



TUGAS AKHIR - RC184803

**PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN PINTU AIR DI
BAGIAN HILIR SALURAN KALIDAMI SURABAYA TIMUR**

ALDIO MAULUDY
NRP. 0311164000091

Dosen Pembimbing
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



TUGAS AKHIR - RC184803

**PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN PINTU AIR DI
BAGIAN HILIR SALURAN KALIDAMI SURABAYA
TIMUR**

ALDIO MAULUDY
NRP. 0311164000091

Dosen Pembimbing
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT – RC 184803

**BOEZEM, PUMP, AND TIDE GATE PLANNING IN THE
DOWNSTREAM OF KALIDAMI CHANNEL IN EAST
SURABAYA**

ALDIO MAULUDY
NRP. 0311164000091

Supervisor
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

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

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN PINTU
AIR DI BAGIAN HILIR SALURAN KALIDAMI
SURABAYA TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Hidroteknik

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

ALDIO MAULUDY
NRP. 0311164000091

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. techn. Umboro Lasmito, ST., Msc.....(Pembimbing)



SURABAYA
JANUARI, 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SALURAN KALIDAMI SURABAYA TIMUR

Nama Mahasiswa : ALDIO MAULUDY
NRP : 0311164000091
Departemen : TEKNIK SIPIL FTSPK ITS
Dosen Pembimbing : Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.

Abstrak

Saluran Kalidami berada di kawasan Surabaya bagian timur. Saluran ini memiliki panjang 7781 meter dengan lebar yang bervariasi antara 15-30 meter. Saluran Kalidami membentang dari Kelurahan Airlangga, Gubeng, Kalisari dan berakhir di Selat Madura. Saat ini 4 km dari hilir saluran Kalidami terdapat boezem yang dilengkapi dengan 4 pintu air dan 2 rumah pompa untuk pengendalian banjir. Namun, saat pompa air dihidupkan ketika hujan, daerah hilir saluran tidak mampu mengalirkan debit buangan pompa sehingga air pada saluran meluap yang diakibatkan oleh pasang air laut, sedimentasi, maupun banyaknya sampah di Kalidami. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan boezem yang dilengkapi dengan pintu serta pompa air pada hilir saluran Kalidami ini diharapkan air pada saluran tidak meluap sehingga tidak terjadi genangan pada DAS Kalidami.

Perencanaan dalam Tugas Akhir ini menggunakan simulasi dengan program bantu Storm Water Management Model (SWMM) 5.1 yang diawali dengan mengumpulkan data hujan harian maksimum di DAS Kalidami, Peta Rencana Tata Ruang Wilayah DAS Kalidami, Peta Jenis Tanah Surabaya, Layout DAS Kalidami, Peta Topografi Surabaya, dan sistem drainase eksisting Kalidami. Data hujan didistribusikan secara statistik untuk memperkirakan probabilitas yang akan digunakan, kemudian hasil distribusi tersebut diuji kecocokannya, dan didapatkan curah hujan periode ulang 20 tahun. Dari Peta Rencana Tata Ruang Wilayah dan Peta

Jenis Tanah Surabaya didapatkan tata guna lahan DAS Kalidami, Manning's N Overland Flow, dan Data Infiltrasi. Dari Layout DAS Kalidami dan Peta Topografi Surabaya didapatkan subcatchment area dan kontur DAS Kalidami. Dari data sistem drainase Kalidami eksisting didapatkan geometris saluran, Manning's N for Open Channel, Pengoperasian screw pump dan pompa kalidami. Flow routing dilakukan tiga kali, pertama untuk mengecek sistem drainase Kalidami eksisting terhadap banjir dengan curah hujan periode ulang. Kedua perencanaan ulang berdasarkan evaluasi sistem drainase eksisting bila banjir. Ketiga mengecek boezem dan pengoperasian tiga pompa di sistem drainase Kalidami rencana.

Hasil dari Tugas Akhir ini adalah debit limpasan air hujan maksimum pada sistem drainase Kalidami sebesar 88,36 m³/s pada waktu satu jam setelah hujan dimulai. Boezem hilir memiliki luas sebesar 40.000 m² dengan kedalaman air sebesar 2,5 m. Pompa hilir memiliki 6 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas 5 m³/s. Pintu air memiliki lebar 3,5 m, tinggi 2,5 m, tebal 0,03 m, dan diameter stang 3,81 cm dan hasil pengoperasian ketiga pompa adalah; (a) Screw pump mengeluarkan debit 25 m³/s pada elevasi 0,5 – 2 m. (b) Pompa Kalidami mengeluarkan debit 10 m³/s pada elevasi 0,5m, 20 m³/s pada elevasi 0,6 – 0,7 m, 25 m³/s pada elevasi 0,8 – 0,9 m, 30 m³/s pada elevasi 1 – 1,1 m, 35 m³/s pada elevasi 1,2 – 1,3 m, 40 m³/s pada elevasi 1,4 – 1,5 m, 45 m³/s pada elevasi 1,6 – 2 m. (c) Pompa hilir mengeluarkan debit 10 m³/s pada elevasi 0,5 – 0,7 m, 15 m³/s pada elevasi 0,8 – 1,1 m, 20 m³/s pada elevasi 1,2 – 1,4 m, 25 m³/s pada elevasi 1,5 – 1,7 m, 30 m³/s pada elevasi 1,8 – 2,5 m.

Kata Kunci: Banjir, Boezem (kolam tampung), Kalidami, Pintu air, Pompa, Storm Water Management Model (SWMM) 5.1.

BOEZEM, PUMP, AND TIDE GATE PLANNING IN THE DOWNSTREAM OF KALIDAMI CHANNEL IN EAST SURABAYA

Student Name : ALDIO MAULUDY
NRP : 03111640000091
Department : TEKNIK SIPIL FTSPK ITS
Supervisor : Dr. techn. Umboro Lasminto, ST.,
MSc.

Abstract

The Kalidami channel is located at eastern Surabaya. This channel is 7781 meters in length with various width of 15 to 30 meters. The Kalidami channel stretches from Airlangga village, Gubeng, Kalisari, and ends at the Madura Strait. Currently, 4 km downstream of the Kalidami channel, a boezem equipped with 4 tide gates and 2 pump houses for flood control could be located. However, if the water pump is actived during rain, the channel's downstream is unable to drain the discharge of the pump which causes overflowing due to tides, sedimentation, or the excessive amount of garbage in Kalidami. It is expected that the water overflow which leads to inundation will stop around the Kalidami Watershed.

The Planning of this Final Project is using simulation with the support of Storm Water Management Model (SWMM) 5.1 begins with collecting maximum daily rainfall data in the Kalidami Watershed, Map of Kalidami Watershed Spatial Planning, Map of Surabaya Soil Types, Kalidami Watershed Layout, Surabaya Topographical Map, and the existing Kalidami drainage system. Rainfall data is distributed statistically to estimate probability, then the results of the distribution are tested for compability. This test result a 20-year rainfall return period. From the Map of Spatial Planning and Map of Surabaya Soil Types, the land uses of the Kalidami Watershed, Manning's N Overland Flow, and Infiltration Data are obtained. The Kalidami watershed contour

and subcatchment area are obtained for the Kalidami Watershed Layout and Surabaya Topographical Map; other data such as geometric channels, Manning's N for Open Channel, and screw pump and Kalidami pump operation are obtained from the existing Kalidami drainage system against floods with return period rainfall, second to do re-planning based in existing drainage system during flood evaluation, and third to check boezem and the operation of three pumps at the planned drainage system.

The result of this final project is the maximum rainwater runoff in the Kalidami drainage system at the number of 88.36 m³/s within one hour after the rain starts. The planned boezem has the area of 40.000 m² with the depth of water 2.5 m. There will be 6 units of pumps each with the capacity of 5 m³/s. Tide gates have a width of 3,5 m, height of 2,5 m, thickness of 0,03 m, and handlebar diameter 3,81 cm. the operation of three pumps result in (a) the screw pump releases a flow rate of 25 m³/s at the elevation between 0.5 – 2 m. (b) the Kalidami pump releases a flow rate of 10 m³/s at the elevation of 0.5 m, 20 m³/s at the elevation between 0.6 – 0.7 m, 25 m³/s at the elevation between 0.8 – 0.9 m, 30 m³/s at the elevation between 1 – 1.1 m, 35 m³/s at the elevation between 1.2 – 1.3 m, 40 m³/s at the elevation between 1.4 – 1.5 m, and 45 m³/s at the elevation between 1.6 - 2 m. (c) the downstream pump releases a flow rate between 10 m³/s at the elevation of 0.5 – 0.7 m, 15 m³/s at the elevation between 0.8 – 1.1 m, 20 m³/s at the elevation between 1.2 – 1.4 m, 25 m³/s at the elevation of 1.5 – 1.7 m, 30 m³/s at the elevation between 1.8 - 2 m.

Keyword: Flood, Kalidami, Pump, Storage Unit, Tide Gate, Storm Water Management Model (SWMM) 5.1.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Perencanaan *Boezem*, Pompa, dan Pintu Air di Bagian Hilir Saluran Kalidami Surabaya Timur” tepat pada waktunya.

Dalam proses pengerjaannya penulis menemui banyak kendala-kendala yang tidak dapat diselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besanya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memudahkan segala urusan hamba-Nya salah satunya adalah menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Keluarga penulis yang selalu mendukung dan mendoakan kesuksesan dalam perkuliahan serta khususnya penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. techn Umboro Lasminto, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan bimbingannya dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Edijatno, DEA selaku dosen Keairan dan Teknik Pantai yang selalu memberikan arahan, bimbingan, motivasi dalam proses kuliah penulis.
5. Kakak-kakak S58++ atas pembelajaran akademis dan non-akademis selama proses kuliah penulis.
6. Departemen Dalam Negeri HMS FTSP-ITS (Mas Fauzan, Mba Alyssa, Mas Alfi, Mba Opi, Mas Nanda, Dini, Faiz, Bayu, Ermitha, Bilah, Bagos, Adit, Hafizhan, Sasa, Gusti, Juheri, Aurel) atas ilmu, hiburan, dan bantuan lainnya.
7. Teman-teman BME Selatan E-40, Dharmahusada Mas BF-12, Kontrakan Bayu, dan Bhaskara Tengah D29 yang menyediakan tempat untuk mengungsi selama proses perkuliahan penulis.
8. Teman-teman SKK. Kembang Desa (Tika, Tasya, Shalva, Bagos, Fadhil, Qoni, Bilah, Fida, Lulu, Kalief, Rifky,

Luthfi, Dizq, dan Bayu) yang setia menemani di kantin, sekre dan kontainer serta membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

9. Teman-teman Logistik Yahud (Bagos, Giovan, Aghis, Ryan, Yanu, Lukas, Faiz, dan Kalief) yang selalu menemani sejak awal sampai akhir proses kuliah penulis.
10. Teman-teman Pasukan Kantin Sipil (Bayu, Gusti, Hafizhan, Rizky, Adit, Lukas, Faisal, Luthfi, David, Kalief, Agung, Jarsan, Jyoti, Agasi, Kukuh) yang setia menemani dan menghibur.
11. Teman-teman Anggota Himpunan Mahasiswa Sipil lainnya yang memberikan dukungan berupa bantuan, semangat, makanan dan tekanan.
12. Seluruh keluarga Departemen Teknik Sipil ITS yang selalu mendukung dan menemani dalam masa perkuliahan.

Penulis berusaha menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya dan menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala bentuk saran dan kritik dari pembaca sangat diharapkan demi kemajuan bangsa dan negara serta almamater.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Manfaat.....	2
1.6. Lokasi Tinjauan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Boezem, Pintu Air, dan Pompa	5
2.2. Analisis Curah Hujan	5
2.2.1. Analisis Curah Hujan Rata-rata.....	5
2.2.2. Analisis Distribusi Frekuensi	7
2.2.3. Uji Kecocokan Parameter Distribusi	17
2.2.4. Periode Ulang.....	24
2.2.5. Penghitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam.....	25
2.3. Storm Water Management Model (SWMM)	26
2.4. Rain Gage	30
2.5. Subcatchment	31
2.6. Junction Node.....	40
2.7. Outfall Node.....	42
2.8. Storage Unit.....	43
2.9. Conduit	46
2.10. Pumps	56
2.11. Routing Metode Dynamic Wave	58
2.12. Analisis Pintu Air	60
2.12.1 Penentuan Dimensi Pintu Air	60
2.12.2 Besar Debit yang Melewati Pintu Air	60

BAB III METODOLOGI	63
3.1. Umum.....	63
3.2. Tahap Persiapan	63
3.3. Pengumpulan Data	63
3.4. Penghitungan Curah Hujan	64
3.5. Input Parameter Hidrologi.....	64
3.6. Input Parameter Hidrolika	64
3.7. Flow Routing Metode Dynamic Wave Analysis.....	64
3.8. Diagram Alir Pencanaan	64
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	71
4.1 Analisis Data Curah Hujan.....	71
4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah	71
4.1.2 Analisis Distribusi Frekuensi	74
4.1.3 Uji Kecocokan Parameter Distribusi	80
4.1.4 Kesimpulan Analisis Frekuensi.....	86
4.1.5 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang	87
4.1.6 Perhitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam.....	88
4.2 Rain Gage Properties.....	88
4.3 Subcatchment Properties	90
4.4 Junction Node Properties.....	98
4.5 Outfall Node Properties.....	101
4.6 Conduit Properties.....	103
4.7 Storage Unit Properties	109
4.8 Pumps Properties.....	112
4.9 Flow Routing Awal	116
4.10 Flow Routing Evaluasi I.....	123
4.11 Flow Routing Evaluasi II	129
4.12 Flow Routing Akhir.....	135
4.13 Perencanaan Pintu Air	151
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	157
5.1. Kesimpulan.....	157
5.2. Saran.....	158
DAFTAR PUSTAKA.....	159
LAMPIRAN	161
LAMPIRAN 1. Kolam pompa serta Pompa dan Pintu Air ...	161

LAMPIRAN II. Boezem Kalidami serta Pompa dan Pintu Air 164	
LAMPIRAN III. Brosur Pompa Air Rencana	167
LAMPIRAN IV. Brosur Pintu Air Rencana.....	169
LAMPIRAN V. Gambar Rencana.....	171
BIODATA PENULIS.....	196

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Perencanaan	3
Gambar 2.1	Contoh <i>Polygon Thiessen</i>	6
Gambar 2.2	Konseptualisasi <i>Subcatchment</i> dalam SWMM.....	26
Gambar 2.3	Model Non-linier Tampungan <i>Subcatchment</i>	27
Gambar 2.4	Contoh Kurva Tampungan	45
Gambar 2.5	Tipe Pompa dalam SWMM.....	57
Gambar 2.6	Kombinasi aliran air di dalam terowongan.....	61
Gambar 3.1	Diagram Alir Perencanaan.....	70
Gambar 4.1	Letak Stasiun Hujan Kota Surabaya.....	71
Gambar 4.2	Hasil <i>Polygon Thiessen</i>	72
Gambar 4.3	<i>Rain Gage Properties</i>	89
Gambar 4.4	<i>Time Series Editor</i>	90
Gambar 4.5	<i>Layout</i> DAS Kalidami	90
Gambar 4.6	<i>Layout</i> DAS Kalidami pada SWMM.....	91
Gambar 4.7	Peta Tata Guna Lahan DAS Kalidami.....	91
Gambar 4.8	Kontur DAS Kalidami.....	92
Gambar 4.9	Penamaan <i>Subcatchment</i>	92
Gambar 4.10	Penamaan <i>Junction Node</i>	99
Gambar 4.11	Parameter <i>Outfall Properties</i>	103
Gambar 4.12	Penamaan <i>Conduit</i>	104
Gambar 4.13	<i>Cross Section Editor</i> S12.....	105
Gambar 4.14	Penamaan <i>Storage Unit</i> dan <i>Pump</i>	109
Gambar 4.15	<i>Storage Curve Editor</i>	111
Gambar 4.16	<i>Pump Curve Editor</i> <i>Screw pump</i>	113
Gambar 4.17	<i>Pump Curve Editor</i> Pompa kalidami.....	115
Gambar 4.18	<i>Simulation Option</i> <i>Flow Routing</i>	119
Gambar 4.19	<i>Status Report</i> <i>Flow Routing</i> <i>Awal</i>	120
Gambar 4.20	<i>Water Elevation Profile</i> <i>Flow Routing</i> <i>Awal</i>	122
Gambar 4.21	<i>Pump Curve Editor</i> Perencanaan <i>Screw pump</i> ...	124
Gambar 4.22	<i>Status Report</i> <i>Flow Routing</i> Evaluasi I.....	125

Gambar 4. 23 <i>Water Elevation Profile Flow Routing</i> Evaluasi I Kolam pompa Kritis	127
Gambar 4. 24 <i>Water Elevastion Profile Flow Routing</i> Evaluasi I Banjir	128
Gambar 4. 25 <i>Pump Cuve Editor</i> Pompa kalidami Rencana.....	131
Gambar 4. 26 <i>Status Report Flow Routing</i> Evaluasi II	132
Gambar 4. 27 <i>Water Elevation Profile Flow Routing</i> Evaluasi II	134
Gambar 4. 28 <i>Parameter Storage Unit</i> Rencana.....	136
Gambar 4. 29 <i>Storage Curve Editor</i> Rencana.....	137
Gambar 4. 30 <i>Parameter Pump</i> Rencana.....	138
Gambar 4. 31 <i>Pump Curve Editor</i> Pompa hilir	140
Gambar 4. 32 <i>Status Report Flow Routing</i> Akhir	141
Gambar 4. 33 <i>Water Elevation Profile</i> Kolam pompa Kritis ...	142
Gambar 4. 34 <i>Water Elevation Profile Boezem</i> kalidami Kritis	143
Gambar 4. 35 <i>Water Elevation Profile Boezem</i> hilir Kritis.....	144
Gambar 4. 36 <i>System Total Inflow</i>	147

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor frekuensi untuk sebaran normal	9
Tabel 2.2 Nilai K Distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III	12
Tabel 2.3 Nilai Reduced Variate untuk Metode Gumbel	15
Tabel 2.4 Y_n untuk Metode Gumbel.....	15
Tabel 2.5 S_n untuk Metode Gumbel	16
Tabel 2.6 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal	18
Tabel 2. 7 Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov-Kolmogorov	21
Tabel 2.8 Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat.....	22
Tabel 2.9 Periode Ulang Hujan	24
Tabel 2. 10 Fitur <i>Routing</i> Metode <i>Dynamic Wave</i> dan <i>Kinematic Wave</i>	29
Tabel 2. 11 Percent Impervious Area	32
Tabel 2. 12 N-Manning <i>Overflow Land</i>	33
Tabel 2. 13 <i>Hydraulic Conductivity</i> untuk Jenis Tanah	36
Tabel 2. 14 Grup Tanah berdasarkan nilai K_s	37
Tabel 2. 15 Nilai <i>Curve Number</i>	38
Tabel 2. 16 Tinggi Jagaan pada Saluran Terbuka	41
Tabel 2.17 N-Manning Saluran Terbuka.....	47
Tabel 2.18 Kode Tipe Gorong-gorong SWMM.....	52
Tabel 2. 19 <i>Geometric Properties for Open Channel Shapes</i>	56
Tabel 4.1 Koefisien Thiessen Stasiun	73
Tabel 4.2 Data Hujan Maksimum	73
Tabel 4.3 Urutan Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil	75
Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Pearson III	76
Tabel 4.5 Perhitungan Parameter statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III	78
Tabel 4.6 Rekapitulasi C_s dan C_k perhitungan Distribusi	79
Tabel 4.7 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Log Pearson III	83

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov Distribusi Log Pearson Tipe III.....	85
Tabel 4.9 Kesimpulan Uji Kecocokan.....	86
Tabel 4.10 Tinggi Hujan pada Setiap Jam.....	88
Tabel 4. 11 Parameter <i>Subcatchment Properties</i>	97
Tabel 4. 12 Parameter <i>Junction Node Properties</i>	101
Tabel 4. 13 Parameter <i>Conduit</i>	108
Tabel 4. 14 <i>Storage Curve Editor</i>	111
Tabel 4. 15 Parameter <i>Pump</i>	114
Tabel 4. 16 <i>Node Surchage Flow Routing Awal</i>	120
Tabel 4. 17 <i>Node Flooding Flow Routing Awal</i>	121
Tabel 4. 18 <i>Node Surchage Flow Routing</i> Evaluasi I.....	126
Tabel 4. 19 <i>Node Flooding Flow Routing</i> Evaluasi I.....	126
Tabel 4. 20 <i>Node Surchage Flow Routing</i> EvaluasiII.....	132
Tabel 4. 21 <i>Node Flooding Flow Routing</i> Evaluasi II.....	133
Tabel 4. 22 Bentuk Geometri Saluran Rencana	135
Tabel 4. 23 Output Simulasi pada Sistem Drainase Kalidami ..	145
Tabel 4. 24 Data Geometris Saluran Primer Kalidami Rencana	148
Tabel 4. 25 Data Geometris Kolam Tampung.....	149
Tabel 4. 26 Parameter Pompa hilir	149
Tabel 4. 27 Pengoperasian Pompa Hilir	149
Tabel 4. 28 Data <i>Boezem</i> Hilir	152

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah Ibu Kota Jakarta, saat ini ini perekonomian di Kota Surabaya sedang berkembang pesat sehingga berpengaruh terhadap kebutuhan sarana dan prasarana seperti gudang, perkantoran, tempat tinggal, fasilitas pendidikan serta kesehatan, dan lainnya. Kebutuhan-kebutuhan tersebut menyebabkan luas lahan terbuka hijau semakin berkurang karena diubah menjadi kawasan industri. Hal ini menyebabkan semakin bertambahnya debit limpasan air hujan yang harus dialirkan lewat sistem drainase.

