'-A1	0,10	0,15	0,20	0,15
Kali Kedung Anyar Wetan ^(b)				
A3-A2	0,10	0,15	0,15	0,13
A2-A1	0,15	0,15	0,15	0,15
A1-A	0,15	0,15	0,20	0,17
Kali Kedung Anyar ^(b)				
B1-B	0,20	0,20	0,20	0,20
Kali Genie Pelajar ^(b)				
C1-C	0,20	0,25	0,30	0,25
Kali Petemon V ^(b)				
D1-D	0,15	0,15	0,15	0,15
Kali Petemon Sidomulyo ^(b)				
E1-E	0,15	0,15	0,15	0,15
Kali Pacuan Kuda ^(b)				
F1-F	0,10	0,15	0,15	0,13
Kali Simo ^(b)				
G1-G	0,60	0,65	0,70	0,65
Kali Asem Bagus ^(c)				
H1-H	0,15	0,15	0,15	0,15
Kali Pasar Loak ^(c)				
I1-I	0,20	0,20	0,25	0,22
Kali Tembok Gede ^(c)				
Jb'-Jb	0,10	0,10	0,15	0,12

Tabel 5.42 lanjutan

Saluran Sekunder	Veksisting (saat hujan) (m/dt)			Rata-rata (m/dt)
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	
Kali Semarang ^(c)				
Ja'-Ja	0,10	0,10	0,10	0,10
Kali Margo Rukun ^(d)				
Jc -Jb	0,15	0,15	0,20	0,17
Jb-Ja	0,20	0,20	0,20	0,20
Ja-J2	0,20	0,20	0,25	0,22
Kali Demak Timur ^(d)				
J'-J1	0,10	0,15	0,15	0,13
Kali Dupak ^(d)				
J3-J2	0,20	0,20	0,20	0,20
J2-J1	0,20	0,20	0,30	0,23
J1-J	0,30	0,30	0,30	0,30
Kali Rembang ^(d)				
K1-K	0,20	0,20	0,25	0,22

B. Saluran Primer Kali Greges

Saluran Primer	Veksisting (saat hujan) (m/dt)			Rata-rata (m/dt)
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	
A-B ^(b)	0,35	0,35	0,40	0,37
B-C ^(b)	0,40	0,50	0,50	0,47
C-D ^(b)	0,50	0,55	0,55	0,53
D-E ^(b)	0,55	0,60	0,60	0,58
E-F ^(b)	0,60	0,60	0,60	0,60
F-G ^(b)	0,60	0,60	0,60	0,60
G-H ^(c)	0,60	0,60	0,70	0,63
H-I ^(c)	0,70	0,70	0,70	0,70
I-J ^(c)	0,70	0,75	0,75	0,73
J-K ^(c)	0,70	0,75	0,80	0,75
K-L ^(d)	0,80	0,80	0,80	0,80

Keterangan :

- (a) Pengambilan saat hujan intensitas tinggi tanggal 24 Februari 2016, pompa di operasikan.
- (b) Pengambilan saat hujan intensitas sedang tanggal 3 Maret 2016, pompa di operasikan.
- (c) Pengambilan saat hujan intensitas sedang tanggal 7 Maret 2016, pompa di operasikan.
- (d) Pengambilan saat hujan intensitas tinggi tanggal 16 April 2016, pompa di operasikan.

5.2.4 Perhitungan Waktu Konsentrasi (t_c) dan Intensitas Hujan

Nilai waktu konsentrasi (t_c) adalah hasil akumulasi dari setiap saluran yang ada, apabila terdapat suatu pertemuan antara dua cabang maka nilai t_c terbesar yang akan digunakan. Berikut merupakan contoh perhitungan t_c pada segmen A2-A2' saluran sekunder Kali Surabayan.

Segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayan:

- Koefisien C Kumulatif = 0,81 (a)
- Panjang limpasan (L_o) = 79,19 ha
= 792 m
- Elevasi muka air awal = 5,12 meter (b)
- Elevasi muka air akhir = 4,91 meter (b)
- Panjang saluran (L_d) = 616 meter (b)
- Koefisien kekasaran Manning (n) → lapisan beton pada kedua sisi saluran dari Tabel 3.12 halaman 76
 $n = 0,020$ (Subarkah, 1980)
- Slope limpasan (S_o) = 0,00034 m (b)
- Kecepatan saat hujan ($V_{eksisting}$) = 0,13 m/dt (c)

Keterangan :

- (a) Tabel 5.40 halaman 149
- (b) Tabel 5.41 halaman 170
- (c) Tabel 5.42 halaman 174

- Waktu limpasan (t_o):

$$t_o = \frac{108 \cdot n \cdot (L_o)^{1/3}}{S_o^{1/5}} \dots\dots\dots (3.73)$$

$$= \frac{108 \cdot 0,020 \cdot (792)^{1/3}}{0,00034^{1/5}}$$

$$= 96,66 \text{ menit}$$

- Waktu pengaliran (t_d)

$$t_d = \frac{Ld}{Veksisting} \cdot \frac{1}{60} \text{ (menit)} \dots\dots\dots (3.76)$$

$$= \frac{616m}{0,13m/s} \cdot \frac{1}{60}$$

$$= 77,00 \text{ menit}$$

- Waktu konsentrasi (t_c) :

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (3.71)$$

$$= 96,66 \text{ menit} + 77,00 \text{ menit}$$

$$= 175,66 \text{ menit}$$

- Intensitas hujan menggunakan rumus Talbot sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Pada jenis saluran primer perhitungan menggunakan PUH 10 dan saluran sekunder menggunakan PUH 5. Saluran A2'-A2 merupakan saluran sekunder dengan PUH 5, maka intensitas Talbot yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{6539,76}{t_c + 36,46} \text{ (a)}$$

$$= \frac{6539,76}{175,66 \text{ menit} + 36,46}$$

$$= 30,83 \text{ mm/jam}$$

Keterangan:

(a) Tabel 5.35 halaman 134

5.2.5 Perhitungan Debit Limpasan

Debit limpasan ini merupakan total debit hujan yang melintas untuk masing-masing blok pelayanan Berikut merupakan contoh perhitungan debit limpasan air hujan pada segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayaan.

Segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayaan :

- Koefisien C Kum (C) = 0,81 ^(a)
- tc = 175,66 menit ^(b)
- td = 77,00 menit ^(b)
- Intensitas Hujan (I) = 30,83 mm/jam ^(b)
- Luas pelayanan (A) = 79,19 ha = 0,79 km² ^(a)

Keterangan :

(a) Tabel 5.40 halaman 149

(b) Perhitungan sub bab 5.2.4 halaman 176

- Karena A terlayani <80 ha, sehingga perhitungan debit limpasan dengan metode rasional. Maka:

$$Q_{\text{limpasan}} = 0,0278 \times C \times I \times A \dots \dots \dots (3.66)$$

$$= 0,0278 \times 0,81 \times 30,83 \times 0,79 \text{ km}^2$$

$$= 0,55 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan debit limpasan untuk masing-masing segmen saluran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.43

Tabel 5.43 Hasil Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc), Intensitas Hujan, dan Debit Limpasan Saluran

A. Saluran Sekunder

Saluran Sekunder	Lo (m)	Elevasi Muka Air (m)		Ld m	A limpasan kumulatif		Kecepatan Eksisting Rata-rata m/dt	n	C.kum	So m/m	to menit	td menit	tc menit	Intensitas (mm/jam) PUH 5	Cs A >80 ha	Qlimpasan m ³ /dt
		Awal	Akhir		ha	km ²										
Kali Surabayan																
A2-A2	792	5,12	4,91	616	79,19	0,79	0,13	0,020	0,81	0,00034	98,66	77,00	175,66	30,83	-	0,55
Kali Tempel Sukorejo																
A1-A1	1032	5,50	5,47	2379	103,23	1,03	0,15	0,020	0,80	0,00001	208,41	264,33	472,74	12,84	0,78	0,23
Kali Kedung Anyar Wetan																
A3-A2	451	5,16	4,89	598	45,11	0,45	0,13	0,020	0,79	0,00045	77,32	74,75	152,07	34,69	-	0,30
A2-A1	1243	4,89	4,66	952	124,30	1,24	0,15	0,020	0,80	0,00024	122,84	105,78	228,61	24,67	0,81	0,56
A1-A	2275	4,66	4,53	582	227,53	2,28	0,17	0,020	0,80	0,00022	152,64	58,20	210,84	26,44	0,88	0,58
Kali Kedung Anyar																
B1-B	1059	4,91	4,69	2967	105,91	1,06	0,20	0,020	0,80	0,00007	147,48	247,25	394,73	15,17	0,76	0,27
Kali Genie Pelajar																
C1-C	829	5,50	4,50	810	82,95	0,83	0,25	0,020	0,83	0,00123	77,46	54,00	131,46	38,94	0,83	0,62
Kali Petemon V																
D1-D	908	4,47	4,13	2076	90,83	0,91	0,15	0,020	0,77	0,00016	119,59	230,67	350,25	16,91	0,75	0,25
Kali Petemon Sidomulyo																
E1-E	1029	3,92	3,50	1749	102,93	1,03	0,15	0,020	0,77	0,00024	115,49	194,33	309,82	18,89	0,76	0,32
Kali Pacuan Kuda																
F1-F	756	4,13	3,58	2893	75,62	0,76	0,13	0,020	0,76	0,00019	109,19	361,63	470,82	12,89	-	0,21

Tabel 5.43 lanjutan

Saluran Sekunder	Lo (m)	Elevasi Muka Air (m)		Ld m	A limpasan kumulatif		Kecepatan Eksisting Rata-rata m/dt	n	C.kum	So m/m	to menit	td menit	tc menit	Intensitas (mm/jam) PUH 5	Cs A > 80 ha	Qlimpasan m ³ /dt
		Awal	Akhir		ha	km ²										
Kali Simo																
GI-G	1029	3,41	3,13	2163	102,93	1,03	0,65	0,020	0,77	0,00013	130,66	55,46	166,14	29,38	0,87	0,56
Kali Asam Bagus																
HI-H	587	4,50	4,46	1110	58,73	0,59	0,15	0,020	0,77	0,00004	139,98	123,33	263,31	21,82	-	0,27
Kali Pesar Loak																
IJ-I	742	4,21	3,82	1015	90,83	0,91	0,22	0,020	0,77	0,00038	94,24	78,08	172,32	31,32	0,82	0,49
Kali Tembok Gede																
Jb-Jb	630	5,00	4,50	617	63,04	0,63	0,12	0,020	0,84	0,00081	76,80	88,14	165,04	32,45	-	1,47
Kali Semarang																
Ja'-Ja	447	4,55	4,46	1212	44,74	0,45	0,10	0,020	0,76	0,00007	110,63	202,00	312,63	18,73	-	1,39
Kali Margo Rukun																
Jc-Jb	57	4,53	4,48	452	5,74	0,06	0,17	0,020	0,82	0,00011	51,52	45,20	95,72	49,10	-	2,36
Jb-Ja	686	4,48	4,44	431	68,78	0,69	0,20	0,020	0,83	0,00009	122,11	35,92	158,03	33,63	-	2,74
Ja-JZ	1209	4,44	4,03	1526	120,88	1,21	0,22	0,020	0,81	0,00027	119,14	117,98	236,53	23,96	0,80	2,62
Kali Demak Timur																
J'-J1	2347	4,19	3,82	1512	234,71	2,35	0,13	0,020	0,83	0,00024	151,44	189,00	340,44	17,35	-	0,94
Kali Dupak																
J3-J2	58	3,88	3,84	1322	5,75	0,06	0,20	0,020	0,80	0,00003	66,81	110,17	176,98	30,64	-	3,33
J2-J1	1266	3,84	3,76	1027	126,63	1,27	0,23	0,020	0,81	0,00008	155,00	73,36	228,35	24,70	0,86	3,89
J1-J	3613	3,76	3,25	1352	361,34	3,61	0,30	0,020	0,82	0,00038	160,36	75,11	235,47	24,05	0,86	4,14
Kali Rembang																
K1-K	458	5,21	4,38	1512	45,78	0,46	0,22	0,020	0,79	0,00055	74,72	116,31	191,03	28,75	-	0,29

Tabel 5.43 lanjutan

B. Saluran Primer Kali Greges

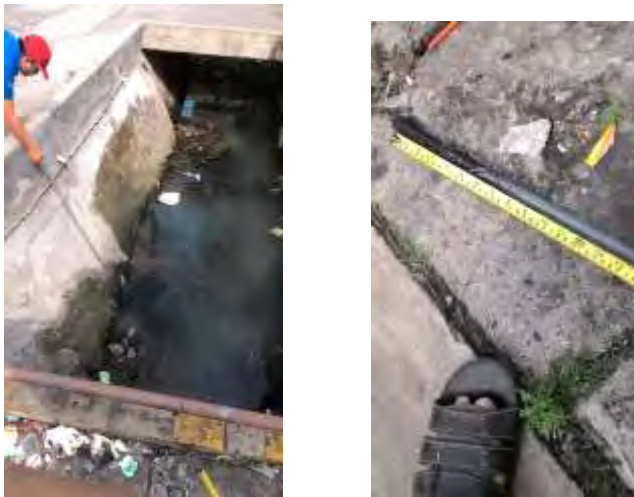
Saluran Sekunder	Lo (m)	Elevasi Muka Air (m)		Ld	A limpasan kumulatif		Kecepatan Eksisting Rata-rata (m/dt)	n	C.kum	So (m/m)	to (menit)	td kumulatif (menit)	tc (menit)	Intensitas (mm/jam) PUH 10	Cs (A>80ha)	Q limpasan (m ³ /dt)
		Awal	Akhir		m	(ha)										
A-B	2669	3,00	3,10	457	266,86	2,67	0,37	0,020	0,80	0,00004	223,01	20,77	243,78	27,58	0,96	1,56
B-C	1431	3,10	3,20	366	409,98	4,10	0,47	0,020	0,80	0,00003	199,09	13,07	212,16	31,02	0,97	2,73
C-D	983	3,20	3,30	406	508,23	5,08	0,53	0,020	0,80	0,00002	179,31	12,69	192,00	33,71	0,97	3,70
D-E	1206	3,30	3,38	324	628,87	6,29	0,58	0,020	0,79	0,00003	183,54	9,26	192,80	33,59	0,98	4,56
E-F	295	3,38	3,43	226	658,40	6,58	0,60	0,020	0,79	0,00004	106,83	6,28	113,10	50,97	0,97	7,20
F-G	976	3,43	3,50	335	756,05	7,56	0,60	0,020	0,79	0,00006	149,90	9,31	159,21	39,23	0,97	8,83
G-H	1029	3,50	3,57	312	858,98	8,59	0,63	0,020	0,79	0,00006	150,40	8,21	158,61	39,34	0,97	8,87
H-I	1439	3,57	3,70	616	1002,87	10,03	0,70	0,020	0,78	0,00005	177,67	14,67	192,34	33,66	0,96	9,47
I-J	874	3,70	3,79	423	1090,23	10,90	0,73	0,020	0,78	0,00005	151,35	9,61	160,96	38,89	0,97	8,95
J-K	3613	3,79	3,84	210	1451,57	14,52	0,75	0,020	0,79	0,00005	242,59	4,67	247,25	27,24	0,99	8,63
K-L	689	3,84	4,00	553	1520	15,20	0,80	0,020	0,78	0,00004	147,51	11,52	159,04	39,26	0,97	12,23

Sumber :

(Elevasi Muka Air dan Kecepatan) : Hasil Pengukuran di lapangan dengan GPS, 2016

5.3 Perhitungan Kapasitas Saluran

Dilakukan perhitungan kapasitas saluran dengan maksud untuk melakukan evaluasi perbandingan kapasitas daya tampung debit saluran (Qeksisting) dengan debit limpasan (Qlimpasan) untuk PUH 5 tahun pada saluran sekunder dan PUH 10 tahun pada saluran primer. Kapasitas saluran primer Kali Greges dan 17 saluran sekunder yang ada pada wilayah studi dihitung berdasarkan kondisi yang ada di lapangan yaitu pada saat belum terdapat sedimen (Qrencana) hingga kondisi saluran saat ini (Qeksisting) yaitu telah terdapat sedimen. Pengukuran tinggi sedimen yang dilakukan di lapangan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 8066:2015). Contoh proses pengukuran tinggi sedimen yang dilakukan di Kali Pacuan (F1-F) Kuda dapat dilihat pada Gambar 5.29.



Gambar 5.29 Pengukuran Tinggi Sedimen

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Saluran Sekunder Pacuan Kuda, 2016

Hasil pengukuran tinggi sedimen semua segmen saluran dapat dilihat pada Tabel 5.44.

Tabel 5.44 Pengukuran Tinggi Sedimen Saluran

A. Saluran Sekunder

Saluran Sekunder	Tinggi Sedimen (cm)			Rata-rata	
	Kiri	Tengah	Kanan	cm	m
Kali Surabayan					
A2'-A2	37	32	34	34	0,34
Kali Tempel Sukorejo					
A1'-A1	35	31	38	35	0,35
Kali Kedung Anyar Wetan					
A3-A2	36	33	35	35	0,35
A2-A1	35	32	37	35	0,35
A1-A	31	30	32	31	0,31
Kali Kedung Anyar					
B1-B	37	32	35	35	0,35
Kali Genie Pelajar					
C1-C	30	28	32	30	0,30
Kali Petemon V					
D1-D	34	31	36	34	0,34
Kali Petemon Sidomulyo					
E1-E	32	30	33	32	0,32
Kali Pacuan Kuda					
F1-F	36	32	34	34	0,34
Kali Simo					
G1-G	48	46	52	49	0,49
Kali Asem Bagus					
H1-H	36	32	33	34	0,34
Kali Pasar Loak					
I1-I	34	31	32	32	0,32
Kali Tembok Gede					
Jb'-Jb	31	28	33	31	0,31
Kali Semarang					
Ja'-Ja	30	28	32	30	0,30

Tabel 5.44 lanjutan

Saluran Sekunder	Tinggi Sedimen (cm)			Rata-rata	
	Kiri	Tengah	Kanan	cm	m
Kali Margo Rukun					
Jc -Jb	33	30	32	32	0,32
Jb-Ja	31	29	30	30	0,30
Ja-J2	34	31	33	33	0,33
Kali Demak Timur					
J'-J1	36	32	37	35	0,35
Kali Dupak					
J3-J2	37	34	36	36	0,36
J2-J1	36	32	37	35	0,35
J1-J	39	35	37	37	0,37
Kali Rembang					
K1-K	34	32	36	34	0,34

B. Saluran Primer Kali Greges

Saluran Primer Kali Greges	Tinggi Sedimen (cm)			Rata-rata	
	Kiri	Tengah	Kanan	cm	m
A-B	42	40	45	42	0,42
B-C	48	45	49	47	0,47
C-D	42	40	45	42	0,42
D-E	48	45	49	48	0,48
E-F	49	47	48	49	0,49
F-G	47	47	46	47	0,47
G-H	44	41	43	44	0,44
H-I	48	44	48	48	0,48
I-J	45	42	47	45	0,45
J-K	48	47	46	48	0,48
K-L	49	48	52	49	0,49

Sumber : Hasil Observasi Lapangan, 2016

Berikut merupakan contoh perhitungan debit eksisting saluran pada segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabaya.

Segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayan:

- Luas penampang rencana (Arencana) sebelum ada sedimen
= $10,55 \text{ m}^2$ ^(a)
- Luas penampang eksisting (Aeksisting) terdapat sedimen
= $9,82 \text{ m}^2$ ^(b)
- Panjang saluran (L) = 616 m ^(a)
- Lebar atas saluran rencana (T) = $2,2 \text{ m}$ ^(a)
- Lebar bawah saluran rencana (b) = $2,1 \text{ m}$ ^(a)
- Kemiringan dinding saluran (Z) = $0,02$ ^(a)
- Tinggi sedimen rata-rata (h) = $34 \text{ cm} = 0,34 \text{ m}$ ^(c)
- Kecepatan aliran rencana (Vrencana) = $0,22 \text{ m/detik}$
- Kecepatan aliran eksisting rata-rata (Veksisting) = $0,13 \text{ m/detik}$

Keterangan:

^(a) Dinas Bina Marga dan Pematusan dalam SDMP 2018

^(b) Hasil Pengukuran Lapangan, 2016

^(c) Tabel 5.44 halaman 183

- Kapasitas saluran rencana (sebelum ada sedimen) :
= $10,55 \text{ m}^2 \times 616 \text{ meter} = 6497 \text{ m}^3$
- Kapasitas saluran sat ini (terdapat sedimen) :
= $9,82 \text{ m}^2 \times 616 \text{ meter} = 6052 \text{ m}^3$
- Volume sedimen:
= $6497 \text{ m}^3 - 6052 \text{ m}^3 = 445 \text{ m}^3$
- Debit rencana (sebelum ada sedimen) :
Qrencana = Arencana x Vrencana
= $10,55 \text{ m}^2 \times 0,22 \text{ m/detik} = 2,37 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Debit eksisting (terdapat sedimen) :
Qeksisting = Aeksisting x Veksisting
= $4,55 \text{ m}^2 \times 0,13 \text{ m/detik} = 1,31 \text{ m}^3/\text{detik}$

Hasil perhitungan debit saluran untuk segmen lainnya selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.45.

Tabel 5.45 Hasil Perhitungan Debit Rencana dan Kapasitas Saluran Eksisting

A. Saluran Sekunder

Saluran Sekunder	Arencana	Aeksisting	Panjang (L)	Lebar		Z	Tinggi Sedimen Rata-Rata	Kapasitas Saluran (m ³)		Volume Sedimen	Kecepatan (m/dt)		Debit (m ³ /dt)	
	m ²	m ²		m	Atas (T)		Bawah (b)	m	Rencana		Eksisting	m ³	Rencana	Eksisting Rata-Rata
Kali Surabayan														
A2'-A2	10,55	9,82	616	2,20	2,10	0,01	0,34	6497	6052	445	0,22	0,13	2,37	1,31
Kali Tempel Sukorejo														
A1'-A1	15,51	14,80	2379	3,00	2,00	0,15	0,35	36899	35205	1693	0,18	0,15	2,79	2,22
Kali Kedung Anyar Wetan														
A3-A2	13,92	13,17	598	2,30	2,10	0,15	0,35	8325	7879	446	0,44	0,13	6,08	1,76
A2-A1	12,64	11,93	952	2,10	2,00	0,15	0,35	12030	11353	678	0,29	0,15	3,70	1,79
A1-A	12,19	11,56	582	2,10	2,00	0,15	0,31	7097	6728	369	0,28	0,17	3,46	1,93
Kali Kedung Anyar														
B1-B	15,08	14,20	2967	3,50	2,50	0,15	0,35	44756	42130	2626	0,21	0,20	3,19	2,84
Kali Genie Pelajar														
C1-C	11,19	10,64	810	2,20	1,80	0,15	0,30	9066	8618	449	0,44	0,25	4,91	2,66
Kali Petemon V														
D1-D	11,28	10,55	2076	2,30	2,10	0,15	0,34	23414	21910	1504	0,22	0,15	2,46	1,58
Kali Petemon Sidomulyo														
E1-E	8,17	7,59	1749	2,10	1,80	0,15	0,32	14291	13267	1024	0,18	0,15	1,49	1,14
Kali Pacuan Kuda														
F1-F	8,76	8,10	2893	2,00	1,90	0,15	0,34	25341	23422	1920	0,17	0,13	1,47	1,08
Kali Simo														
G1-G	43,56	37,17	2163	15,00	13,00	0,29	0,49	94227	80392	13835	0,89	0,65	38,77	24,16

Tabel 5.45 lanjutan

Saluran Sekunder	Arencana	Aeksisting	Panjang (L)	Lebar		Z	Tinggi Sedimen Rata-Rata	Kapasitas Saluran (m ³)		Volume Sedimen m ³	Kecepatan (m/dt)		Debit (m ³ /dt)		
	m ²	m ²		Atas (b2)	Bawah (b1)		m	Rencana	Eksisting		Rencana	Eksisting Rata-Rata	Rencana	Eksisting	
Kali Asem Bagus															
H1-H	18,28	16,93	1110	4,20	4,00	0,02	0,34	20293	18795	1498	0,20	0,15	3,62	2,54	
Kali Pasar Loak															
I1-I	11,01	10,13	1015	3,10	2,70	0,05	0,32	11172	10281	891	0,32	0,22	3,52	2,19	
Kali Tembok Gede															
Jb'-Jb	9,86	9,21	617	2,30	2,10	0,02	0,31	6081	5682	399	0,31	0,12	3,10	1,07	
Kali Semarang															
Ja'-Ja	10,92	10,20	1212	2,50	2,40	0,01	0,30	13238	12364	874	0,13	0,10	1,42	1,02	
Kali Margo Rukun															
Jc-Jb	15,01	13,96	452	3,40	3,30	0,01	0,32	6782	6310	473	0,26	0,17	3,88	2,33	
Jb-Ja	14,20	13,27	431	3,30	3,10	0,02	0,30	6122	5720	402	0,22	0,20	3,16	2,65	
Ja-J2	12,27	11,29	1526	3,10	3,00	0,01	0,33	18728	17231	1497	0,29	0,22	3,58	2,45	
Kali Demak Timur															
J'-J1	7,61	6,94	1512	2,10	1,90	0,02	0,35	11501	10491	1010	0,14	0,13	1,09	0,93	
Kali Dupak															
J3-J2	18,24	16,56	1322	4,80	4,70	0,01	0,36	24111	21892	2218	0,20	0,20	3,58	3,31	
J2-J1	17,29	15,71	1027	4,70	4,50	0,03	0,35	17755	16134	1621	0,30	0,23	5,12	3,67	
J1-J	14,44	12,81	1352	4,50	4,40	0,01	0,37	19524	17320	2204	0,48	0,30	6,86	3,84	
Kali Rembang															
K1-K	13,25	12,27	1512	3,20	2,90	0,03	0,34	20041	18545	1496	0,39	0,22	5,12	2,66	

Tabel 5.45 lanjutan

B. Saluran Primer Kali Greges

Saluran Primer	Arencana m ²	Aeksisting m ²	Panjang (L) m	Lebar		m	Tinggi Sedimen Rata-Rata m	Kapasitas Saluran (m ³)		Volume Sedimen m ³	Kecepatan (m/dt)		Debit (m ³ /dt)	
				Atas (b2)	Bawah (b1)			Rencana	Eksisting		Rencana	Eksisting Rata-Rata	Rencana	Eksisting
A-B	21,19	16,18	457	12,0	11,8	0,06	0,42	9683	7395	2287,63	0,47	0,37	10,04	5,93
B-C	22,45	16,33	366	13,2	12,9	0,09	0,47	8218	5976	2242,16	0,42	0,47	9,35	7,62
C-D	22,74	16,38	406	14,1	13,1	0,31	0,48	9232	6650	2581,80	0,44	0,53	9,91	8,74
D-E	23,93	17,19	324	15,2	14,3	0,29	0,47	7753	5570	2182,65	0,52	0,58	12,55	10,03
E-F	25,14	18,38	228	16,7	15,7	0,33	0,43	5681	4153	1527,61	0,67	0,60	16,98	11,03
F-G	25,63	17,94	335	17,9	16,2	0,59	0,47	8585	6010	2575,66	0,85	0,60	21,75	10,76
G-H	26,00	17,98	312	18,2	17,9	0,11	0,45	8112	5611	2501,26	0,89	0,63	23,23	11,39
H-I	25,97	17,34	616	19,1	18,2	0,35	0,47	15996	10679	5316,37	0,86	0,70	22,34	12,14
I-J	25,96	16,16	423	20,3	19,6	0,29	0,50	10983	6835	4147,70	0,90	0,73	23,30	11,85
J-K	25,72	16,04	210	21,8	20,3	0,64	0,47	5401	3368	2033,35	0,96	0,75	24,63	12,03
K-L	25,25	15,35	553	22,0	21,0	0,50	0,47	13966	8486	5479,62	0,90	0,80	22,70	12,28

Sumber :

(Tinggi Sedimen, Kecepatan Eksisting) : Hasil Pengukuran di Lapangan, 2016

(Panjang dan Lebar Saluran) : Dinas Bina Marga dan Pematuan dalam SDMP 2018

Gambar dimensi saluran yang terdapat sedimen dari hasil pengukuran tinggi sedimen di lapangan dan profil hidrolis segmen tiap saluran yang didapatkan dari Dinas Bina Marga dan Pematuan dan Hasil Observasi Lapangan masing-masing dapat dilihat pada Lampiran 3 Potongan Melintang Saluran Primer dan Sekunder Wilayah Studi dan Lampiran 4 Potongan Memanjang Saluran Primer dan Sekunder Wilayah Studi.

5.4 Analisis Genangan

5.4.1 Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dan Debit Limpasan

Dengan diketahuinya debit eksisting maksimum saluran dan debit limpasan, maka kedua nilai debit tersebut dibandingkan untuk mengetahui daya tampung kapasitas saluran yang ada saat ini dalam melayani debit limpasan. Berikut adalah contoh perbandingan antara debit eksisting maksimum yang mampu ditampung saluran eksisting (Qeksisting) dengan debit limpasan (Qlimpasan) pada segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayan.