DAS Kalidami merupakan sub sistem drainase surabaya, yang sistem pematusannya sering terjadi banjir. DAS ini terletak dekat dengan pantai menyebabkan ada pengaruh dari pasang surut air laut. Saat ini 4 km dari hilir saluran Kalidami terdapat *boezem* yang dilengkapi dengan 4 pintu air dan 7 unit pompa untuk pengendalian banjir. Namun jika air laut sedang pasang, akan ada pengaruh dari pasang yang menyebabkan *backwater* dari Selat Madura (hilir saluran), sehingga air tidak dapat mengalir secara gravitasi ke laut tetapi terdorong kembali menuju saluran drainase. Air limpasan hujan pada saluran Kalidami akan meluap ke daerah sekitar bagian hilir DAS Kalidami, sehingga daerah tersebut akan terjadi genangan. Padahal seharusnya dengan adanya sistem drainase, air pada daerah kawasan tersebut dapat mengalir dengan baik menuju outlet (Selat Madura) dan tidak terjadi genangan ataupun banjir.

Oleh karena itu, di kawasan Kalidami perlu dibuat sistem drainase yang baik. Sistem drainase yang perlu dibuat adalah pembangunan *boezem* hilir yang dilengkapi dengan pintu air dan pompanya. *Boezem* hilir adalah salah satu fasilitas drainase dengan volume besar yang berfungsi untuk menampung sementara limpasan air hujan ketika elevasi muka air di hilir lebih tinggi dibandingkan elevasi saluran dengan fasilitas pelengkap pintu dan pompa air. Untuk menghasilkan sistem drainase yang sesuai

dengan perencanaan, perlu direncanakan pengoperasian pompa dan pintu air-nya juga.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Berapa debit limpasan air hujan rencana DAS Kalidami?
2. Berapa dimensi *boezem*, jumlah dan kapasitas pompa, serta jumlah dan dimensi pintu yang dibutuhkan?
3. Bagaimana sistem pengoperasian pintu dan pompa air dari sistem drainase eksisting dan rencana di Kalidami?

1.3. Batasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini batasan masalah yang akan dibahas adalah:

1. Tidak membahas mengenai analisis ekonomi dan biaya, serta analisis dan kestabilan struktur bangunan.
2. Tidak memperhitungkan angkutan sedimen dan air tanah.
3. Tidak menghitung debit air dari penduduk.
4. Tidak menghitung kebutuhan air irigasi di DAS Kalidami.
5. Tidak menghitung kehilangan air akibat evaporasi dan kehilangan energi minor.
6. Tidak meninjau kualitas dari air limpasan hujan.

1.4. Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan debit limpasan air hujan rencana DAS Kalidami.
2. Mendapatkan dimensi *boezem*, jumlah dan kapasitas pompa, serta jumlah dan dimensi pintu yang dibutuhkan.
3. Mendapatkan sistem pengoperasian pintu dan pompa air dari sistem drainase eksisting dan rencana di Kalidami.

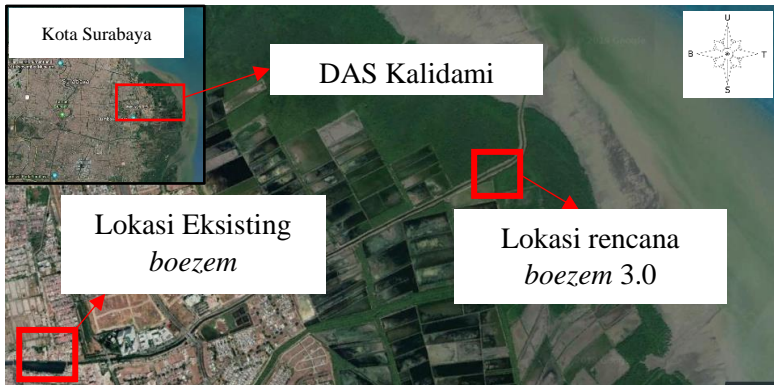
1.5. Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah dapat memberikan gambaran tentang desain *boezem*, jumlah dan kapasitas pompa, serta jumlah dan dimensi pintu yang dibutuhkan serta sistem

pengoperasian pintu dan pompa air yang akan menghasilkan di DAS Kalidami sehingga apabila perencanaan ini diimplementasikan masalah drainase dan banjir tidak terjadi lagi di DAS Kalidami.

1.6. Lokasi Tinjauan

Boezem ini direncanakan di Saluran Kalidami tepatnya 1 km aliran air saluran dari muara Selat Madura, karena dalam jarak 1 km tersebut hanya terdapat ruang terbuka hijau atau rawa-rawa dan pantai seperti pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Peta Lokasi Perencanaan
Sumber: (Google Earth, 2019)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Boezem*, Pintu Air, dan Pompa

Boezem atau kolam tampung adalah kolam yang bertujuan untuk menampung sementara limpasan air hujan atau air sungai dalam suatu kawasan, sementara muka air di pembuangan akhir lebih tinggi daripada muka air di saluran, sehingga pembuangan tidak bisa berjalan sesuai gravitasi. Setelah muka air turun, *boezem* akan dikosongkan.

Pintu air digunakan untuk mengatur elevasi air. Pintu air akan dibuka saat muka air hilir (pembuangan akhir) rendah dan ditutup bila muka air hilir sedang tinggi. Selain itu pintu air juga digunakan untuk mencegah *backwater* air laut (untuk saluran yang berhubungan dengan laut). Sedangkan untuk prinsip kerja pompa adalah pengaliran tidak perlu menunggu sampai permukaan air di hilir atau saat permukaan air laut surut.

2.2. Analisis Curah Hujan

Pada perhitungan analisis curah hujan memerlukan data stasiun hujan Kota Surabaya, data hujan masing-masing stasiun hujan serta luas daerah yang memengaruhi stasiun hujan tersebut dan luas DAS Kalidami.

2.2.1. Analisis Curah Hujan Rata-rata

Curah Hujan yang diperlukan untuk perencanaan saluran drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang ditinjau, apabila dalam suatu daerah didapatkan lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar.

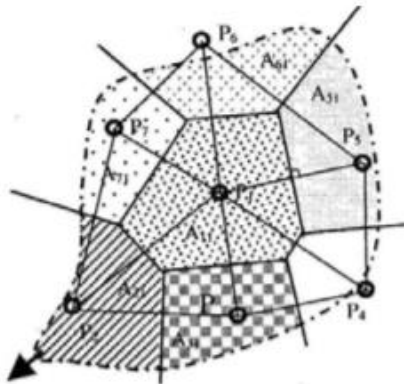
Metode *Polygon Thiessen*

Perhitungan hujan rata-rata dengan metode *Polygon Thiessen* seperti Gambar 2.1 dan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Menghubungkan masing-masing stasiun hujan dengan garis polygon.
- 2) Membuat garis berat antara 2 stasiun hujan hingga bertemu dengan garis berat lainnya pada satu titik dalam polygon.
- 3) Luas area yang mewakili masing-masing stasiun hujan dibatasi oleh garis berat pada polygon.
- 4) Luas *sub-Area* masing-masing stasiun hujan dipakai sebagai faktor pemberat dalam menghitung hujan rata-rata
- 5) Menghitung Koefisien Thiessen setiap stasiun yang berpengaruh dengan rumus:

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

- 6) Mengalikan data hujan pada stasiun dengan koefisien Thiessen stasiun tersebut
 - 7) Curah hujan yang digunakan adalah curah hujan maksimum
- Sumber:* (Suripin, 2004)



Gambar 2.1 Contoh *Polygon Thiessen*

Sumber: (Suripin, 2004)

2.2.2. Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis distribusi frekuensi adalah menganalisis tentang pengulangan suatu kejadian untuk memperkirakan atau memilih distribusi probabilitas yang akan digunakan, namun perlu dilakukan perhitungan analisis terlebih dahulu oada data yang ada. Parameter statistic yang dimiliki data adalah X, S, Cs, Ck, dan Cv. Berdasarkan hasil perhitungan parameter Cs dan Ck maka dipilih persamaan distribusi sebagai perbandingan.

Setiap jenis distribusi memiliki parameter statistic yang terdiri dari dari nilai rata-rata (\bar{X}), Standar Deviasi (S), kofisien Variasi (Cv), dan koefisien ketajaman (Ck) yang masing masing didapatkan berdasarkan rumus:

A. Nilai rata-rata

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

B. Standar Deviasi

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

C. Coefficient of Variation (Koefisien Variasi)

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

D. Coefficient of Skewness (Koefisien Kemencengan)

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.5)$$

E. Coefficient of Kurtois (Koefisien Ketajaman/Keruncingan)

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (2.6)$$

Keterangan :

X : data dalam sampel

n : jumlah pengamatan

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi, diantaranya lima jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi yaitu:

A. Distribusi Normal

Distribusi Normal sering juga disebut dengan Distribusi Gauss memiliki langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

- 1) Menyusun data curah hujan dari yang terbesar ke yang terkecil.
- 2) Melakukan perhitungan harga rata-rata curah hujan (\bar{X})
- 3) Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata $(X - \bar{X})^2$
- 4) Menghitung standar deviasi data hujan
- 5) Menghitung harga koefisien Variasi data hujan
- 6) Menghitung harga koefisien kemencengan (skewness) data hujan
- 7) Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan

Untuk aplikasi perhitungan hujan rencana distribusi normal menggunakan rumus:

$$X_T = \bar{X} + K_T xS \quad (2.7)$$

Sehingga:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \quad (2.8)$$

Adapun faktor frekuensi K untuk distribusi normal atau distribusi Gauss dapat ditetapkan berdasarkan fungsi periode ulang dan peluang seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Faktor frekuensi untuk sebaran normal

Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	Kr
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,99	-2,33
1,050	0,95	-1,64
1,110	0,9	-1,28
1,250	0,8	-0,84
1,330	0,75	-0,67
1,430	0,7	-0,52
1,670	0,6	-0,25
2,000	0,5	0
2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,02	2,05
100	0,01	2,33
200	0,005	2,58
500	0,002	2,88
1000	0,001	3,09

Sumber: (Suripin, 2004)

B. Distribusi Log Normal

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

$$Y_T = \bar{Y} + K_T x S \quad (2.9)$$

Sehingga :

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.10)$$

Keterangan :

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

\bar{Y} : Nilai rata-rata hitung variant,

S : Deviasi standar nilai variant,

K_T : Faktor frekuensi

Nilai faktor frekuensi K_T untuk distribusi log normal sama dengan distribusi normal, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1, yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*).

Sumber: (Suripin, 2004)

C. Distribusi Pearson Tipe III

Distribusi Pearson Tipe III sering juga disebut dengan Distribusi Gamma. Fungsi kerapatan peluang distribusi dari distribusi Pearson Tipe III adalah:

$$P(X) = \frac{1}{a(b)} \left[\frac{X-c}{a} \right]^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{X-c}{a}\right)} \quad (2.11)$$

Dimana :

$P(X)$: fungsi kerapatan peluang distribusi Pearson Tipe III

X : variabel acak kontinyu

a : parameter skala

b : parameter bentuk

c : parameter letal

D : (baca fungsi gamma)

Fungsi untuk $U = 1$, maka

Bila dilakukan transformasi $\frac{X-c}{a} = W$ dan $dX/a = dW$, maka :

$$P(X) = \frac{1}{a(b)} (W)^{b-1} e^{-W} a \cdot dW \quad (2.12)$$

Ke 3 parameter fungsi kerapatan (a,b dan c) dapat ditentukan dengan metode momen, dengan cara menghitung nilai:

\bar{X} : rata-rata

S : deviasi standar

CS : koefisien kemencengan

Sehingga :

$$a = \frac{CS \cdot S}{2} \quad (2.13)$$

$$b = \left(\frac{1}{CS} \cdot X^2\right)^2 \quad (2.14)$$

$$c = Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot X \quad (2.15)$$

Maka akan diperoleh :

$$X = \frac{CS \cdot S}{2} W + \bar{X} - \frac{2 \cdot S}{CS} \quad (2.16)$$

$$X = \bar{X} + \left[\frac{CS}{2} W - \frac{2}{CS}\right] \cdot S \quad (2.17)$$

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad (2.18)$$

Persamaan (2.21) bisa digunakan untuk menentukan persamaan distribusi Pearson Tipe III, dengan menentukan faktor k = faktor sifat dari distribusi Pearson Tipe III yang merupakan fungsi dari besarnya CS dan peluang.

Sumber: (Soewarno, 1995)

D. Distribusi Log Pearson III

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi log Pearson tipe III, adalah :

- 1) Tentukan logaritma dari semua nilai variat X.
- 2) Hitung nilai rata ratanya :

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (2.19)$$

n : jumlah data

- 3) Hitung nilai deviasi standarnya dari log X

$$S \log \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum(\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (2.20)$$

- 4) Hitung nilai koefisien kemencengan :

$$CS = \frac{n \sum(\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log \bar{X})^3} \quad (2.21)$$

$$\log X = \overline{\log X} + k (S \log \bar{X}) \quad (2.22)$$

- 5) Tentukan anti log dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang sesuai dengan nilai CS nya. Nilai CS dapat dilihat pada Tabel 2.2

Apabila nilai $CS = 0$, maka distribusi log pearson tipe III identik dengan distribusi log normal, sehingga distribusi kumulatifnya akan tergambar sebagai garis lurus pada kertas grafik log normal.

Sumber: (Soewarno, 1995)

Tabel 2.2 Nilai K Distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III

Koef. Cs	Periode Ulang							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	- 0,636	- 0,396	0,420	1,180	2,278	3,125	4,051
2,8	-0,714	- 0,666	- 0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	- 0,696	- 0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	- 0,725	- 0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	- 0,752	- 0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	- 0,777	- 0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605

Lanjutan Tabel 2.2 Nilai K Distribusi Pearson Tipe III dan Log
Pearson Tipe III

Koef. Cs	Periode Ulang							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
1,8	-1,087	- 0,799	- 0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	- 0,817	- 0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	- 0,832	- 0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	- 0,844	- 0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	- 0,852	- 0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	- 0,856	- 0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	- 0,857	- 0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	- 0,855	- 0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	- 0,850	- 0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	- 0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	- 0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	- 0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	- 0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	- 0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	- 0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	- 0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	- 0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318

Lanjutan Tabel 2.2 Nilai K Distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III

Koef. Cs	Periode Ulang							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
-1,6	-2,388	- 0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,449	- 0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	- 0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	- 0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	- 0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	- 0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	- 0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	- 0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber: (Harto, 1993)

E. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana menurut metode Gumbel mempunyai langkah-langkah yang hampir sama dengan distribusi normal. Untuk distribusi Gumbel, perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini :

$$X_T = \bar{X} + KxS \quad (2.23)$$

Keterangan :

\bar{X} : Nilai rata-rata hitung variant

S : Deviasi standar nilai variant,

Nilai K (faktor probabilitas) untuk harga-harga ekstrim

Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.24)$$

Keterangan :

Y_n : *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel atau data n (Tabel 2.4)

S_n : *reduced standard deviation* yang tergantung pada jumlah sampel atau data n (Tabel 2.5)

Y_{Tr} : *reduced variate*, yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 atau dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (2.25)$$

Tabel 2.3 Nilai Reduced Variate untuk Metode Gumbel

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

Sumber: (Suripin, 2004)

Tabel 2.4 Y_n untuk Metode Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,49	0,49	0,53	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52
	52	96	05	70	00	28	57	81	02	20
20	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,55	0,53	0,53
	36	52	68	83	96	09	20	32	43	53
30	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	62	71	80	88	96	03	10	18	24	30
40	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	63	42	48	53	58	63	68	73	77	81

Lanjutan Tabel 2.4 Yn untuk Metode Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
	85	89	93	97	01	04	08	11	15	18
60	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
	21	24	27	30	33	35	38	40	43	45
70	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
	48	0	52	55	57	59	61	63	65	67
80	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
	69	70	72	74	76	78	80	81	83	85
90	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
	86	87	89	91	92	93	95	96	98	99
100	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
	00	02	02	04	06	07	07	08	10	11

Sumber: (Suripin, 2004)

Tabel 2.5 Sn untuk Metode Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05
	496	76	33	71	95	06	16	11	93	65
20	1,0	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10
	628	96	54	11	64	15	61	04	47	80
30	1,1	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
	124	59	93	26	55	85	13	39	63	88
40	1,1	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
	413	36	58	80	99	19	38	57	74	90
50	1,1	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17
	607	23	38	58	67	81	96	08	21	34
60	1,1	1,17	1,17	1,17	1,17	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
	747	59	70	82	93	03	14	24	34	44
70	1,1	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,19	1,19	1,19	1,19
	854	63	73	81	81	98	06	15	23	30
80	1,1	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,20
	938	45	53	59	59	73	80	87	94	01
90	1,2	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	007	13	20	26	26	38	44	49	55	60
100	1,2	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	065	69	73	77	73	84	84	90	93	96

Sumber: (Suripin, 2004)

Adapun parameter statistik dari masing-masing distribusi adalah:

- Distribusi Gumbel Tipe I, harga $C_s \leq 1,139$ dan $C_k \leq 5,402$
- Distribusi Pearson Tipe III, harga C_s dan C_k yang fleksibel
- Distribusi Normal, harga $C_s = 0$ dan $C_k = 3$
- Distribusi Log Normal, harga $C_s > 0$ dan $C_k > 0$
- Distribusi Log Pearson Tipe III, harga C_s antara $0 - 0,9$

2.2.3. Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Diperlukannya pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fittest test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang akan diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. (Sumber : Suripin, 2004)

A. Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- 1.) Urutkan data (dari besar kekecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing masing data tersebut ;
 - $X_1 P(X_1)$
 - $X_2 P(X_2)$
 - $X_m P(X_m)$
 - $X_n P(X_n)$
- 2.) Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :
 - $X_1 P'(X_1)$
 - $X_2 P'(X_2)$
 - $X_m P'(X_m)$
 - $X_n P'(X_n)$
- 3.) Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih tebesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
- 4.) Berdasarkan tabel nilai kritis Smirnov-Kolmogorov test)

$$D = \text{maksimum} [P(X_m) - P'(X_m)] \quad (2.26)$$
- 5.) tentukan harga D_0 dari tabel 2.6.

Dalam Pengujian terdapat variabel “P’(Log X<)” yaitu luas daerah di bawah kurva normal yang dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
- 3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
- 3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
- 3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
- 3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
- 3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010	0.0010
- 2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
- 2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
- 2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
- 2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
- 2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
- 2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
- 2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
- 2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
- 2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
- 2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
- 1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
- 1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
- 1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
- 1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
- 1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
- 1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
- 1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0818	0.0823

Lanjutan Tabel 2.6 Luas Daerah di Bawah Kurva Normal

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0	0.5000	0.5040	0.508	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5822	0.5871	0.591	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.631	0.6368	0.6406	0.6443	0.648	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.67	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.695	0.6985	0.7019	0.7064	0.7088	0.7123	0.7157	0.719	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.6389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.758	0.7611	0.7642	0.7376	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.791	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8264	0.8264	0.8289	0.8315	0.834	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.877	0.879	0.881	0.883
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.898	0.8997	0.9015

Lanjutan Tabel 2.6 Luas Daerah di Bawah Kurva Normal

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.937	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9767
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.975	0.9757	0.9761	0.9767
2	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.983	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.985	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.989
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.992	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.994	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.996	0.9961	0.9949	0.9963	0.9962
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.997	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.998	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.999	0.999
3.1	0.999	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Sumber: (Soewarno, 1995)

Apabila D lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D lebih besar dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menemukan persamaan distribusi tidak dapat diterima. Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2. 7 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	A			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N >	1,077	1,22	1,36	1,63
50	$\frac{1,077}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber: (Soewarno, 1995)

B. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut uji Chi-Kuadrat. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus :

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.27)$$

Keterangan :

X_h^2 : parameter chi-kuadrat terhitung

G : jumlah sub – kelompok

O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

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

Tabel 2.8 Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000003 93	0,0001 57	0,0009 82	0,0039 3	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,278	9,210	10,597
3	0,00717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181

Lanjutan Tabel 2.8 Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,212	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber: (Suripin, 2004)

Prosedur uji Chi-Kuadrat adalah :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub-group, tiap-tiap sub group minimal 4 data pengamatan.
- 3) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub group
- 4) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- 5) Tiap tiap sub group hitung nilai

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.28)$$
- 6) Jumlah seluruh G sub group nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung.
- 7) Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai $R = 1$, untuk distribusi poisson)

Interpretasi hasilnya adalah :

- 1) Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.

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

(Sumber : Suripin,2004)

2.2.4. Periode Ulang

Pada dasarnya hujan rencana dipilih berdasarkan pertimbangan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi suatu daerah yang ditinjau. Untuk daerah pemukiman umumnya dipilih periode ulang 5-15 tahun, sedangkan pada daerah komersial dan padat dengan tingkat ekonomi yang tinggi dapat diambil periode ulang 10-50 tahun. Periode Ulang Hujan dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Periode Ulang Hujan

No	Distribusi	PUH (Tahun)
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	Kesibukan dan Perkantoran	5
	Perindustrian	
	Ringan	5
	Menengah	10
	Berat	25
	Super Berat/Proteksi Negara	50
2	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
3	Saluran Sekunder	
	Tanpa Resiko	2
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
4	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
	Atau:	
	Luas DAS (25-50) Ha	5

Lanjutan Tabel 2.9 Periode Ulang Hujan

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

Sumber: (Suripin, 2004)

2.2.5. Penghitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam

Di Indonesia sebagian besar data hujan yang dipublikasikan adalah tinggi hujan harian, sedangkan untuk perhitungan analisis hidrologi sering diperlukan tinggi hujan dalam waktu kurang atau lebih dari satu hari. Menurut Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc. (2012) Rumus yang digunakan untuk mendistribusikan curah hujan 24 jam menjadi hujan tiap jam adalah:

$$\left(\frac{100R}{R_{24}}\right)^2 = \frac{11300t}{t+3.12} \quad (2.29)$$

Durasi hujan (T_d) terpusat tidak lebih dari 7 jam, maka direncanakan durasi maksimum hujan rencana di Surabaya sebesar 4 jam (Pitaloka, 2017) oleh karena itu perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke t dapat menggunakan rumus:

$$R_t = \frac{R_{24}}{4} \times \left(\frac{4}{t}\right)^{2/3} \quad (2.30)$$

Keterangan :

R, R_{24} : hujan 24 jam (mm)

t : waktu (jam)

Perhitungan tinggi hujan pada jam ke t dapat menggunakan rumus:

$$R'_t = t \times R_t - (t - 1) \times R_{(t-1)} \quad (2.31)$$

Keterangan :

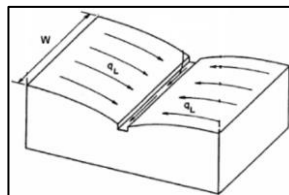
- R_t : rata-rata hujan sampai jam ke t (mm)
 R_{24} : tinggi hujan dalam 24 jam (mm)
 R'_t : tinggi hujan pada jam ke t (mm)
 t : waktu hujan (jam)

2.3. Storm Water Management Model (SWMM)

Storm Water Management Model (SWMM) merupakan program bantu yang diterbitkan oleh *United States Environmental Protection Agency*. SWMM 5.1 digunakan untuk membuat model dari perencanaan ini. SWMM pada perencanaan ini membuat simulasi hujan yang menyebabkan limpasan air hujan untuk jangka waktu tertentu dari DAS Kalidami.

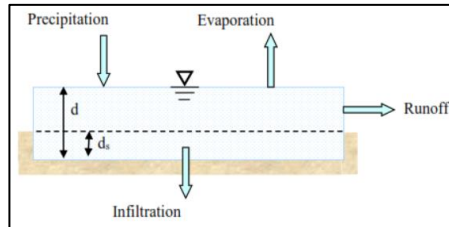
Komponen dari simulasi limpasan air di SWMM meliputi satu atau lebih *subcatchment* yang menerima presipitasi sehingga menimbulkan limpasan air hujan. Air hujan yang menjadi limpasan mengalir dari setiap *subcatchment* menuju outlet tiap *subcatchment* (*junction node*), sehingga seluruh limpasan air hujan dapat dialirkan lewat saluran menuju *outfall node* (hilir saluran Kalidami).

SWMM menggunakan *nonlinear reservoir model* untuk mengestimasi limpasan air yang dihasilkan hujan pada *subcatchment*. Model ini pertama kali dikemukakan oleh Chen dan Shubinski (1971). Program bantu ini mengonseptualisasi *subcatchment* sebagai permukaan berbentuk persegi panjang yang memiliki kemiringan (S) sama, dengan lebar (W) yang mengalir ke satu outlet seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konseptualisasi *Subcatchment* dalam SWMM

Sumber: (Rossman & Huber, 2016)



Gambar 2.3 Model Non-linier Tampung *Subcatchment*
 Sumber: (Rossman & Huber, 2016)

Gambar 2.3 menjelaskan bahwa *subcatchment* menerima *inflow* dari presipitasi (hujan dan lelehan salju) dan mengalami *outflow* yang diakibatkan oleh evaporasi dan infiltrasi. Genangan yang berada di atas *subcatchment* memiliki kedalaman (d), sedangkan genangan yang berada di atas *depression storage* (d_s) akan menjadi limpasan. *Depression storage* berdampak kepada abstraksi (infiltrasi dan evaporasi).

Asumsi bahwa air yang mengalir permukaan *subcatchment* mengalir lewat saluran berbentuk persegi dengan lebar (W), tinggi ($d-d_s$), dan kemiringan (S), sehingga persamaan manning dapat digunakan untuk mendapatkan debit limpasan air hujan dengan rumusan:

$$Q = \frac{1}{n} S^{\frac{1}{2}} R_x^{\frac{2}{3}} A_x \quad (2.32)$$

Dimana n adalah koefisien manning untuk *overland flow*, S adalah kemiringan rata-rata dari *subcatchment*, A_x adalah area *subcatchment* yang diasumsikan persegi dengan lebar (W) dan tinggi ($d-d_s$). Karena lebar (W) akan selalu jauh lebih besar dibandingkan ($d-d_s$), maka $A_x = W(d-d_s)$ dan $R_x = (d-d_s)$.

Kedalaman limpasan air hujan ($d-d_s$) dapat dihitung dengan konsep *SCS Curve Number Method*. Metode ini digunakan SWMM untuk menghitung tinggi hujan (d) yang telah dikurangi kehilangan energi akibat infiltrasi dan evaporasi. Metode *Curve Number* menghitung ketinggian limpasan tersebut dengan rumusan:

$$R = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S}, \quad (2.33)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2.34)$$

Keterangan :

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

Initial Abstraction menggambarkan volume hujan yang menjadi infiltrasi, intersepsi, evaporasi dan kelembaban tanah. SWMM menggambarkan fenomena ini sebagai *Depression Storage* atau genangan yang terjadi di atas lahan.

Subcatchment dibagi menjadi *sub-Area* berdasarkan kemampuan lahan dalam meresap air. Limpasan air hujan dapat mengalami infiltrasi pada *upper soil zone* bagi area *pervious*, namun tidak dapat mengalami infiltrasi bagi area *impervious*. Limpasan air hujan dari setiap *sub-Area* dapat mengalir menuju *sub-Area* lainnya berdasarkan perbedaan elevasinya, sehingga limpasan air hujan yang menuju outlet (*node*) gabungan dari *sub-Area impervious* dan *pervious*. Untuk menghasilkan limpasan air hujan kritis *Depression Storage* pada lahan *impervious* diasumsikan memiliki nilai nol. Sedangkan pada lahan *pervious* digunakan rumusan *Initial Abstraction* (Ia) yang direkomendasikan oleh SCS yaitu:

$$Ia = 0.2 S \quad (2.35)$$

Keterangan :

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

Limpasan air hujan yang terjadi di *subcatchment* akan mengalir menuju outlet, dimana outlet dari setiap *subcatchment*

adalah node saluran. Air akan mengalir sepanjang saluran menuju node outlet.

Simulasi ini akan dicek dengan *Flow Routing* metode metode *Dynamic Wave Analysis*. Dengan *routing* metode ini mengakomodir tekanan aliran pada saluran tertutup yang terisi penuh. Banjir terjadi saat elevasi air melebihi kapasitas *node*, aliran akan tumpah dan menjadi genangan. Metode ini mengakomodir fitur lain dibandingkan *Routing Metode Kinematic Wave* yang dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Fitur *Routing Metode Dynamic Wave* dan *Kinematic Wave*

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

Sumber: (Rossman, 2017)

2.4. *Rain Gage*

Stasiun Hujan dalam program bantu SWMM berisikan data presipitasi yang akan diolah untuk satu atau lebih *subcatchment* dalam perencanaan.

Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap *subcatchment* yang ada, parameter tersebut diantaranya adalah:

1) *Rain Format*

Format dari data hujan yang akan diolah dalam simulasi terdiri dari tiga format, diantaranya adalah:

- a. *Intensity* (mm/jam): nilai hujan dari kecepatan rata-rata.
- b. *Volume* (mm): nilai hujan berdasarkan volume.
- c. *Cumulative* (mm): nilai hujan kumulatif pada jam tersebut.

2) *Rain Interval*

Waktu interval perekaman data hujan oleh Stasiun Hujan.

3) *Snow Catch Factor*

Faktor koreksi yang digunakan pos saat merekam presipitasi akibat lelehan salju.

4) *Data Source*

Data hujan yang akan diinput untuk diolah dalam simulasi dengan metode *Timeseries*, sehingga pengguna dapat mendeskripsikan distribusi curah hujan setiap interval waktu.

5) *Time Series Editor*

a. *Date Column*

Tanggal saat hujan didistribusikan. Hanya dibutuhkan jika distribusi hujan rencan lebih dari 1 hari.

b. *Time Column*

Interval waktu yang akan ditinjau berdasarkan durasi hujan pada lokasi studi.

c. *Value Column*

Curah hujan pada setiap interval waktu.

2.5. *Subcatchment*

Subcatchment merupakan daerah tangkapan air yang dalam perencanaannya nanti disesuaikan dengan kondisi lapangan dan diusahakan tanpa mengubah secara keseluruhan. Hal yang harus diperhatikan dalam penentuan daerah pematusan adalah:

- Tata guna lahan.
- Karakteristik tanah.
- Topografi lahan.

Setiap *subcatchment* mengalirkan air limpasan berdasarkan perbedaan elevasi (kemiringan) yang melewati suatu permukaan dengan tingkat kekasaran tertentu, dimana kemiringan tersebut tergelur lurus terhadap lebar dari *subcatchment*.

Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap *subcatchment* yang ada, parameter tersebut diantaranya adalah:

1) *Rain Gage*

Nama stasiun hujan yang data hujannya akan digunakan dalam simulasi.

2) *Outlet*

Nama *node* atau *subcatchment* yang menerima limpasan air hujan dari *subcatchment* tersebut.

3) *Area*

Luas dari *subcatchment*.

4) *Width (W)*

Lebar dari *subcatchment*, dimana tegak lurus terhadap panjang aliran *subcatchment* menuju outlet. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka diambil rata-ratanya dengan rumus:

$$W = \frac{A \text{ subcatchment}}{\text{panjang aliran rata - rata}} \quad (2.36)$$

5) *% Slope*

Kemiringan dari *subcatchment* dari titik terjauh sampai outlet. Kemiringan dideskripsikan dengan jarak vertikal yang dibagi dengan jarak horizontal. Apabila terdapat beberapa *sub-Area*

dalam satu *subcatchment*, maka diambil rata-ratanya dengan rumus:

$$\% \text{ slope} = \frac{\Delta H \text{ elevasi panjang aliran rata-rata}}{\text{panjang aliran rata-rata}} \quad (2.37)$$

6) *% Impervious*

Parameter ini menggambarkan presentase lahan *impervious* dalam sebuah *subcatchment*. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka diambil rata-ratanya dengan rumus:

$$\% \text{ impervious} = \frac{\sum(\% \text{ impervious area} \times \text{land use area})}{A \text{ subcatchment}} \quad (2.38)$$

Persen *Impervious Area* dalam sebuah lahan dapat dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2. 11 Percent Impervious Area

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

Sumber: (Rossman & Huber, 2016)

7) *N-Imperv*

Parameter ini menggambarkan kekasaran dari permukaan lahan *impervious* yang menyebabkan limpasan air mengalir lebih lama. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka *N* manning untuk aliran diatas lahan *impervious* didapatkan dengan rumusan:

$$N - impervious = \frac{\sum(N \times A)}{\sum A} \quad (2.39)$$

8) *N-Perv*

Parameter ini menggambarkan kekasaran dari permukaan lahan *pervious* yang menyebabkan limpasan air mengalir lebih lama. Apabila terdapat beberapa *sub-Area* dalam satu *subcatchment*, maka *N* manning (pada Tabel 2.12) untuk aliran diatas lahan *impervious* didapatkan dengan rumusan:

$$N - pervious = \frac{\sum(N \times A)}{\sum A} \quad (2.40)$$

Tabel 2. 12 *N-Manning Overflow Land*

Source	Ground Cover	n	Range
Crawford and Linsley (1966) ^a	Smooth asphalt	0.01	
	Asphalt of concrete paving	0.014	
	Packed clay	0.03	
	Light turf	0.20	
	Dense turf	0.35	
	Dense shrubbery and forest litter	0.4	
Engman (1986) ^b	Concrete or asphalt	0.011	0.010-0.013
	Bare sand	0.010	0.01-0.016
	Graveled surface	0.02	0.012-0.03
	Bare clay-loam (eroded)	0.02	0.012-0.033
	Range (natural)	0.13	0.01-0.32
	Bluegrass sod	0.45	0.39-0.63
	Short grass prairie	0.15	0.10-0.20

Lanjutan Tabel 2.12 N-Manning *Overflow Land*

Source	Ground Cover	n	Range
Engman (1986) ^b	Bermuda grass	0.41	0.30-0.48
Yen (2001) ^c	Smooth asphalt pavement	0.012	0.010-0.015
	Smooth impervious surface	0.013	0.011-0.015
	Tar and sand pavement	0.014	0.012-0.016
	Concrete pavement	0.017	0.014-0.020
	Rough impervious surface	0.019	0.015-0.023
	Smooth bare packed soil	0.021	0.017-0.025
	Moderate bare packed soil	0.030	0.025-0.035
	Rough bare packed soil	0.038	0.032-0.045
	Gravel soil	0.032	0.025-0.045
	Mowed poor grass	0.038	0.030-0.045
	Average grass, closely clipped sod	0.050	0.040-0.060
	Pasture	0.055	0.040-0.070
	Timberland	0.090	0.060-0.120
	Dense grass	0.090	0.060-0.120
	Shrubs and bushes	0.120	0.080-0.180
	Business land use	0.022	0.014-0.035
	Semi-business land use	0.035	0.022-0.050
	Industrial land use	0.035	0.020-0.050
	Dense residential land use	0.040	0.025-0.060
		Suburban residential land use	0.055
	Parks and lawns	0.075	0.040-0.120
^a Obtained by calibration of Stanford Watershed Model. ^b Computed by Engman (1986) by kinematic wave and storage analysis of measured rainfall-runoff data. ^c Computed on basis of kinematic wave analysis.			

Sumber: (Rossman & Huber, 2016)

- 9) *Dstore-Imperv*
Kedalaman dari *depression storage* di atas lahan *impervious* diasumsikan nol untuk mendapatkan limpasan air hujan dalam kondisi kritis.
- 10) *Dstore-Perv*
Kedalaman dari *depression storage* di atas lahan *Pervious* sama dengan *Initial Abstraction* (Ia) yaitu 0.2S yang dapat dilihat pada persamaan 2.35.
- 11) *% Zero-Imperv*
Persen lahan *impervious* tanpa *depression storage* diasumsikan 100% untuk mendapatkan limpasan air hujan dalam kondisi kritis.
- 12) *Subarea Routing*
Arah aliran *subcatchment* yang terdiri dari lahan *impervious* dan *pervious*
 - a. *Imperv*
Limpasan dari lahan *pervious* mengalir ke lahan *impervious*.
 - b. *Perv*
Limpasan dari lahan *impervious* mengalir ke lahan *pervious*.
 - c. *Outlet*
Limpasan dari *subcatchment* mengalir ke outlet.
- 13) *Percent Routed*
Persen limpasan air hujan yang mengalir di *subcatchment* diasumsikan 100% mengalir menuju outlet.
- 14) *Infiltration*
Infiltrasi untuk *subcatchment* dalam SWMM menggunakan Metode *Curve Number* untuk seluruh *subcatchment*. Metode ini mengestimasi limpasan air, dengan mengasumsikan bahwa total kapasitas infiltrasi tanah dapat diukur berdasarkan tabel *Curve Number* tanah.

Parameter yang diinput dalam SWMM untuk Metode *Curve Number* adalah:

a. *Drying Time* (T_{dry})

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

$$T_{dry} = \frac{3.125}{\sqrt{K_s}} \quad (2.41)$$

Dapat dilihat bahwa pada rumusan *Drying Time* dibutuhkan variabel *Hydraulic Conductivity* (K_s) yang dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2. 13 *Hydraulic Conductivity* untuk Jenis Tanah

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

Sumber: (Rossman & Huber, 2016)

b. *Curve Number*

Parameter ini membutuhkan grup tanah yang diklasifikasikan berdasarkan nilai *Saturated Conductivity* (K_s) yang dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Grup Tanah berdasar nilai K_s

Group	Meaning	Saturated Conductivity (in/hr)
A	Low runoff potential. Water is transmitted freely through the soil. Group A soils typically have less than 10 percent clay and more than 90 percent sand or gravel and have gravel or sand textures.	> 1.42
B	Moderately low runoff potential. Water transmission through the soil is unimpeded. Group B soils typically have between 10 percent and 20 percent clay and 50 percent to 90 percent sand and have loamy sand or sandy loam textures.	0.57 - 1.42
C	Moderately high runoff potential. Water transmission through the soil is somewhat restricted. Group C soils typically have between 20 percent and 40 percent clay and less than 50 percent sand and have loam, silt loam, sandy clay loam, clay loam, and silty clay loam textures.	0.06 - 0.57
D	High runoff potential. Water movement through the soil is restricted or very restricted. Group D soils typically have greater than 40 percent clay, less than 50 percent sand, and have clayey textures.	< 0.06

Sumber: (Rossman & Huber, 2016)

Nilai *Curve Number* untuk setiap permukaan tanah dapat dilihat pada tabel 2.15.

Tabel 2. 15 Nilai *Curve Number*

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land ¹				
Without conservation treatment	72	81	88	91
With conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land				
Poor condition	68	79	86	89
Good condition	39	61	74	80
Meadow				
Good condition	30	58	71	78
Wood or forest land				
Thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
Good cover ²	25	55	70	77
Open spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
Good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
Fair condition: grass cover on 50 – 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93

Lanjutan Tabel 2.15 Nilai *Curve Number*

		Hydrologic Soil Group			
Residential ³					
Average lot size	Average % impervious ⁴				
1/8 ac or less	65	77	85	90	92
1/4 ac	38	61	75	83	87
1/3 ac	30	57	72	81	86
1/2 ac	25	54	70	80	85
1 ac	20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ⁵		98	98	98	98
Streets and roads					
Paved with curbs and storm sewers ⁵		98	98	98	98
Gravel		76	85	89	91
Dirt		72	82	87	89

Sumber: (Rossman & Huber, 2016)

15) *LID Control*

Low Impact Development (LID) merupakan suatu lahan yang didesain untuk mengurangi limpasan air hujan dengan menyediakan kombinasi detensi, infiltrasi dan evapotranspirasi di dalamnya.