Segmen A2'-A2 saluran sekunder Kali Surabayan:

- Debit limpasan (Qlimpasan) = 0,55 m³/detik ^(a)
- Debit eksisting (Qeksisting) = 1,31 m³/detik ^(b)
- Debit sisa (Qsisa) = Qeksisting – Qlimpasan
= (1,31 – 0,55) m³/detik
= 0,76 m³/detik

• Keterangan :

^(a) Tabel 5.43 halaman 179

^(b) Tabel 5.45 halaman 186

Hasil perhitungan selisih debit (Qsisa) antara kapasitas debit saluran eksisting (Qeksisting) dan debit limpasan (Qlimpasan) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.46 Hasil Perhitungan Selisih Kapasitas Saluran Eksisting dan Debit Limpasan

A. Saluran Sekunder

Saluran Sekunder	Qlimpasan	Qsaluran (m ³ /dt)		Qsisa	Kesimpulan
	(m ³ /dt)	Rencana	Eksisting	(m ³ /dt)	
Kali Surabayan					
A2'-A2	0,55	2,37	1,31	0,76	Memenuhi
Kali Tempel Sukorejo					
A1'-A1	0,23	2,79	2,22	1,99	Memenuhi
Kali Kedung Anyar Wetan					
A3-A2	0,30	6,08	1,76	1,46	Memenuhi
A2-A1	0,56	3,70	1,79	1,23	Memenuhi
A1-A	0,58	3,46	1,93	1,35	Memenuhi
Kali Kedung Anyar					
B1-B	0,27	3,19	2,84	2,57	Memenuhi
Kali Genie Pelajar					
C1-C	0,62	4,91	2,66	2,04	Memenuhi
Kali Petemon V					
D1-D	0,25	2,46	1,58	1,34	Memenuhi
Kali Petemon Sidomulyo					
E1-E	0,32	1,49	1,14	0,82	Memenuhi
Kali Pacuan Kuda					
F1-F	0,21	1,47	1,08	0,87	Memenuhi
Kali Simo					
G1-G	0,56	38,77	24,16	23,59	Memenuhi
Kali Asem Bagus					
H1-H	0,27	3,62	2,54	2,27	Memenuhi
Kali Pasar Loak					
I1-I	0,49	3,52	2,19	1,70	Memenuhi
Kali Tembok Gede					
Jb'-Jb	1,47	3,10	1,07	-0,40	Tidak Memenuhi
Kali Semarang					
Ja'-Ja	1,39	1,42	1,02	-0,37	Tidak Memenuhi

Tabel 5.46 lanjutan

Saluran Sekunder	Qlimpasan	Qsaluran (m ³ /dt)		Qsisa	Kesimpulan
	(m ³ /dt)	Rencana	Eksisting	(m ³ /dt)	
Kali Margo Rukun					
Jc -Jb	2,36	3,88	2,33	-0,03	Tidak Memenuhi
Jb-Ja	2,74	3,16	2,65	-0,09	
Ja-J2	2,82	3,58	2,45	-0,37	
Kali Demak Timur					
J'-J1	0,94	1,09	0,93	-0,02	Tidak Memenuhi
Kali Dupak					
J3-J2	3,33	3,58	3,31	-0,02	Tidak Memenuhi
J2-J1	3,89	5,12	3,67	-0,22	
J1-J	4,14	6,86	3,84	-0,30	
Kali Rembang					
J'-J1	0,29	5,12	2,66	2,37	Memenuhi

B. Saluran Primer Kali Greges

Saluran Primer	Qlimpasan	Qsaluran (m ³ /dt)		Qsisa	Kesimpulan
	(m ³ /dt)	Rencana	Eksisting	(m ³ /dt)	
A-B	1,56	0,47	5,93	4,37	Memenuhi
B-C	2,73	0,42	7,62	4,89	Memenuhi
C-D	3,70	0,44	8,74	5,04	Memenuhi
D-E	4,56	0,52	10,03	5,47	Memenuhi
E-F	7,20	0,67	11,03	3,82	Memenuhi
F-G	8,83	0,85	10,76	1,93	Memenuhi
G-H	8,87	0,89	11,39	2,52	Memenuhi
H-I	9,47	0,86	12,14	2,67	Memenuhi
I-J	8,95	0,90	11,85	2,90	Memenuhi
J-K	8,63	0,96	12,03	3,40	Memenuhi
K-L	12,23	0,90	12,28	0,05	Memenuhi

5.4.2 Analisis Volume dan Luas Genangan

Pada Tabel 5.46 diketahui bahwa terdapat 5 segmen saluran sekunder yang tidak dapat menampung limpasan air hujan sehingga air tersebut meluap yaitu :

1. Segmen Jb'-Jb (Saluran sekunder Kali Tembok Gede)
2. Segmen Ja'-Ja (Saluran sekunder Kali Semarang)
3. Segmen Jc-Jb, Segmen Jb-Ja, Segmen Ja-J2 (Saluran sekunder Kali Margo Rukun)
4. Segmen J'J1 (Saluran sekunder Kali Demak Timur)
5. Segmen J3-J2, Segmen J2-J1, Segmen J1-J (Saluran sekunder Kali Dupak)

Dari permasalahan tersebut dapat diketahui volume genangan yang terjadi dengan mencari selisih antara volume limpasan yang terjadi dengan kapasitas saluran yang ada saat ini. Luas persebaran genangan juga dapat diketahui untuk mengetahui luas dampak akibat saluran meluber. Berikut merupakan salah satu proses pengukuran tinggi genangan di Jalan Babadan akibat saluran sekunder Kali Demak Timur meluber yang dapat dilihat pada Gambar 5.30



Gambar 5.30 Pengukuran Tinggi Genangan

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di Jalan Babadan, (07/03/2016)

Berikut merupakan contoh perhitungan volume genangan pada segmen Jb'-Jb saluran sekunder Kali Tembok Gede.

Segmen Jb'-Jb saluran sekunder Kali Tembok Gede

- $Q \text{ sisa} = Q_{\text{melimpah}} = 0,40 \text{ m}^3/\text{detik}$ ^(a)
 - Lama genangan = 240 menit = 14400 detik ^(b)
 - Tinggi genangan = 0,3 meter ^(b)
- Keterangan :
- (a): Tabel 5.46 halaman 190
 - (b): Hasil Observasi Lapangan tanggal 16 April 2016
- Volume genangan = $Q \text{ melimpah} \times \text{lama genangan}$
 $= 0,40 \text{ m}^3/\text{detik} \times 14400 \text{ detik}$
 $= 5697 \text{ m}^3$
 - Luas genangan:
 $= \text{volume genangan} : \text{tinggi genangan}$
 $= 5697 \text{ m}^3 : 0,3 \text{ m}$
 $= 18989 \text{ m}^2$

Data perhitungan volume genangan untuk segmen yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.47

Tabel 5.47 Hasil Perhitungan Volume dan Luas Genangan

Saluran Sekunder	Debit Melimpah	Lama Genangan	Tinggi Genangan	Volume Genangan	Luas Genangan	
	^(a) m ³ /detik	^(b) detik	^(b) meter		m ²	ha
Kali Tembok Gede						
Jb'-Jb	0,40	14400	0,3	5697	18989	1,90
Kali Semarang						
Ja'-Ja	0,37	14400	0,4	5326	13314	1,33
Kali Margo Rukun						
Jc -Jb	0,03	9000	0,3	301	1003	0,10
Jb-Ja	0,09	9000	0,3	770	2568	0,26
Ja-J2	0,37	9000	0,3	3361	11204	1,12

Tabel 5.47 lanjutan

Saluran Sekunder	Debit Melimpah	Lama Genangan	Tinggi Genangan	Volume Genangan	Luas Genangan	
	(a) m ³ /detik	(b) detik	(b) meter	m ³	m ²	ha
Kali Demak Timur						
J'-J1	0,02	9000	0,4	147	366	0,04
Kali Dupak						
J3-J2	0,02	7200	0,4	130	324	0,03
J2-J1	0,22	7200	0,4	1615	4038	0,40
J1-J	0,30	7200	0,4	2137	5343	0,53
Total				19483	57149	5,71

Keterangan :

(a): Tabel 5.46 halaman 190

(b): Hasil Observasi Lapangan tanggal 16 April 2016

Dari Tabel 5.47 diketahui bahwa jumlah total volume genangan mencapai 19.483 m³ dengan lama waktu genangan maksimum 240 menit dengan luas genangan mencapai 57.149 m² atau 5,71 ha. Berikut adalah lokasi genangan periode Februari-April 2016 yaitu kapasitas saluran eksisting yang tidak dapat menampung debit limpasan dan beberapa wilayah Sistem Pematusan Greges yang dapat Lampiran 5 Peta Lokasi Genangan Tahun 2016

5.5 Alternatif Rencana Tindak Lanjut

Selain permasalahan genangan, pada wilayah studi ada beberapa permasalahan lainnya, yaitu dalam waktu yang bersamaan terjadi laut pasang, bozem utara dan selatan penuh, dan intensitas hujan yang tinggi terjadi dalam waktu yang lama. Kejadian itu terjadi seperti dari hasil observasi lapangan yang dilakukan pada tanggal 16 April 2016 yang merupakan salah satu bencana banjir atau genangan yang paling besar.

Dalam menanggapi hal tersebut, ada beberapa alternatif rencana tindak lanjut yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan genangan yang ada pada 5 segmen saluran sekunder dan permasalahan lain yang telah disebutkan

sebelumnya, antara lain:

1. Dilakukan pengerukan terhadap sedimen dan sampah pada segmen yang tidak mampu menampung debit limpasan.
2. Dilakukan evaluasi terhadap kapasitas pompa banjir saat eksisting dalam menanggapi volume genangan.
3. Dilakukan analisis *Standard Operating Procedure* (SOP) Pengoperasian Pompa Sistem Pematusan Greges.

Berikut adalah masing-masing analisis yang dilakukan.

5.5.1 Alternatif Pengerukan

Pengerukan sedimen merupakan salah satu rencana tindak lanjut yang menjadi prioritas untuk dilakukan karena ketika kapasitas saluran sekunder yang ada tidak terdapat sedimen, dapat diprediksikan saluran tersebut mampu menampung debit limpasan hujan. Berikut merupakan contoh kegiatan pengerukan yang dilakukan Dinas Bina Marga dan Pematusan di saluran sekunder Kali Dupak yang dapat dilihat pada Gambar 5.31.



Gambar 5.31 Kegiatan Pengerukan

Sumber: Hasil Observasi Lapangan di saluran sekunder Kali Dupak, (10/03/2016)

Berikut adalah contoh perhitungan segmen Jb'-Jb saluran sekunder Kali Tembok Gede yang membuktikan bahwa pada kondisi saat ini tidak mampu menampung debit limpasan air hujan meskipun telah dilakukan kegiatan rutin pengerukan yang

dilakukan oleh Dinas Bina Marga dan Pematuan.

Segmen Jb'-Jb saluran sekunder Kali Tembok Gede:

- Debit limpasan (Qlimpasan)= 1,47 m³/detik ^(a)
- Debit rencana (Qrencana) = 3,10 m³/detik ^(a)
- Debit eksisting (Qeksisting) = 1,07 m³/detik ^(a)

Keterangan :

^(a) Tabel 5.46 halaman 190

- Ketika terdapat sedimen:

$$Q \text{ sisa} = Q_{\text{eksisting}} - Q_{\text{limpasan}}$$

$$= 1,07 \text{ m}^3/\text{detik} - 1,47 \text{ m}^3/\text{detik} = - 0,40 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Nilai negatif menunjukkan bahwa saluran tersebut tidak mampu menampung debit limpasan yang ada.

- Ketika saluran tersebut dilakukan pengerukan sedimen

$$Q \text{ sisa} = Q_{\text{rencana}} - Q_{\text{limpasan}}$$

$$= 3,10 \text{ m}^3/\text{detik} - 1,47 \text{ m}^3/\text{detik} = 1,63 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Nilai positif menunjukkan bahwa saluran tersebut mampu menampung debit limpasan yang ada ketika dilakukan pengerukan sedimen. Berikut perhitungan yang menunjukkan bahwa saluran sekunder yang mampu menampung limpasan hujan dapat dilihat pada Tabel 5.48.

Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Analisis Pengerukan

No	Saluran Sekunder	Volume Sedimen	Qrencana	Q limpasan	Qsisa	Keterangan
		m ³	m ³ /dt	m ³ /dt	m ³ /dt	
1	Kali Tembok Gede					memenuhi
	Jb'-Jb	399	3,10	1,47	1,63	
2	Kali Semarang					memenuhi
	Ja'-Ja	874	1,42	1,39	0,03	

Tabel 5.48 lanjutan

No	Saluran Sekunder	Volume Sedimen	Qrencana	Q limpasan	Qsisa	Keterangan
		m ³	m ³ /dt	m ³ /dt	m ³ /dt	
3	Kali Margo Rukun					memenuhi
	Jc -Jb	473	3,88	2,36	1,52	
	Jb-Ja	402	3,16	2,74	0,42	
	Ja-J2	1497	3,58	2,82	0,76	
4	Kali Demak Timur					memenuhi
	J'-J1	1010	1,09	0,94	0,14	
5	Kali Dupak					memenuhi
	J3-J2	2218	3,58	3,33	0,25	
	J2-J1	1621	5,12	3,89	1,23	
	J1-J	2204	6,86	4,14	2,72	
Total		10697				

Dari Tabel 5.48 diketahui bahwa setelah dilakukan pengerukan sedimen diketahui bahwa 5 segmen saluran sekunder dapat menampung debit limpasan air hujan dengan total volume sedimen adalah 10697 m³. Meskipun pengerukan sedimen di prioritaskan untuk saluran yang tidak mampu menampung debit limpasan, juga ada baiknya dilakukan pada seluruh saluran primer dan sekunder wilayah studi yang dilakukan secara rutin dan maksimal oleh Dinas Bina Marga dan Pematuan.

5.5.2 Evaluasi Kapasitas Pompa Eksisting

Pada Tabel 5.47 di halaman 193, diketahui bahwa total volume genangan mencapai 19.483 m³. Pada evaluasi pompa ini dilakukan perhitungan dengan cara membandingkan kemampuan kapasitas pompa eksisting dalam melayani volume genangan. Dilakukan analisis kapasitas pompa eksisting di

Rumah Pompa Dupak Bandarejo dan Rumah Pompa Greges.

A. Analisis pompa di Rumah Pompa Dupak Bandarejo

Rumah pompa Dupak Bandarejo melayani saluran sekunder Kali Dupak yang merupakan muara dari saluran sekunder Kali Demak Timur dan Kali Margo Rukun. Saluran sekunder Kali Margo Rukun juga merupakan muara dari saluran sekunder Kali Tembok Gede dan Kali Semarang.

Rumah pompa Dupak Bandarejo beroperasi pada tahun 2004. Berikut merupakan sarana dan prasarana di rumah pompa Dupak Bandarejo (Dinas Bina Marga dan Pematusan, 2015):

- Tipe pompa : *Submersible Propeller Pump*
- Jumlah pompa : 3 pompa banjir + 1 pompa lumpur
- Jenis 3 buah pompa banjir yaitu 750 KPL 50 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 1,5 m³/detik
 - Motor : 100 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 1 buah pompa lumpur yaitu 200 KPL 45 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 0,25 m³/detik
 - Motor : 45 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 1 jenset pompa lumpur yaitu Jondier 800 kvA

Dari hasil wawancara dengan operator rumah pompa Dupak Bandarejo dikatakan bahwa saat rumah pompa Dupak Bandarejo di operasikan, 3 pompa banjir dioperasikan semua.

Berikut analisis pompa di rumah pompa Dupak Bandarejo:

- Kapasitas total pompa banjir awal (Qawal):
 - = (3 x 1,5 m³/detik)
 - = 4,5 m³ /detik

Untuk mengetahui kemampuan waktu pengoperasian pompa di Rumah Dupak Bandarejo dalam melayani volume genangan

yang telah diketahui. Berikut adalah perhitungan jika pompa banjir dioperasikan semua dalam melayani volume genangan

- Volume genangan = 19.483 m³ (Tabel 5.47)

- Kapasitas total pompa saat ini (Q pompa eksisting)

$$= 3,6 \text{ m}^3/\text{detik}$$

(Laporan Pemeliharaan Pompa Dinas Bina Marga dan Pematusan, 2015)

- Faktor depresiasi kinerja 3 pompa banjir selama 12 tahun:

$$\% = 100\% - ((Q_{\text{eksisting}}/ Q_{\text{awal}}) \times 100\%)$$

$$= 100\% - ((3,6/4,5) \times 100\%)$$

$$= 20 \%$$

- Lama waktu operasi pompa (t pompa)

$$\frac{\text{Volume genangan}}$$

$$= Q_{\text{pompa eksisting}}$$

$$\frac{19.483 \text{ m}^3}$$

$$= 3,6 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 5412 \text{ detik} = 91 \text{ menit}$$

Dari perhitungan, diketahui bahwa kapasitas total 3 pompa banjir pada Rumah Pompa Dupak Bandarejo saat ini yaitu 3,6 m³/detik yang telah beroperasi selama 12 tahun. Dengan volume genangan yang berada wilayah pelayanan rumah pompa Dupak Bandarejo yaitu 19.483 m³, diketahui dengan lama waktu operasi pompa selama 91 menit volume genangan akan hilang.

Namun, dengan waktu minimum pemompaan yaitu 91 menit tentunya ada pemikiran untuk mengganti atau menambah kapasitas pompa eksisting untuk pengoperasian pompa dalam mempercepat volume genangan lebih cepat. Berdasarkan diskusi dengan pihak terkait, hal tersebut tidak dimungkinkan apabila 1 atau semua pompa eksisting diganti atau ditambah dengan kapasitas pompa yang lebih besar dikarenakan biaya pengadaan dan pengoperasional yang besar. Dari pihak terkait, telah disiapkan sarana dalam mengatasi hal tersebut yaitu pompa non permanen. Pengadaan pompa non

permanen telah disiapkan pihak terkait di wilayah-wilayah yang rawan akan genangan. Berikut adalah pompa non permanen yang dapat dilihat pada Gambar 5.32.



Gambar 5.32 Pompa Non Permanen
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2016

B. Analisis pompa di Rumah Pompa Greges

Rumah pompa Greges melayani wilayah Sistem Pematusan Greges, meliputi wilayah Kecamatan Krembangan, sebagian wilayah Kecamatan Tegalsari, Sawahan, Asemrowo, Pabean Cantikan, dan Suko Manunggal dengan total luas wilayah seluas 1.520 ha

Rumah pompa Greges beroperasi pada awal tahun 2012. Berikut merupakan sarana dan prasarana di rumah pompa Greges (Dinas Bina Marga dan Pematusan, 2015):

- Tipe pompa : *Submersible Propeller Pump*
- Jumlah pompa : 6 pompa banjir + 2 pompa lumpur
- Jenis 5 buah pompa banjir yaitu 900 KPL 75 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 2 m³/detik

- Motor : 150 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 1 buah pompa banjir yaitu 1000 KPL 110 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 3 m³/detik
 - Motor : 250 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 2 buah pompa lumpur yaitu 200 KPL 45 dengan spesifikasi:
 - Kapasitas : 20 m³/menit
 - Motor : 45 Kw, 3 - 380 V 50 Hz
- Jenis 2 jenset pompa lumpur yaitu Jondier 800 kVA

Dari hasil wawancara dengan operator rumah pompa Greges dikatakan bahwa saat rumah pompa Greges di operasikan, 6 pompa banjir dioperasikan semua.

- Kapasitas total pompa air awal (Qawal):
 - = (5 x 2 m³/detik) + (1 x 3 m³/detik)
 - = 13 m³ /detik

Untuk mengetahui kemampuan kapasitas pompa di Rumah Dupak Bandarejo dalam melayani aliran air (*run off*), berikut analisis pompa di rumah pompa Greges:

- Kapasitas saluran primer Kali Greges eksisting
 - = 6430,28 m³
 - (Perhitungan rata-rata kapasitas saluran eksisting di Tabel 5.45)
- Debit limpasan (Qlimpasan) = 12,23 m³/detik
- Lama intensitas hujan (t hujan) = 90 menit = 5400 detik
- Kapasitas total pompa saat ini (Qeksisting)
 - = 11,5 m³ /detik
 - (Laporan Pemeliharaan Pompa Dinas Bina Marga dan Pematusan, 2015)
- Faktor depresiasi kinerja 6 pompa banjir :
 - % = 100% - ((Qeksisting/ Q awal) x 100%)
 - = 100% - ((11,5/13) x 100%)

= 12 %

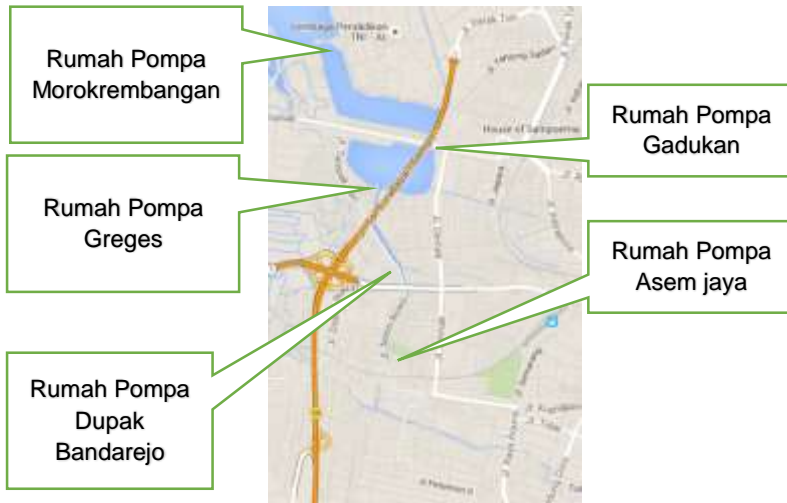
- Lama waktu operasi pompa (t pompa)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Kapasitas saluran eksisting}}{Q_{\text{pompa eksisting}}} \\ &= \frac{6430,28 \text{ m}^3}{11,5 \text{ m}^3/\text{detik}} \\ &= 559 \text{ detik} = 10 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dari perhitungan, diketahui bahwa kapasitas total 6 pompa banjir pada rumah pompa Greges saat ini yaitu $11,5 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang telah beroperasi selama 4 tahun. Dengan kapasitas saluran eksisting saluran primer Kali Greges yaitu $6430,28 \text{ m}^3$, diketahui dengan lama waktu operasi pompa zminimum dalam pengoperasian pompa yaitu selama 10 menit. Sehingga tidak perlu dilakukan penambahan atau penggantian pompa banjir.

5.5.3 Analisis SOP Pengoperasian Pompa Eksisting

Alur Sistem Pematuan Greges eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.33



Gambar 5.33 Alur Pengoperasian Pompa Sistem Pematuan Greges

Sumber: *Google Maps*

Dari alur tersebut, diketahui bahwa Sistem Pematuan Greges sangat dekat dengan laut dan berpotensi sangat besar terjadinya persebaran genangan yang luas dan tinggi genangan menjadi lebih tinggi apabila terjadi aliran balik (*back water*) akibat laut pasang. Hal tersebut akan sangat berisiko apabila dalam waktu yang bersamaan wilayah Sistem pematuan Greges terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi. Hal itu terjadi dari hasil observasi di lapangan tanggal 16 April 2016.

Dari hasil wawancara dengan masing-masing pihak operator rumah pompa, dalam menanggapi permasalahan tersebut dilakukan solusi berdasarkan kondisi di lapangan antara lain: (SOP Pengoperasian Pompa Hasil wawancara operator rumah pompa, 2016)

1. Kondisi sebelum terjadi laut pasang dan turunnya hujan.
2. Kondisi saat terjadi laut pasang dan turunnya hujan.
3. Kondisi setelah terjadi laut pasang dan turunnya hujan.

Berikut adalah masing-masing solusi menanggapi permasalahan dari ketiga kondisi tersebut:

A. Kondisi sebelum terjadi laut pasang dan turunnya hujan

Informasi cuaca dalam membuat sebuah solusi pada keadaan ini sangat penting. Dengan diketahuinya potensi hujan dengan intensitas yang akan terjadi dan waktu terjadinya laut pasang, maka dapat dilakukan beberapa tindakan agar tidak terjadi aliran balik (*back water*) akibat laut pasang dan hujan dalam waktu yang bersamaan. Maka, berikut adalah solusi sebelum terjadi laut pasang dan turunnya hujan: (SOP Pengoperasian Pompa Hasil wawancara operator rumah pompa, 2016)

1. Dilakukan komunikasi dengan Kepala Rayon Genteng mengenai informasi cuaca yang akan terjadi dan tindakan yang akan dilakukan.
2. Pompa banjir di Rumah Pompa Asem Jaya seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air di saluran tersier

Kali Asem Jaya lebih dari 30 centimeter atau atas perintah dari Kepala Rayon.

3. Pompa banjir di Rumah Pompa Dupak Bandarejo seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air di saluran sekunder Kali Dupak lebih dari 2 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon.
4. Pompa banjir di Rumah Pompa Greges seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air minimum di saluran primer Kali Greges lebih dari 2 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon.
5. Pompa banjir di Rumah Pompa Gadukan seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air di Boezem Morokrengan Selatan lebih dari 1 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon.
6. Pompa banjir di Rumah Pompa Morokrengan seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air di Boezem Morokrengan Utara lebih dari 1 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon.

B. Kondisi saat terjadi laut pasang dan turunnya hujan.

Pada kondisi ini merupakan kondisi yang sangat berpotensi terjadinya banjir apabila terjadi kesalahan pengoperasional di wilayah Sistem Pematusan Greges. Pada kondisi ini yaitu terjadinya laut pasang dan hujan, berikut adalah solusi yang bisa dilakukan. (Hasil wawancara operator shift pagi rumah pompa, 2016)

1. Dilakukan komunikasi yang terintegrasi antara Kepala Rayon Genteng, petugas di lokasi yang terjadi genangan, dan masing-masing operator rumah pompa di wilayah Sistem Pematusan Greges.
2. Pompa banjir di Rumah Pompa Asem Jaya yang melayani saluran tersier Kali Asem Jaya seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 30 cm atau atas perintah dari Kepala Rayon.

3. Pompa banjir di Rumah Pompa Dupak Bandarejo yang melayani saluran sekunder Kali Dupak seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 2 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon.
4. Pompa banjir di Rumah Pompa Greges yang melayani saluran primer Kali Greges seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 2 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon.
5. Pompa banjir di Rumah Pompa Gadukan yang melayani Boezem Morokrempangan Selatan seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 1 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon.
6. Pompa banjir di Rumah Pompa Morokrempangan yang melayani Boezem Morokrempangan Utara seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 1 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon.

C. Keadaan setelah terjadi laut pasang dan turunnya hujan.

Pada kondisi ini merupakan kondisi dimana telah terjadinya genangan. Sehingga solusi yang bisa dilakukan adalah cara agar genangan itu tidak terjadi dalam waktu yang lama. Berikut adalah langkah-langkah solusinya: (Hasil wawancara operator rumah pompa, 2016)

1. Dilakukan komunikasi yang terintegrasi antara Kepala Rayon Genteng, petugas yang di lokasi genangan, dan masing-masing operator rumah pompa di wilayah Sistem Pematusan Greges.
2. Pompa banjir di Rumah Pompa Asem Jaya yang melayani saluran tersier Kali Asem Jaya seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 30 cm dan tidak ada lokasi banjir pada wilayah yang dilayani rumah pompa ini atau atas perintah dari Kepala Rayon.
3. Pompa banjir di Rumah Pompa Dupak Bandarejo yang melayani saluran sekunder Kali Dupak seluruhnya

- dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 2 meter dan tidak ada lokasi banjir pada wilayah yang dilayani rumah pompa ini atau atas perintah dari Kepala Rayon.
4. Pompa banjir di Rumah Pompa Greges yang melayani saluran primer Kali Greges seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 2 meter dan tidak ada lokasi banjir pada wilayah yang dilayani rumah pompa ini atau atas perintah dari Kepala Rayon.
 5. Pompa banjir di Rumah Pompa Gadukan yang melayani Boezem Morokrengan Selatan seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 1 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon..
 6. Pompa banjir di Rumah Pompa Morokrengan yang melayani Boezem Morokrengan Utara seluruhnya dioperasikan apabila tinggi muka air lebih dari 1 meter atau atas perintah dari Kepala Rayon..

Namun, dari hasil wawancara dengan masing-masing operator rumah pompa ada perbedaan pendapat dalam hal pengoperasional antara operator yang berjaga pada shift pagi dan shift malam. Hal ini disebabkan karena tidak adanya *Standard Operating Procedure* (SOP) pengoperasian pompa secara tertulis pada wilayah Sistem Pematuan Greges. Berikut adalah lokasi genangan akibat tidak adanya SOP Pengoperasian Pompa secara tertulis dalam menanggapi faktor alam yaitu terjadi laut pasang dan curah hujan yang tinggi yang dapat dilihat pada Lampiran 5 Peta Genangan Sistem Pematuan Greges Tahun 2016.

5.6 SOP Pengoperasian Pompa Sistem Pematuan Greges

Dikarenakan belum adanya SOP pada wilayah studi secara tertulis melainkan berdasarkan pengalaman dari pihak-pihak terkait yang berada di lapangan, berikut adalah SOP Pengoperasian Pompa yang digunakan berdasarkan dari hasil diskusi dengan Kepala Rayon Genteng pada wilayah Sistem

Pematusan Greges (Hasil Diskusi dengan Kepala Rayon Genteng mengenai SOP Pengoperasian Pompa).

A. SOP Sebelum Terjadinya Hujan dan Laut Pasang Pada Waktu Bersamaan.

1. Dilakukan komunikasi dengan pihak Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) mengenai potensi hujan yang akan terjadi
2. Menyebarkan petugas-petugas di lokasi yang menjadi rawan banjir.
3. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Asem Jaya:
 - Memberi perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di saluran tersier Kali Asem Jaya lebih dari 30 centimeter
4. SOP Pengoperasian Pompa Rumah di Pompa Dupak Bandarejo:
 - Memberi perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di saluran sekunder Kali Dupak lebih dari 2 meter.
5. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Greges:
 - Memberi perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di saluran primer Kali Greges lebih dari 2 meter.
6. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Gadukan:
 - Memberi perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di Boezem Morokrembangan Selatan lebih dari 1 meter.
7. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Morokrembangan:
 - Memberi perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi

muka air di Boezem Morokrembangan Utara lebih dari 1 meter.

B. SOP Saat Terjadinya Hujan dan Laut Pasang Pada Waktu Bersamaan.

1. Dilakukan komunikasi yang terintegrasi antara Kepala Rayon Genteng, petugas di lokasi rawan genangan, dan masing-masing operator rumah pompa di wilayah Sistem Pematusan Greges.
2. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Asem Jaya:
 - Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di saluran tersier Kali Asem Jaya.
 - Kepala Rayon menanyakan informasi ke petugas yang berada di lokasi rawan genangan yang dilayani rumah pompa ini.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di saluran tersier Kali Asem Jaya lebih dari 30 centimeter.
 - Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon yang mendapatkan informasi dari petugas terkait wilayah yang telah terjadi banjir di wilayah pelayanan rumah pompa atau dilakukan mandiri oleh operator rumah pompa dengan melihat tinggi muka air di saluran tersier Kali Asem Jaya.
3. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Dupak Bandarejo:
 - Kepala Rayon menanyakan informasi ke petugas yang berada di lokasi rawan genangan yang dilayani rumah pompa ini.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi

muka air di saluran sekunder Kali Dupak lebih dari 2 meter.

- Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon yang mendapatkan informasi dari petugas terkait wilayah yang telah terjadi banjir di wilayah pelayanan rumah pompa atau dilakukan mandiri oleh operator rumah pompa dengan melihat tinggi muka air di saluran sekunder Kali Dupak.
4. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Greges:
- Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di saluran primer Kali Greges.
 - Kepala Rayon menanyakan informasi ke petugas yang berada di lokasi rawan genangan yang dilayani rumah pompa ini.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di saluran tersier Kali Dupak lebih dari 2 meter
 - Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon yang mendapatkan informasi dari petugas terkait wilayah yang telah terjadi banjir di wilayah pelayanan rumah pompa atau dilakukan mandiri oleh operator rumah pompa dengan melihat tinggi muka air di saluran primer Kali Greges.
5. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Gadukan:
- Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di bozem morokrempangan selatan.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di bozem morokrempangan selatan lebih dari 1 meter.
 - Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon dan operator rumah pompa Greges atau

dilakukan mandiri oleh operator rumah pompa dengan melihat tinggi muka air di boezem morokreimbangan selatan.

6. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Morokreimbangan:

- Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di bozem morokreimbangan selatan.
- Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di bozem morokreimbangan selatan lebih dari 1 meter.
- Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon dan operator rumah pompa Greges atau dilakukan mandiri oleh operator rumah pompa dengan melihat tinggi muka air di boezem morokreimbangan utara.

C. SOP Setelah Terjadinya Hujan dan Laut Pasang Pada Waktu Bersamaan.

1. Dilakukan komunikasi yang terintegrasi antara Kepala Rayon Genteng, petugas di lokasi yang terjadi genangan, dan masing-masing operator rumah pompa di wilayah Sistem Pematusan Greges.
2. SOP Pengoperasian Pompa Rumah di Pompa Asem Jaya:
 - Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di saluran tersier Kali Asem Jaya.
 - Kepala Rayon menanyakan informasi ke petugas yang berada di lokasi terjadinya genangan yang dilayani rumah pompa ini.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi

muka air di saluran tersier Kali Asem Jaya lebih dari 30 centimeter.

- Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon yang mendapatkan informasi dari petugas terkait wilayah yang telah terjadi banjir di wilayah pelayanan rumah pompa atau dilakukan mandiri dengan melihat tinggi muka air di saluran tersier Kali Asem Jaya.
3. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Dupak Bandarejo:
- Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di saluran tersier Kali Dupak.
 - Kepala Rayon menanyakan informasi ke petugas yang berada di lokasi terjadinya genangan yang dilayani rumah pompa ini.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di saluran tersier Kali Dupak lebih dari 2 meter.
 - Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon yang mendapatkan informasi dari petugas terkait wilayah yang telah terjadi banjir di wilayah pelayanan rumah pompa atau dilakukan mandiri dengan melihat tinggi muka air di saluran sekunder Kali Dupak.
4. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Greges:
- Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di saluran perimer Kali Greges.
 - Kepala Rayon menanyakan informasi ke petugas yang berada di lokasi terjadinya genangan yang dilayani rumah pompa ini.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di saluran primer Kali Greges lebih dari 2 meter.

- Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon yang mendapatkan informasi dari petugas terkait wilayah yang telah terjadi banjir di wilayah pelayanan rumah pompa atau dilakukan mandiri dengan melihat tinggi muka air di saluran primer Kali Greges.
5. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Gadukan:
- Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di boezem morokrempangan selatan.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di boezem morokrempangan selatan lebih dari 1 meter.
 - Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon yang mendapatkan informasi dari operaor rumah pompa Greges apabila pompa banjir telah dioperasikan atau dilakukan mandiri oleh operator rumah pompa Gadukan dengan melihat tinggi muka air di boezem morokrempangan selatan.
6. SOP Pengoperasian Pompa di Rumah Pompa Morokrempangan:
- Kepala Rayon menanyakan informasi ke operator rumah pompa mengenai tinggi muka air di boezem morokrempangan utara.
 - Memberikan perintah operator rumah pompa untuk mengoperasikan pompa banjir seluruhnya apabila tinggi muka air di boezem morokrempangan utara lebih dari 1 meter.
 - Waktu operasi pompa disesuaikan dengan perintah Kepala Rayon yang mendapatkan informasi dari operaor rumah pompa Gadukan apabila pompa banjir telah dioperasikan atau dilakukan mandiri oleh operator rumah pompa Morokrempangan dengan melihat tinggi muka air di boezem morokrempangan utara.

5.7 Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Pada tugas akhir ini yang berjudul “Evaluasi Timbulnya Genangan Pada *Catchment Area* Sistem Pematuan Greges Yang Dilayani Rumah Pompa Greges di Rayon Genteng Surabaya” diketahui penyebab timbulnya genangan wilayah studi disebabkan beberapa faktor, antara lain faktor alami dan faktor teknis.

Faktor alami terjadinya genangan yaitu laut pasang dan curah hujan yang tinggi yang terjadi dalam waktu bersamaan Sedangkan faktor teknis terjadinya genangan disebabkan karena 5 segmen saluran sekunder yaitu Kali Tembok Gede, Kali Semarang, Kali Margo Rukun, Kali Dupak, Kali Demak Timur, dan Kali Dupak tidak mampu menampung debit limpasan air hujan karena kapasitas saluran kondisi saat ini yaitu terdapat sedimen dan sampah yang menyebabkan terjadinya pendangkalan sehingga kapasitas saluran tersebut menurun.

Dari hasil analisis penyebab timbulnya genangan diketahui apabila dilakukan tindak lanjut berupa pengerukan pada 5 segmen saluran sekunder tersebut mampu menampung debit limpasan air hujan.

5.7.1 *Bill of Quantity* (BOQ) Pengerukan

Bill of Quantity (BOQ) merupakan perincian jumlah dari seluruh peralatan dan pekerjaan yang dibutuhkan. Dari hasil analisis pengerukan diketahui perlu dilakukan pengerukan yang menjadi prioritas pada 5 segmen saluran sekunder tersebut agar mampu menampung debit limpasan air hujan. Berikut adalah volume dan metode pengerukan sedimen yang perlu dilakukan pada masing-masing segmen yang dapat dilihat pada Tabel 5.49

Tabel 5.49 Volume dan Metode Pengerukan Sedimen Tiap Segmen

No.	Saluran Sekunder	Volume Sedimen (m ³)	Metode Pengerukan
1	Kali Tembok Gede	399	Manual
2	Kali Semarang	874	Manual
3	Kali Margo Rukun	2372	Dengan Alat Berat
4	Kali Demak Timur	1010	Dengan Alat Berat
5	Kali Dupak	6043	Dengan Alat Berat
Total		10697	

Dari tabel diatas, diketahui ada perbedaan metode pengerukan. Dilakukan metode pengerukan secara manual dikarenakan Kali Tembok Gede dan Kali Semarang tidak terlalu lebar dan akses jalannya tidak mampu di lewati alat berat, sedangkan metode pengerukan dilakukan dengan alat berat dikarenakan saluran sangat panjang dan lebar

Selain diketahui total volume sedimen pada 5 segmen saluran sekunder yaitu 10.697 m³. Pada *perhitungan Bill of Quantitiy* (BOQ) pengerukan saluran digunakan metode pengerukan manual dan dengan alat berat. Berikut adalah BOQ metode pengerukan manual dan dengan alat berat yang dapat dilihat pada Tabel 5.50 dan Tabel 5.51.

Tabel 5.50 BOQ Pengerukan Saluran Secara Manual

Analisa	Indeks	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1 m³ pengerukan saluran				
<u>Bahan:</u>				
Glangsing 25 kg (Isi 150 kg sedimen)	12	lembar	Rp 2.150	Rp25.800
<u>Sewa Peralatan</u>				
Sewa truk kelas 3 dalam kota	0,01	hari	Rp778.500	Rp 7.785
<u>Upah:</u>				
Pembantu tukang	0,4	orang/hari	Rp 99.000	Rp39.600
Mandor	0,040	orang/hari	Rp120.000	Rp 4.800
Nilai HSPK				Rp77.985

Tabel 5.51 BOQ Pengerukan Saluran Dengan Alat Berat

Analisa	Indeks	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1 m³ pengerukan saluran				
<u>Sewa Peralatan:</u>				
Sewa bucket dan Crane/Draglin Scraper	0,15	jam	Rp 81.400	Rp 12.210
Sewa truk kelas 3 dalam kota	0,08	hari	Rp 778.500	Rp 62.280
<u>Upah:</u>				
Pembantu tukang	0,226	orang/hari	Rp 99.000	Rp 22.374
Mandor	0,007	orang/hari	Rp 120.000	Rp 840
Nilai HSPK				Rp 97.704

Sumber: Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Surabaya, 2015

Dari tabel diatas, dapat dihitung kebutuhan peralatan dan tenaga kerja. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan peralatan dan tenaga kerja untuk segmen Kali Tembok Gede:

- Metode pengerukan: manual
- Volume sedimen = 399 m³
- Jumlah glangsing = volume sedimen = 399 buah
- Sewa truck dengan kapasitas 6 m³

$$\text{Jumlah unit truk} = \frac{\text{Volume Sedimen}}{6 \text{ m}^3} = \frac{399 \text{ m}^3}{6 \text{ m}^3} = 66 \text{ unit truk}$$
- Jumlah pembantu tukang.
 1 pembantu tukang dapat mengeruk 20 m³ sedimen, sehingga

$$= \frac{\text{Volume Sedimen}}{20 \text{ m}^3} \times 1 \text{ pembantu tukang}$$

$$= \frac{399 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3} \times 1 \text{ pembantu tukang} = 20 \text{ pembantu tukang}$$

- Jumlah mandor:
 1 mandor dapat mengkoordinir 20 pembantu tukang, sehingga

$$= \frac{\text{Jumlah pembantu tukang}}{20 \text{ pembantu tukang}} \times 1 \text{ mandor}$$

$$= \frac{20 \text{ pembantu tukang}}{20 \text{ pembantu tukang}} \times 1 \text{ mandor} = 1 \text{ mandor}$$

Perhitungan kebutuhan peralatan dan tenaga kerja selengkapnya untuk tiap segmen dapat dilihat pada Tabel 5.52.

Tabel 5.52 Hasil Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) Peralatan dan Tenaga Kerja

Saluran Sekunder	Volume Sedimen	Jumlah Glangsing	Kapasitas Crane	Jumlah Crane	Kapasitas Truk	Jumlah Truk	Kemampuan pembantu tukung mengeruk	Jumlah Pembantu tukung	Kemampuan mandor mengkoordinir pembantu tukung	Jumlah Pembantu Mandor	Metode Pengerukan
	m ³	buah	m ³	unit	m ³	unit	m ³	orang	orang	orang	
Kali Tembok Gede	399	399	-	-	6	66	20	20	20	1	Manual
Kali Semarang	674	674	-	-	6	146	20	44	20	2	Manual
Kali Mangrove Rekon	2372	-	100	24	6	392	20	119	20	1	Dengan Alat Berat
Kali Demak Timur	1010	-	100	10	6	168	20	50	20	1	Dengan Alat Berat
Kali Dupak	6043	-	100	60	6	1007	20	302	20	15	Dengan Alat Berat
Total	10697	1272	-	94	-	1783	-	535	-	27	

5.7.2 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Pengerukan

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) merupakan biaya-biaya yang diperlukan dalam pengadaan peralatan dan biaya pembayaran tenaga kerja. Berikut adalah contoh perhitungan anggaran biaya yang dibutuhkan dari hasil perhitungan BOQ peralatan dan tenaga kerja untuk segmen Kali Tembok Gede:

- Volume pengerukan sedimen = 399 m³
- Anggaran pengadaan glangsing
 - Kebutuhan glangsing = 399 lembar (a)
 - Indeks = 12 (b)
 - Harga satuan = Rp. 2.150,00 (b)
 - Anggaran = 399 lembar x 12 x Rp. 2.150,00 = Rp 10.281.520,00
- Anggaran sewa truk
 - Kebutuhan truk = 66 unit (a)
 - Indeks = 0,01 (b)
 - Harga satuan = Rp 778.500,00 (b)
 - Anggaran = 66 unit/hari x 0,01 x Rp 778.500,00 = Rp 517.065,00

- Anggaran upah pembantu tukang
 Kebutuhan pembantu tukang = 20 orang (a)
 Indeks = 0,4 (b)
 Harga satuan = Rp 99.000,00 (b)
 Anggaran
 = 20 orang x 0,4 x Rp 99.000,00 = Rp 789.047,00
- Anggaran upah mandor
 Kebutuhan mandor = 1 orang (a)
 Indeks = 0,04 (b)
 Harga satuan = Rp 120.000,00 (b)
 Anggaran
 = 1 orang x 0,04 x Rp 120.000,00 = Rp 4.782,00
- Total anggaran pengerukan sedimen di Kali Tembok Gede
 = Rp 10.281.520,00 + Rp 517.065,00 + Rp 789.047,00 +
 Rp 120.000,00
 = Rp 11.592.413,00

Keterangan:

(a) Perhitungan di Tabel 5.52

(b) Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Surabaya, 2015

Untuk perhitungan anggaran biaya yang dibutuhkan setiap segmen dapat dilihat pada Tabel 5.53

Tabel 5.53 Hasil Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Pengerukan

	No.	Analisa	Indeks	Satuan	Harga Satuan	Kebutuhan	Jumlah	Metode	
	Kali Tembok Gede	Pengerukan sedimen dengan volume 399 m ³							Pengerukan
Bahan									
1		Glangsing 25 kg (Isi 150 kg sedimen)	12	lembar	Rp2.150	399	Rp10.281.520	Manual	
Sewa Peralatan									
2		Sewa truk kelas 3 dalam kota	0,01	hari	Rp778.500	66	Rp517.065		
Upah									
3		Pembantu tukang	0,4	orang/hari	Rp99.000	20	Rp789.047		
4		Mandor	0,04	orang/hari	Rp120.000	1	Rp4.782		
Anggaran							Rp11.592.413		
Kali Semarang	Pengerukan sedimen dengan volume 874 m ³								Manual
	Bahan								
	1	Glangsing 25 kg (Isi 150 kg sedimen)	12	lembar	Rp2.150	874	Rp22.545.038		
	Sewa Peralatan								
	2	Sewa truk kelas 3 dalam kota	0,01	hari	Rp778.500	146	Rp1.133.806		
	Upah								
	3	Pembantu tukang	0,4	orang/hari	Rp99.000	44	Rp1.730.201		
	4	Mandor	0,04	orang/hari	Rp120.000	2	Rp10.486		
	Anggaran							Rp25.419.530	

Tabel 5.53 lanjutan

	No.	Analisa	Indeks	Satuan	Harga Satuan	Kebutuhan	Jumlah	Metode		
	Kali Margo Rukun	Pengerukan sedimen dengan volume 2372 m ³							Pengerukan	
Sewa Peralatan										
1		Sewa bucket dan Crane/Draglin Scraper	0,15	jam	Rp81.400	24	Rp289.603	Dengan Alat Berat		
2		Sewa truk kelas 3 dalam kota	0,08	hari	Rp778.500	395	Rp24.619.802			
Upah										
3		Pembantu tukang	0,226	orang/hari	Rp99.000	119	Rp2.653.389			
4		Mandor	0,007	orang/hari	Rp120.000	6	Rp4.981			
						Anggaran	Rp27.567.775			
Kali Demak Timur	No.	Analisa	Indeks	Satuan	Harga Satuan	Kebutuhan	Jumlah	Dengan Alat Berat		
	Pengerukan sedimen dengan volume 1010 m ³									
	Sewa Peralatan									
	1	Sewa bucket dan Crane/Draglin Scraper	0,15	jam	Rp81.400	10	Rp123.309		Dengan Alat Berat	
	2	Sewa truk kelas 3 dalam kota	0,08	hari	Rp778.500	168	Rp10.482.767			
	Upah									
	3	Pembantu tukang	0,226	orang/hari	Rp99.000	119	Rp2.653.389			
4	Mandor	0,007	orang/hari	Rp120.000	6	Rp4.981				
						Anggaran	Rp13.264.446			
Kali Dupak	No.	Analisa	Indeks	Satuan	Harga Satuan	Kebutuhan	Jumlah	Dengan Alat Berat		
	Pengerukan sedimen dengan volume 6023 m ³									
	Sewa Peralatan									
	1	Sewa bucket dan Crane/Draglin Scraper	0,15	jam	Rp81.400	60	Rp737.801		Dengan Alat Berat	
	2	Sewa truk kelas 3 dalam kota	0,08	hari	Rp778.500	1007	Rp62.722.171			
	Upah									
	3	Pembantu tukang	0,226	orang/hari	Rp99.000	302	Rp6.759.855			
4	Mandor	0,007	orang/hari	Rp120.000	15	Rp12.689				
						Anggaran	Rp70.232.517			
Total Anggaran Keseluruhan							Rp148.076.680			

Dari perhitungan diatas, jika dilakukan pengerukan sedimen terhadap 5 segmen saluran sekunder dengan total volume sedimen yaitu 10.697 m³ dibutuhkan biaya sebesar Rp. 148.076.680,00 agar kelima saluran sekunder dapat menampung debit limpasan air hujan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

JUDUL GAMBAR

PETA BLOK PELAYANAN
SISTEM PEMATUSAN GREGES

MATA ANGIN

LAMPIRAN



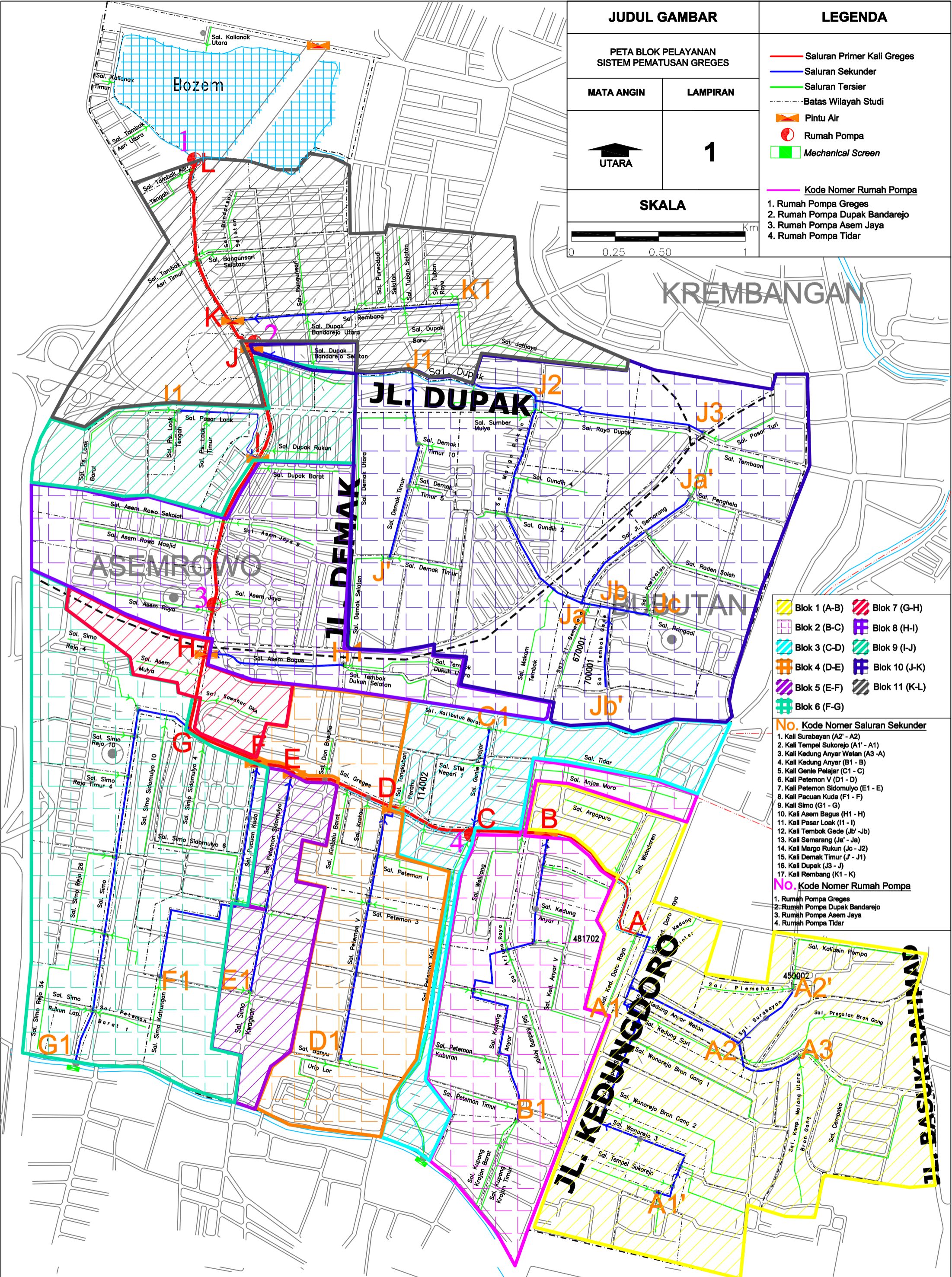
1

SKALA



LEGENDA

- Saluran Primer Kali Greges
 - Saluran Sekunder
 - Saluran Tersier
 - - - Batas Wilayah Studi
 - Pintu Air
 - Rumah Pempa
 - Mechanical Screen
 - Kode Nomer Rumah Pempa
1. Rumah Pempa Greges
 2. Rumah Pempa Dupak Bandarejo
 3. Rumah Pempa Asem Jaya
 4. Rumah Pempa Tidar



- Blok 1 (A-B)
- Blok 2 (B-C)
- Blok 3 (C-D)
- Blok 4 (D-E)
- Blok 5 (E-F)
- Blok 6 (F-G)
- Blok 7 (G-H)
- Blok 8 (H-I)
- Blok 9 (I-J)
- Blok 10 (J-K)
- Blok 11 (K-L)

- No. Kode Nomer Saluran Sekunder**
1. Kali Surabaya (A2' - A2)
 2. Kali Tempel Sukorejo (A1' - A1)
 3. Kali Kedung Anyar Wetan (A3 - A)
 4. Kali Kedung Anyar (B1 - B)
 5. Kali Genle Pelajar (C1 - C)
 6. Kali Petemon V (D1 - D)
 7. Kali Petemon Sidomulyo (E1 - E)
 8. Kali Pacuan Kuda (F1 - F)
 9. Kali Simo (G1 - G)
 10. Kali Asem Bagus (H1 - H)
 11. Kali Pasar Loak (I1 - I)
 12. Kali Tembok Gede (Jb' - Jb)
 13. Kali Semarang (Ja' - Ja)
 14. Kali Margo Rukun (Jc - J2)
 15. Kali Demak Timur (J' - J1)
 16. Kali Dupak (J3 - J)
 17. Kali Rembang (K1 - K)

- No. Kode Nomer Rumah Pempa**
1. Rumah Pempa Greges
 2. Rumah Pempa Dupak Bandarejo
 3. Rumah Pempa Asem Jaya
 4. Rumah Pempa Tidar



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR
EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA CATCHMENT AREA
SISTEM PEMATUSAN GREGES YANG DILAYANI
RUMAH POMPA GREGES DI RAYON GENTENG SURABAYA

NAMA MAHASISWA
JANUAR CATUR PUTRANTO
331210026

DOSEN PEMBIMBING
Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.h.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

PETA TATA GUNA LAHAN
SISTEM PEMATUSAN GREGES

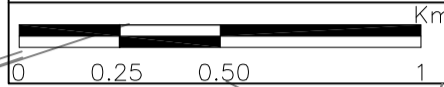
MATA ANGIN

LAMPIRAN



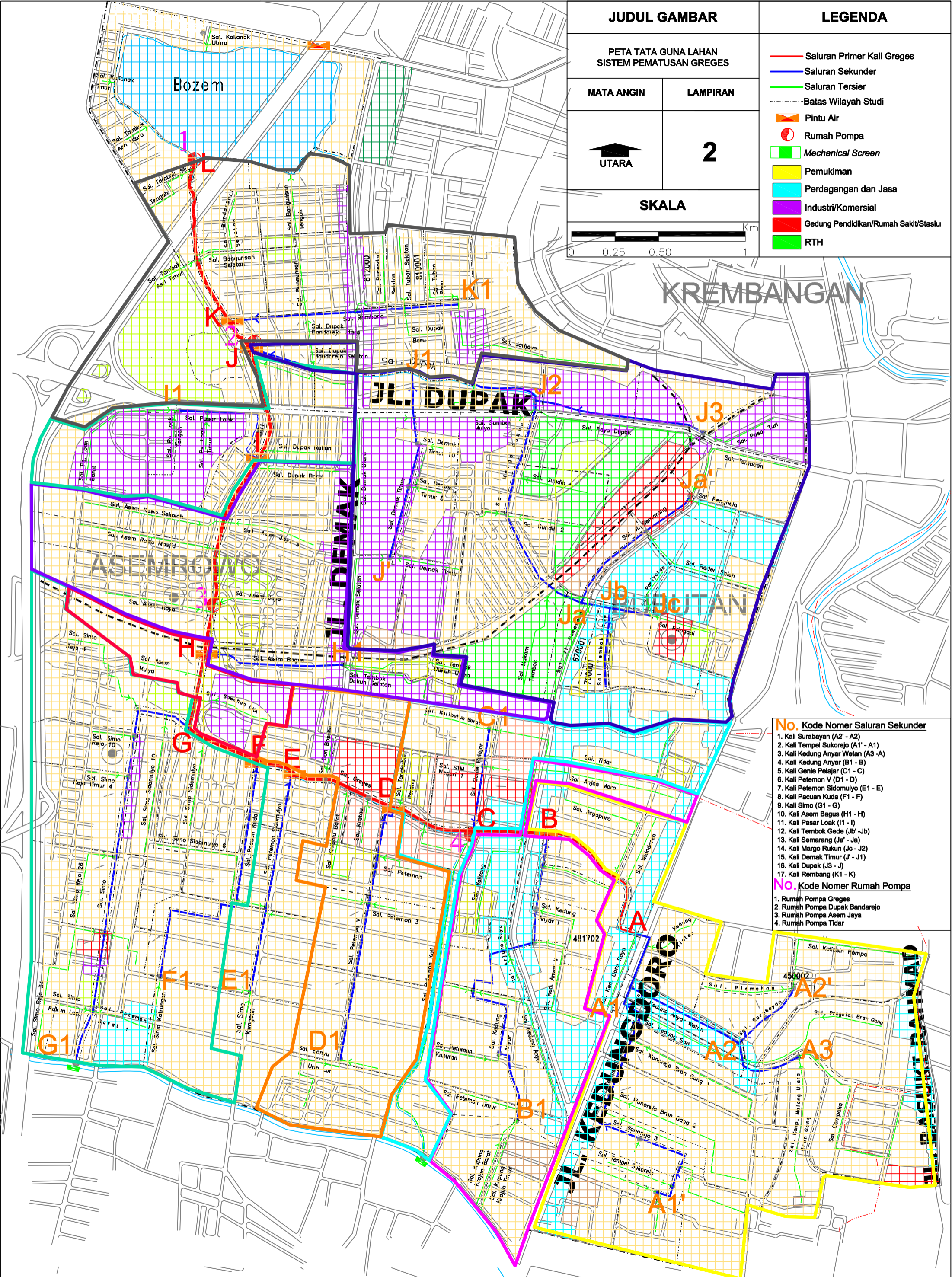
2

SKALA



LEGENDA

- Saluran Primer Kali Greges
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- - - Batas Wilayah Studi
- Pintu Air
- Rumah Pompa
- Mechanical Screen
- Pemukiman
- Perdagangan dan Jasa
- Industri/Komersial
- Gedung Pendidikan/Rumah Sakit/Stasiun
- RTH



- No. Kode Nomer Saluran Sekunder**
1. Kali Surabaya (A2' - A2)
 2. Kali Tempel Sukorejo (A1' - A1)
 3. Kali Kedung Anyar Wetan (A3 - A)
 4. Kali Kedung Anyar (B1 - B)
 5. Kali Gentle Pelajar (C1 - C)
 6. Kali Petemon V (D1 - D)
 7. Kali Petemon Sidomulyo (E1 - E)
 8. Kali Pacuan Kuda (F1 - F)
 9. Kali Simo (G1 - G)
 10. Kali Asem Bagus (H1 - H)
 11. Kali Pasar Loak (I1 - I)
 12. Kali Tembok Gede (Jb' - Jb)
 13. Kali Semarang (Ja' - Ja)
 14. Kali Margo Rukun (Jc - J2)
 15. Kali Demak Timur (J' - J1)
 16. Kali Dupak (J3 - J)
 17. Kali Krembangan (K1 - K)
- No. Kode Nomer Rumah Pompa**
1. Rumah Pompa Greges
 2. Rumah Pompa Dupak Bandarejo
 3. Rumah Pompa Asem Jaya
 4. Rumah Pompa Tidar



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA CATCHMENT AREA
SISTEM PEMATUSAN GREGES YANG DILAYANI
RUMAH POMPA GREGES DI RAYON GENTENG SURABAYA

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.h.D.
19620816 199003 1 004



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGEI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

Muka Air

Sedimen

Lapisan Beton atau Plesteran

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG TIPIKAL SALURAN PRIMEF
KALI GREGES