16) *Groundwater Flow*

Aliran bawah tanah digunakan untuk menyambungkan *subcatchment* ke akuifer (air yang meresap ke *Lower Zone Soil*) dan *node* (Saluran).

17) *Snow Pack*

Presipitasi akibat melelehnya salju.

18) *Land Uses*

Parameter ini digunakan hanya untuk menghitung variasi spasial dari polusi berdasarkan fungsi lahan yang telah dikategorikan (perumahan, perdagangan, industri atau lahan yang belum dibangun).

19) *Initial Buildup*

Parameter ini menghitung jumlah bangunan pada subcatchment yang menghasilkan polusi saat simulasi dimulai.

20) *Curb Length*

Parameter ini hanya digunakan ketika *Initial Buildup* digunakan.

2.6. *Junction Node*

Junction adalah sistem drainase berupa *node* yang menyambungkan saluran. Secara sistem, *node* ini dapat menerima aliran dari luar saluran juga, seperti aliran bawah tanah.

Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap *Junction Node* yang ada, parameter tersebut diantaranya adalah:

1) *Inflows*

Parameter ini digunakan ketika terdapat aliran tambahan yang langsung menuju *Node*.

2) *Treatment*

Parameter ini digunakan ketika perencanaan meninjau kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian *node* ini.

3) *Invert El.*

Elevasi dari *node* tersebut.

4) *Max. Depth*

Kedalaman maksimum dari *node*, kedalaman maksimum dari *node* dapat sama dengan kedalaman maksimum saluran.

5) *Initial Depth*

Kedalaman air eksisting saat ini sebelum simulasi program bantu SWMM dimulai.

6) *Surchage Depth*

Kedalaman saluran tambahan diatas Max. Depth, digunakan sebagai faktor keamanan (Tinggi Jagaan).

7) *Ponded Area*

Area yang diperbolehkan tergenang air saat banjir terjadi (kedalaman air lebih dari kedalaman saluran).

Tinggi ruang bebas (tinggi jagaan) untuk saluran terbuka ditentukan berdasarkan jenis permukaan saluran dan debit yang mengalir di saluran tersebut (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012). Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2. 16 Tinggi Jagaan pada Saluran Terbuka

Jenis Saluran	Ruang Bebas	
Saluran Tanah (Yang tidak dilapis)	Min $F = \sqrt{cy}$	
	USBR	
	Q (m ³ /dt)	F(m)
	< 0.5	0.40
	0.5 – 1.5	0.50
	1.5 – 5.0	0.60
	5.0 – 10.0	0.75
10.0 – 15.0	0.85	
> 15.0	1.00	
Yang Dilapis Beton	Min $F = \sqrt{cy}$	
	USBR	
	Q (m ³ /dt)	F(m)
	0.5 – 1.5	0.20
	1.5 – 5.0	0.20
	5.0 – 10.0	0.25
	10.0 – 15.0	0.30
> 15.0	0.40	
	0.50	
Pasangan batu kali	Sama dengan beton	

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

2.7. *Outfall Node*

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

Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap *Outfall Node* yang ada, parameter tersebut diantaranya adalah:

- 1) *Inflows*
Parameter ini digunakan ketika ada terdapat aliran tambahan yang langsung menuju *Node*.
- 2) *Treatment*
Parameter ini digunakan ketika perencanaan meninjau kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian *node* ini.
- 3) *Invert El.*
Elevasi dari *node* tersebut.
- 4) *Tide Gate*
Pintu air yang digunakan untuk mencegah terjadinya *backflow* akibat elevasi pembuangan akhir lebih tinggi dibandingkan elevasi *node*.
- 5) *Route To*
Subcatchment opsional yang menerima aliran dari *node* ini.
- 6) *Type*
Parameter ini menjelaskan mengenai tipe *node* ini saat kondisi kritis sedang terjadi, yang diantaranya adalah:
 - a. *Free* : Elevasi muka air *node* berdasarkan kedalaman minimum aliran kritis dan kedalaman aliran normal saluran sebelum *node* ini.
 - b. *Normal* : Elevasi muka air *node* berdasarkan kedalaman aliran normal saluran sebelum *node* ini.
 - c. *Fixed* : Elevasi muka air *node* memiliki nilai yang tetap.
 - d. *Tidal* : Elevasi muka air *node* didapatkan dari tabel elevasi bukaan pintu air yang diatur oleh pengguna.

- e. *Time Series*: Elevasi muka air *node* didapatkan dari tabel waktu yang diatur oleh pengguna.

2.8. *Storage Unit*

Storage unit adalah sistem drainase berupa *node* yang dapat menampung volume limpasan air hujan. Secara fisik *node* ini merupakan fasilitas penampung dengan ukuran seperti kolam detensi maupun danau. Volume dari *node* ini dapat dideskripsikan dengan luas permukaan yang dikalikan dengan tinggi.

Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan *Storage Unit* yang ada, parameter tersebut diantaranya adalah:

- 1) *Inflows*
Parameter ini digunakan ketika ada terdapat aliran tambahan yang langsung menuju *Node*.
- 2) *Treatment*
Parameter ini digunakan ketika perencanaan meninjau kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian *node* ini.
- 3) *Invert El.*
Elevasi dari *node* tersebut.
- 4) *Max. Depth*
Kedalaman maksimum dari *node*.
- 5) *Initial Depth*
Kedalaman air eksisting saat ini sebelum simulasi program bantu SWMM dimulai.
- 6) *Surchage Depth*
Kedalaman saluran tambahan diatas *Max. Depth*, digunakan sebagai faktor keamanan (Tinggi Jagaan).
- 7) *Evap. Factor*
Tingkat kemungkinan evaporasi yang berasal dari luas permukaan *Storage Unit* (1 untuk mengalami evaporasi secara keseluruhan dan 0 untuk tidak mengalami evaporasi).

8) *Seepage Loss*

Parameter ini digunakan untuk menspesifikasikan jenis tanah yang akan mengalami resapan lewat dasar atau dinding *Storage Unit*. Parameter tanah yang diinput untuk mendefinisikan *Seepage Loss* adalah:

a. *Suction Head* (Ψ_s)

$$\Psi_s = 3.237 \times K_s^{-0.328} \quad (2.42)$$

b. *Conductivity* (K_s)

Parameter ini dapat dilihat pada Tabel 2.11.

c. *Initial Deficit*

$$\theta_d = \frac{S}{d_{wt}} \quad (2.43)$$

Keterangan :

S : *Soil's moisture storage capacity* (mm)

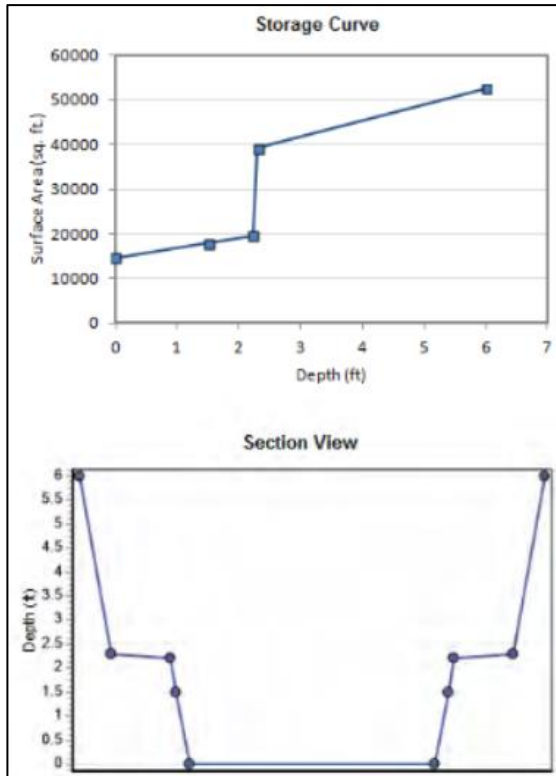
d_{wt} : kedalaman muka air tanah (mm)

θ_d : *initial moisture deficit*

Nilai S didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.34

9) *Storage Curve*

Parameter ini merupakan sebuah metode Tabel untuk mendeskripsikan luas permukaan dengan kedalaman air. Variabel yang diinput dalam tabel adalah kedalaman dan luas tampungan, sehingga akan menghasilkan kurva. Contoh dari kurva tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Contoh Kurva Tampungan
Sumber: (Rossman, 2017)

2.9. *Conduit*

Saluran merupakan wadah yang memindahkan air dari *node* ke sistem drainase (*node* lain atau fasilitas drainase). Saluran terdiri dari saluran terbuka (air pada saluran tidak terisi penuh) dan saluran tertutup (air pada saluran terisi penuh)

Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap *Conduit* yang ada, parameter tersebut diantaranya adalah:

- 1) *Inlet Node*
Nama *node* pada hulu saluran.
- 2) *Outlet Node*
Nama *node* pada hilir saluran.
- 3) *Shape*
Bentuk potongan melintang saluran.
- 4) *Max. Depth*
Kedalaman air maksimum pada potongan melintang saluran.
- 5) *Length*
Panjang potongan memanjang saluran (*node* hulu - *node* hilir).
- 6) *Roughness*
Koefisien manning untuk saluran tersebut. Karena pada perencanaan ini semua saluran merupakan tipe terbuka, dimana koefisien manning untuk saluran terbuka dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 N-Manning Saluran Terbuka

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

Lanjutan Tabel 2.17 N-Manning Saluran Terbuka

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

Lanjutan Tabel 2.17 N-Manning Saluran Terbuka

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
2. clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
3. gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
4. with short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
b. Earth winding and sluggish			
1. no vegetation	0.023	0.025	0.030
2. grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
3. dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
4. earth bottom and rubble sides	0.028	0.030	0.035
5. stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
6. cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
c. Dragline-excavated or dredged			
1. no vegetation	0.025	0.028	0.033
2. light brush on banks	0.035	0.050	0.060
d. Rock cuts			
1. smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
2. jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
e. Channels not maintained, weeds and brush uncut			
1. dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
2. clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
3. same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
4. dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140

Lanjutan Tabel 2.17 N-Manning Saluran Terbuka

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
5. Lined or Constructed Channels			
a. Cement			
1. neat surface	0.010	0.011	0.013
2. mortar	0.011	0.013	0.015
b. Wood			
1. planed, untreated	0.010	0.012	0.014
2. planed, creosoted	0.011	0.012	0.015
3. unplanned	0.011	0.013	0.015
4. plank with battens	0.012	0.015	0.018
5. lined with roofing paper	0.010	0.014	0.017
c. Concrete			
1. trowel finish	0.011	0.013	0.015
2. float finish	0.013	0.015	0.016
3. finished, with gravel on bottom	0.015	0.017	0.020
4. unfinished	0.014	0.017	0.020
5. gunite, good section	0.016	0.019	0.023
6. gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
7. on good excavated rock	0.017	0.020	
8. on irregular excavated rock	0.022	0.027	
d. Concrete bottom float finish with sides of:			
1. dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
2. random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
3. cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
4. cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030

Lanjutan Tabel 2.17 N-Manning Saluran Terbuka

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
5. dry rubble or riprap	0.020	0.030	0.035
e. Gravel bottom with sides of:			
1. formed concrete	0.017	0.020	0.025
2. random stone mortar	0.020	0.023	0.026
3. dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036
f. Brick			
1. glazed	0.011	0.013	0.015
2. in cement mortar	0.012	0.015	0.018
g. Masonry			
1. cemented rubble	0.017	0.025	0.030
2. dry rubble	0.023	0.032	0.035
h. Dressed ashlar/stone paving	0.013	0.015	0.017
i. Asphalt			
1. smooth	0.013	0.013	
2. rough	0.016	0.016	
j. Vegetal lining	0.030		0.500

Sumber: (Rossman, 2017)

- 7) *Inlet Offset*
Saluran dapat direncanakan terdapat panjang tambahan dari saluran tersebut pada *inlet node*.
- 8) *Outlet Offset*
Saluran dapat direncanakan terdapat panjang tambahan dari saluran tersebut pada *outlet node*.
- 9) *Initial Flow*
Debit eksisting pada saluran sebelum simulasi dimulai.
- 10) *Maximum Flow*
Debit maksimum pada saluran saat simulasi telah dimulai.

11) *Entry Loss Coef.*

Kehilangan energi dapat terjadi saat air masuk ke dalam sebuah saluran, parameter ini mendefinisikan koefisiennya.

12) *Exit Loss Coef.*

Kehilangan energi dapat terjadi saat air keluar dari dalam sebuah saluran, parameter ini mendefinisikan koefisiennya.

13) *Avg. Loss Coef.*

Kehilangan energi dapat terjadi saat air berada di dalam sebuah saluran akibat gesekan, parameter ini mendefinisikan koefisiennya.

14) *Flap Gate*

Parameter ini mendefinisikan ada atau tidaknya pintu air untuk menahan *backflow* yang melewati saluran tersebut.

15) *Culvert Code*

Parameter ini berisikan kode dari bentuk geometri inlet jika saluran merupakan gorong-gorong. *Culvert Code* dapat dilihat pada Tabel. 2.18.

Tabel 2.18 Kode Tipe Gorong-gorong SWMM

Culvert Shape and Material	Inlet Configuration	Code
Circular Concrete	Square edge with headwall	1
	Groove end with headwall	2
	Groove end projecting	3
Circular Corrugated Metal Pipe	Headwall	4
	Mitered to slope	5
	Projecting	6

Lanjutan Tabel 2.18 Kode Tipe Gorong-gorong SWMM

Culvert Shape and Material	Inlet Configuration	Code
Circular Pipe, Beveled Ring Entrance	45 deg. bevels	7
	33.7 deg. bevels	8
Rectangular Box; Flared Wingwalls	30-75 deg. wingwall flares	9
	90 or 15 deg. wingwall flares	10
	0 deg. wingwall flares (straight sides)	11
Rectangular Box; Flared Wingwalls and Top Edge Bevel	45 deg flare; 0.43D top edge bevel	12
	18-33.7 deg. flare; 0.083D top edge bevel	13
Rectangular Box, 90-deg Headwall, Chamfered / Beveled Inlet Edges	Chamfered 3/4-in.	14
	Beveled 1/2-in/ft at 45 deg (1:1)	15
	Beveled 1-in/ft at 33.7 deg (1:1.5)	16
Rectangular Box, Skewed Headwall, Chamfered / Beveled Inlet Edges	3/4" chamfered edge, 45 deg skewed headwall	17
	3/4" chamfered edge, 30 deg skewed headwall	18
	3/4" chamfered edge, 15 deg skewed headwall	19
	45 deg beveled edge, 10-45 deg skewed headwall	20
Rectangular Box, Non-offset Flared Wingwalls, 3/4" Chamfer at Top of Inlet	45 ⁰ (1:1) wingwall flare	
	8.4 ⁰ (3:1) wingwall flare	
	18.4 ⁰ (3:1) wingwall flare, 30 deg inlet skew	

Lanjutan Tabel 2.18 Kode Tipe Gorong-gorong SWMM

Culvert Shape and Material	Inlet Configuration	Code
Rectangular Box, Offset Flared Wingwalls, Beveled Edge at Inlet Top	45 deg (1:1) flare, 0.042D top edge bevel	24
	33.7 deg (1.5:1) flare, 0.083D top edge bevel	25
	18.4 deg (3:1) flare, 0.083D top edge bevel	26
Corrugated Metal Box	90 deg headwall	27
	Thick wall projecting	28
	Thin wall projecting	29
Horizontal Ellipse Concrete	Square edge with headwall	30
	Grooved end with headwall	31
	Grooved end projecting	32
Vertical Ellipse Concrete	Square edge with headwall	33
	Grooved end with headwall	34
	Grooved end projecting	35
Pipe Arch, 18" Corner Radius, Corrugated Metal	90 deg headwall	36
	Mitered to slope	37
	Projecting	38
Pipe Arch, 18" Corner Radius, Corrugated Metal	Projecting	39
	No bevels	40

Lanjutan Tabel 2.18 Kode Tipe Gorong-gorong SWMM

Culvert Shape and Material	Inlet Configuration	Code
Pipe Arch, 18" Corner Radius, Corrugated Metal	33.7 deg bevels	41
Pipe Arch, 31" Corner Radius, Corrugated Metal	Projecting	42
	No bevels	43
	33.7 deg. bevels	44
Arch, Corrugated Metal	90 deg headwall	45
	Mitered to slope	46
	Thin wall projecting	47
Circular Culvert	Smooth tapered inlet throat	48
	Rough tapered inlet throat	49
Elliptical Inlet Face	Tapered inlet, beveled edges	50
	Tapered inlet, square edges	51
	Tapered inlet, thin edge projecting	52
Rectangular	Tapered inlet throat	53
Rectangular Concrete	Side tapered, less favorable edges	54
	Side tapered, more favorable edges	55
	Slope tapered, less favorable edges	56
	Slope tapered, more favorable edges	57

Sumber: (Rossman, 2017)

Menurut teori debit hidrolika Manning, setiap geometri saluran akan memengaruhi kapasitas debit aliran yang lewat pada saluran tersebut. SWMM menggunakan parameter geometri saluran yang dapat dilihat pada Tabel 2.19.

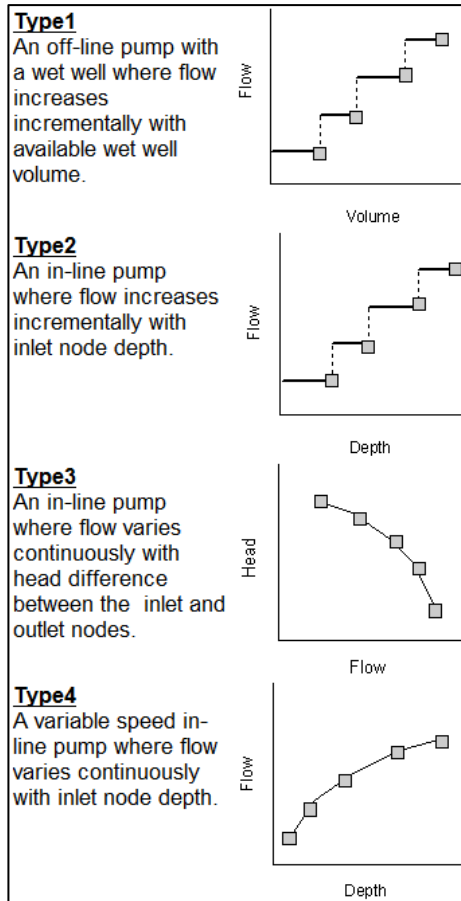
Tabel 2. 19 *Geometric Properties for Open Channel Shapes*

Shape	A(Y)	W(Y)	R(Y)
Rectangular	bY	B	$\frac{bY}{b + 2Y}$
Trapezoidal	$(b + sY)Y$	$b + 2sY$	$\frac{(b + zY)Y}{b + 2Y\sqrt{1 + S^2}}$
Triangular	sY^2	$2sY$	$\frac{sY}{2\sqrt{1 + S^2}}$

Sumber: (Rossman, 2017)

2.10. Pumps

Pompa adalah penghubung antar *node* untuk membawa air ke elevasi hilir yang lebih tinggi, sehingga air dapat mengalir dengan tidak mengandalkan gaya gravitasi. Pompa air merupakan alat untuk menambah tenaga dari air, dengan tambahan tenaga yang dimaksud dinyatakan dalam tinggi tenaga atau tenaga per satuan berat air. Pompa dibagi menjadi 4 tipe yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Tipe Pompa dalam SWMM
Sumber: (Rossman, 2017)

Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap *Pump* yang ada, parameter tersebut diantaranya adalah:

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

2.11. Routing Metode Dynamic Wave

Routing metode *Dynamic Wave* menghasilkan teori yang paling akurat. Metode ini mencakup persamaan kontinuitas dan momentum untuk saluran dan persamaan volume untuk *node*.

Dengan menggunakan program bantu SWMM terdapat beberapa parameter yang harus diinput untuk mendefinisikan *Dynamic Wave Analysis Method* yang ada, parameter tersebut diantaranya adalah:

- 1) *Initial Terms*
Parameter ini mengindikasikan inersia dalam persamaan momentum.
 - a. *Keep* : Menggunakan inersia dalam setiap kondisi.
 - b. *Dampen* : Mengurangi inersia saat aliran mendekati kritis dan tidak menggunakan saat aliran super kritis. (Standar SWMM)
 - c. *Ignore* : Tidak menggunakan persamaan persamaan momentum.

- 2) *Define Supercritical Flow By*
 - a. Kemiringan air lebih dari kemiringan saluran.
 - b. Bilangan froude lebih dari 1.
 - c. Kemiringan dan bilangan froude. (Standar SWMM)
- 3) *Force Main Equation*
 Persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan energi akibat gesekan saat air memiliki tekanan pada saluran berbentuk lingkaran (aliran penuh).
- 4) *Surcharge Method*
 Metode yang digunakan apabila ketinggian air sudah mencapai tinggi jagaan.
 - a. *Extran*: Memperbarui ketinggian *node* saat saluran yang terhubung mulai penuh. (Standar SWMM)
 - b. *Slot*: Menambahkan lebar permukaan pipa.
- 5) *Variable Time Step*
 Parameter ini menghasilkan panjang dari waktu yang digunakan untuk menghitung memulai simulasi (standar SWMM: 75%).
- 6) *Minimum Variable Step*
 Waktu minimum yang dibutuhkan untuk memulai simulasi (standar SWMM: 0.5 detik).
- 7) *Time Step for Conduit Lengthenig*
 Waktu yang dibutuhkan untuk memperpanjang saluran sehingga waktu air mengalir tidak lebih kecil dari saluran artifisial (standar SWMM: 0 detik).
- 8) *Minimum Nodal Surface Area*
 Luas permukaan minimum *node* saat menghitung perubahan ketinggian muka air (standar SWMM: 12,566 ft²).
- 9) *Maximum Trials Per Time Step*
 Jumlah maksimum percobaan yang digunakan SWMM untuk melakukan *routing* (standar SWMM: 8).
- 10) *Head Convergence Tolerance*
 Toleransi perbedaan ketinggian dari *node* dan saluran (standar SWMM: 0.005 ft).

2.12. Analisis Pintu Air

Pintu air berfungsi sebagai pengatur aliran air untuk pembuangan air, penyadapan, dan pengatur lalu lintas air. Ditinjau dari segi konstruksinya, secara garis besar pintu air dapat dibedakan dalam dua tipe, yaitu pintu air saluran terbuka dan pintu air saluran tertutup atau pintu air terowongan.

Pintu air sebagai saluran pembuang di saluran drainase biasanya dibiarkan terbuka dan akan ditutup ketika elevasi muka air di sungai lebih tinggi dari elevasi muka air saluran pembuang. Sedangkan sebagai pengatur lalu lintas air, maka pintu air selalu dibuka dan ditutup secara periodik. Bangunan pintu air dapat pula difungsikan sebagai tanggul banjir yang dipotong.

2.12.1 Penentuan Dimensi Pintu Air

Dimensi pintu air ditetapkan berdasarkan debit yang akan dilewatkan melalui pintu tersebut. Untuk pintu drainase ditentukan berdasarkan elevasi muka air banjir di sungai, elevasi banjir dan debit drainase yang dibuang melalui pintu air tersebut. Kecepatan aliran air yang diinginkan melalui pintu tersebut sebesar 1-2 m/dt, tetapi untuk pintu air yang berdimensi cukup besar dapat mencapai kecepatan 3,5 m/dt.

2.12.2 Besar Debit yang Melewati Pintu Air

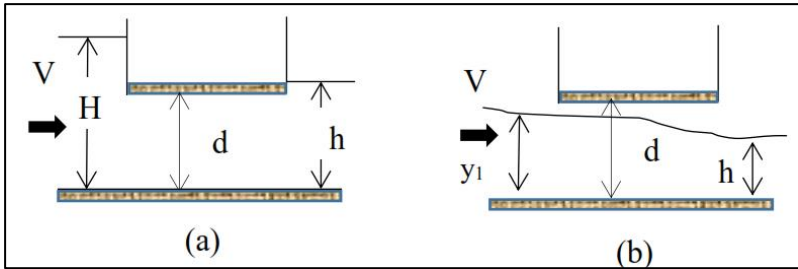
Besarnya debit yang dialirkan melalui pintu air dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

- Bentuk Aliran Tenggelam (a)

$$Q = \mu \cdot b \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2.44)$$

- Bentuk Aliran Tak Tenggelam

$$Q = \mu \cdot b \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y1} \quad (2.45)$$



Gambar 2.6 Kombinasi aliran air di dalam terowongan
Sumber: (Martono, 2007)

Gambar 2.6 mengilustrasikan tipe pintu dengan aliran tenggelam dan tidak tenggelam.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

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

3.2. Tahap Persiapan

Tahap ini dilakukan sebelum perencanaan Tugas Akhir ini dimulai untuk menjadi dasar perencanaan.

3.2.1. Survey Lapangan

Pada tahap ini didapatkan gambaran mengenai kondisi eksisting sistem drainase Kalidami yang akan diangkat menjadi bahasan masalah, dimana hal tersebut dalam tugas akhir ini merupakan dasar perencanaan.

3.2.2. Studi Literatur

Studi literatur meliputi kegiatan memahami teori hidrologi, hidrolika, dan simulasi dengan program bantu SWMM 5.1 yang berkaitan dengan perencanaan pematasan kota yang kemudian dijadikan dasar perencanaan.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk membantu jalannya studi. Data yang dikumpulkan merupakan data primer berdasarkan survey lapangan dan data sekunder yang didapatkan dari instansi terkait, literatur dan topik sejenis, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Data tinggi hujan kawasan studi.
- Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya.
- Peta Jenis Tanah Kota Surabaya.
- *Layout* DAS Kalidami.
- Peta topografi kawasan studi.

- Data geometri eksisting Saluran Kalidami.

3.4. Penghitungan Curah Hujan

Sesuai dengan Tabel 2.9 perencanaan sistem drainase harus memprediksi tinggi hujan periode ulang berdasarkan fungsi lahan.

3.5. Input Parameter Hidrologi

Parameter hidrologi yang diinput dalam program bantu SWMM adalah:

- *Rain Gage*
- *Subcatchment*

3.6. Input Parameter Hidrolika

Parameter Hidrolika yang diinput dalam program bantu SWMM adalah:

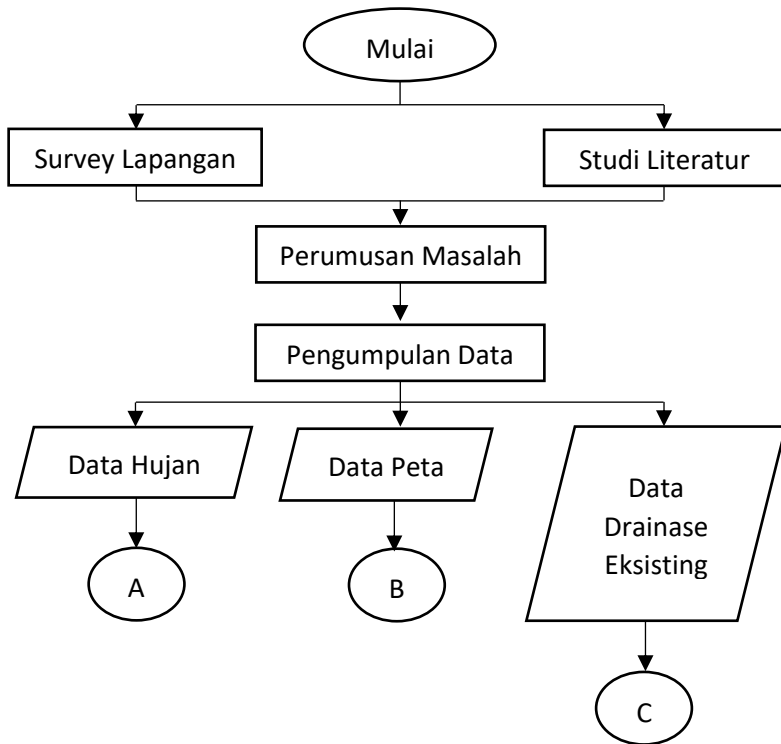
- *Junction Node*
- *Outfall Node*
- *Storage Unit Node*
- *Conduit Link*
- *Pump Link*

3.7. Flow Routing Metode Dynamic Wave Analysis

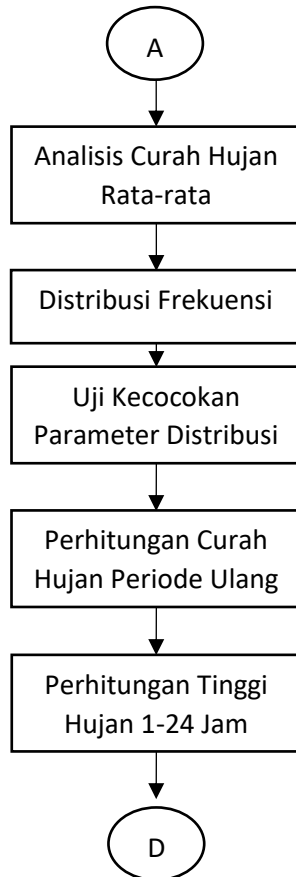
Perencanaan ini memiliki tiga *flow routing*. Pertama digunakan untuk mengecek sistem drainase Kalidami eksisting terhadap banjir dengan curah hujan periode ulang. Kedua untuk mengecek perencanaan ulang sistem drainase Kalidami berdasarkan evaluasi sistem drainase eksisting bila terjadi banjir. Ketiga untuk mengecek *boezem* yang dilengkapi pompa dan pintu rencana pada bagian hilir sistem drainase Kalidami rencana.

3.8. Diagram Alir Perencanaan

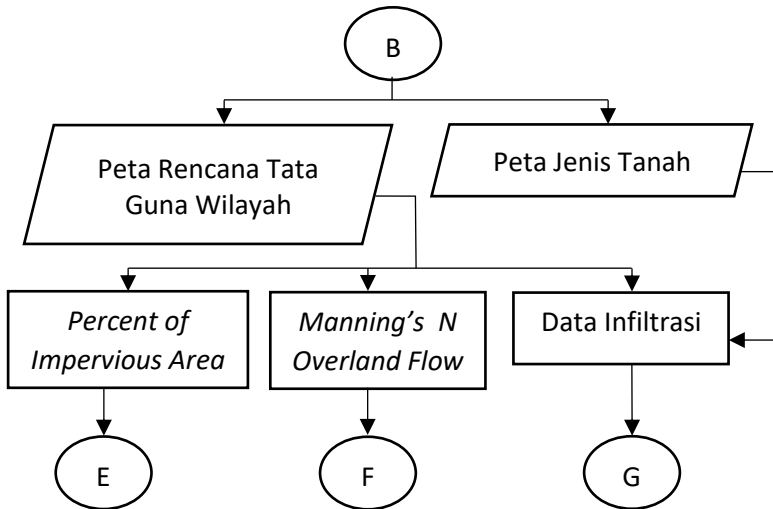
Untuk mempermudah pengerjaan Tugas Akhir ini, maka dibuat skema diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



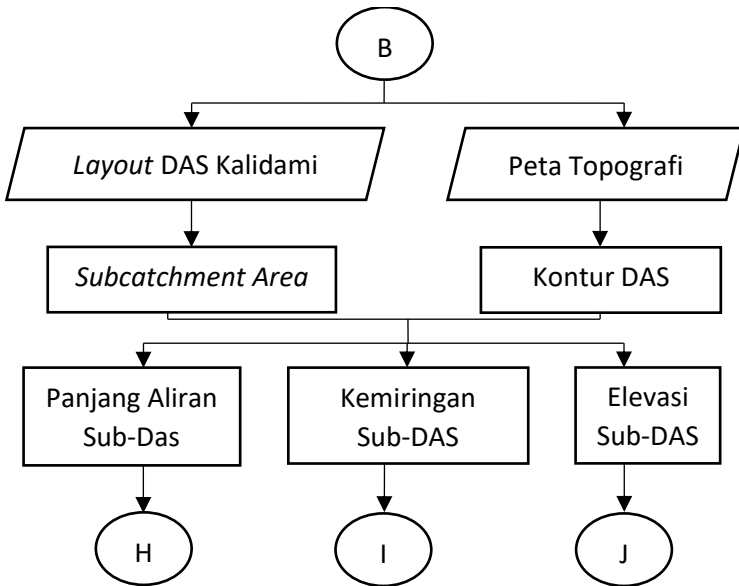
(a) Diagram alir bagian 1



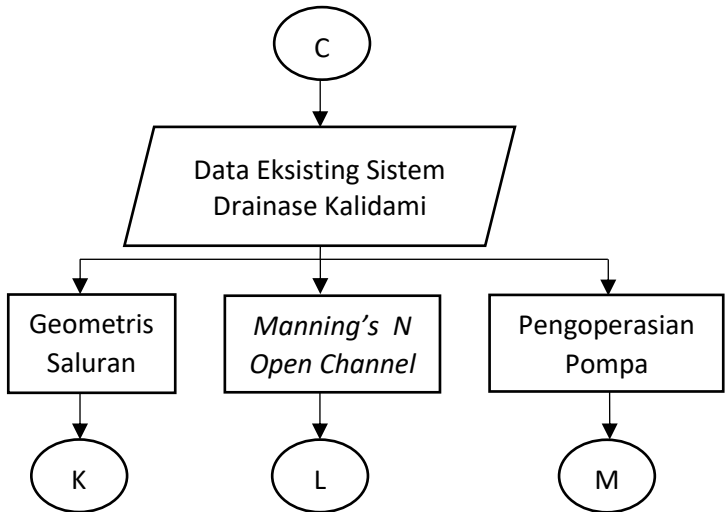
(b) Diagram alir bagian



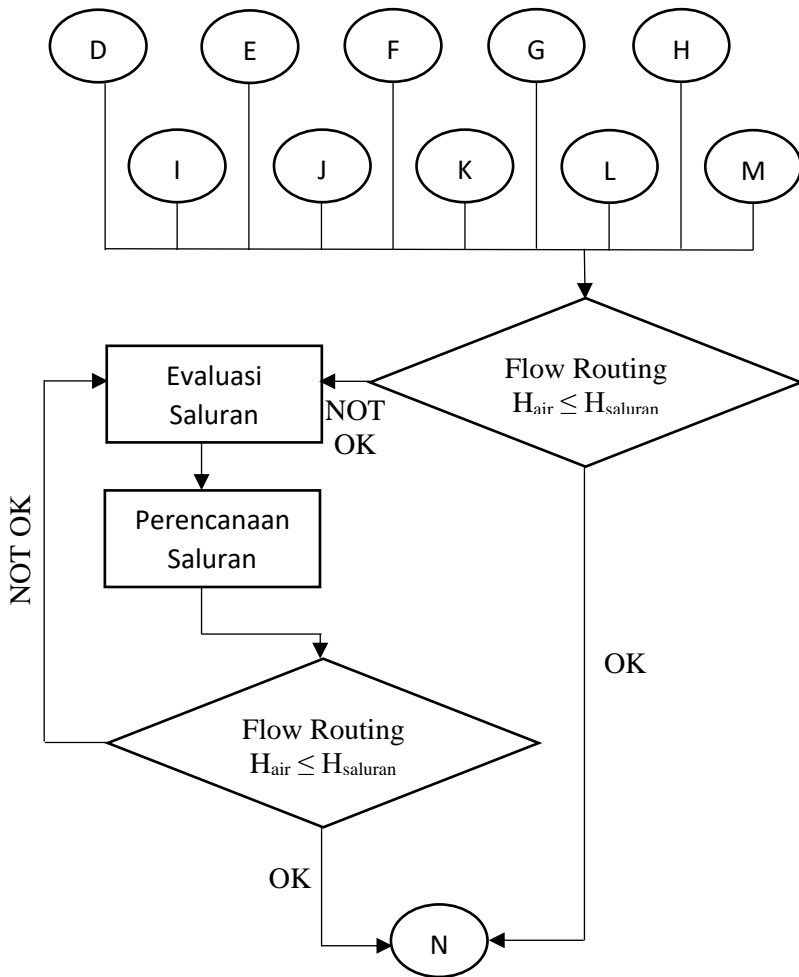
(c) Diagram alir bagian 3



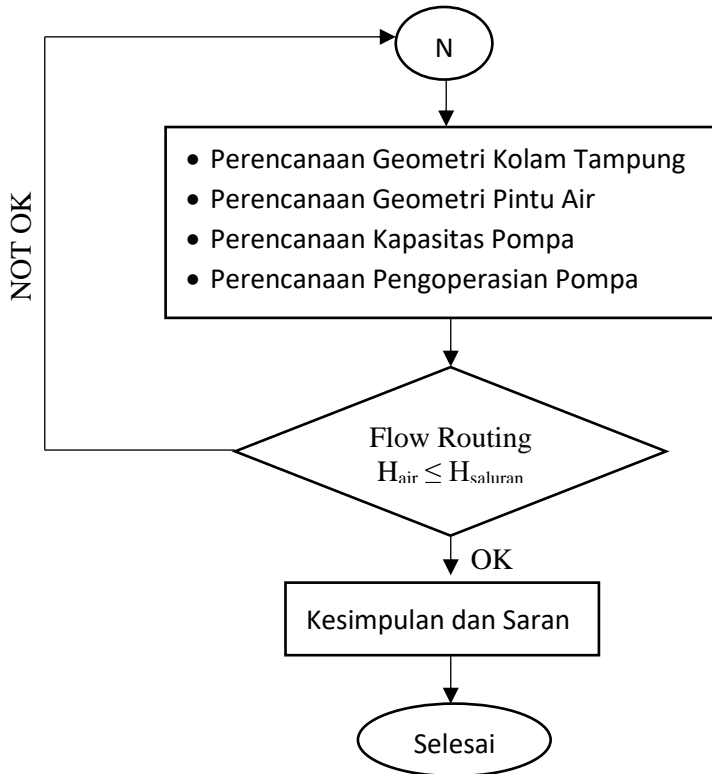
(d) Diagram alir bagian



(e) Diagram alir bagian 5



(f) Diagram alir bagian 6



(g) Diagram alir bagian

Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan
Sumber: (Perhitungan, 2019)

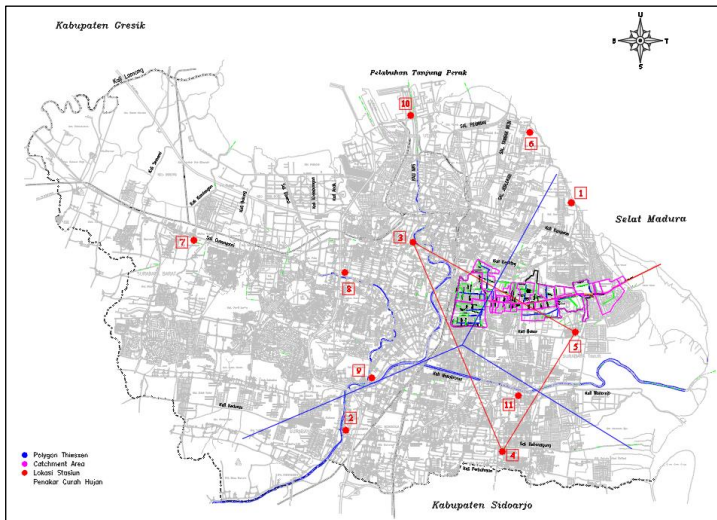
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data Curah Hujan

Analisis ini memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya tinggi hujan pada DAS Kalidami. Besarnya tinggi hujan akan digunakan dalam simulasi dengan program bantu SWMM.

4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah

Dalam Tugas Akhir ini untuk menganalisis curah hujan rata-rata harian yang dilakukan pertama adalah menentukan letak stasiun hujan yang akan digunakan terlebih dahulu. Kota Surabaya memiliki 11 lokasi stasiun penangkar curah hujan yaitu stasiun hujan (1) Larangan, (2) Kebon Agung, (3) Gubeng, (4) Wonorejo, (5) Keputih, (6) Kedung Cowek, (7) Kandangan, (8) Banyu Urip, (9) Gunungsari, (10) Perak, (11) Wonokromo. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.