NO. GAMBAR

1

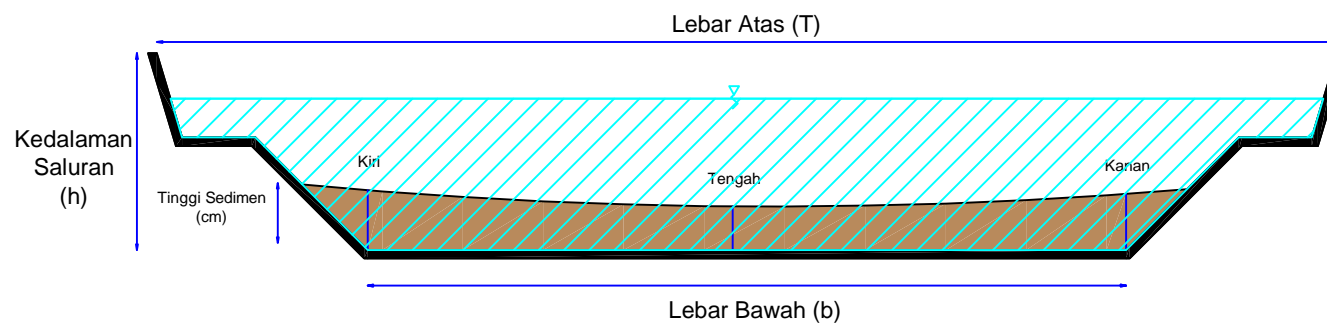
LAMPIRAN

3

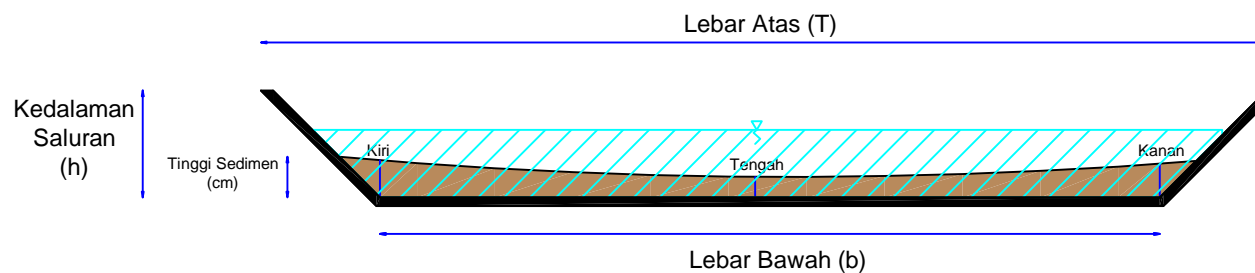
SKALA

TANPA SKALA

Tipe A

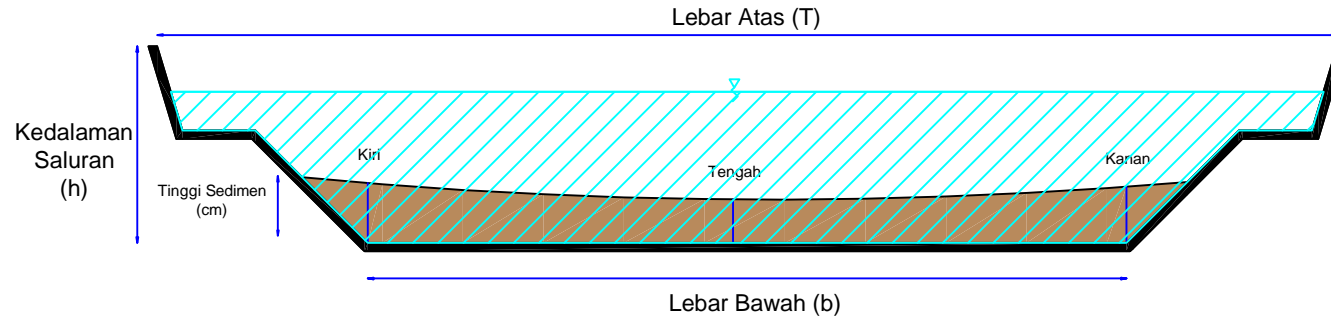


Tipe B

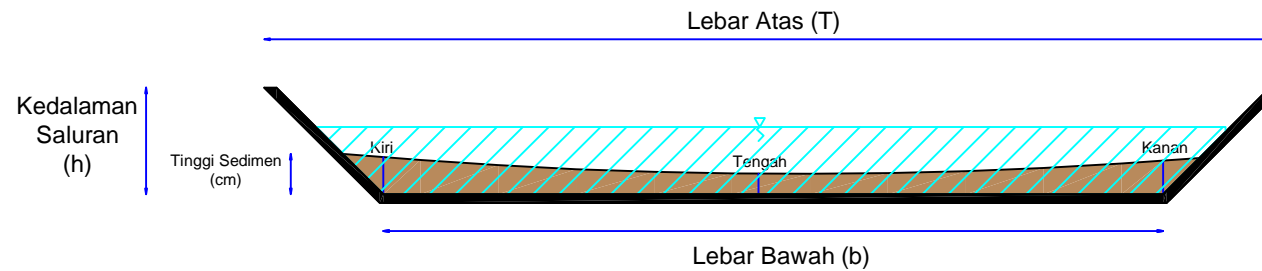


NO.	Saluran Primer Kali Greges	Titik Potong	Tipe Saluran	Lebar Atas (T)	Lebar Bawah (b)	Kedalaman Saluran (h)	Tinggi Sedimen (cm)		
							Kiri	Tengah	Kanan
1.	Segmen A-B	A	B	12,0	11,8	3,0	42	40	45
2.	Segmen B-C	B	B	13,2	12,9	3,1	48	45	49
3.	Segmen C-D	C	B	14,1	13,1	3,2	49	47	48
4.	Segmen D-E	D	B	15,2	14,3	3,3	47	47	46
5.	Segmen E-F	E	B	16,7	15,7	3,4	44	41	43
6.	Segmen F-G	F	B	17,9	16,2	3,4	48	44	48
7.	Segmen G-H	G	A	18,2	17,9	3,5	45	42	47
8.	Segmen H-I	H	A	19,1	18,2	3,6	48	47	46
9.	Segmen I-J	I	A	20,3	19,6	3,7	49	48	52
10.	Segmen J-K	J	A	21,8	20,3	3,8	47	46	48
11.	Segmen K-L	K	A	22,0	21,0	3,9	48	45	47

Type A



Type B



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGE
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Muka Air
- Sedimen
- Lapisan Beton atau Plesteran

NO.	Saluran Sekunder	Titik Potong	Tipe Saluran	Lebar Atas (T)	Lebar Bawah (b)	Kedalaman Saluran (h)	Tinggi Sedimen (cm)		
							Kiri	Tengah	Kanan
1.	Kali Surabayan (A2'-A2)	A2'	B	2,2	2,1	2,3	37	32	34
2.	Kali Tempel Sukorejo (A1'-A1)	A1'	B	3,0	2,0	2,4	35	31	38
3.	Kali Kedung Anyar Wetan (A3-A)	A3	B	2,3	2,1	2,5	36	33	35
4.	Kali Kedung Anyar (B1-B)	B1	B	3,5	2,5	3,1	37	32	35
5.	Kali Genie Pelajar (C1-C)	C1	B	2,2	1,8	2,0	30	28	32
6.	Kali Petemon V (D1-D)	D1	B	2,3	2,1	2,3	34	31	36
7.	Kali Petemon Sidomulyo (E1-E)	E1	B	2,1	1,8	2,4	32	30	33
8.	Kali Pacuan Kuda (F1-F)	F1	B	2,0	1,9	2,3	36	32	34
9.	Kali Simo (G1-G)	G1	A	15,0	13,0	4,5	48	46	52
10.	Kali Asem Bagus (H1-H)	H1	B	4,2	4,0	3,2	36	32	33
11.	Kali Pasar Loak (I1-I)	I1	B	3,1	2,7	2,4	34	31	32
12.	Kali Tembok Gede (Jb'-Jb)	Jb'	B	2,3	2,1	1,7	31	28	33
13.	Kali Semarang (Ja'-Ja)	Ja'	B	2,5	2,4	1,5	30	28	32
14.	Kali Margo Rukun (Jc-J2)	Jc	B	3,4	3,3	3,2	33	30	32
15.	Kali Demak Timur (J'-J)	J'	B	2,1	1,9	3,0	36	32	37
16.	Kali Dupak (J3-J)	J3	B	4,8	4,7	3,4	37	34	36
17.	Kali Rembang K1-K)	K1	B	3,2	2,9	3,6	34	32	36

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG TIPIKAL SALURAN SEKUNDI
WILAYAH STUDI

NO. GAMBAR

2

LAMPIRAN

4

SKALA

TANPA SKALA



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Surabayan
- ② Outlet Saluran Sekunder Kali Kedung Anyar
- ③ Outlet Saluran Sekunder Kali Genie Pelajar
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Kedung Doro Raya
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Widodaren
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Argopuro
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali Welirang
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali Anjasmoro

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN PRIMER
KALI GREGES
(Segmen A - B dan Segmen B - C)

NO. GAMBAR

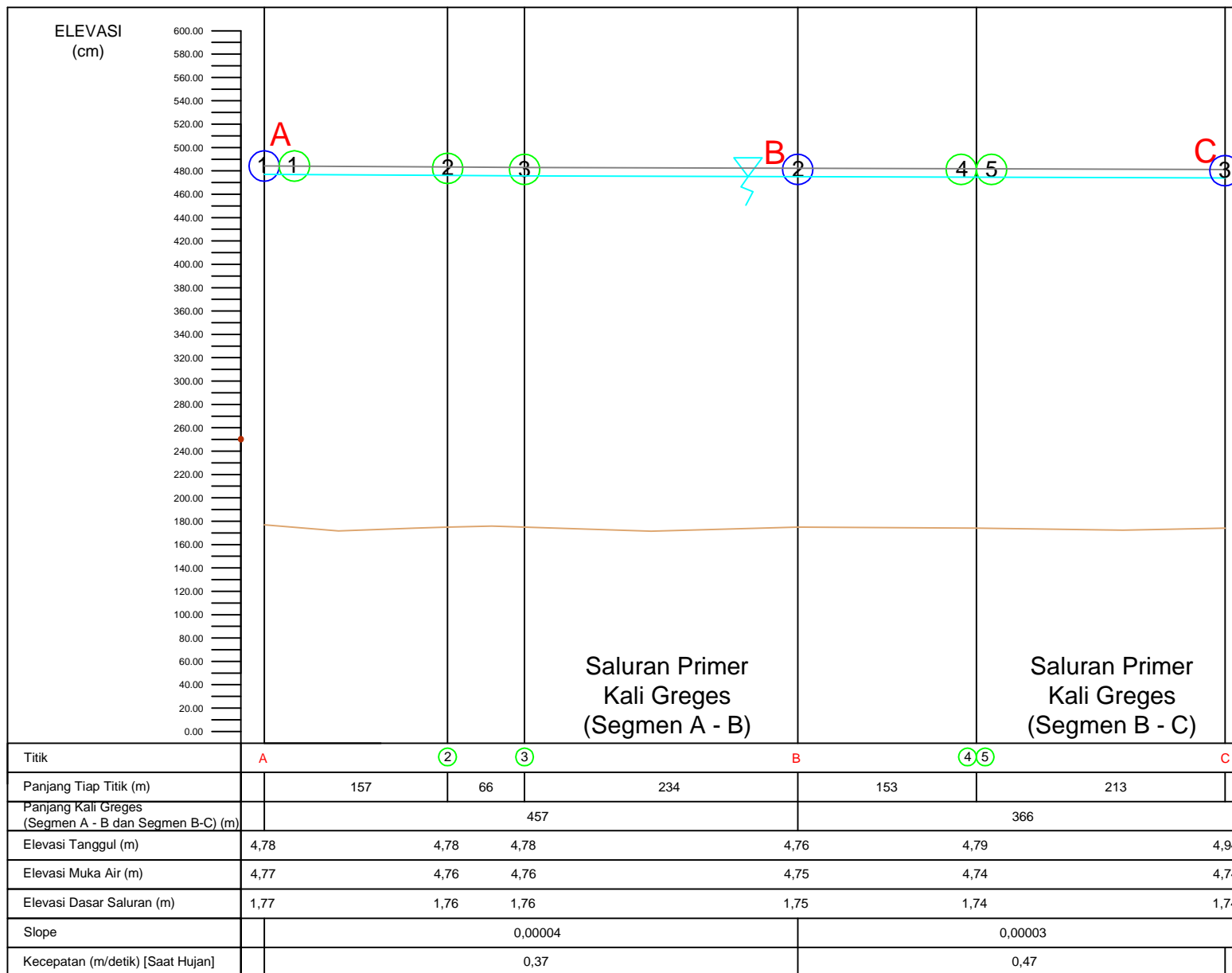
1A

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 50000
VERTIKAL = 1 : 50





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran

- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Genie Pelajar
- ② Outlet Saluran Sekunder Kali Petemon V
- ③ Outlet Saluran Sekunder Kali Petemon Sidomulyo
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Petemon Kali
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Petemon Kali
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Tangkuban Perahu
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali Kratau
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali Kinibalu Barat
- ⑥ Outlet Saluran Tersier Kali Don Boscho

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN PRIMER
KALI GREGES
(Segmen C - D dan Segmen D - E)

NO. GAMBAR

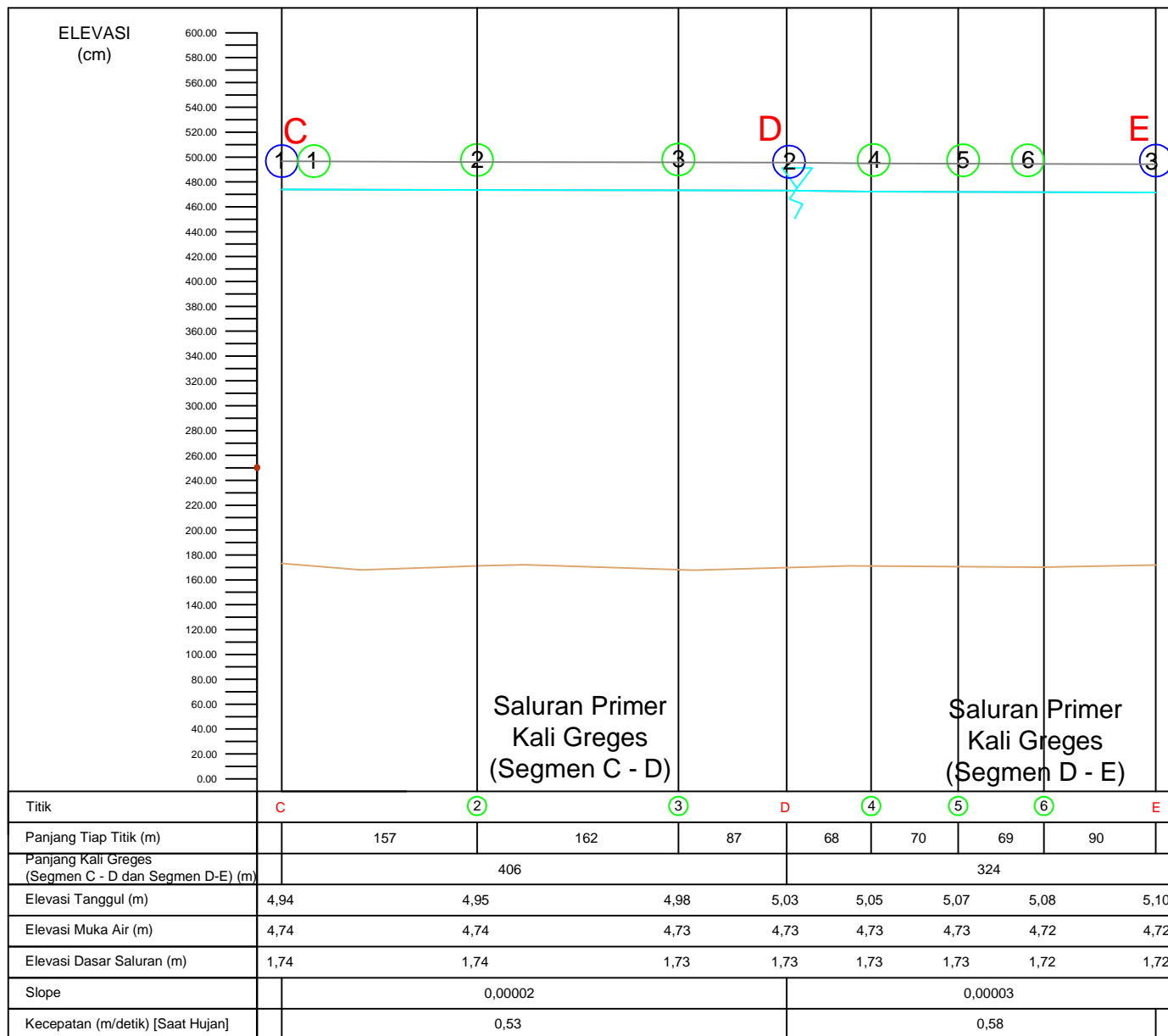
1B

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 50000
VERTIKAL = 1 : 50





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGG
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Petemon Sidomulyo
- ② Outlet Saluran Sekunder Kali Pacuan Kuda
- ③ Outlet Saluran Sekunder Kali Simo
- ① Outlet Saluran Tersier Simo Sidomulyo

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.h.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN PRIMER
KALI GREGES
(Segmen E - F dan Segmen F - G)

NO. GAMBAR

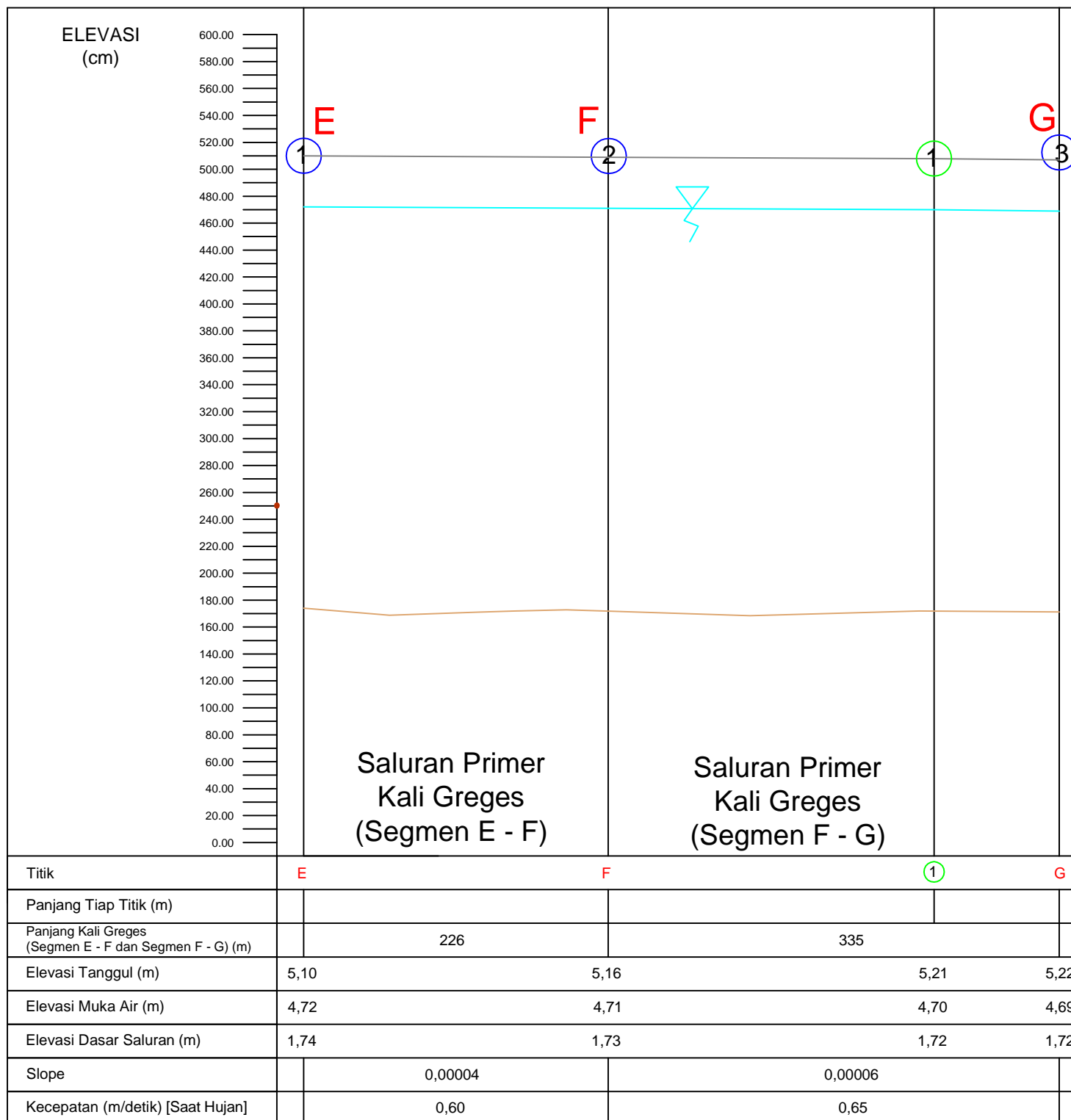
LAMPIRAN

1C

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 40000
VERTIKAL = 1 : 40





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGE
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran

- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Simo
- ② Outlet Saluran Sekunder Kali Asem Bagus
- ③ Outlet Saluran Sekunder Kali Pasar Loak
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Sawahan DKA
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Asem Mulya
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Asem Raya
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali Asem Jaya
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali Asemrowo Masjid
- ⑥ Outlet Saluran Tersier Kali Asemrowo Sekolah
- ⑦ Outlet Saluran Tersier Kali Asem Jaya 9
- ⑧ Outlet Saluran Tersier Kali Dupak Barat

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN PRIMER
KALI GREGES
(Segmen G - H dan Segmen H - I)

NO. GAMBAR

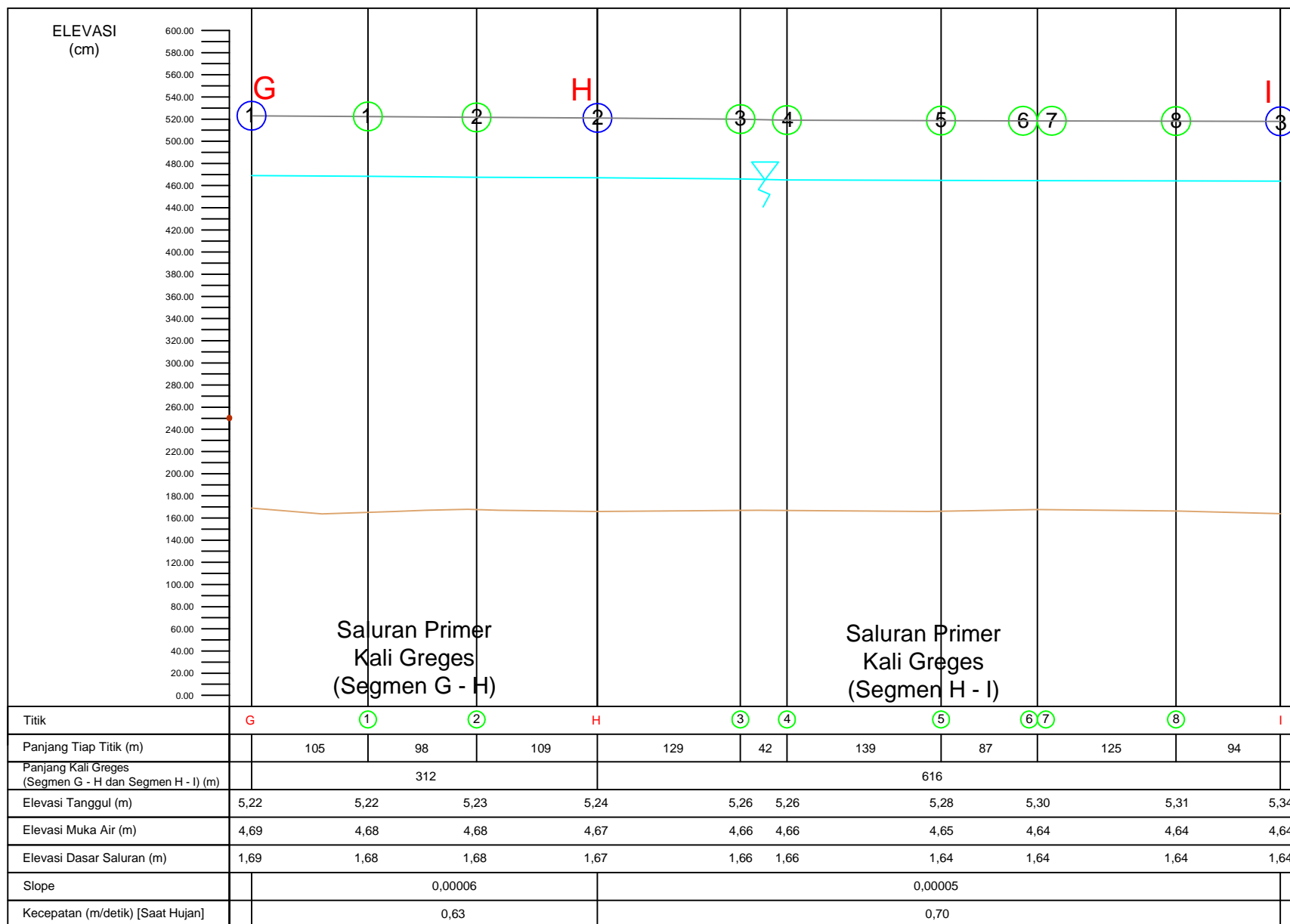
LAMPIRAN

1D

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 50000
VERTIKAL = 1 : 50





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Pasar Loak
- ② Outlet Saluran Sekunder Kali Dupak
- ③ Outlet Saluran Sekunder Kali Rembang
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Dupak Rukun
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Dupak Rukun
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Bangunsari Selatan
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali Tambak Asri Timur
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali Bandarsari Selatan

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN PRIMER
KALI GREGES
(Segmen I - J, Segmen J - K, Segmen K - L)

NO. GAMBAR

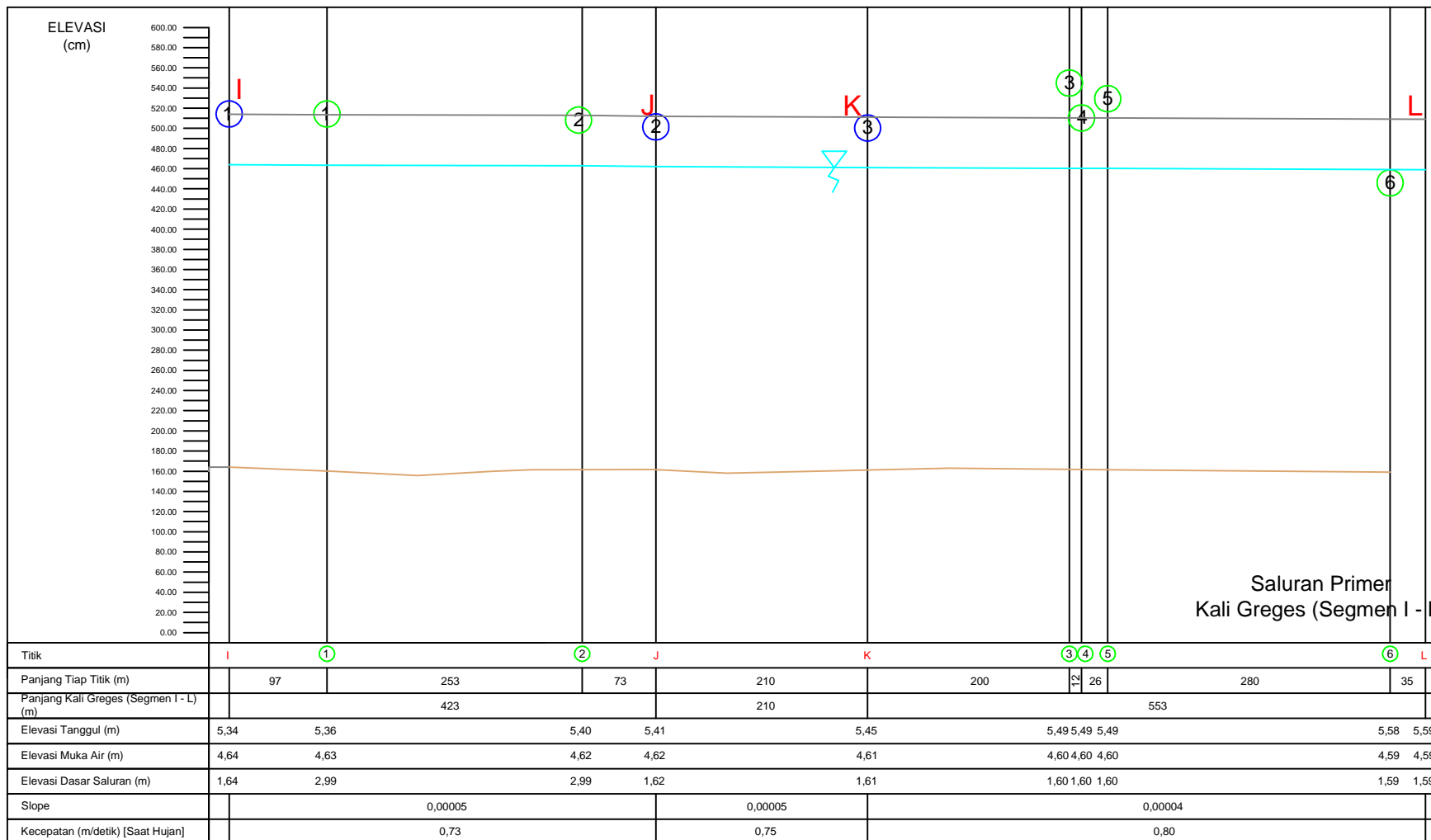
1E

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60



Saluran Primer
Kali Greges (Segmen I - L)



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Asin Pompa
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Plemehan

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI SURABAYAN

NO. GAMBAR

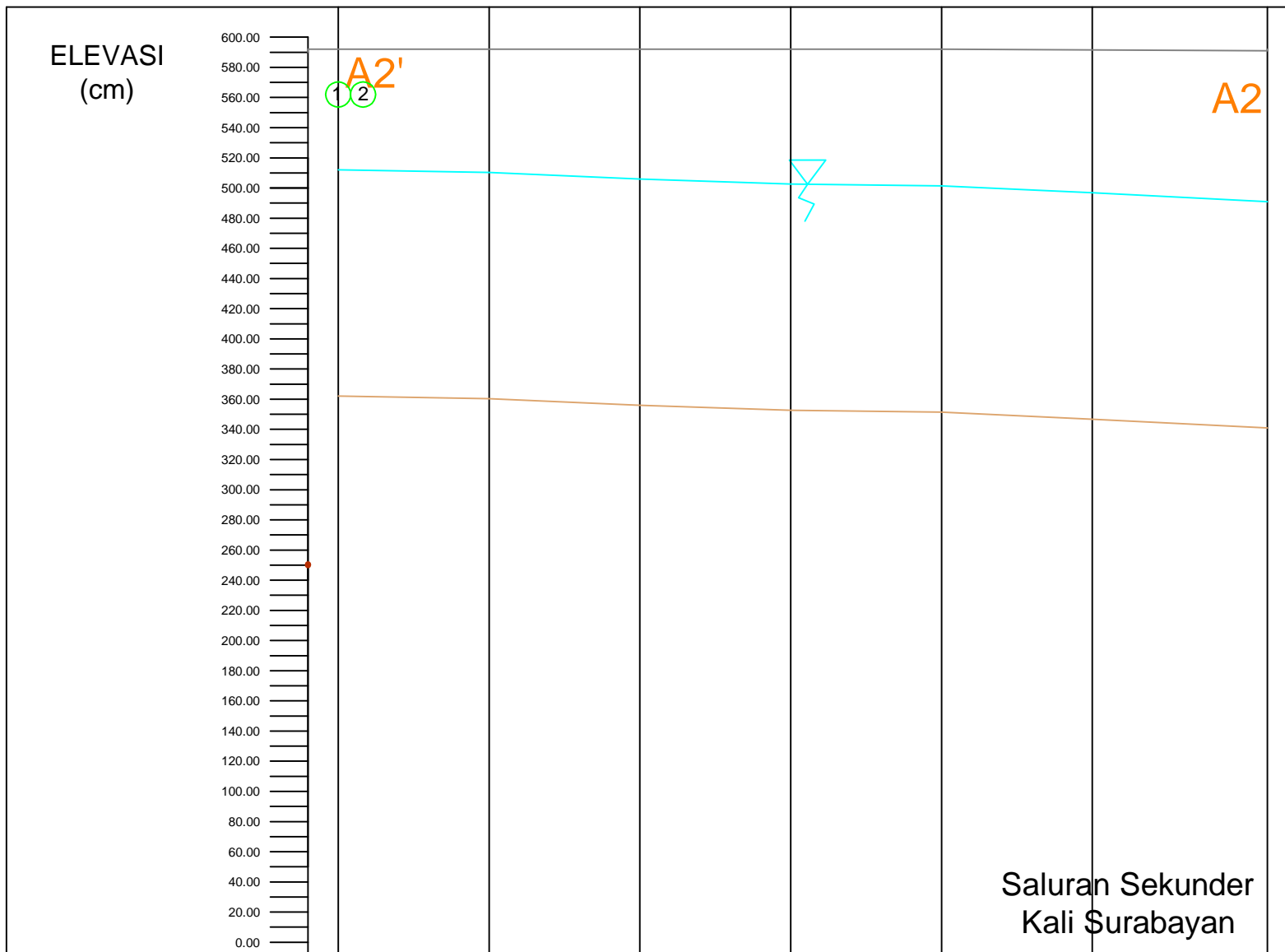
LAMPIRAN

1

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 40000
VERTIKAL = 1 : 40



Titik	A2'						A2
Panjang Tiap Titik	100	100	100	100	100	116	
Panjang Kali Surabaya (m)	616						
Elevasi Tanggul (m)	5,92	5,92	5,92	5,92	5,91	5,91	
Elevasi Muka Air (m)	5,12	5,10	5,09	5,07	5,04	4,99	
Elevasi Dasar Saluran (m)	3,62	3,60	3,58	3,55	3,52	3,48	
Slope	0,00034						
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGE
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran

- ① Outlet Saluran Tersier Kali 1
- ② Outlet Saluran Tersier Kali 2
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Tempel Sukorejo
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali 3
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali 4

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI TEMPEL SUKOREJO

NO. GAMBAR

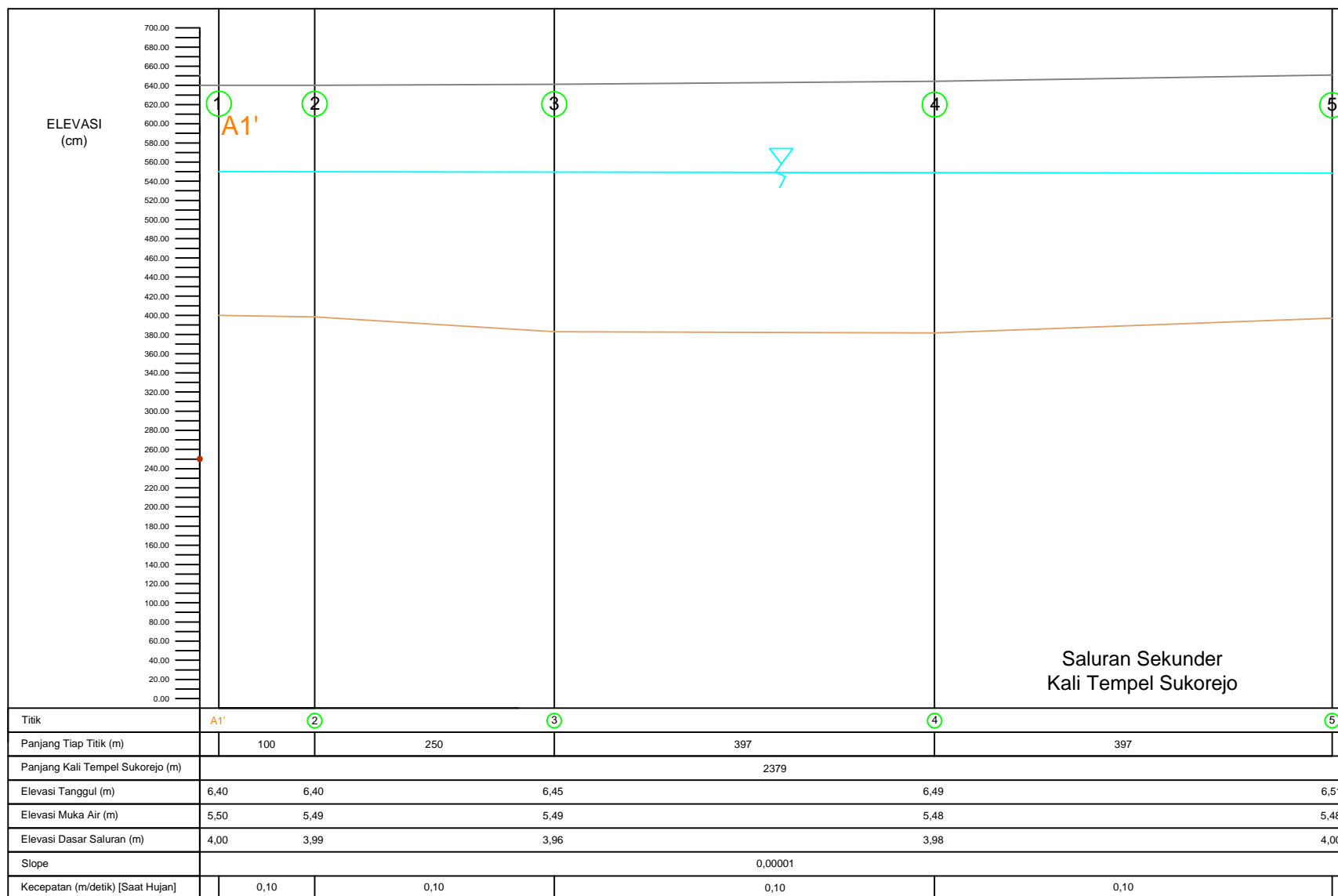
LAMPIRAN

2a

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60



Saluran Sekunder
Kali Tempel Sukorejo



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran

- 5 Outlet Saluran Tersier Kali 4
- 6 Outlet Saluran Tersier Kali Wonorejo 3
- 7 Outlet Saluran Tersier Kali Bran Gang 2
- 8 Outlet Saluran Tersier Kali Bran Gang 1
- 9 Outlet Saluran Tersier Kali Kedung Sari

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI TEMPEL SUKOREJO

NO. GAMBAR

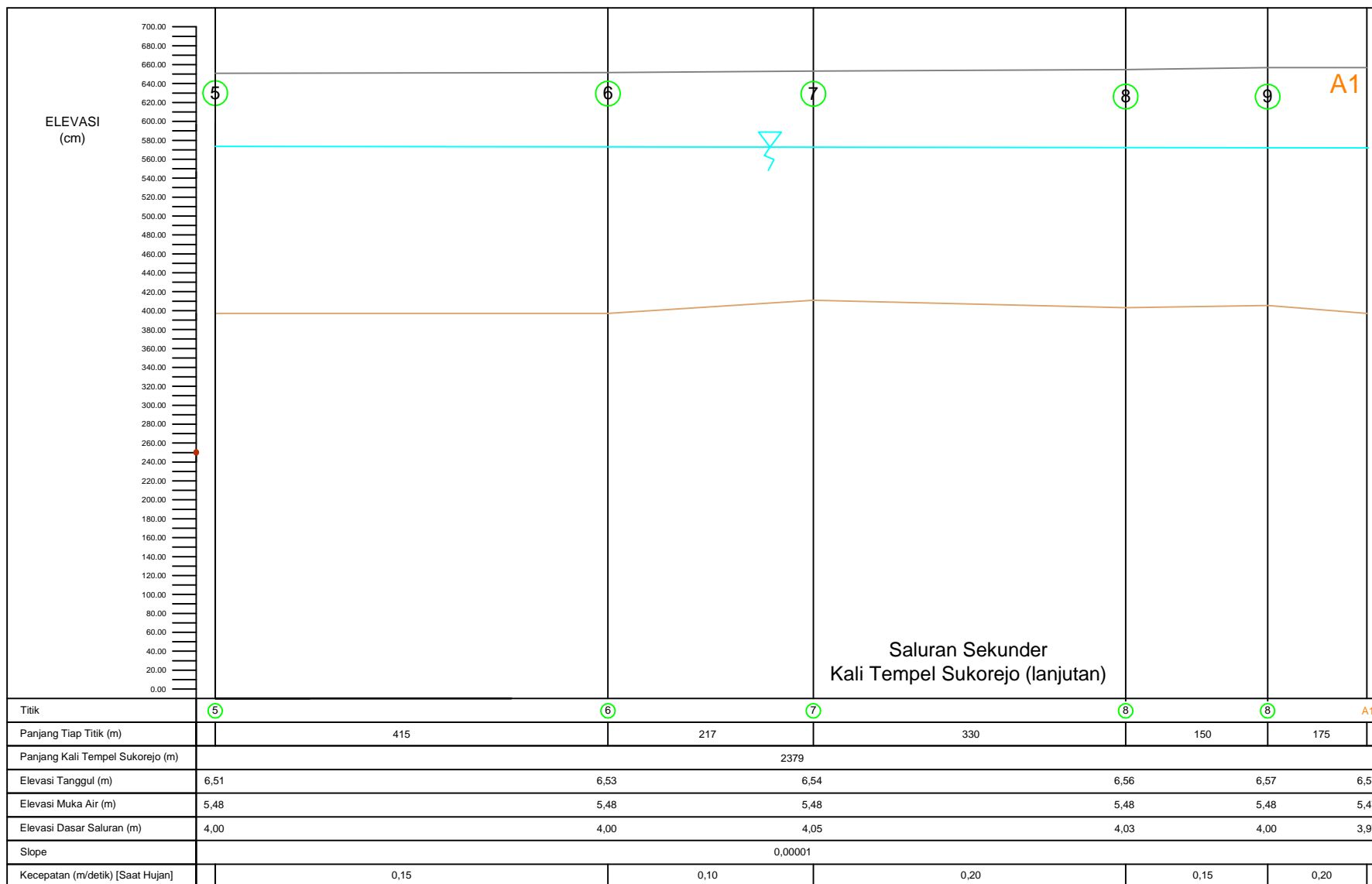
LAMPIRAN

2b

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Cempaka
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Kp. Malang Utara
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Pregolan Bran Gang
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Surabayan

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI KEDUNG ANYAR WETAN
(SEGMENT A3 - A2)

NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

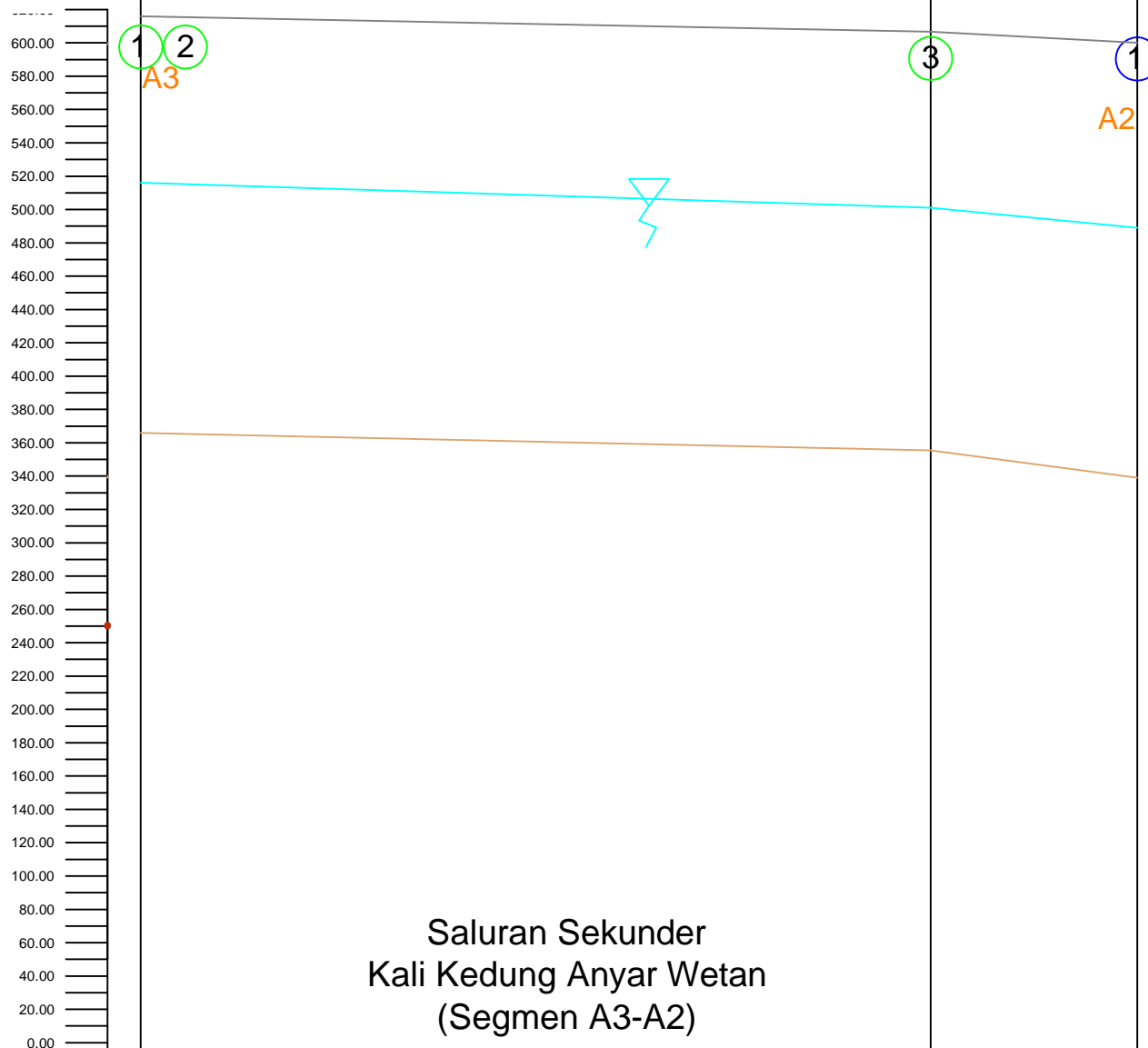
3a

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 40000
VERTIKAL = 1 : 40

Elevasi
(cm)



Saluran Sekunder
Kali Kedung Anyar Wetan
(Segmen A3-A2)

Titik	A3	②	A2
Panjang Tiap Titik (m)	474		124
Panjang Kali Tempel Sukorejo Segmen A3-A2 (m)	598		
Elevasi Tanggul (m)	6,16	6,02	5,99
Elevasi Muka Air (m)	5,16	5,01	4,89
Elevasi Dasar Saluran (m)	3,66	3,53	3,39
Slope	0,00045		
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]	0,10		0,15



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Surabayan
- ② Outlet Saluran Sekunder Kali Tempel Sukorejo
- A Saluran Primer Kali Greges Titik

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI KEDUNG ANYAR WETAN
(Segmen A2 - A1 dan Segmen A1 - A)

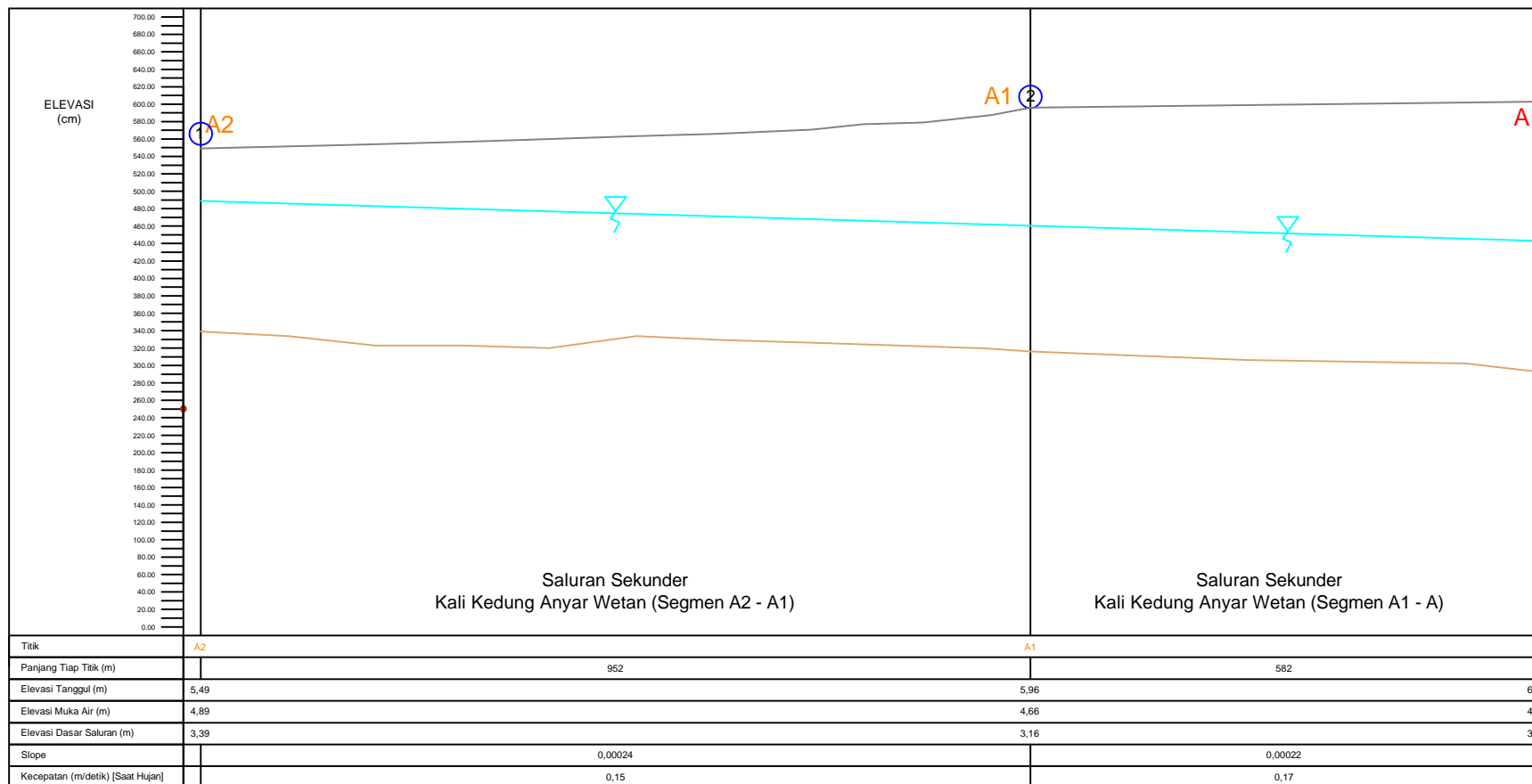
NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

3b

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 75000
VERTIKAL = 1 : 75





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGG
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Kupang Krajan Barat
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Kupang Krajan Timur
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Petemon Timur
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali Petemon Kuburan
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali 1
- ⑥ Outlet Saluran Tersier Kali Kedung Anyar 7
- ⑦ Outlet Saluran Tersier Kali Arjuno Raya

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI KEDUNG ANYAR

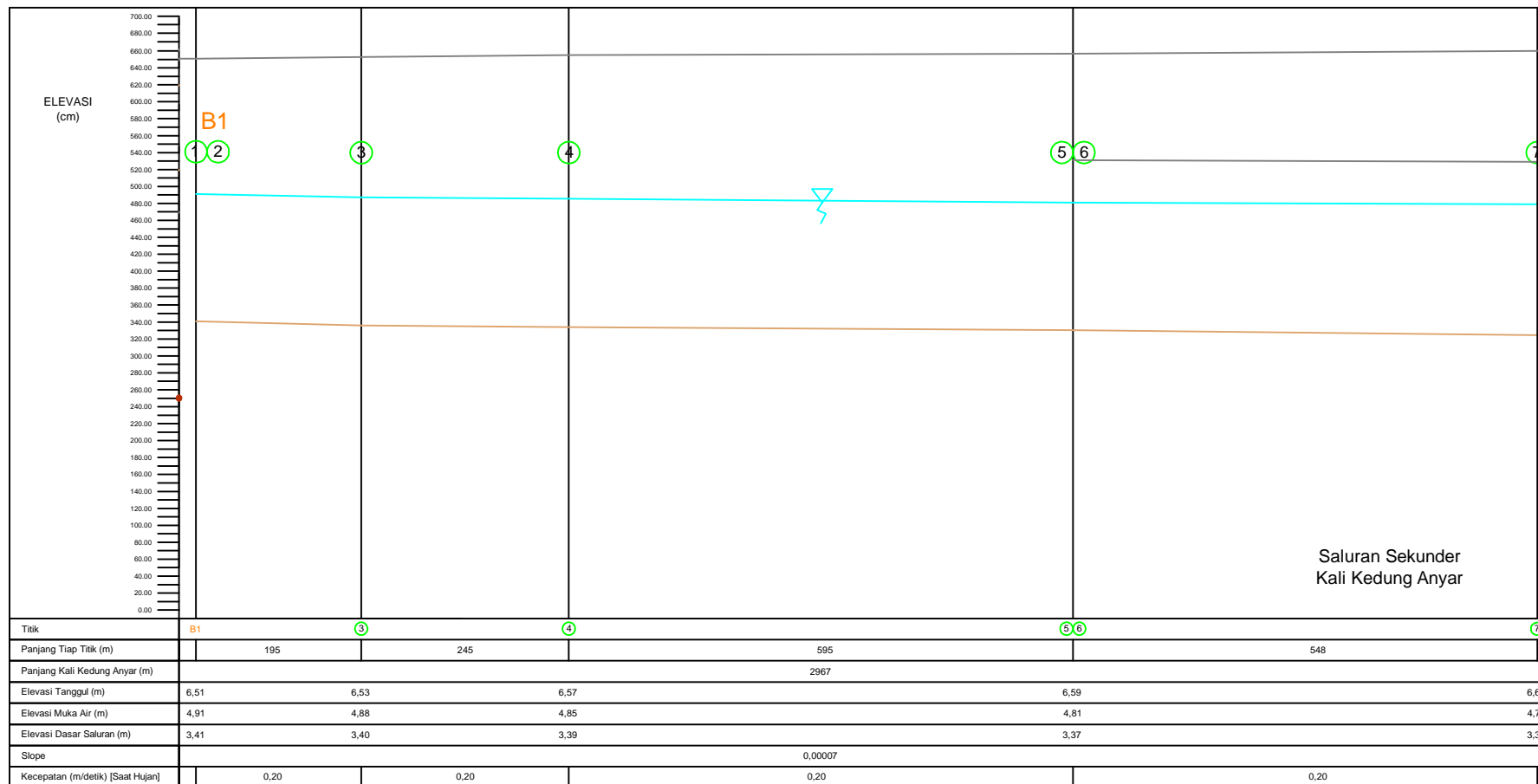
NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

4a

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 75000
VERTIKAL = 1 : 75





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ⑦ Outlet Saluran Tersier Kali Arjuno Raya
- ⑧ Outlet Saluran Tersier Kali Kedung Anyar V
- ⑨ Outlet Saluran Tersier Kali Kedung Anyar I
- ⑩ Outlet Saluran Tersier Kali 2
- B Saluran Primer Kali Greges Titik

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI KEDUNG ANYAR

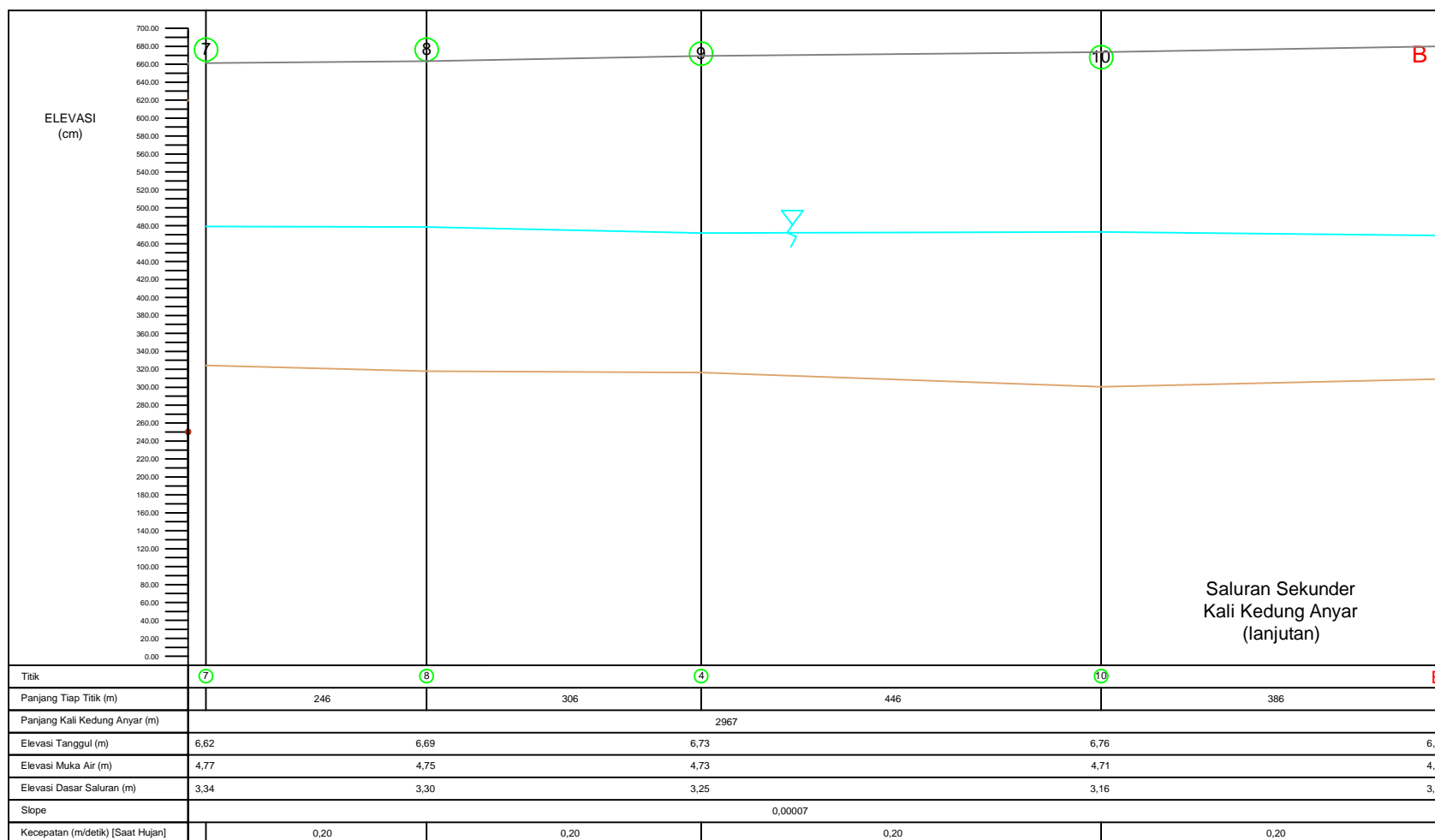
NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

4b

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 70000
VERTIKAL = 1 : 70





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Tida
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Kalibutih Barat
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali STM Negeri 1
- C Saluran Primer Kali Greges Titik