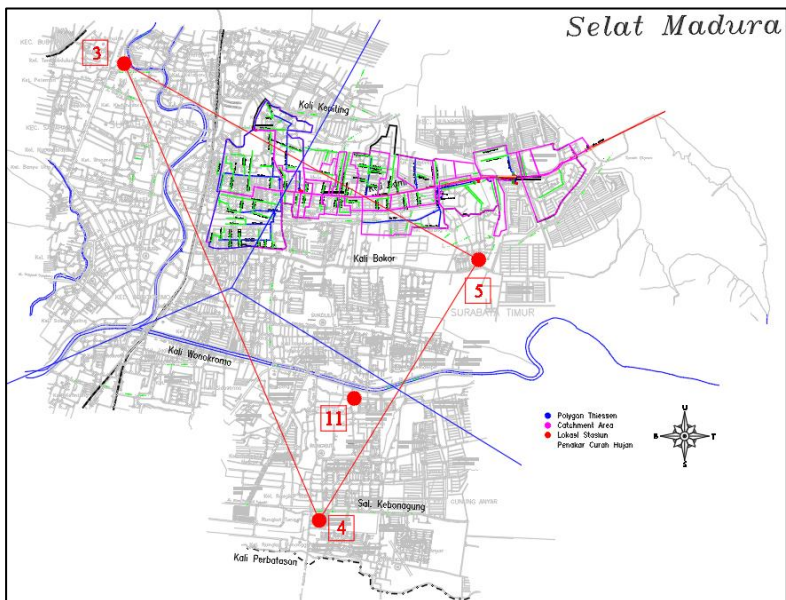


Gambar 4.1 Letak Stasiun Hujan Kota Surabaya

Sumber: (Badan Pengembangan Pembangunan Kota Surabaya, 2000)

Letak stasiun hujan akan mempengaruhi data curah hujan di suatu lokasi studi. Untuk menentukan stasiun hujan mana yang berpengaruh pada lokasi digunakan metode *Polygon Thiessen*.

Awalnya peta stasiun hujan dianalisis menggunakan metode *Polygon Thiessen* dengan cara menghubungkan stasiun hujan di sekitar DAS Kalidami, lalu dibuat garis sumbu yang tegak lurus garis awal. Namun karena Stasiun Wonokoromo tidak memiliki catatan hujan yang lengkap, sehingga *polygon thiessen* dilakukan pada (3) Stasiun Gubeng, (4) Stasiun Wonorejo, dan (5) Stasiun Keputih. Setelah semua garis telah selesai dapat diketahui bahwa DAS Kalidami memiliki 3 stasiun yang berpengaruh pada lokasi studi yaitu (3) Stasiun Gubeng, (5) Stasiun Keputih. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil *Polygon Thiessen*
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Pengolahan tinggi hujan maksimum harian membutuhkan koefisien Thiessen yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Koefisien Thiessen Stasiun

Nama Stasiun	Area yang Berpengaruh	Koefisien Thiessen
Keputih	260.4784 Ha	0.3078
Gubeng	585.8824 Ha	0.6922
Total	846.3609 Ha	1

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Data hujan harian Stasiun Gubeng dan Stasiun Keputih yang bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum dan Pematuan dilihat pada bagian Lampiran. Berdasarkan pengolahan data hujan harian dari tahun 1994-2014, didapatkan curah hujan maksimum untuk DAS Kalidami yang dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Hujan Maksimum

No.	Tahun	R ₂₄ (mm)
1	1994	66.53
2	1995	82.00
3	1996	82.00
4	1997	94.69
5	1998	84.00
6	1999	86.00
7	2000	70.77
8	2001	108.23
9	2002	137.46
10	2003	73.53
11	2004	53.85
12	2005	85.69
13	2006	116.92

Lanjutan Tabel 4.2 Data Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	R ₂₄ (mm)
14	2007	87.91
15	2008	87.85
16	2009	100.92
17	2010	94.92
18	2011	78.92
19	2012	76.38
20	2013	83.08
21	2014	126.31

Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.1.2 Analisis Distribusi Frekuensi

Curah Hujan harian rencana merupakan besaran curah hujan yang digunakan untuk menghitung debit banjir setiap periode rencana yang akan ditentukan. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan analisis sesuai dengan kriteria saluran dan luasan daerah tangkapan ditentukan periode ulang rencana. Periode ulang rencana ini akan menunjukkan tingkat layanan dari system drainase yang direncanakan. Periode ulang rencana (*return period*) yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah 20 tahun karena merencanakan saluran primer dengan DAS 846,361 Ha .

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, analisis curah hujan maksimum harian rencana menggunakan metode Normal, Pearson III, Gumbel, Log-Normal, dan Log-Pearson III yang kemudian diambil hasil yang sesuai dengan syarat yang telah di tentukan.

4.1.2.1 Distribusi Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Pearson III

Untuk menghitung ketiga distribusi tersebut adapun beberapa langkah yang harus dilakukan, yaitu:

1. Menyusun data curah hujan dari yang terbesar hingga yang terkecil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Urutan Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil

Ranking	Tahun	R ₂₄ (mm)
1	2002	137.46
2	2014	126.31
3	2001	116.92
4	2006	108.23
5	2010	100.92
6	2009	94.92
7	2008	94.69
8	1997	87.91
9	1999	87.85
10	2013	86.00
11	1998	85.69
12	2005	84.00
13	2011	83.08
14	1995	82.00
15	1996	82.00
16	2007	78.92
17	2012	76.38
18	2000	73.53
19	2003	70.77
20	1994	66.53
21	2004	53.85

Sumber: (Perhitungan, 2019)

2. Menghitung harga rata rata curah hujan dengan menggunakan persamaan 2.2, berikut perhitungannya:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1877.96}{21} = 89.4266 \text{ mm}$$

3. Menghitung standart deviasi data hujan menggunakan persamaan 2.3, berikut perhitungannya :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{7849.0496}{21-1}} = 19.8104$$

4. Menghitung harga koefisien Variasi data hujan menggunakan persamaan 2.4, berikut perhitungannya :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{19.8104}{89.4266} = 0,2215$$

5. Menghitung harga koefisien kemencengan (skewness) data hujan menggunakan persamaan 2.5, berikut perhitungannya :

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (X-\bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{21 \cdot 118007.6868}{(21-1)(21-2) \cdot 19.8104^3} = 0.8388$$

6. Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan menggunakan persamaan 2.6, berikut perhitungannya :

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X-\bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{21^2 \cdot 10002902.2304}{(21-1)(21-2)(21-3) \cdot 19.8104^4} = 4,1873$$

Tabel perhitungan Parameter statistik untuk distribusi Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Statistik untuk Ditribusi Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Pearson III

Ranking	Tahun	X	(X- \bar{X})	(X- \bar{X}) ²	(X- \bar{X}) ³	(X- \bar{X}) ⁴
1	2002	137.46	48.04	2307.68	110856.74	5325366.24
2	2014	126.31	36.88	1360.09	50159.08	1849834.03
3	2006	116.92	27.49	755.77	20776.92	571182.42
4	2001	108.23	18.81	353.64	6650.38	125063.02
5	2009	100.92	11.49	132.07	1517.75	17442.16
6	2010	94.92	5.50	30.22	166.16	913.48
7	1997	94.69	5.26	27.68	145.62	766.12
8	2007	87.91	-1.51	2.29	-3.46	5.23

Lanjutan Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Pearson III

Ranking	Tahun	X	(X- \bar{X})	(X- \bar{X}) ²	(X- \bar{X}) ³	(X- \bar{X}) ⁴
9	2008	87.85	-1.58	2.50	-3.94	6.23
10	1999	86.00	-3.43	11.74	-40.23	137.86
11	2005	85.69	-3.74	13.99	-52.31	195.62
12	1998	84.00	-5.43	29.45	-159.80	867.17
13	2013	83.08	-6.35	40.31	-255.92	1624.83
14	1995	82.00	-7.43	55.18	-409.91	3044.99
15	1996	82.00	-7.43	55.18	-409.91	3044.99
16	2011	78.92	-10.50	110.32	-1158.72	12170.33
17	2012	76.38	-13.04	170.14	-2219.36	28949.14
18	2003	73.53	-15.89	252.64	-4015.62	63826.91
19	2000	70.77	-18.66	348.18	-6496.78	121226.40
20	1994	66.53	-22.89	524.06	-11996.97	274638.86
21	2004	53.85	-35.58	1265.94	-45042.04	1602596.15
TOTAL		89.43	0.00	7849.05	118007.69	10002902.20

Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.1.2.2 Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III

Untuk menghitung distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III dilakukan dengan beberapa langkah berikut :

1. Menghitung nilai rata rata menggunakan persamaan 2.19

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{40,777}{21} = 1,942$$

2. Menghitung nilai deviasi standar dari log X mennggunakan persamaan 2.20

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,175}{21-1}} = 0,09$$

3. Menghitung nilai koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S_{\log X}}{\overline{\log X}} = \frac{0,09}{1,942} = 0,05$$

4. Menghitung koefisien kemencengan (Cs) menggunakan persamaan 2.21

$$Cs = \frac{n \sum(\log X - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S \log \bar{X})^3} = \frac{21 \cdot 0.002}{(21-1)(21-2)(0,09)^3} = 0,15$$

5. Menghitung Nilai koefisien ketajaman (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum(\log X - \log \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S \log \bar{X})^4} = \frac{21^2 \cdot 0.005}{(21-1)(21-2)(21-3)(0,09)^4} = 3,99$$

Tabel perhitungan Parameter statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perhitungan Parameter statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III

Ranking	X	Log X	Log (X- \bar{X})	Log (X- \bar{X}) ²	Log (X- \bar{X}) ³	Log (X- \bar{X}) ⁴
1	137.465	2.14	0.1964	0.0386	0.0076	0.0015
2	126.306	2.10	0.1597	0.0255	0.0041	0.0007
3	116.918	2.07	0.1261	0.0159	0.0020	0.0003
4	108.232	2.03	0.0926	0.0086	0.0008	0.0001
5	100.919	2.00	0.0622	0.0039	0.0002	0.0000
6	94.924	1.98	0.0356	0.0013	0.0000	0.0000
7	94.688	1.98	0.0345	0.0012	0.0000	0.0000
8	87.914	1.94	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000
9	87.847	1.94	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000
10	86.000	1.93	-0.0073	0.0001	0.0000	0.0000
11	85.687	1.93	-0.0088	0.0001	0.0000	0.0000
12	84.000	1.92	-0.0175	0.0003	0.0000	0.0000
13	83.078	1.92	-0.0223	0.0005	0.0000	0.0000
14	81.998	1.91	-0.0279	0.0008	0.0000	0.0000
15	81.998	1.91	-0.0279	0.0008	0.0000	0.0000
16	78.923	1.90	-0.0445	0.0020	-0.0001	0.0000

Lanjutan Tabel 4.5 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III

Ranking	X	Log X	Log (X- \bar{X})	Log (X- \bar{X}) ²	Log (X- \bar{X}) ³	Log (X- \bar{X}) ⁴
17	76.383	1.88	-0.0588	0.0035	-0.0002	0.0000
18	73.532	1.87	-0.0753	0.0057	-0.0004	0.0000
19	70.767	1.85	-0.0919	0.0084	-0.0008	0.0001
20	66.534	1.82	-0.1187	0.0141	-0.0017	0.0002
21	53.847	1.73	-0.2106	0.0443	-0.0093	0.0020
TOTAL	89.427	1.94	0.0000	0.1754	0.0022	0.0048

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Sifat dari masing-masing parameter statistik dapat ditinjau dari besar nilai koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien ketajaman (C_k) yang sesuai dengan syarat setiap distribusi. Kesimpulan analisis distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi C_s dan C_k perhitungan Distribusi

No.	Jenis Distribusi	Syarat		Hasil Analisis Frekuensi	Keterangan
1	Normal	C_s	0	$C_s = 0.8388$	NOT OK
		C_k	3	$C_k = 4.1873$	
2	Gumbel	C_s	1.139	$C_s = 0.8388$	NOT OK
		C_k	5.402	$C_k = 4.1873$	
3	Pearson III	C_s	≤ 0	$C_s = 0.8388$	NOT OK
4	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$		$C_s = 0.1488$	NOT OK
		$C_s =$	0.1447977		
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	3.0372971	$C_k = 3.9987$	
5	Log Pearson	$C_s =$	Fleksibel	$C_s = 0.1488$	OK
		$C_k =$	Fleksibel	$C_k = 3.9987$	

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Berdasarkan Tabel 4.6 metode distribusi yang memenuhi syarat sifat distribusi adalah **Distribusi Log Pearson III**.

4.1.3 Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan uji kecocokan distribusi untuk mengetahui apakah data curah hujan yang ada sudah sesuai dengan jenis distribusi yang dipilih, hingga dapat diperkirakan dapat menggambarkan metode distribusi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai ada 2 yaitu uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

4.1.3.1. Uji Chi-Kuadrat

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 21 \\ \text{Jumlah group (k)} &= 1 + 3.322 \log (n) \\ &= 1 + 3.322 \log (21) \\ &= 5.25 \text{ maka pakai } 6 \end{aligned}$$

Data pengamatan dibagi menjadi 6 sub grup dengan interval peluang (P) = $\frac{1}{6} = 0.16667$. Besarnya peluang untuk setiap sub grup adalah :

- Sub grup 1 = $P \leq 0,16667$
- Sub grup 2 = $0.16667 \leq P \leq 0.33333$
- Sub grup 3 = $0.33333 \leq P \leq 0.5$
- Sub grup 4 = $0.5 \leq P \leq 0.66667$
- Sub grup 5 = $0.66667 \leq P \leq 0.83333$
- Sub grup 6 = $P \geq 0.83333$

❖ Distribusi Log Pearson III

Persamaan Distribusi :

$$\begin{aligned} X &= \overline{\text{Log } X} + \overline{S \text{Log } X} \cdot k \\ &= 1,94 + 0,094 \cdot k \\ C_s &= 0,15 \end{aligned}$$

A. Untuk $P = 0,1667$ maka $T = \frac{1}{0,1667} = 6$ tahun

Dengan interpolasi pada Tabel 2.2, untuk $C_s = 0,15$ dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai k seperti berikut:

$C_s = 0.0$	$5 - 10 = 0.842 - 1.282$
	$6 - 10 = k - 1.282$
	$k - 1.282 = -0.352$
	$k = 0.930$
$C_s = 0.2$	$5 - 10 = 0.83 - 1.301$
	$6 - 10 = k - 1.301$
	$k - 1.301 = -0.377$
	$k = 0.924$
$C_s = 0.15$	$0 - 0.2 = 0.930 - 0.924$
	$0.15 - 0.2 = k - 0.924$
	$k - 0.924 = 0.001$
	$k = 0.926$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } X &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + S \overline{\text{Log } \bar{X}} \cdot k \\ &= 1,94 + 0,094 \cdot 0,926 = 2,028 \end{aligned}$$

$$\text{Anti Log } X = 106,8 \text{ mm}$$

B. Untuk $P = 0,3333$ maka $T = \frac{1}{0,333} = 3$ tahun

Dengan interpolasi pada Tabel 2.2, untuk $C_s = 0,15$ dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai k seperti berikut:

$C_s = 0.0$	$2 - 5 = 0 - 0.842$
	$3 - 5 = k - 0.842$
	$k - 0.842 = -0.561$
	$k = 0.281$
$C_s = 0.2$	$2 - 5 = -0.33 - 0.83$
	$3 - 5 = k - 0.83$
	$k - 0.83 = -0.773$
	$k = 0.057$
$C_s = 0.15$	$0 - 0.2 = 0.281 - 0.057$
	$0.15 - 0.2 = k - 0.057$
	$k - 0.057 = 0.0573$
	$k = 0.114$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } X &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + S \overline{\text{Log } \bar{X}} \cdot k \\ &= 1,94 + 0,094 \cdot 0,114 = 1,952 \end{aligned}$$

$$\text{Anti Log } X = 89,62 \text{ mm}$$

C. Untuk P = 0,5 maka T = $\frac{1}{0,5} = \text{tahun}$

Dengan interpolasi pada Tabel 2.2, untuk Cs = 0,15 dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai k seperti berikut:

Cs = 0.15	0	-	0.2	=	0	-	-0.03
	0.15	-	0.2		k	-	-0.03
	k	-	-0.03	=	0.0084		
					k	=	-0.0246

$$\begin{aligned} \text{Maka, } X &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + \overline{S \text{Log } \bar{X}} \cdot k \\ &= 1,94 + 0,094 \cdot -0,0246 = 1,939 \end{aligned}$$

$$\text{Anti Log } X = 86,99 \text{ mm}$$

D. Untuk P = 1,667 maka T = $\frac{1}{1,667} = 1,5 \text{ tahun}$

Dengan interpolasi pada Tabel 2.2, untuk Cs = 0,15 dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai k seperti berikut:

Cs = 0.0	1.25	-	2	=	-0.842	-	0
	1.5	-	2		k	-	0
	k	-	0	=	-0.561		
					k	=	-0.561
Cs = 0.2	1.25	-	2	=	-0.85	-	-0.03
	1.5	-	2		k	-	-0.03
	k	-	-0.03	=	-0.545		
					k	=	-0.578
Cs = 0.15	0	-	0.2	=	-0.561	-	-0.578
	0.15	-	0.2		k	-	-0.58
	k	-	-0.58	=	0.0042		
					k	=	-0.573

$$\begin{aligned} \text{Maka, } X &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + \overline{S \text{Log } \bar{X}} \cdot k \\ &= 1,94 + 0,094 \cdot -0,573 = 1,888 \end{aligned}$$

$$\text{Anti Log } X = 77,28 \text{ mm}$$

E. Untuk $P = 0,8333$ maka $T = \frac{1}{0,8333} = 1,2$ tahun

Dengan interpolasi pada Tabel 2.2, untuk $C_s = 0,15$ dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai k seperti berikut:

$C_s = 0.0$	1.01	-	1.25	=	-2.326	-	-0.84
	1.2	-	1.25		k	-	-0.84
	k	-	-0.84	=	-0.309		
					k	=	-1.151
$C_s = 0.2$	1.01	-	1.25	=	-2.178	-	-0.85
	1.2	-	1.25		k	-	-0.85
	k	-	-0.85	=	-0.277		
					k	=	-1.127
$C_s = 0.15$	0	-	0.2	=	-1.151	-	-1.127
	0.15	-	0.2		k	-	-1.13
	k	-	-1.13	=	-0.006		
					k	=	-1.133

$$\begin{aligned} \text{Maka, } X &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + S \overline{\text{Log } \bar{X}} \cdot k \\ &= 1,94 + 0,094 \cdot -1,133 = 1,836 \end{aligned}$$

$$\text{Anti Log } X = 68,49 \text{ mm}$$

Perhitungan Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson III ditunjukkan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Log Pearson III

No	Nilai Batas Sub Group			Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
				O_i	E_i		
1	x	$>$	106.7676	4	3.5	0.25	0.0714
2	106.7676	$< x <$	89.6245	3	3.5	0.25	0.0714
3	89.6245	$< x <$	86.9865	2	3.5	2.25	0.6429
4	86.9865	$< x <$	77.2761	6	3.5	6.25	1.7857
5	77.2761	$< x <$	68.4925	3	3.5	0.25	0.0714
6	x	$<$	68.4925	3	3.5	0.25	0.0714
JUMLAH				21	17.5		2.7143

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Dari Tabel 4.7 diperoleh nilai chi kuadrat seperti berikut :

$$(Xh^2) = 2,714$$

$$Dk = G - R - 1 = 6 - 2 - 1 = 3$$

Keterangan :

G : Group

R : 2 untuk binominal & normal

Berdasarkan tabel nilai kritis untuk distribusi Chi Kuadrat, maka nilai kritis untuk uji Chi Kuadrat pada derajat kepercayaan (α) = 5% didapatkan nilai X^2 (Chi kritis) = 7,815 (Tabel 2.8)

Berdasarkan perhitungan didapat kesimpulan bahwa:

$$\begin{aligned} Xh^2 \text{ (Nilai Chi Kuadrat)} &< X^2 \text{ (Nilai Chi Kritis)} \\ 2,714 &< 7,815 \end{aligned}$$