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI GENIE PELAJAR

NO. GAMBAR

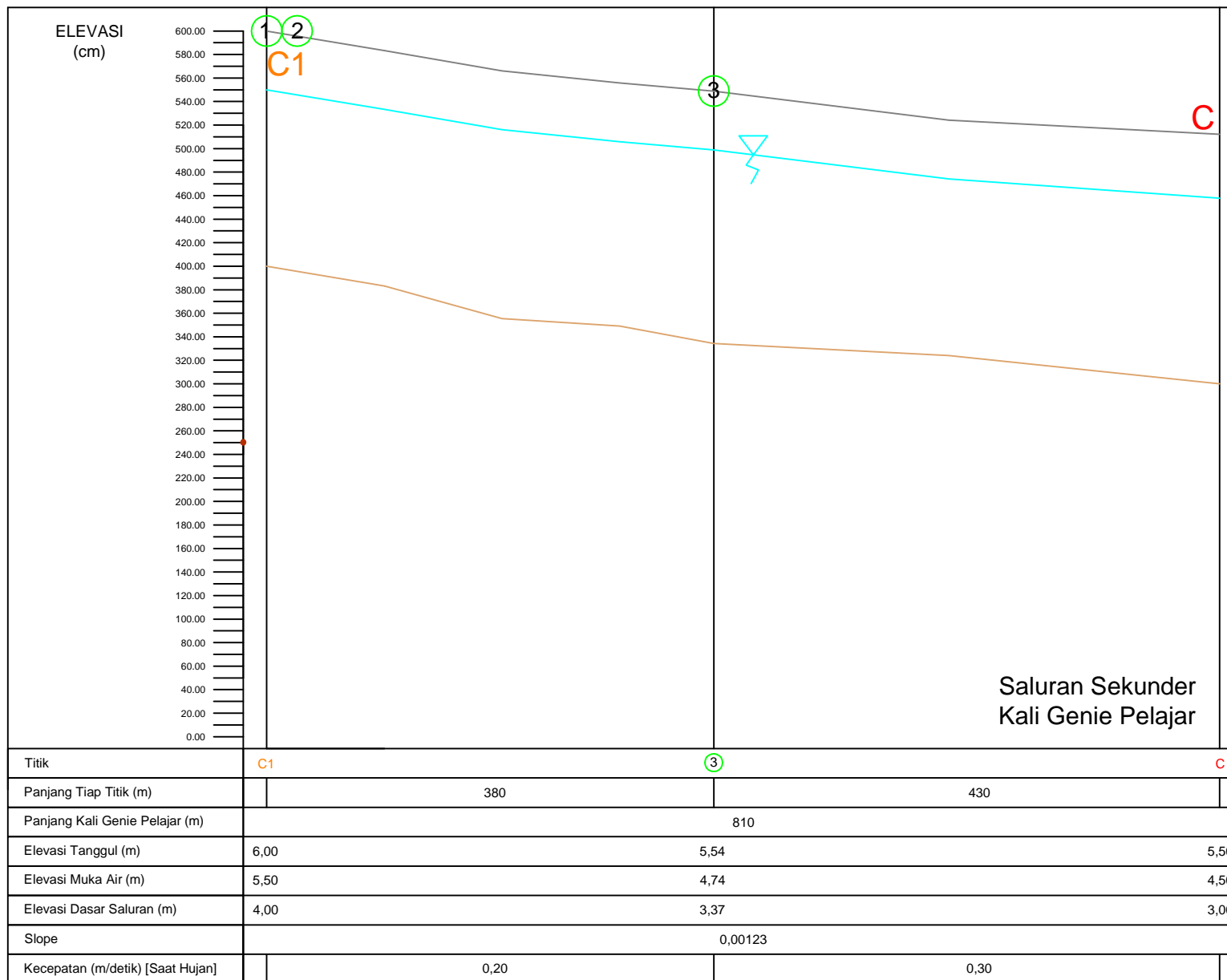
5

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 50000
VERTIKAL = 1 : 50





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGE
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Banyu Unp Lor
- ② Outlet Saluran Tersier Kali 1
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Petemon 3
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali 3

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI PETEMON V

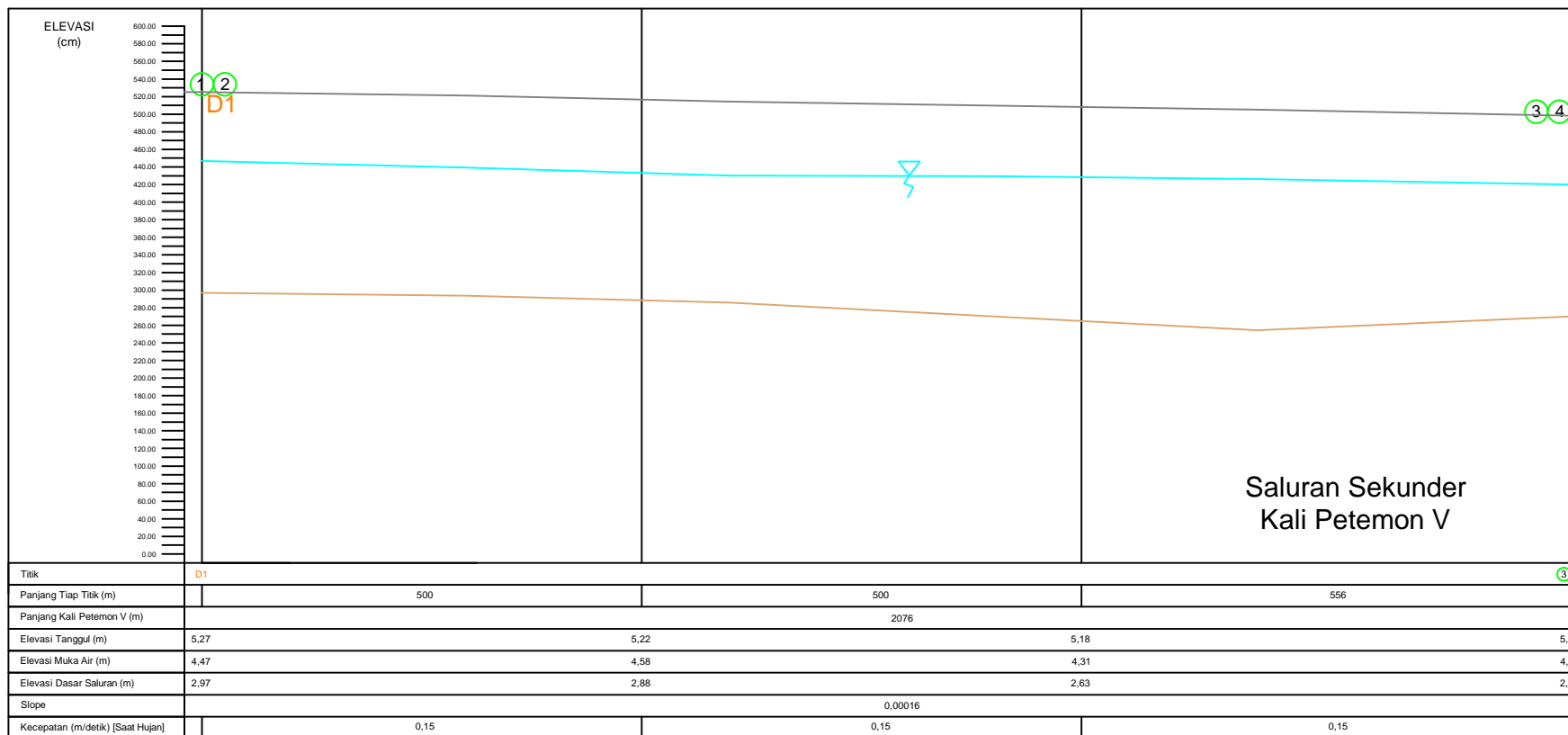
NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

6a

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 75000
VERTIKAL = 1 : 75





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Petemon 3
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali 3
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali Petemon 1
- D Saluran Primer Kali Greges Titik

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.h.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI PETEMON V

NO. GAMBAR

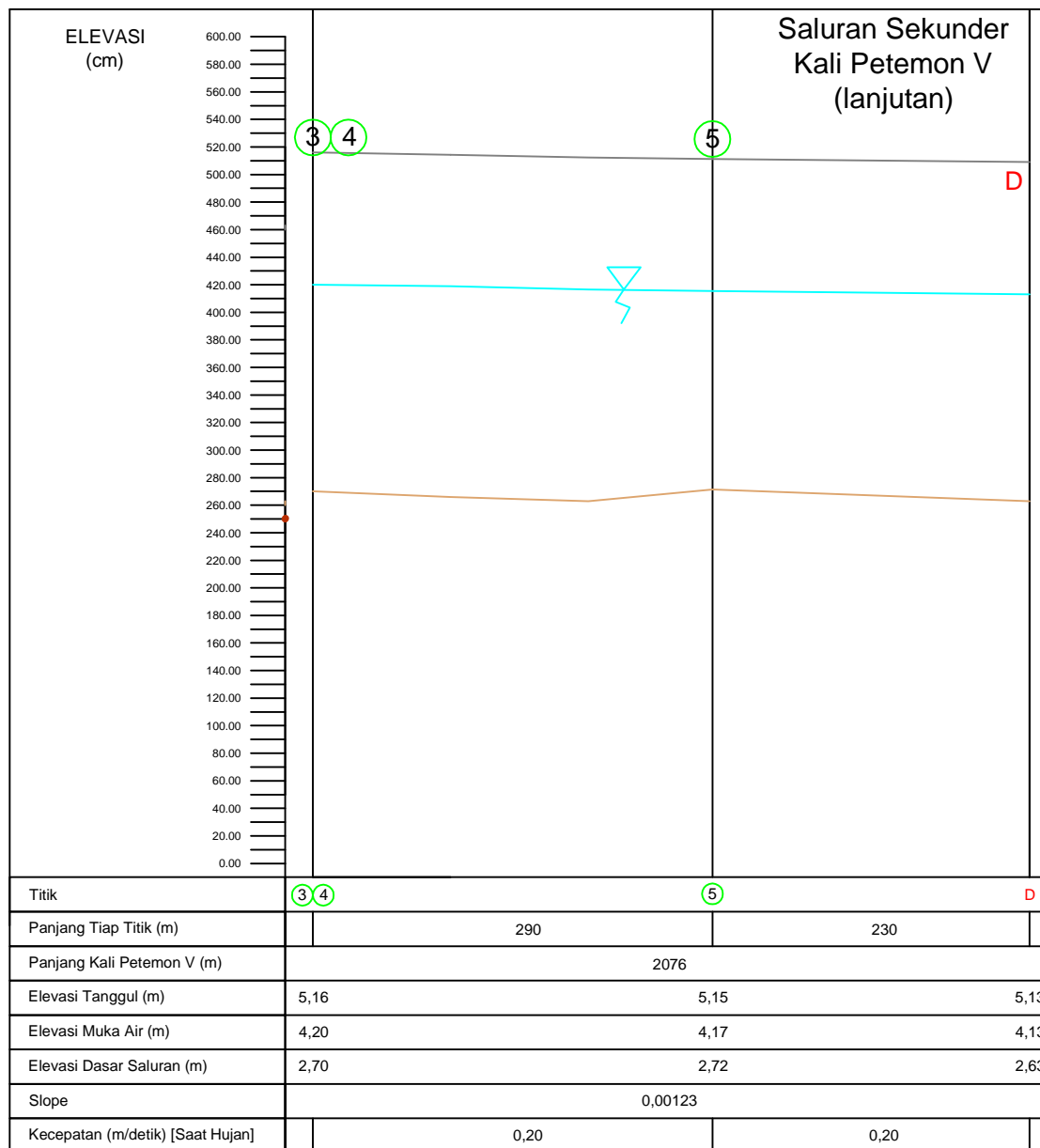
LAMPIRAN

6b

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 50000
VERTIKAL = 1 : 50





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Simo Kwagean
- ② Outlet Saluran Tersier Kali 1
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali 2
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali 3
- E Saluran Primer Kali Greges Titik

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
333121000266

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI PETEMON SIDOMULYO

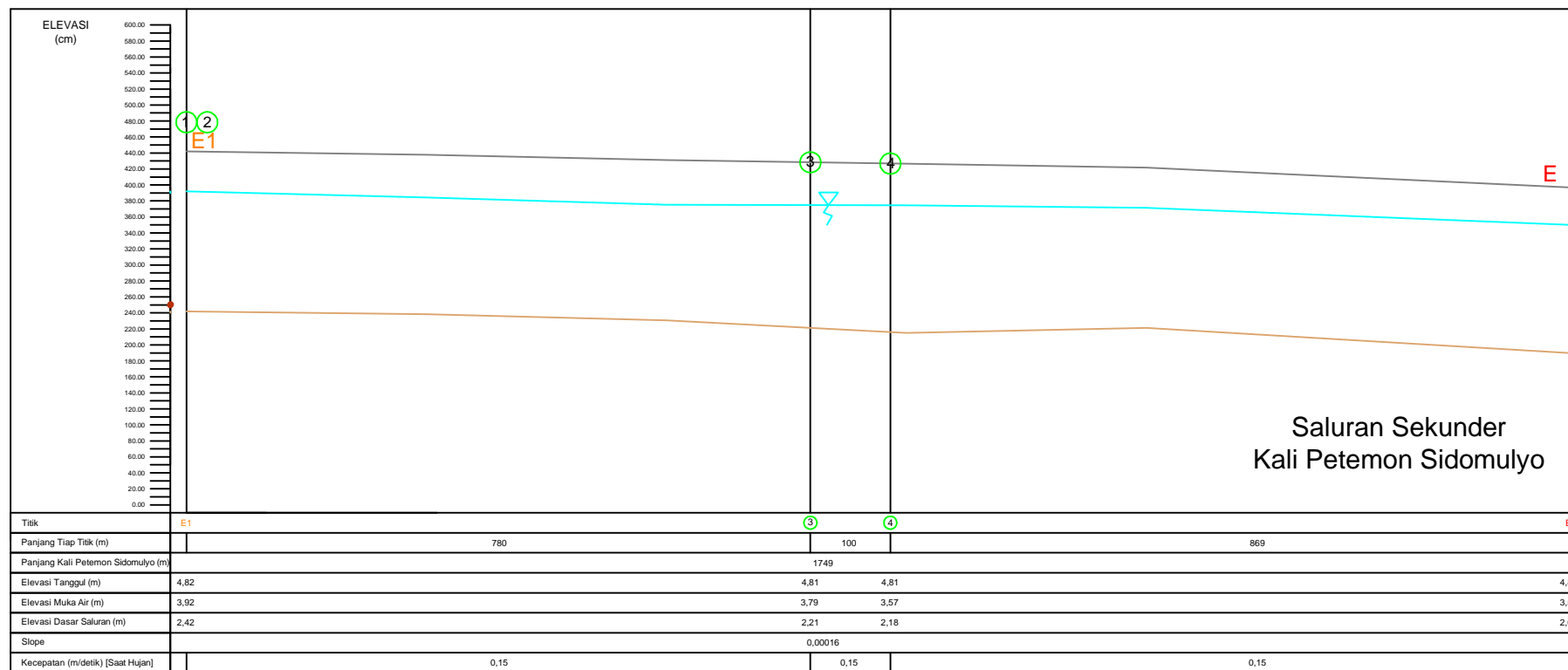
NO. GAMBAR LAMPIRAN

7

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 80000
VERTIKAL = 1 : 80





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GRESE
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Simo Katrungan
- ② Outlet Saluran Tersier Kali 1
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Simo Sidomulyo 6

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI PACUAN KUDA

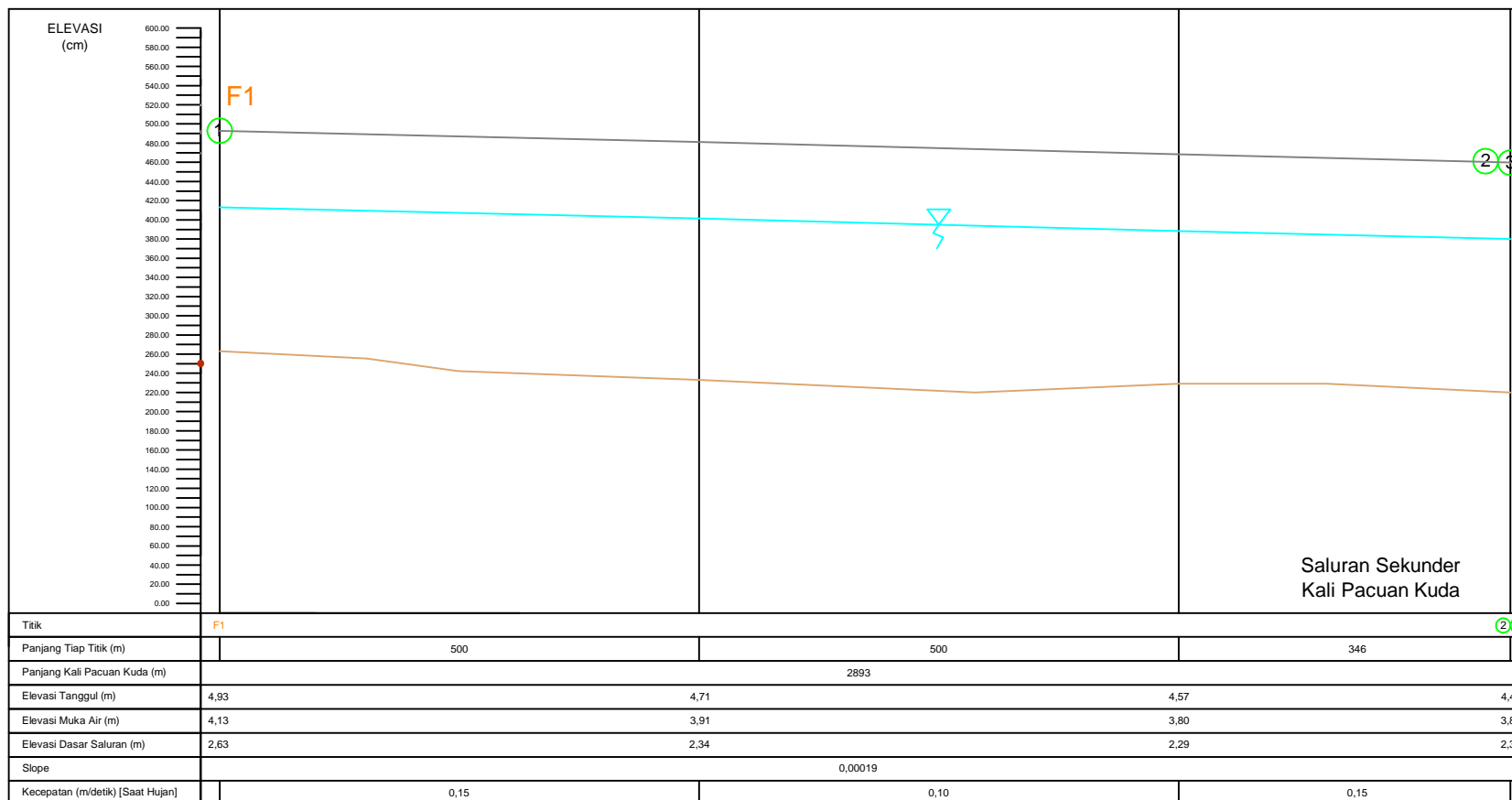
NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

8a

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 70000
VERTIKAL = 1 : 70



Saluran Sekunder
Kali Pacuan Kuda



JURUSAN

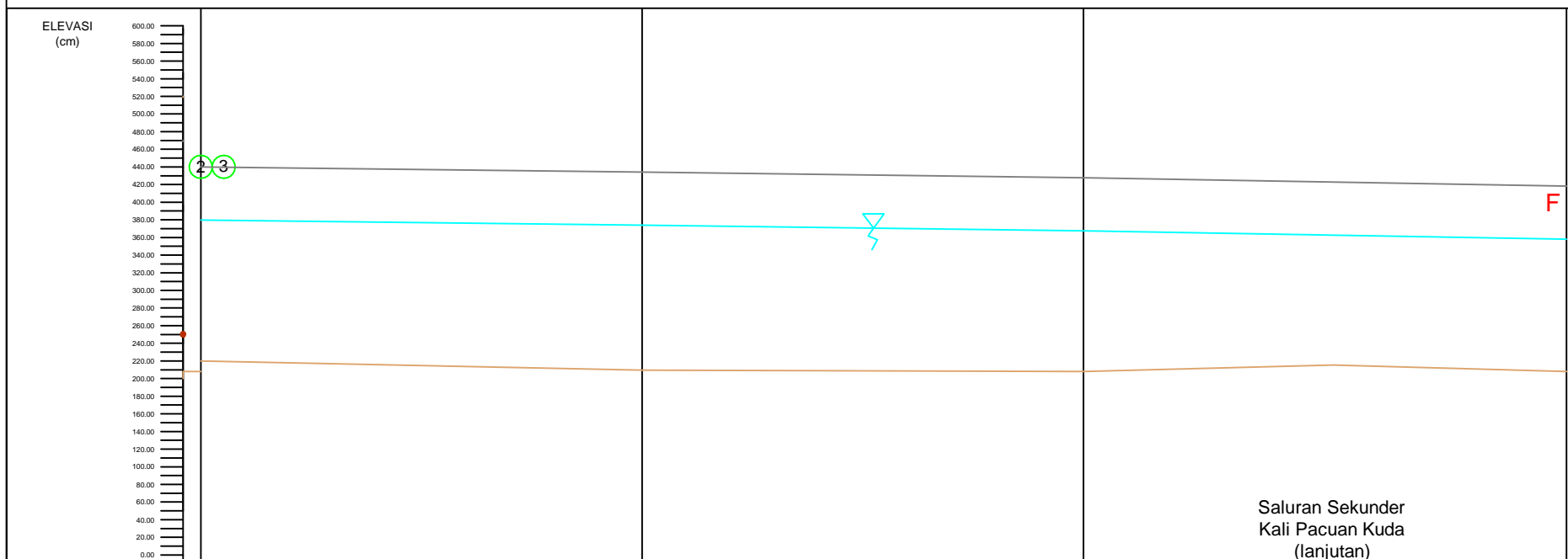
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Simo Katrungan
- ② Outlet Saluran Tersier Kali 1
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Simo Sidomulyo 6
- F Saluran Primer Kali Greges Titik



Titik	②③			F
Panjang Tiap Titik (m)	500	500	547	
Panjang Kali Pacuan Kuda (m)	2893			
Elevasi Tanggul (m)	4,40	4,27	4,21	4,10
Elevasi Muka Air (m)	3,80	3,80	3,80	3,80
Elevasi Dasar Saluran (m)	2,30	2,30	2,30	2,30
Slope	0,00019			
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]	0,10	0,15	0,15	

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.h.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI PACUAN KUDA

NO. GAMBAR LAMPIRAN

8b

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 70000
VERTIKAL = 1 : 70



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- 1 Outlet Saluran Tersier Kali Simo Rukun Lap.
- 2 Outlet Saluran Tersier Kali Petemon Barat 1
- 3 Outlet Saluran Tersier Kali Simo Rejo 34
- 4 Outlet Saluran Tersier Kali 1
- 5 Outlet Saluran Tersier Kali Simo Rejo 26

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI SIMO

NO. GAMBAR

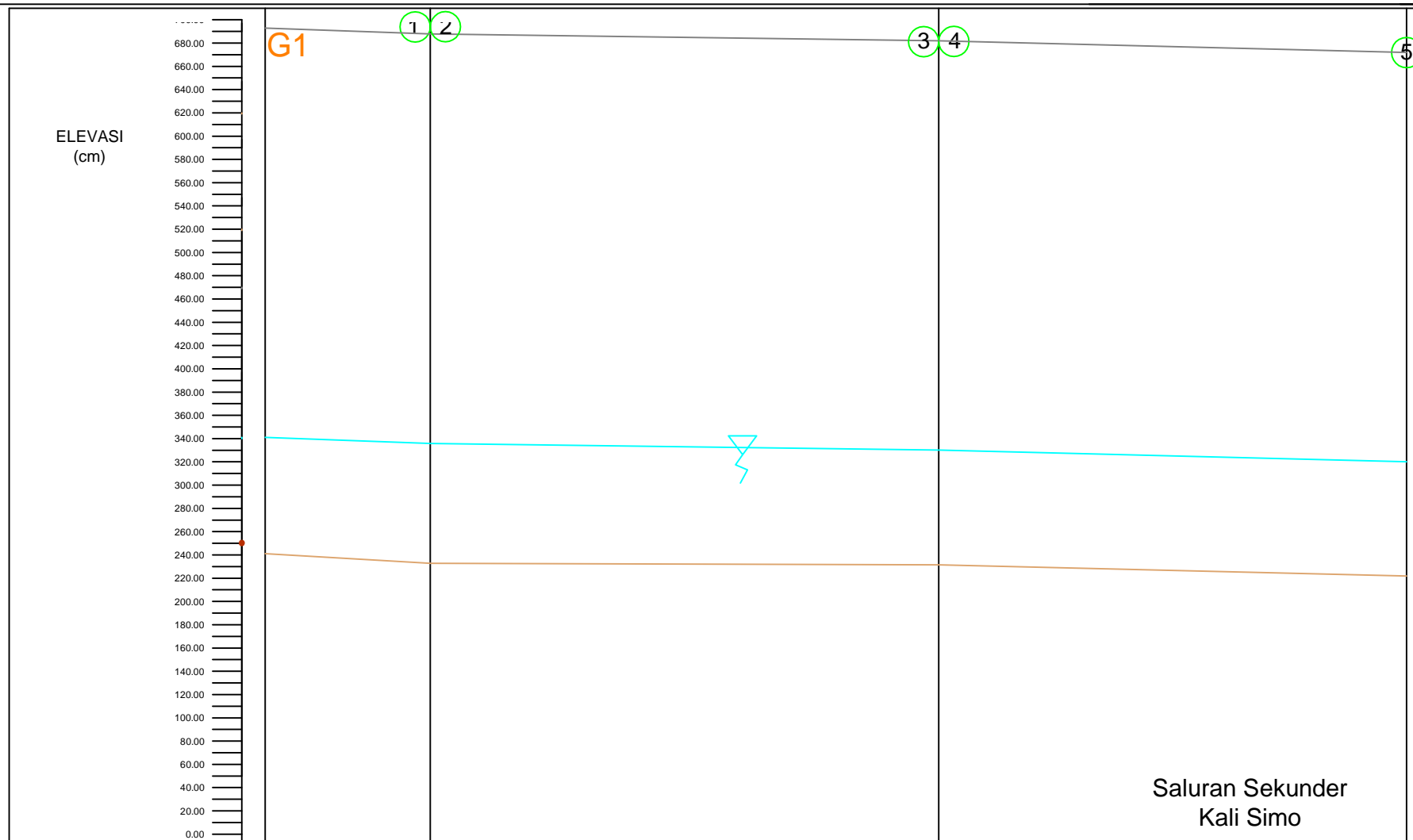
LAMPIRAN

9a

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60



Titik	G1	2,3	3,4	5
Panjang Tiap Titik (m)	142	437	402	
Panjang Kali Simo (m)	2163			
Elevasi Tanggul (m)	6,91	6,90	6,81	6,77
Elevasi Muka Air (m)	3,41	3,32	3,31	3,27
Elevasi Dasar Saluran (m)	2,41	2,32	2,30	2,22
Slope	0,00013			
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]	0,70	0,65	0,65	



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- 5 Outlet Saluran Tersier Kali Simo Rejo 26
- 6 Outlet Saluran Tersier Kali Simo Rejo Timur 4
- 7 Outlet Saluran Tersier Kali Simo Rejo 10
- 8 Outlet Saluran Tersier Kali Simo Rejo 4
- 9 Outlet Saluran Tersier Kali Simo Sidomulyo 10
- G Saluran Primer Kali Greges Titik

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI SIMO

NO. GAMBAR

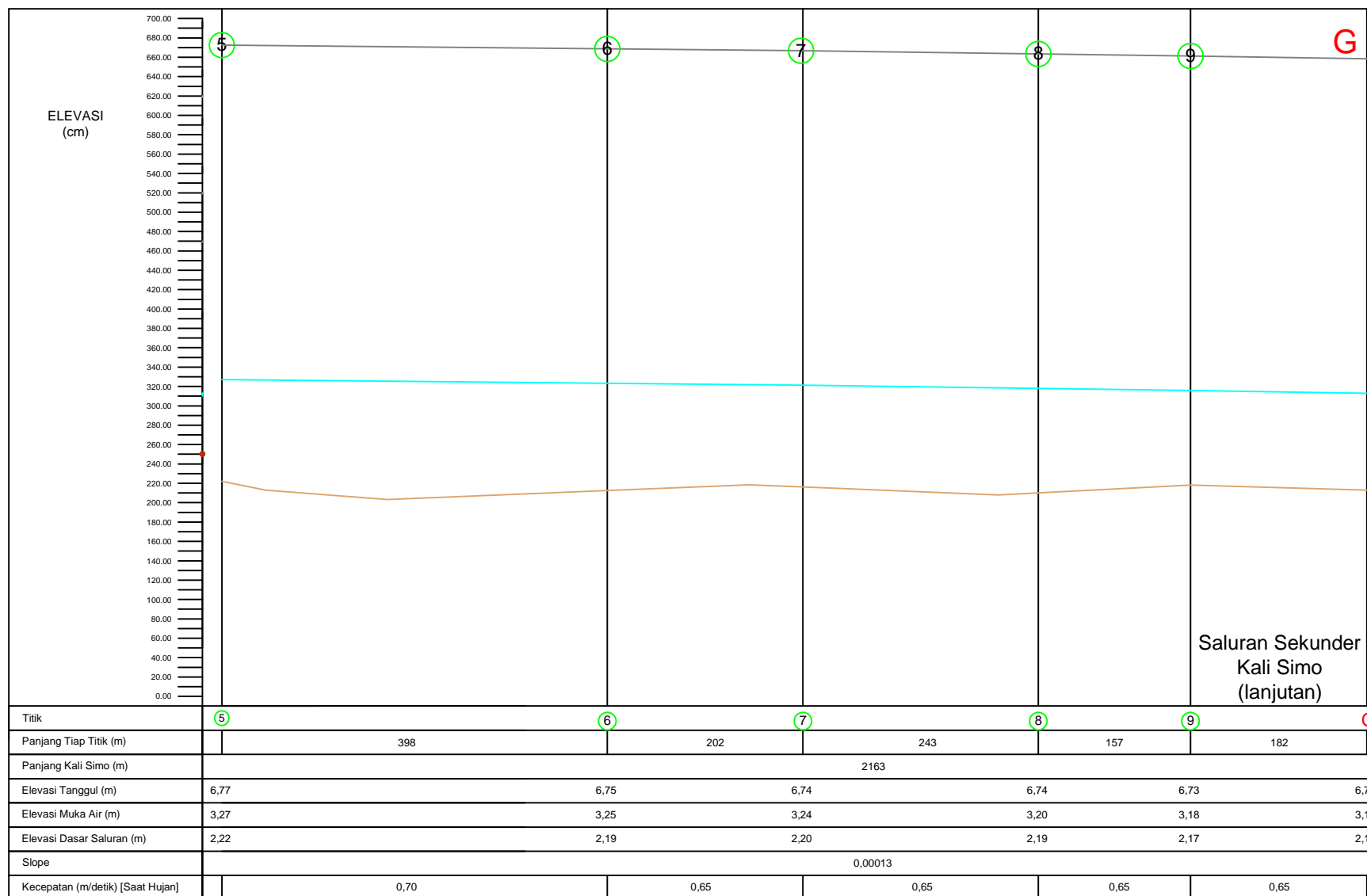
9b

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Tembok Dukuh Utara
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Tembok Dukuh Selatan
- H Saluran Primer Kali Greges Titik