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

4.1.3.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov – Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non-parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Pengujian untuk tinggi hujan (R_{24}) yaitu, Mengurutkan data dari besar ke kecil berdasarkan curah hujan maksimum dari masing masing tahun. Contoh perhitungan dari Tabel 4.3 untuk data tinggi hujan 143,6 mm adalah:

- | | |
|---|-----------|
| (1) Tahun | = 2002 |
| (2) m (peringkat/nomor ranking) | = 1 |
| (3) X (tinggi hujan (mm)) | = 143,605 |
| (4) Log X | = 2,157 |
| (5) $P(\text{Log } X) = \frac{m}{n+1}$ | = 0,045 |
| (6) $P(\text{Log } X <) = (1) - (5)$ | = 0,955 |
| (7) $F(t) = \frac{\text{Log } X - \text{Log } \bar{X}}{\text{slog } X}$ | = 2,296 |
| (8) $P'(\text{Log } X <) \text{ Tabel 2.6}$ | = 0,9871 |
| (9) $P'(\text{Log } X) = (1) - (8)$ | = 0,013 |
| (10) $D = (8) - (6)$ | = 0,033 |

Perhitungan data hujan yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov Distribusi Log Pearson Tipe III

Tahun	m	X (mm)	Log X	P (Log X)	P(LogX<)	f(t)	P'(LogX<)	P'(LogX)	D
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (1) - (5)	(7)	(8)	(9) = (1) - (8)	(10) = (8) - (6)
2002	1	137.465	2.138	0.045	0.955	2.10	0.9821	0.018	0.028
2014	2	126.306	2.101	0.091	0.909	1.71	0.9564	0.044	0.047
2006	3	116.918	2.068	0.136	0.864	1.35	0.9115	0.089	0.048
2001	4	108.232	2.034	0.182	0.818	0.99	0.8389	0.161	0.021
2009	5	100.919	2.004	0.227	0.773	0.66	0.7454	0.255	-0.027
2010	6	94.924	1.977	0.273	0.727	0.38	0.6480	0.352	-0.079
1997	7	94.688	1.976	0.318	0.682	0.37	0.6443	0.356	-0.038
2007	8	87.914	1.944	0.364	0.636	0.02	0.5080	0.492	-0.128
2008	9	87.847	1.944	0.409	0.591	0.02	0.5080	0.492	-0.083
1999	10	86.000	1.934	0.455	0.545	-0.08	0.4681	0.532	-0.077
2005	11	85.687	1.933	0.500	0.500	-0.09	0.4641	0.536	-0.036
1998	12	84.000	1.924	0.545	0.455	-0.19	0.4247	0.575	-0.030
2013	13	83.078	1.919	0.591	0.409	-0.24	0.4052	0.595	-0.004
1995	14	81.998	1.914	0.636	0.364	-0.30	0.3821	0.618	0.018
1996	15	81.998	1.914	0.682	0.318	-0.30	0.3821	0.618	0.064
2011	16	78.923	1.897	0.727	0.273	-0.48	0.3156	0.684	0.043
2012	17	76.383	1.883	0.773	0.227	-0.63	0.2643	0.736	0.037
2003	18	73.532	1.866	0.818	0.182	-0.80	0.2119	0.788	0.030
2000	19	70.767	1.850	0.864	0.136	-0.98	0.1635	0.837	0.027
1994	20	66.534	1.823	0.909	0.091	-1.27	0.1020	0.898	0.011
2004	21	53.847	1.731	0.955	0.045	-2.25	0.0122	0.988	-0.033

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Berdasarkan Tabel 4.8 diatas didapat harga $D_{max} = 0,064$ (peringkat 2). Dengan menggunakan Tabel Nilai Kritis D_0 (Tabel 2.7), untuk derajat kepercayaan 5% dan $N = 21$, maka diperoleh D_0 dengan menggunakan interpolasi sebagai berikut

$$\begin{array}{rcl} \frac{20}{21} - \frac{25}{25} & = & \frac{0,29}{D_0} - \frac{0,27}{0,27} \\ D_0 - 0,27 & = & \frac{0,02}{1,25} \\ D_0 & = & 0,016 + 0,27 \\ D_0 & = & 0,286 \end{array}$$

Dapat disimpulkan bahwa $D_{max} = 0,064 < D_0 = 0,286$ maka persamaan Distribusi Pearson Tipe III **diterima**.

4.1.4 Kesimpulan Analisis Frekuensi

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil Uji Kecocokan Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov untuk menentukan persamaan distribusi yang dipakai ditampilkan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kesimpulan Uji Kecocokan

Metode Distribusi Log Pearson III			
Chi Square			
Xh2	<	X2	Keterangan
2,714	<	7,815	OK
Sminrov - Kolmogorov			
Dmax	<	Do	Keterangan
0,064	<	0,286	OK

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Berdasarkan Tabel 4.9 Distribusi Log Pearson III **dapat digunakan** dalam perhitungan curah hujan periode ulang.

4.1.5 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Perhitungan curah hujan periode ulang menggunakan persamaan Distribusi Log Pearson III. Saluran yang ditinjau dalam Tugas Akhir ini adalah Saluran Primer Kalidami dengan luas DAS sebesar $\pm 8.463.609 \text{ m}^2$ atau 846,36 Ha, sehingga perencanaan ini menggunakan Periode Ulang Hujan (PUH) **20 tahun**. Perhitungan curah hujan periode ulang 20 tahunan adalah seperti berikut :

A. Pada perhitungan sebelumnya didapatkan :

$$\frac{\text{Log } \bar{X}}{S \text{Log } \bar{X}} = 1,942$$

$$\frac{\text{Log } \bar{X}}{S \text{Log } \bar{X}} = 0,094$$

$$C_s = 0,15$$

B. Dengan interpolasi pada Tabel 2.2, untuk $C_s = 0,15$ dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai k seperti berikut:

Cs = 0.0	10	-	25	=	1.282	-	1.751
	20	-	25		k	-	1.751
	k	-	1.751	=	-0.156		
					k	=	1.595
Cs = 0.2	10	-	25	=	1.301	-	1.818
	20	-	25		k	-	1.818
	k	-	1.818	=	-0.172		
					k	=	1.646
Cs = 0.15	0	-	0.2	=	1.595	-	1.646
	0.15	-	0.2		k	-	1.646
	k	-	1.646	=	-0.01		
					k	=	1.633

C. R_{24} maksimum periode ulang 20 tahunan :

$$\begin{aligned} X &= \text{Log } \bar{X} + S \text{Log } \bar{X} \cdot k \\ &= 1,942 + 0,094 \cdot 1.633 \\ &= 2,0946 \end{aligned}$$

$$X_{20} = \text{Anti log } X = 124,35 \text{ mm}$$

4.1.6 Perhitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam

Durasi hujan (T_d) terpusat tidak lebih dari 7 jam, maka direncanakan durasi maksimum hujan rencana di Surabaya sebesar 4 jam (Pitaloka, 2017) . Dengan persamaan 2.29 didapatkan tinggi hujan dalam 4 jam sebesar:

$$\frac{100R_4}{R_{24}} = \sqrt{\frac{11300 \times 4}{4 + 3,12}} = \sqrt{6348,315} = 79,7\%$$

$$R_4 = \frac{79,7\% \times 124,555}{100} = 99,241 \text{ mm}$$

Tinggi hujan pada setiap jam ($R't$) perlu menghitung rata-rata hujan sampai pada jam tersebut (R_t) juga terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan 2.30 dan 2.31. Sehingga tinggi hujan setiap jam di Surabaya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Tinggi Hujan pada Setiap Jam

T (jam)	R_t (mm)	$R't$ (mm)
0	0	0
1	62.4143	62.4143
2	39.3186	16.2228
3	30.0057	11.3799
4	24.7691	9.0595

Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.2 Rain Gage Properties

Stasiun hujan yang diinput dalam program bantu SWMM menggunakan curah hujan periode ulang 20 tahun yaitu 124,555 mm. Dalam perencanaan ini parameter *Data Source* yang diinput menggunakan *Time Series*. Parameter yang diinput untuk mendefinisikan stasiun hujan SWMM dapat dilihat pada Gambar 4.3.

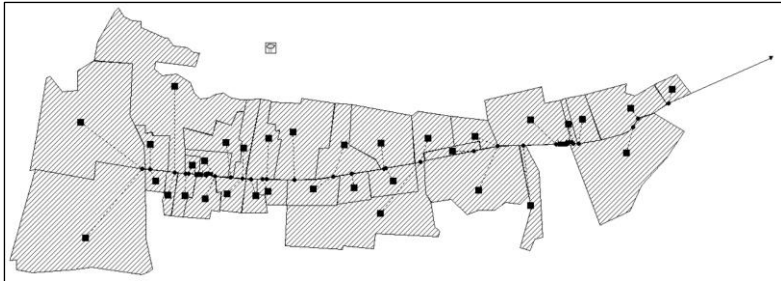
Property	Value
Name	Hujan1
X-Coordinate	1448.337
Y-Coordinate	7254.371
Description	Curah Hujan 10 tahunan
Tag	
Rain Format	VOLUME
Time Interval	1:00
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	R4

Gambar 4. 3 Rain Gage Properties

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Time Series diinput terpisah dalam program SWMM berdasarkan hasil perhitungan tinggi hujan pada Tabel 4.10. Dimana R_t merupakan rata-rata hujan sampai jam ke t dan R^t merupakan tinggi hujan pada jam ke t . Data yang diinput ke SWMM merupakan R^t sebagaimana yang tercantum pada Gambar 4.4.

Sehingga didapatkan *Layout* DAS Kalidami yang telah diinput pada program SWMM, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 *Layout* DAS Kalidami pada SWMM
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tata Guna Lahan DAS Kalidami yang akan diolah berdasarkan Peta Rincian Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya sebagaimana pada Gambar. 4.7



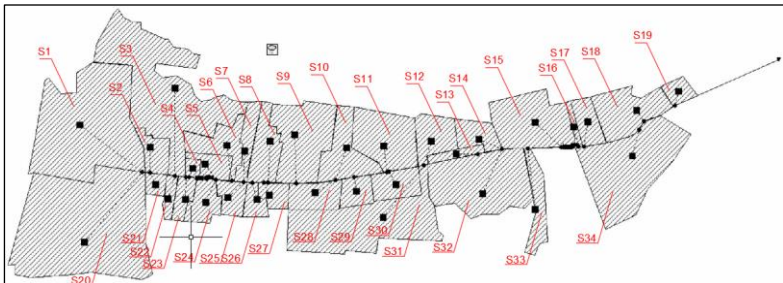
Gambar 4. 7 Peta Tata Guna Lahan DAS Kalidami
Sumber: (Pemerintah Kota Surabaya, 2014)

Topografi DAS Kalidami didapatkan dari pengolahan data pada program bantu *Google Earth Pro* yang di-*export* ke program bantu *Global Mapper*, sehingga kontur serta elevasi pada DAS Kalidami didapatkan. Kontur pada DAS Kalidami dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Kontur DAS Kalidami
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Untuk mempermudah perencanaan, setiap *subcatchment* diberikan penamaan, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Penamaan *Subcatchment*
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Untuk mendefinisikan *subcatchment* perlu menginput setiap parameter masing-masing *subcatchment* pada SWMM. Contoh perhitungan dilakukan untuk menghitung parameter yang harus diinput dilakukan pada S9.

1) *Rain Gage*

Nama stasiun hujan yang digunakan adalah **Hujan1**.

2) *Outlet*

Subcatchment ini melimpaskan air hujan ke node **N12**.

3) *Area*

Berdasarkan *Layout DAS Kalidami* dan Peta Tata Guna Lahan *subcatchment* ini terdiri dari:

- | | |
|-----------------------------|--|
| a. Perumahan | : 268.860,94 m ² |
| b. Fasilitas Umum | : 2.028,01 m ² |
| c. Perdagangan | : 124.691,35 m ² |
| d. Ruang Terbuka Hijau(RTH) | : 2.398,34 m ² |
| e. TOTAL Luas DAS | : 397.798 m ² = 39,78 Ha |

4) *Width*

Lebar dari *subcatchment* didapatkan dari luas DAS yang dibagi dengan panjang aliran kritis, dimana aliran kritis setiap tata guna lahan adalah:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| a. Perumahan | : 787,13 m |
| b. Fasilitas Umum | : 736,88 m |
| c. Perdagangan | : 824,50 m |
| d. Ruang Terbuka Hijau | : 689,40 m |
| e. Rata-rata panjang aliran | : $\frac{3124,32}{4} = 781,08 m$ |

Sehingga lebar *subcatchment* ini adalah:

$$W = \frac{397,798 m^2}{781,08 m} = \mathbf{509,29 m}$$

5) *% Slope*

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

- El. Hulu aliran kritis : 3,2809 m
- El. Node N12 : 3,2220 m
- ΔH Elevasi : 3,2809 – 3,220 = 0,609 m
- Panjang aliran kritis : 509,29 m
- % Slope : $\frac{0,609}{509,29} \times 100 = \mathbf{0,001}$

6) % *Imperv*

Dalam *subcatchment* ini terdapat beberapa tata guna lahan dimana masing-masing memiliki *percent impervious*-nya yang dapat dilihat pada Tabel. 2.11, presentase tersebut dikalikan dengan luas lahannya, yaitu:

- a. Perumahan : $268.860,94 \text{ m}^2 \times 0,51 = 137.027,28 \text{ m}^2$
- b. Fasilitas Umum: $2.028,01 \text{ m}^2 \times 0,34 = 689,52 \text{ m}^2$
- c. Perdagangan : $124.691,35 \text{ m}^2 \times 0,56 = 69.827,16 \text{ m}^2$
- d. RTH : $2.398,34 \text{ m}^2 \times 0,11 = 263,82 \text{ m}^2$
- e. Total lahan *impervious* : $207.807,78 \text{ m}^2$,

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

$$\frac{\text{Total luas lahan impervious}}{\text{Total luas subcatchment}} = \frac{207.807,78 \text{ m}^2}{397.798 \text{ m}^2} \times 100 = \mathbf{52,2394\%}$$

7) *N-Imperv*

Dalam *subcatchment* ini terdapat beberapa tata guna lahan dimana masing-masing memiliki *N Manning*-nya yang dapat dilihat pada Tabel. 2.12, yaitu:

- a. Perumahan : $268.860,94 \text{ m}^2 \times 0,555 = 321.122,99 \text{ m}^2$
- b. Fasilitas Umum: $2.028,01 \text{ m}^2 \times 0,035 = 70,98 \text{ m}^2$
- c. Perdagangan : $124.691,35 \text{ m}^2 \times 0,022 = 2.746,21 \text{ m}^2$
- d. RTH : $2.398,34 \text{ m}^2 \times 0,075 = 179,88 \text{ m}^2$

N-manning pada *subcatchment* ini adalah:

$$\frac{\Sigma(N \times A)}{A} = \frac{17.771,52 \text{ m}^2}{397.798 \text{ m}^2} = 0.0447$$

Sehingga *N-Imperv* pada *subcatchment* ini adalah:

$$\text{N-Manning subcatchment} \times \% \text{ Imperv} = 0,047 \times 51\% = \mathbf{0,023}$$

8) *N-Perv*

N-Manning untuk lahan *impervious subcatchment* ini adalah:

$$\begin{aligned} & \text{N-Manning subcatchment} \times (100\% - \% \text{ Imperv}) \\ & = 0,0447 \times (100\% - 51\%) = \mathbf{0,0233} \end{aligned}$$

9) *Dstore-Imperv*

Dalam perencanaan ini kedalaman *depression storage* untuk lahan *impervious* diasumsikan **0** untuk mendapatkan limpasan air hujan maksimum.

10) *Dstore-Perv*

Kedalaman dari *depression storagae* untuk lahan *pervious* sama dengan *Intial Abstraction* (Ia) sesuai dengan persamaan 2.35, yaitu:

$$I_a = 0.2 \times S$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ (nilai CN didapatkan dari parameter 14)}$$

Sehingga kedalaman *depression storage* untuk lahan *pervious* adalah **3,8781 mm**

11) *% Zero-Imperv*

Dalam perencanaan ini diasumsikan seluruh lahan *impervious* tidak memiliki *depression storage*, sehingga parameter ini didefinisikan dengan **100%**.

12) *Subarea Routing*

Berdasarkan *Layout* DAS Kalidami didapatkan bahwa seluruh *subarea* mengalir lewat saluran yang mengalir ke outlet (*node*), sehingga parameter ini didefinisikan dengan **outlet**.

13) *Percent Routed*

Berdasarkan *Layout* DAS Kalidami didapatkan bahwa seluruh *subarea* mengalir lewat saluran yang mengalir ke outlet (*node*), sehingga parameter ini didefinisikan dengan **100%**.

14) *Infiltration Data*

Jenis tanah di Surabaya Timur didominasi oleh lempung lanau (*Pemerintah Kota Surabaya, 2013*). Berdasarkan Tabel 2.13 didapatkan bahwa *Saturated Hydraulic Conductivity* (Ks) adalah 0,02 in/hr. Sehingga parameter *Drying Time* adalah:

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

Berdasarkan Tabel 2.14 diketahui bahwa tanah di Surabaya dikategorikan dalam grup D. Nilai *Curve Number* dari:

- Perumahan : 268.860,94 m² x 92 = 10.483.449 m²
- Fasilitas Umum: 2.028,01 m² x 95 = 192.660 m²
- Perdagangan : 124.691,35 m² x 95 = 11.845.678 m²
- RTH : 2.398,34 m² x 84 = 201.461 m²

Curve Number pada *subcatchment* ini adalah:

$$\frac{\sum(CN \times A)}{A} = \frac{36.958.447 \text{ m}^2}{397.798 \text{ m}^2} = \mathbf{92,9074}$$

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

Pada perencanaan ini DAS Kalidami dibagi menjadi 34 *subcatchment* berdasarkan *layout* DAS Kalidami. Seluruh parameter *subcatchment* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

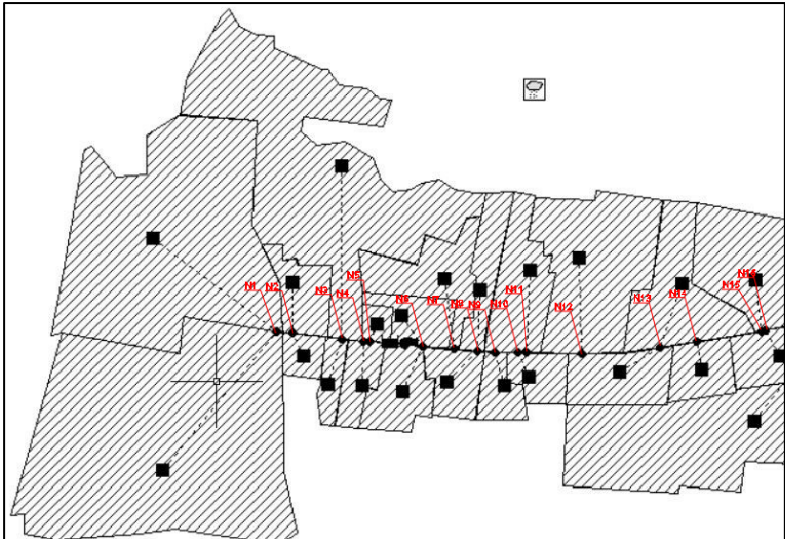
Tabel 4. 11 Parameter *Subcatchment Properties*