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI ASEM BAGUS

NO. GAMBAR

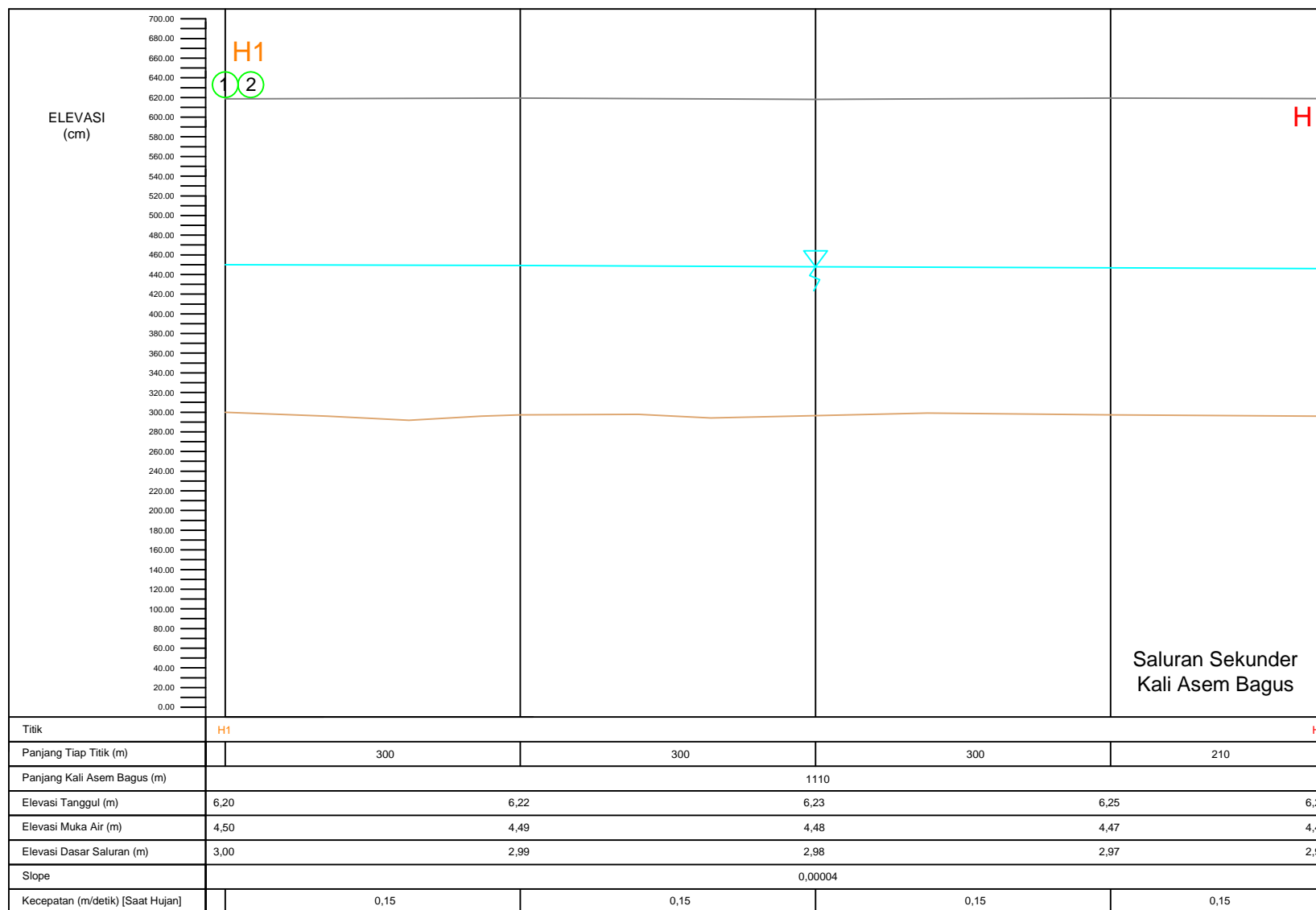
10

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Ps. Loak Barat
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Ps. Loak Tengah
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Ps. Loak Timur
- | Saluran Primer Kali Greges Titik

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI PASAR LOAK

NO. GAMBAR

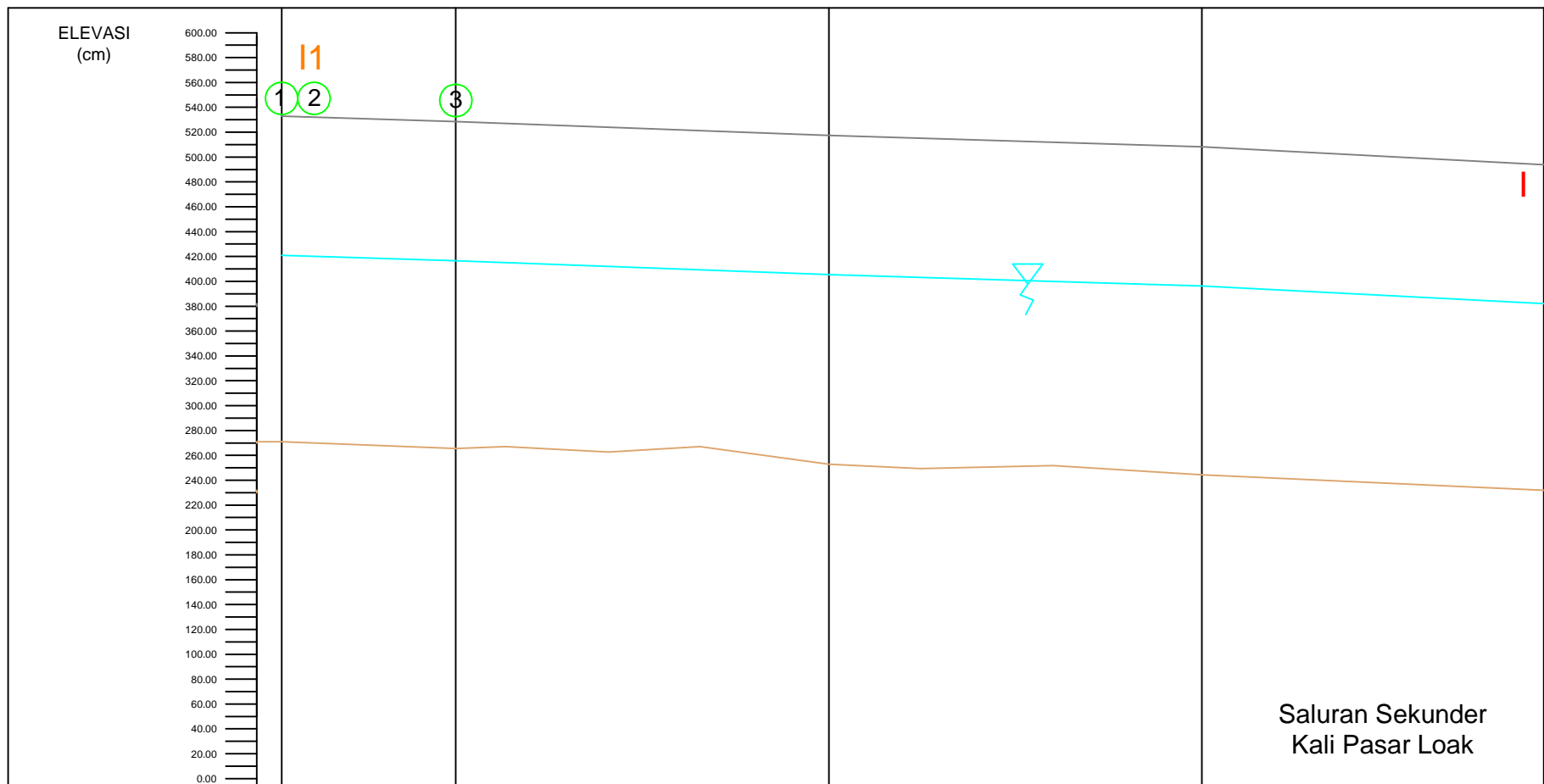
11

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 50000
VERTIKAL = 1 : 50



Titik	I1	③			I
Panjang Tiap Titik (m)	140	300	300	275	
Panjang Kali Pasar Loak (m)	1015				
Elevasi Tanggul (m)	5,11	4,59	4,55	4,47	4,00
Elevasi Muka Air (m)	4,21	4,19	4,05	3,97	3,82
Elevasi Dasar Saluran (m)	2,71	2,68	2,53	2,49	2,32
Slope	0,00004				
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]	0,20	0,20	0,25	0,25	



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGES
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- 1 Inlet ke Saluran Sekunder Kali Margo Rukun

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS. AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI TEMBOK GEDE

NO. GAMBAR

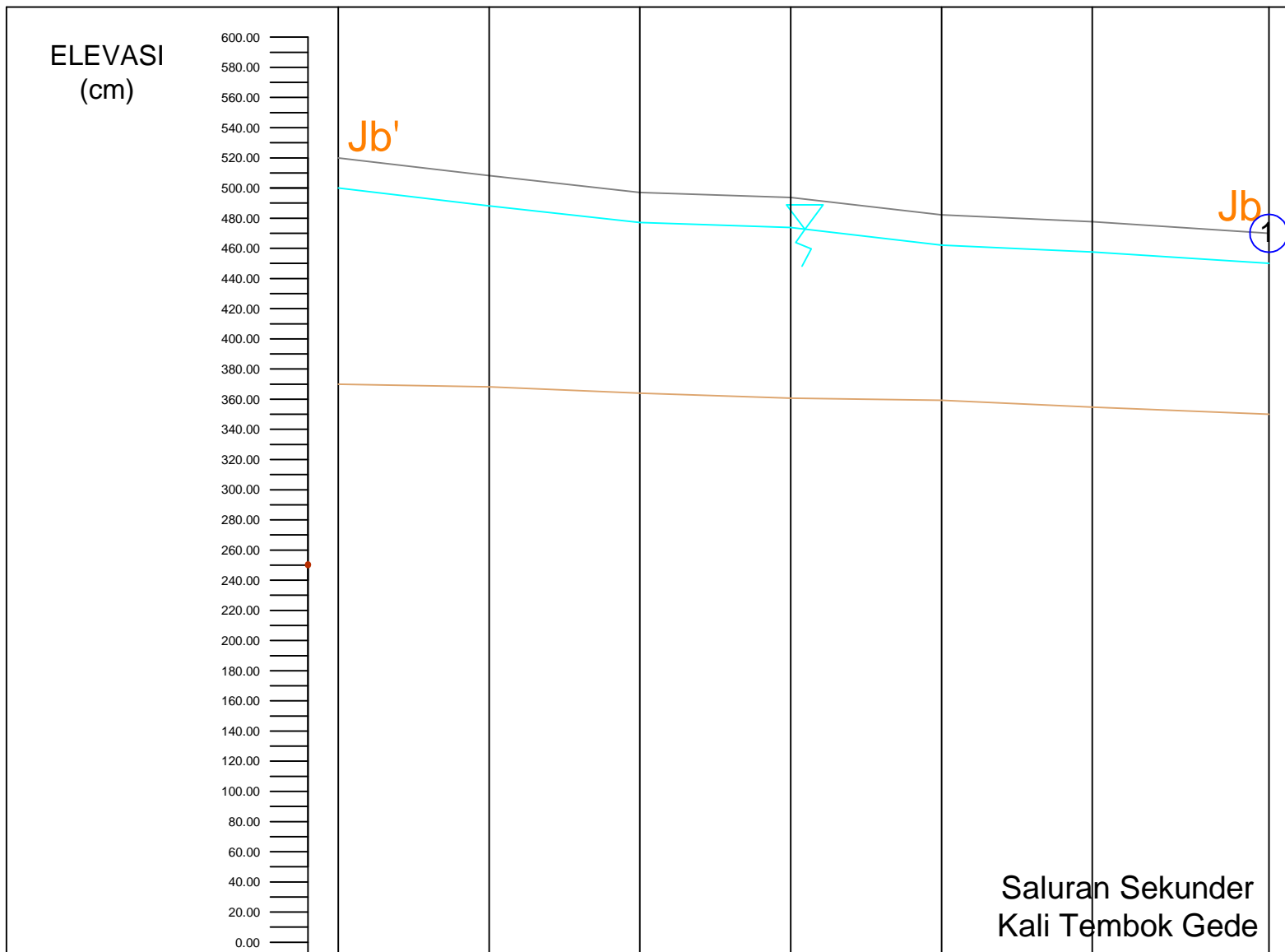
LAMPIRAN

12

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 40000
VERTIKAL = 1 : 40



Titik	Jb'							Jb
Panjang Tiap Titik	100	100	100	100	100	117		
Panjang Kali Tembok Gede (m)	617							
Elevasi Tanggul (m)	5,20	5,18	5,15	5,12	5,08	5,01	4,80	
Elevasi Muka Air (m)	5,00	4,98	5,95	5,92	5,88	4,71	4,50	
Elevasi Dasar Saluran (m)	3,50	3,48	3,45	3,43	3,39	3,27	3,00	
Slope	0,00034							
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15		



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Ps. Loak Barat
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Ps. Loak Tengah
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Ps. Loak Timur

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI SEMARANG

NO. GAMBAR

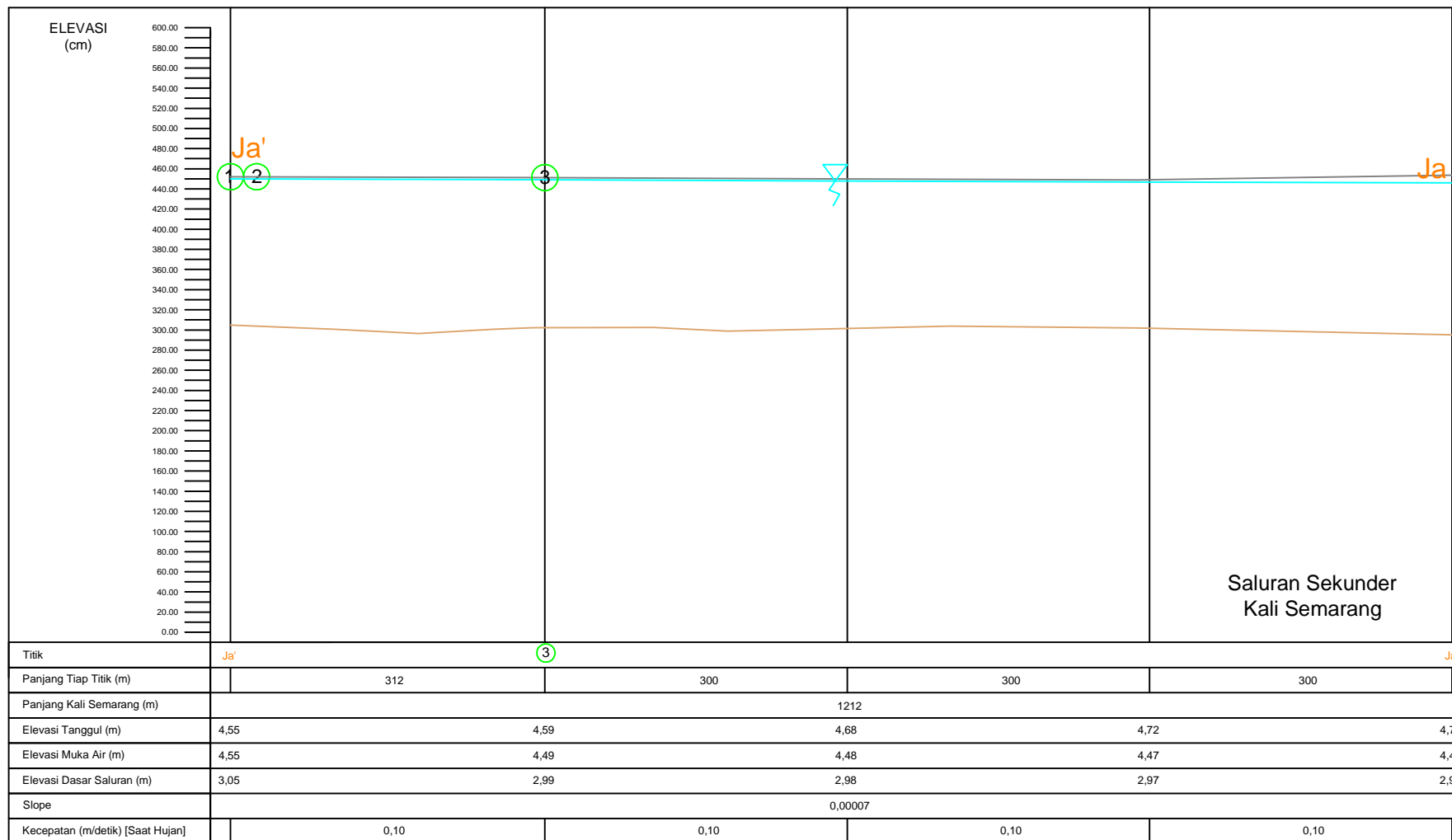
13

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Tembok Gede
- ② Outlet Saluran Sekunder Kali Semarang
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Pringadi
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Pawiyatan
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Jl. Semarang

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEKANISME SALURAN SEKUNDER
KALI MARGO RUKUN
(Segmen Jc - Jb dan Segmen Jb - Ja)

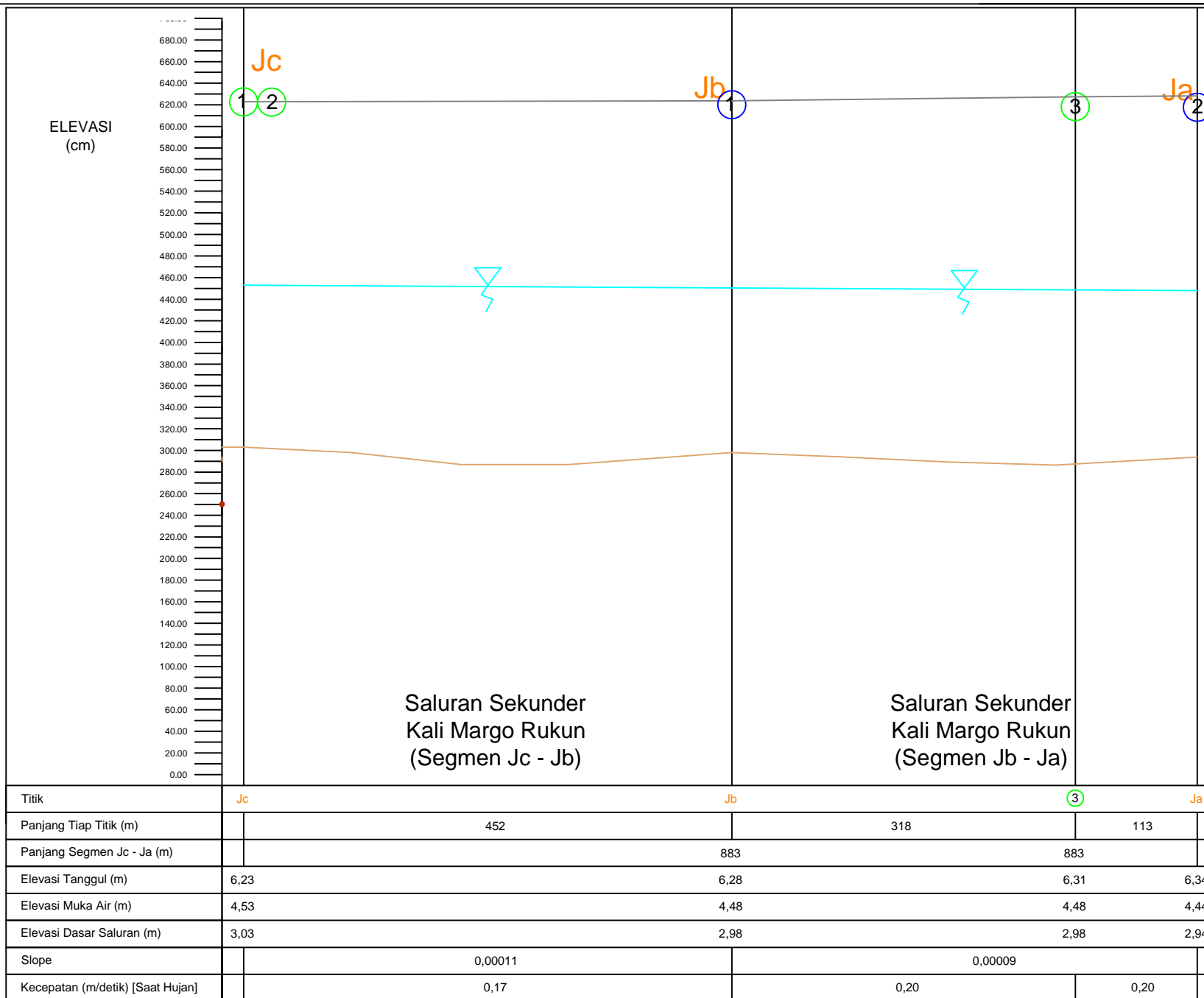
NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

14a

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 50000
VERTIKAL = 1 : 50





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Semarang
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Makam Tembok
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Gundih 2
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali 1
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali Gundih 4
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali Raya Dupak
- ⑥ Outlet Saluran Tersier Kali Sumber Mulyo

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEJANJANG SALLURAN SEKUNDER
KALI MARGO RUKUN
(Segmen Ja - J2)

NO. GAMBAR

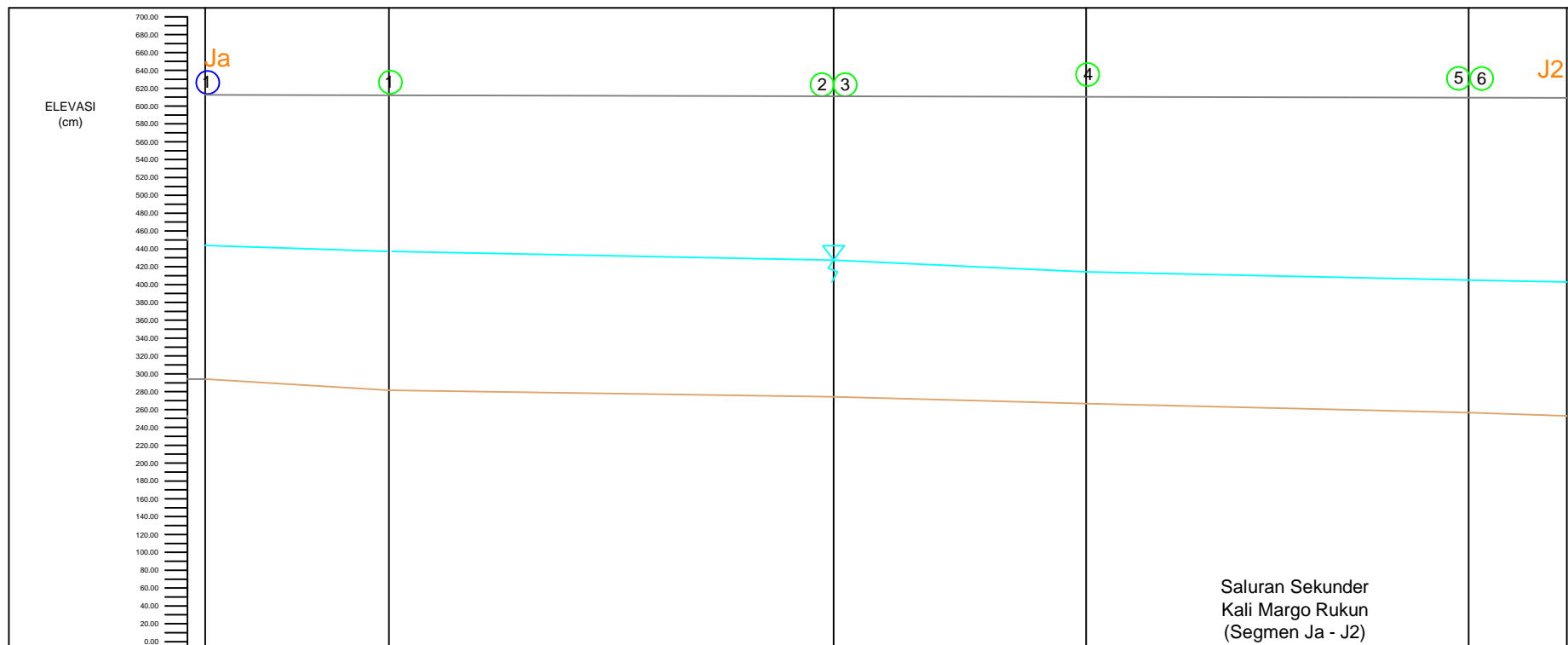
LAMPIRAN

14b

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 70000
VERTIKAL = 1 : 70



Titik	Ja	①	③ ④	⑤	⑤ ⑥	J2
Panjang Tiap Titik (m)	300		300	300	300	210
Panjang Kali Margo Rukun (Ja - J2) (m)			1526		1526	
Elevasi Tanggul (m)	6,34	6,34	6,34	6,33	6,33	6,33
Elevasi Muka Air (m)	4,44	4,38	4,26	4,14	4,48	4,03
Elevasi Dasar Saluran (m)	2,94	2,82	2,75	2,67	2,59	2,53
Slope			0,00004			
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]	0,25		0,20	0,20	0,25	0,25



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Tersier Kali Demak Selatan
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Demak Timur
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Demak Timur 5
- ④ Outlet Saluran Tersier Kali Demak Timur 10
- ⑤ Outlet Saluran Tersier Kali Demak Utara

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI DEMAK TIMUR

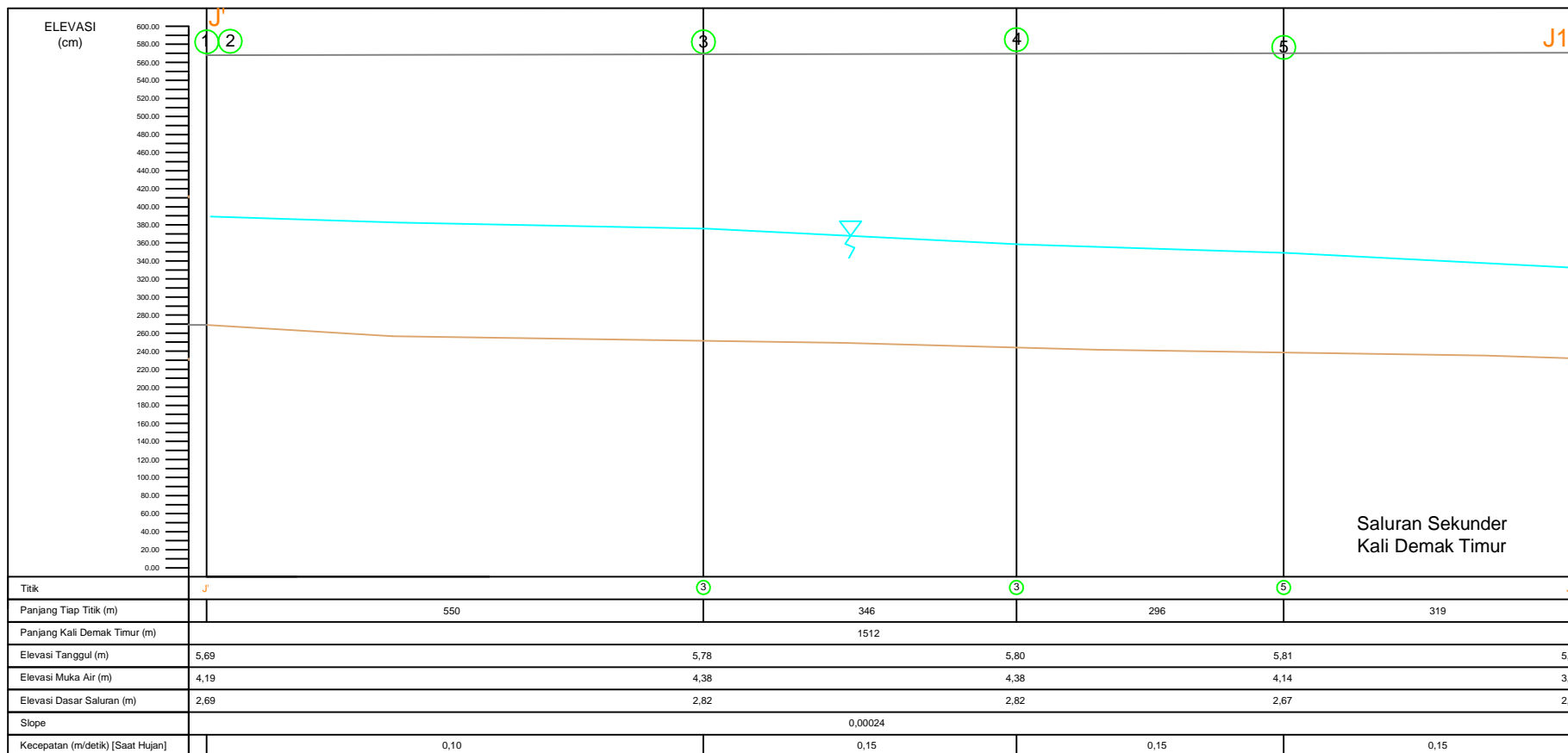
NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

15

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 70000
VERTIKAL = 1 : 70



Saluran Sekunder
Kali Demak Timur



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Margo Rukun
- ③ Outlet Saluran Tersier Kali Pasar Turi

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI DUPAK
(Segmen J3 - J2)

NO. GAMBAR

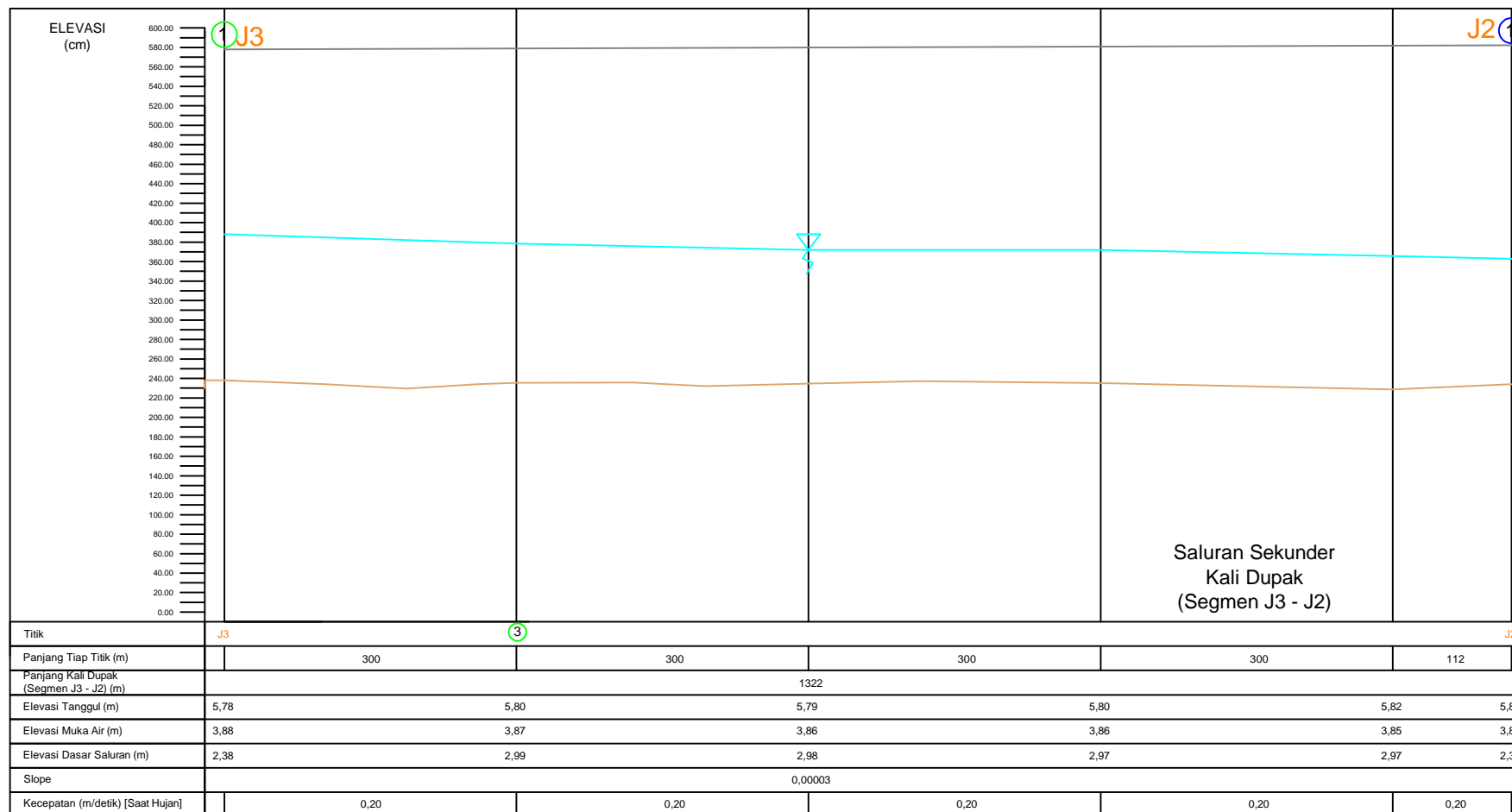
LAMPIRAN

16a

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60



Saluran Sekunder
Kali Dupak
(Segmen J3 - J2)



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGI
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Margo Rukun
- ② Outlet Saluran Sekunder Kali Demak Timur
- ① Outlet Saluran Tersier Kali 1

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI DUPAK
(Segmen J2 - J1)

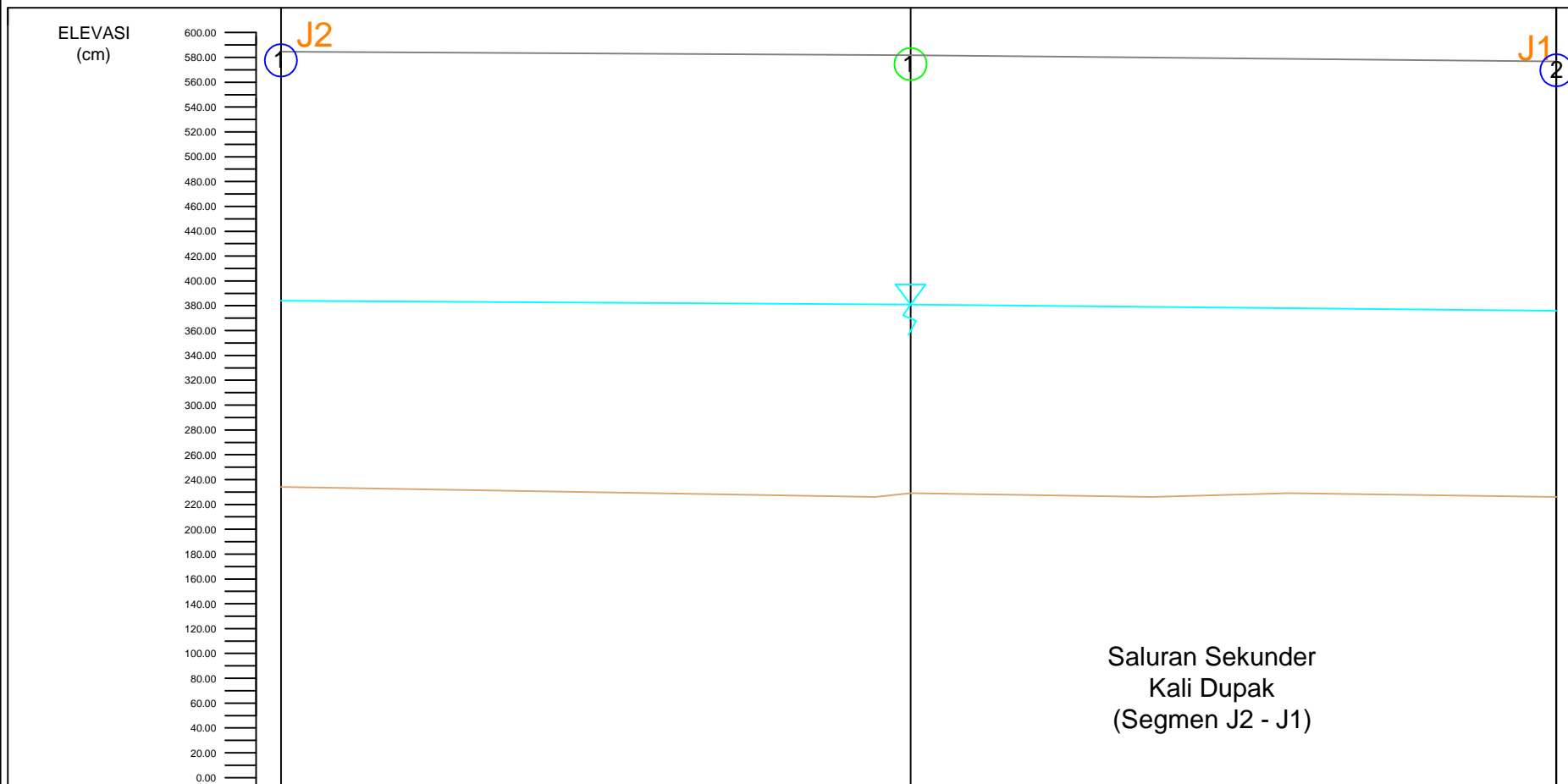
NO. GAMBAR LAMPIRAN

16b

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 50000
VERTIKAL = 1 : 50



Titik	J2	①	J1
Panjang Tiap Titik (m)	507	520	
Panjang Kali Dupak (Segmen J2 - J1) (m)	1027		
Elevasi Tanggul (m)	5,84	5,85	5,86
Elevasi Muka Air (m)	3,84	3,81	3,76
Elevasi Dasar Saluran (m)	2,34	2,29	2,26
Slope	0,00008		
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]	0,20	0,30	



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGG
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran
- ① Outlet Saluran Sekunder Kali Demak Timur
- ② Outlet Saluran Tersier Kali Dupak Bandarejo Selatan

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI DUPAK
(Segmen J1 - J)

NO. GAMBAR

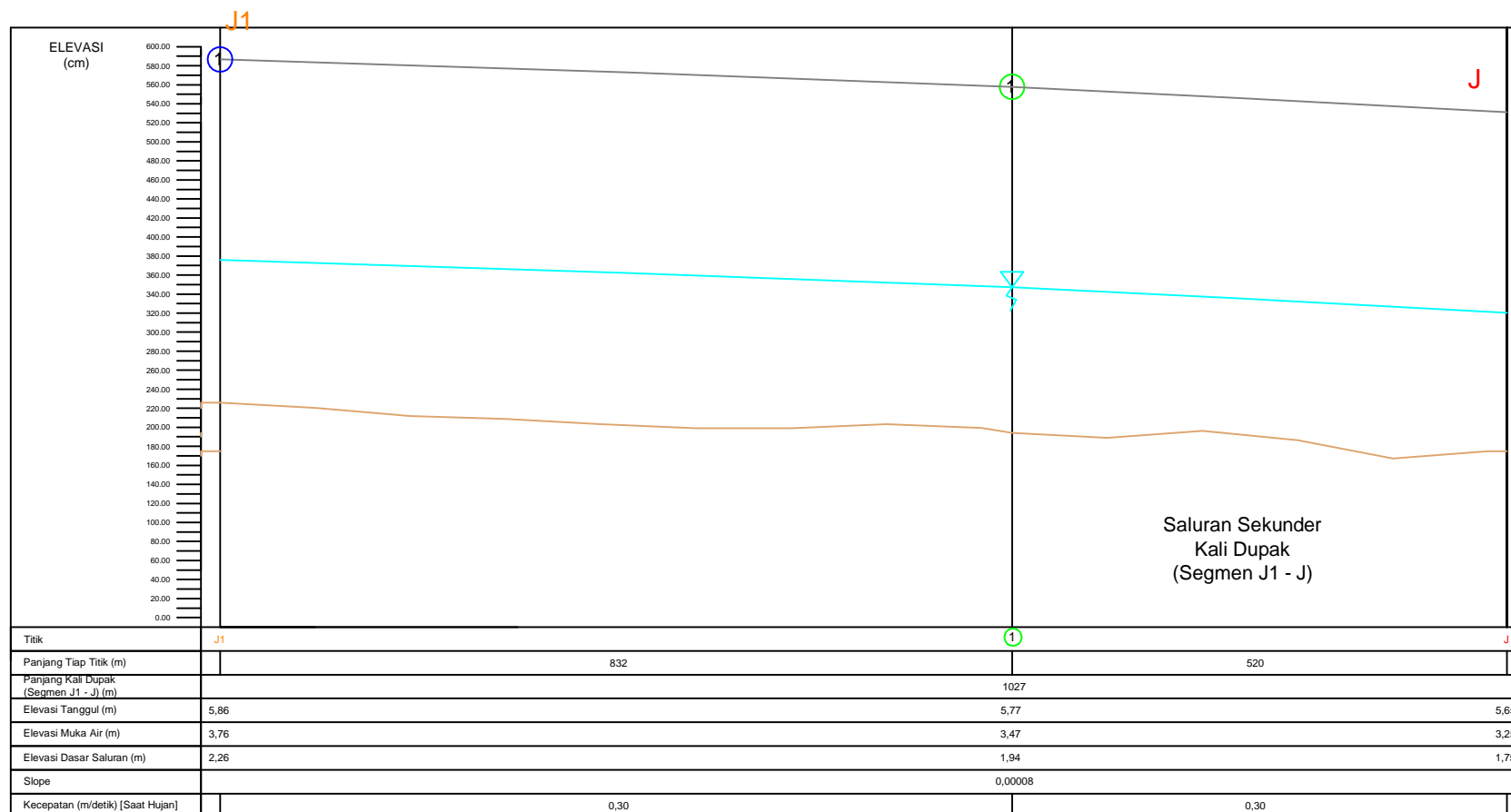
16c

LAMPIRAN

4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 60000
VERTIKAL = 1 : 60





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA
CATCHMENT AREA SISTEM PEMATUSAN GREGG
YANG DILAYANI RUMAH POMPA GREGES
DI RAYON GENTENG SURABAYA

LEGENDA

- Elevasi Tanggul
- Elevasi Muka Air
- Elevasi Dasar Saluran

- 1 Outlet Saluran Tersier Kali Jatijaya
- 2 Outlet Saluran Tersier Kali Tuban Raya
- 3 Outlet Saluran Tersier Kali Dupak Baru
- 4 Outlet Saluran Tersier Kali Tuban Selatan
- 5 Outlet Saluran Tersier Kali Purwodadi
- 6 Outlet Saluran Tersier Kali Dupak Bandarejo Utara
- 7 Outlet Saluran Tersier Kali Bangunsari

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.H.D.
19620816 199003 1 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG SALURAN SEKUNDER
KALI REMBANG

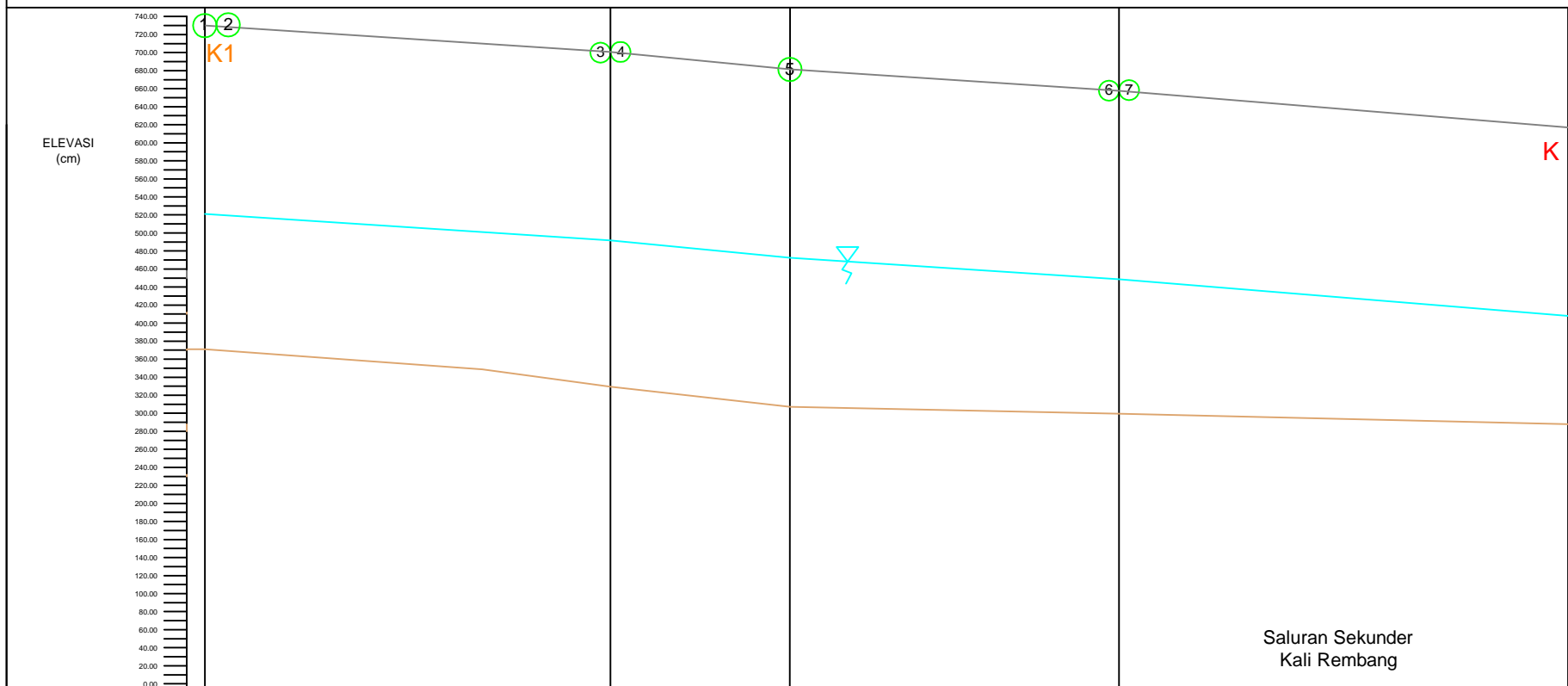
NO. GAMBAR **LAMPIRAN**

17

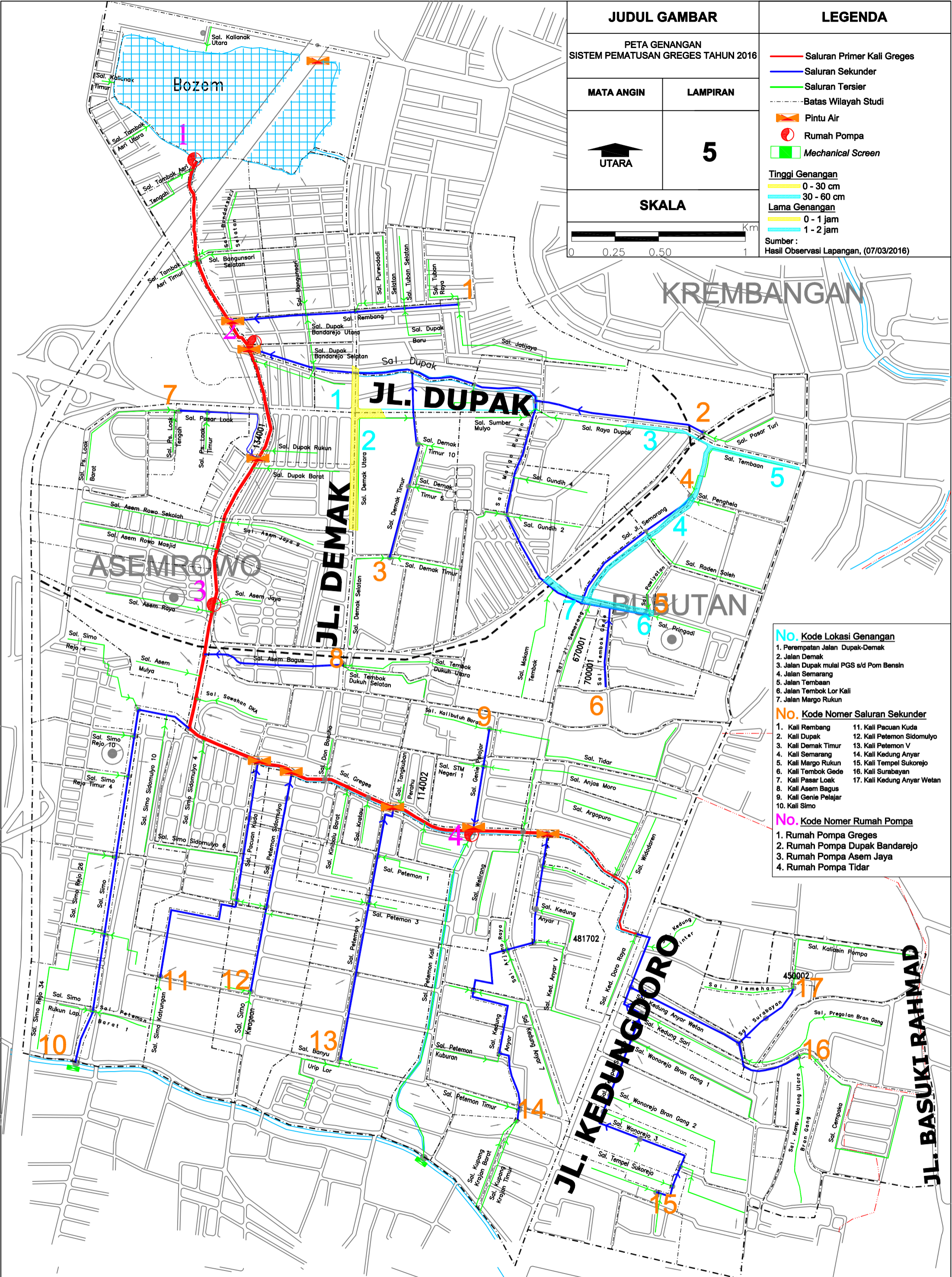
4

SKALA

HORIZONTAL = 1 : 70000
VERTIKAL = 1 : 70



Titik	K1		3-4	5		6-7		K
Panjang Tiap Titik (m)		450		199		365		498
Panjang Kali Rembang (m)		1512						
Elevasi Tanggul (m)	7,30		7,19		7,16		6,84	6,78
Elevasi Muka Air (m)	5,21		4,92		4,73		4,39	4,38
Elevasi Dasar Saluran (m)	3,71		3,30		3,29		3,00	2,88
Slope		0,00055						
Kecepatan (m/detik) [Saat Hujan]		0,20		0,25		0,25		0,25



JUDUL GAMBAR

PETA GENANGAN
SISTEM PEMATUSAN GREGES TAHUN 2016

LEGENDA

- Saluran Primer Kali Greges
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- - - Batas Wilayah Studi
- Pintu Air
- Rumah Pempa
- Mechanical Screen

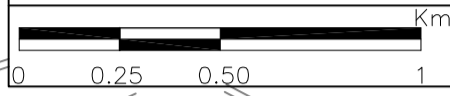
MATA ANGIN

LAMPIRAN



5

SKALA



- Tinggi Genangan**
- 0 - 30 cm
 - 30 - 60 cm
- Lama Genangan**
- 0 - 1 jam
 - 1 - 2 jam

Sumber : Hasil Observasi Lapangan, (07/03/2016)

No. Kode Lokasi Genangan

1. Perempatan Jalan Dupak-Demak
2. Jalan Demak
3. Jalan Dupak mulai PGS s/d Pom Bensin
4. Jalan Semarang
5. Jalan Tembaan
6. Jalan Tembok Lor Kali
7. Jalan Margo Rukun

No. Kode Nomer Saluran Sekunder

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Kali Rembang | 11. Kali Pacuan Kuda |
| 2. Kali Dupak | 12. Kali Petemon Sidomulyo |
| 3. Kali Demak Timur | 13. Kali Petemon V |
| 4. Kali Semarang | 14. Kali Kedung Anyar |
| 5. Kali Margo Rukun | 15. Kali Tempel Sukorejo |
| 6. Kali Tembok Gede | 16. Kali Surabaya |
| 7. Kali Pasar Loak | 17. Kali Kedung Anyar Wetan |
| 8. Kali Asem Bagus | |
| 9. Kali Genie Pelajar | |
| 10. Kali Simo | |

No. Kode Nomer Rumah Pempa

1. Rumah Pempa Greges
2. Rumah Pempa Dupak Bandarejo
3. Rumah Pempa Asem Jaya
4. Rumah Pempa Tidar



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI TIMBULNYA GENANGAN PADA CATCHMENT AREA
SISTEM PEMATUSAN GREGES YANG DILAYANI
RUMAH POMPA GREGES DI RAYON GENTENG SURABAYA

NAMA MAHASISWA

JANUAR CATUR PUTRANTO
3312100026

DOSEN PEMBIMBING

Ir. MAS AGUS MARDYANTO, ME, P.h.D.
19620816 199003 1 004

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 Peta Blok Pelayanan Sistem Pematusan Greges
- LAMPIRAN 2 Peta Tata Guna Lahan Sistem Pematusan Greges
- LAMPIRAN 3 Potongan Melintang Saluran Primer dan Sekunder Sistem Pematusan Greges
- LAMPIRAN 4 Potongan Memanjang Saluran Primer dan Sekunder Sistem Pematusan Greges
- LAMPIRAN 5 Peta Genangan Sistem Pematusan Greges Tahun 2016

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan mengenai Sistem Pematusan Greges, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil analisis dan pembahasan penyebab timbulnya genangan pada *catchment area* Sistem pematusan Greges adalah
 - a) Saluran sekunder pada Kali Tembok Gede (Jb'-Jb), Kali Semarang (Ja'-Ja), Kali Margo Rukun (Jc-J2), Kali Demak Timur (J'-J1), dan Kali Dupak (J3-J) tidak mampu menampung debit limpasan hujan, sehingga terjadi genangan dengan tinggi genangan maksimum 40 cm, lama genangan maksimum 240 menit, dan total luas genangan 5,71 ha.
 - b) Saluran primer Kali Greges dengan adanya sedimen saat ini yaitu 12,28 m³/detik, sedangkan debit limpasan hujan yaitu 12,23 m³/detik sehingga masih mampu menampung debit limpasan hujan yang masuk ke dalam Saluran Primer Kali Greges.
 - c) Kapasitas total pompa banjir pada Rumah Pompa Dupak Bandarejo dalam waktu 12 tahun yang melayani saluran sekunder Kali Dupak yang merupakan muara dari 4 saluran sekunder yaitu Kali Demak Timur, Kali Margo Rukun, Kali Semarang, dan Kali Tembok Gede terjadi penurunan kinerja dari 4,5 m³/detik menjadi 3,6 m³/detik dari hasil laporan pemeliharaan pompa tahun 2015.
 - d) Kapasitas total pompa banjir pada Rumah Pompa Greges dalam waktu 4 tahun yang melayani saluran primer Kali Greges terjadi penurunan kinerja dari 13 m³/detik menjadi 12,5 m³/detik dari hasil laporan pemeliharaan pompa tahun 2015.
 - e) Tidak adanya *Standard Operating Procedure* (SOP) Pengoperasian Sistem Pematusan Greges secara tertulis.

2. Hasil rencana tindak lanjut yang dilakukan dari analisis dan pembahasan dalam mengurangi genangan pada *catchment area* Sistem pematusan Greges adalah
 - a) Dilakukan pengerukan sedimen pada 5 segmen saluran sekunder yaitu Kali Tembok (Jb'-Jb), Kali Semarang (Ja'-Ja), Kali Margo Rukun (Jc-J2), Kali Demak Timur (J'-J1), dan Kali Dupak (J3-J), agar saluran pada segmen tersebut dapat menampung debit limpasan air hujan yang masuk,
 - b) Adanya *Standard Operating Procedure* (SOP) Pengoperasian Pompa pada *catchment area* Sistem Pematusan Greges secara lisan dari hasil diskusi dengan Kepala Rayon Genteng.

6.2 Saran

1. Perlu dilakukan rehabilitasi maupun normalisasi sarana dan prasarana Sistem Pematusan Greges antara lain pada saluran primer, saluran sekunder, saluran tersier, rumah pompa, dan boezem morokreimbangan selatan dan utara.
2. Perlu adanya pompa non permanen yang telah disiapkan untuk ditempatkan di lokasi yang rawan genangan pada *catchment area* Sistem Pematusan Greges untuk mengurangi genangan lebih cepat.
3. Perlu adanya *Standard Operating Procedure* (SOP) secara menyeluruh, meliputi normalisasi saluran dan boezem, waktu operasional dan pemeliharaan sarana dan prasarana rumah pompa, dan lain sebagainya pada *catchment area* Sistem Pematusan Greges.
4. Pada evaluasi berikutnya di wilayah studi, diperlukan analisis dan pembahasan pada saluran tersier.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2015. **Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Penampung**. SNI 8066-2015. Jakarta. Indonesia
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2015. **Laporan Statistik Surabaya Dalam Angka Tahun 2015**. Surabaya. Indonesia
- Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya. 2015. **Laporan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya Tahun 2009-2029**. Surabaya. Indonesia
- Bandung Urban Drainage Development Project. 1996. **Drainage Design for Bandung**. Bandung. Indonesia
- Chay, A. 2006. **Hidrologi dan Pengolaan Daerah Aliran Sungai**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Indonesia
- Chow, V.T. 1964. **Handbook of Applied Hydrology**. McGraw-Hill. New York. USA
- Dinas Bina Marga dan Pematusan Surabaya. 2015. **Surabaya Drainage Masterplan 2018**. Surabaya, Indonesia
- Dinas Cipta karya dan Tata Ruang 2015. **Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya 2013**. Surabaya. Indonesia
- Dinas Pertanian. 2014. **Penggunaan Lahan Kota Surabaya Tahun 2013**. Surabaya. Indonesia
- Hsu, N-S., Huang, C-L. dan Wei, C-C. 2013. **Intelligent Real-Time Operation of A Pumping Station for An Urban Drainage System**. Journal of Hydrology, 489, 85-97
- Keputusan Walikota Surabaya. 2015. **Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2015**. Surabaya. Indonesia
- Linsley, R.K, and Franzini. 1979. **Water Resources Engineering, McGraw-Hill**. New York. USA

- Masduqi, M. 2005. **Diktat Kuliah Drainase Permukiman**. ITB, Bandung, Indonesia
- Pandebesie, E.S., Hartati, Salami, I.R.S., Wijaya, J.M., Sijoatmojo,S. 2002. **Pengelolaan Sistem Drainase dan Penyaluran Air Limbah. Teknik Perencanaan Penyehatan Lingkungan Permukiman**. Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP ITS. Surabaya, Indonesia.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2013. **Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Surabaya Tahun 2013**. Surabaya. Indonesia.
- Soewarno. 1995. **Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 2**. Bandung. Indonesia.
- Subarkah Ir. 1980. **Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air**. Ide Dahrma, Bandung. Indonesia.
- Suripin, M.Eng. Dr. Ir,. 2004. **Sistem Drainase Kota Berkelanjutan**. Andi Offset, Yogyakarta, Indonesia.
- UPT PSAWS Buntung Peketingan.2015. **Laporan Data Curah Hujan Stasiun Kota Surabaya 2000-2015**. Surabaya. Indonesia

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 28 Januari 1994, merupakan anak ke empat dari lima bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di SDN Kertajaya XII Surabaya pada tahun 2000-2006. Kemudian dilanjutkan di SMP Muhammadiyah 5 Surabaya pada tahun 2006-2009, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMA Muhammadiyah 2 Surabaya pada tahun 2009-2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di jurusan Teknik

Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2012-2016 dan terdaftar dengan NRP 3312100026. Selama masa perkuliahan, penulis aktif di dalam organisasi kemahasiswaan sebagai Staf Internal Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS periode 2013-2014 dan 2014-2015. Selain itu, penulis juga aktif menjadi panitia di berbagai kegiatan HMTL ITS maupun luar ITS. Berbagai pelatihan dan seminar nasional maupun internasional di bidang Teknik Lingkungan maupun bidang lainnya telah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri. Penulis berkesempatan menjalankan Kerja Praktik di PDAM Tirta Dharma Kota Malang untuk melakukan Studi Kehilangan Air Jaringan Pipa Distribusi. Selain itu penulis menjadi tim penyusun Rencana Induk Sistem Drainase Kota Kediri tahun 2016 sebagai Asisten Tenaga Ahli. Penulis dapat dihubungi via email januar.putranto12@mhs.enviro.its.ac.id