Nama Subcatchment	Rain Gage	Outlet	Area Ha	Width m	Slope %	% Imperv	N-Imperv	N-Prv	Dstore-Imperv	Dstore-Prv	% Zero Impervious	Subarea Routing	Percent Routed	Infiltration Data		Ground water	Snow Pack	UID Controls	Initial Buildup	Curb Length
									mm	mm				Tdry (hari)	Curve Number					
SUB DAS ATAS																				
S1	Hujan1	N1	96.4811	940.4027	0.3906	45.1691	0.0211	0.0256	0.0000	3.7262	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	93.1662	NO	-	0	NONE	0
S2	Hujan1	N2	9.9969	236.6724	0.1165	50.6728	0.0268	0.0261	0.0000	4.2777	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.2334	NO	-	0	NONE	0
S3	Hujan1	N3	87.1438	754.8168	0.0582	49.6193	0.0261	0.0265	0.0000	4.2754	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.2372	NO	-	0	NONE	0
S4	Hujan1	N5	2.5603	122.6185	0.3400	51.0000	0.0281	0.0270	0.0000	4.4174	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.0000	NO	-	0	NONE	0
S5	Hujan1	N6	8.2272	198.8248	0.2400	47.0450	0.0237	0.0267	0.0000	4.0016	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.6979	NO	-	0	NONE	0
S6	Hujan1	N7	16.1113	265.2305	0.1201	48.5039	0.0232	0.0246	0.0000	3.9236	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.8301	NO	-	0	NONE	0
S7	Hujan1	N8	12.6350	161.6706	0.3800	52.2885	0.0243	0.0222	0.0000	3.9573	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.7731	NO	-	0	NONE	0
S8	Hujan1	N11	17.9237	237.4025	0.0184	51.4439	0.0251	0.0237	0.0000	4.1305	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.4805	NO	-	0	NONE	0
S9	Hujan1	N12	39.7799	509.2933	0.0075	52.2394	0.0233	0.0213	0.0000	3.8781	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.9074	NO	-	0	NONE	0
S10	Hujan1	N13	23.0030	357.6545	0.0404	52.0251	0.0224	0.0207	0.0000	3.7488	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	93.1277	NO	-	0	NONE	0
S11	Hujan1	N15	30.8736	514.1808	0.0402	50.1374	0.0273	0.0271	0.0000	4.3797	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.0628	NO	-	0	NONE	0
S12	Hujan1	N17	14.4314	347.4329	0.1797	49.9111	0.0276	0.0277	0.0000	4.5166	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	91.8350	NO	-	0	NONE	0
S13	Hujan1	N18	1.8026	60.7919	0.0742	49.0238	0.0274	0.0285	0.0000	4.6556	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	91.6348	NO	-	0	NONE	0
S14	Hujan1	N19	10.7913	278.3529	0.1739	49.4647	0.0242	0.0247	0.0000	4.0444	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.6257	NO	-	0	NONE	0
S15	Hujan1	N21	35.2028	506.0191	0.0671	50.3458	0.0275	0.0271	0.0000	4.4350	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	91.9707	NO	-	0	NONE	0
S16	Hujan1	N22	2.3738	51.6504	0.3396	51.0000	0.0281	0.0270	0.0000	4.4174	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.0000	NO	-	0	NONE	0
S17	Hujan1	N23	10.7721	247.6678	0.1100	50.0955	0.0142	0.0142	0.0000	3.3559	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	93.8032	NO	-	0	NONE	0
S18	Hujan1	N25	26.5742	498.3529	0.0377	53.5313	0.0129	0.0112	0.0000	2.7932	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	94.7881	NO	-	0	NONE	0
S19	Hujan1	N26	6.3449	223.5634	0.3400	29.9810	0.0156	0.0365	0.0000	6.3701	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	88.8576	NO	-	0	NONE	0
SUB DAS BAWAH																				
S20	Hujan1	N1	123.5150	883.3458	0.1791	49.4108	0.0249	0.0255	0.0000	4.1016	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.5291	NO	-	0	NONE	0
S21	Hujan1	N2	4.5822	217.4485	0.2512	50.0281	0.0220	0.0220	0.0000	3.7331	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	93.1544	NO	-	0	NONE	0
S22	Hujan1	N3	2.6304	69.6878	0.4410	50.6625	0.0266	0.0259	0.0000	4.2579	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.2665	NO	-	0	NONE	0
S23	Hujan1	N4	5.6957	148.8175	0.1904	50.9212	0.0277	0.0267	0.0000	4.3801	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.0622	NO	-	0	NONE	0
S24	Hujan1	N6	7.8279	168.5502	0.0830	50.3992	0.0268	0.0264	0.0000	4.2843	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.2222	NO	-	0	NONE	0
S25	Hujan1	N8	8.7844	266.5769	0.7655	50.8673	0.0251	0.0243	0.0000	4.0799	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.5658	NO	-	0	NONE	0
S26	Hujan1	N9	5.6571	187.7256	0.8520	50.5687	0.0186	0.0182	0.0000	3.3355	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	93.8386	NO	-	0	NONE	0
S27	Hujan1	N10	6.6206	205.1601	0.5019	51.0777	0.0272	0.0260	0.0000	4.3126	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.1749	NO	-	0	NONE	0
S28	Hujan1	N13	12.6155	275.1919	0.4337	42.8442	0.0222	0.0296	0.0000	4.6594	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	91.5986	NO	-	0	NONE	0
S29	Hujan1	N14	8.5333	219.0732	0.4196	51.2965	0.0272	0.0258	0.0000	4.3108	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.1779	NO	-	0	NONE	0
S30	Hujan1	N16	13.5642	362.3289	0.2732	50.9946	0.0270	0.0259	0.0000	4.2919	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.2096	NO	-	0	NONE	0
S31	Hujan1	N17	64.4172	499.5233	0.2670	49.7327	0.0195	0.0198	0.0000	3.6148	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	93.3570	NO	-	0	NONE	0
S32	Hujan1	N19	53.5302	743.4193	0.2328	33.4848	0.0120	0.0239	0.0000	2.8127	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	94.7536	NO	-	0	NONE	0
S33	Hujan1	N20	13.3986	141.5296	0.0326	48.8576	0.0260	0.0272	0.0000	4.2937	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.2066	NO	-	0	NONE	0
S34	Hujan1	N24	61.9598	672.1931	0.0419	49.1715	0.0257	0.0266	0.0000	4.3540	100.0000	DUTLET	100.0000	22.0971	92.1058	NO	-	0	NONE	0

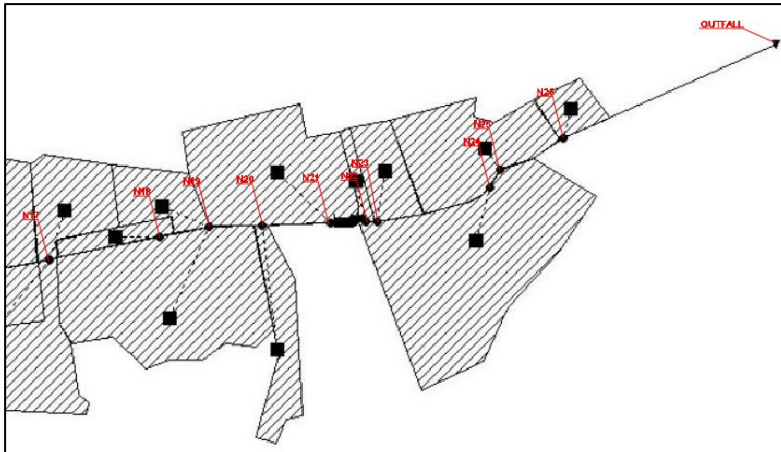
Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.4 *Junction Node Properties*

Node ini merupakan penyambung antar saluran serta dapat memiliki fungsi sebagai penerima aliran *subcatchment* atau yang biasa disebut dengan outlet. Dalam merencanakan node ini berdasarkan *Layout DAS Kalidami*. Untuk mempermudah perencanaan, dalam tugas akhir ni dibuat penamaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.



(a)



(b)

Gambar 4. 10 Penamaan *Junction Node**Sumber:* (Perhitungan, 2019)

Untuk mendefinisikan *junction node* perlu menginput setiap parameter masing-masing *junction node* pada SWMM. Contoh perhitungan dilakukan pada N12.

1) *Inflows*

Parameter ini digunakan ketika terdapat aliran yang menuju node ini selain limpasan air hujan dari *subcatchment* atau *inflow* dari node sebelumnya. Dalam Tugas Akhir ini *junction node* direncanakan tidak menerima aliran selain dari dua hal tersebut. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan sebagai **NO**.

2) *Treatment*

Dalam Tugas Akhir ini tidak meninjau kualitas dari air yang mengalir. Sehingga parameter ini didefinisikan sebagai **NO**.

3) *Invert El.*

Elevasi dari node ini didapatkan dari peta kontur pada Gambar 4.8. Sehingga parameter ini didefinisikan dengan **3,222 m**.

- 4) *Max. Depth*
Kedalaman air maksimum dari node dalam perencanaan ini direncanakan sama dengan kedalaman maksimum dari saluran. Sehingga parameter ini didefinisikan dengan **2 m**.
- 5) *Initial Depth*
Kedalaman air eksisting dari node ini didapatkan dari survey lapangan, yaitu **0,2 m**.
- 6) *Surcharge Depth*
Berdasarkan Tabel 2.16 tinggi jagaan ditentukan berdasarkan besaran debit air dan jenis saluran. Saluran primer Kalidami eksisting memiliki debit maksimum yang lebih dari $15\text{m}^3/\text{dt}$ dan jenis saluran tanah yang dilapisi beton. Oleh karena itu tinggi jagaan pada node ini sebesar **0,5 m**. Hal tersebut selaras dengan saluran primer Kalidami eksisting yang memiliki tinggi jagaan sebesar 0,5 m juga.
- 7) *Ponded Area*
Dalam perencanaan ini tidak ada area yang diperbolehkan tergenang air saat banjir terjadi, sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.

Pada perencanaan ini DAS Kalidami 26 *junction node* berdasarkan *layout* DAS Kalidami. Seluruh parameter *junction node* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Parameter *Junction Node Properties*

Node	Inflows	Treatment	Invert El.	Max. Depth	Initial Depth	Surcharge Depth	Ponded Area
			m	m	m	m	m
N1	NO	NO	4.0072	1.2	0.7	0.5	0
N2	NO	NO	3.9638	1.2	0.7	0.5	0
N3	NO	NO	3.8364	1.2	0.7	0.5	0
N4	NO	NO	3.7793	1.2	0.7	0.5	0
N5	NO	NO	3.7686	1.2	0.7	0.5	0
N6	NO	NO	3.6216	1.2	0.7	0.5	0
N7	NO	NO	3.5531	1.2	0.7	0.5	0
N8	NO	NO	3.4883	1.2	0.7	0.5	0
N9	NO	NO	3.4434	1.2	0.7	0.5	0
N10	NO	NO	3.3892	1.2	0.7	0.5	0
N11	NO	NO	3.3676	1.2	0.7	0.5	0
N12	NO	NO	3.2220	1.2	0.7	0.5	0
N13	NO	NO	3.0209	1.2	0.7	0.5	0
N14	NO	NO	2.8736	1.2	0.7	0.5	0
N15	NO	NO	2.7642	1.2	0.7	0.5	0
N16	NO	NO	2.7490	1.2	0.7	0.5	0
N17	NO	NO	2.5672	1.2	0.7	0.5	0
N18	NO	NO	2.2846	1.2	0.7	0.5	0
N19	NO	NO	1.8303	1.2	0.7	0.5	0
N20	NO	NO	1.6950	1.2	0.7	0.5	0
N21	NO	NO	1.5370	1.2	0.7	0.5	0
N22	NO	NO	1.4448	1.2	0.7	0.5	0
N23	NO	NO	1.4146	1.2	0.7	0.5	0
N24	NO	NO	1.1163	1.2	0.7	0.5	0
N25	NO	NO	1.0563	1.2	0.7	0.5	0
N26	NO	NO	0.9054	1.2	0.7	0.5	0

Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.5 *Outfall Node Properties*

Node ini merupakan titik akhir dari sistem drainase. Dalam merencanakan node ini berdasarkan *Layout* DAS Kalidami. Untuk mempermudah perencanaan, dalam tugas akhir ni dibuat penamaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Untuk mendefinisikan *outfall node* perlu menginput setiap parameternya. Perhitungan parameter *outfal node* adalah sebagai berikut:

- 1) *Inflows*
Parameter ini digunakan ketika terdapat aliran menuju node ini selain limpasan air hujan dari *subcatchment* atau *inflow* dari node sebelumnya. Dalam Tugas Akhir ini *outfall node* direncanakan tidak menerima aliran selain dari dua hal tersebut. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan sebagai **NO**.
- 2) *Treatment*
Dalam Tugas Akhir ini tidak meninjau kualitas dari air yang mengalir. Sehingga parameter ini didefinisikan sebagai **NO**.
- 3) *Invert El.*
Elevasi dari node ini didapatkan dari peta kontur pada Gambar 4.8. Sehingga parameter ini didefinisikan dengan **-0.4012 m**.
- 4) *Tide Gate*
Dalam Tugas Akhir ini terdapat dua justifikasi. Pada *flow routing* pertama parameter ini didefinisikan dengan **NO** karena tidak ada pintu air eksisting yang menahan jika terjadi *backwater* akibat pasang air laut.
- 5) *Route To*
Dalam Tugas Akhir ini *outfall node* mengalirkan air langsung ke laut, sehingga parameter ini **dikosongkan**.
- 6) *Type*
Dalam Tugas Akhir ini terdapat dua justifikasi. Pada *flow routing* pertama parameter ini didefinisikan dengan **NORMAL**, karena air dapat mengalir dengan bebas.

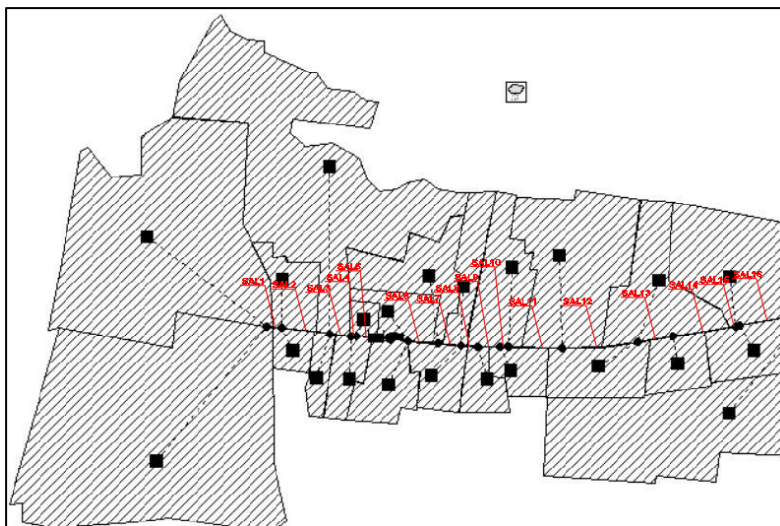
Parameter-parameter yang diinput untuk mendefinisikan *outfall node* dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Outfall Outfall	
Property	Value
Name	Outfall
X-Coordinate	13199.402
Y-Coordinate	6883.936
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	-0.4012
Tide Gate	NO
Route To	
Type	NORMAL

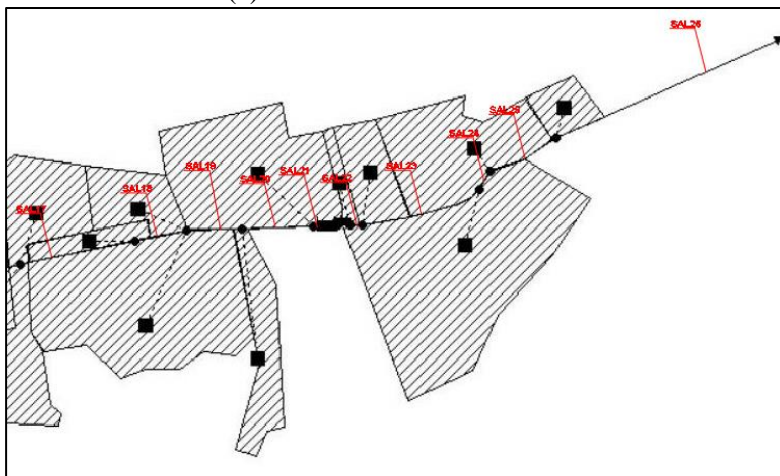
Gambar 4. 11 Parameter *Outfall Properties*
 Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.6 *Conduit Properties*

Saluran merupakan sistem yang membawa limpasan air hujan yang diterima oleh *subcatchment* menuju ke *outfall*. Dalam merencanakan saluran ini berdasarkan *Layout DAS Kalidami*. Untuk mempermudah perencanaan, dalam tugas akhir ini dibuat penamaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.



(a) Penamaan Conduit Parsial 1



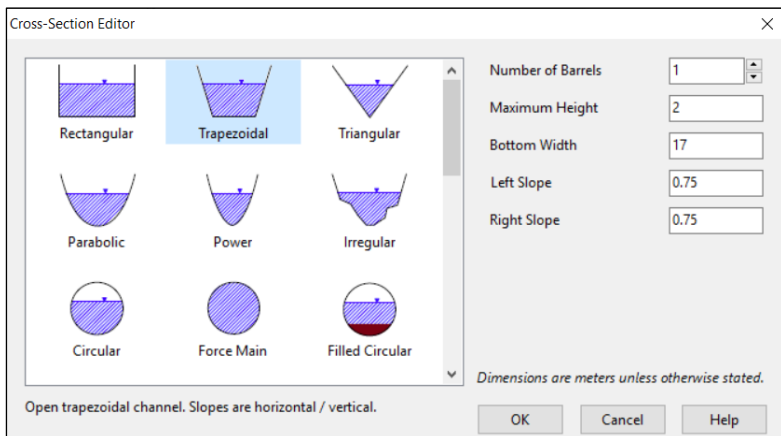
(b) Penamaan Conduit Parsial 2

Gambar 4. 12 Penamaan Conduit

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Untuk mendefinisikan *conduit* perlu menginput setiap parameter masing-masing *conduit* pada SWMM. Contoh perhitungan dilakukan pada Sal12.

- 1) *Inlet Node*
Saluran ini diawali pada node **N12**.
- 2) *Outlet Node*
Saluran ini diakhiri pada node **N13**.
- 3) *Shape*
Bentuk potongan melintang saluran ini sesuai dengan data sistem drainase eksisting, dimana hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 *Cross Section Editor S12*

Sumber: (Perhitungan, 2019)

- 4) *Max. Depth*
Parameter ini sama dengan *Maximum Height* yang terdapat pada *Cross Section Editor*.
- 5) *Length*
Panjang saluran didapatkan dari *Layout DAS Kalidami*, dimana saluran ini memiliki panjang sebesar **390,6659 m**.

- 6) *Roughness*
Saluran primer Kalidami merupakan tipe saluran *gravel* pada bagian dasar dengan sisi samping beton. Berdasarkan Tabel 2.10 saluran primer Kalidami masuk dalam kategori *Lined or Constructed Channels (5) – Gravel bottom with sides of (e) – formed concrete (1)*, sehingga memiliki koefisien manning sebesar **0,02**.
- 7) *Inlet Offset*
Saluran ini tidak memiliki panjang tambahan pada *inlet node*, sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.
- 8) *Outlet Offset*
Saluran ini tidak memiliki panjang tambahan pada *outlet node*, sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.
- 9) *Initial Flow*
Debit eksisting pada saluran didapatkan dengan:
 - Menghitung beda ketinggian bagian hulu dan bagian hilir (ΔH) dengan cara survey lapangan.
 - ΔH dibagi dengan panjang saluran, sehingga didapatkan kemiringan air eksisting pada saluran tersebut.
 - Input kemiringan pada persamaan manning untuk debit saluran terbuka dengan bentuk geometris yang sama dengan perhitungan sebelumnya.
 Sehingga debit eksisting saluran sebesar **13,24 m³/s**.
- 10) *Maximum Flow*
Debit maksimal yang mampu ditampung saluran didapatkan dengan input bentuk geometris saluran ke dalam persamaan manning. Sehingga debit maksimal saluran adalah **59,37 m³/s**.
- 11) *Entry Loss Coef.*
Parameter ini digunakan untuk menghitung kehilangan energi minor pada saluran. Dalam Tugas Akhir ini kehilangan energi minor menjadi permasalahan yang dibatasi. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.
- 12) *Exit Loss Coef.*
Parameter ini digunakan untuk menghitung kehilangan energi minor pada saluran. Dalam Tugas Akhir ini kehilangan energi

minor menjadi permasalahan yang dibatasi. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.

13) *Avg. Loss Coef.*

Parameter ini digunakan untuk menghitung kehilangan energi minor pada saluran. Dalam Tugas Akhir ini kehilangan energi minor menjadi permasalahan yang dibatasi. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.

14) *Flap Gate*

Pada Tugas Akhir ini direncanakan seluruh saluran tidak memiliki pintu air, sehingga parameter ini dapat didefinisikan

15) *Culvert Code*

Parameter ini digunakan untuk menghitung kehilangan energi minor pada saluran. Dalam Tugas Akhir ini kehilangan energi minor menjadi permasalahan yang dibatasi. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.

Pada perencanaan ini DAS Kalidami memiliki 26 *conduit* berdasarkan *layout* DAS Kalidami. Seluruh parameter *conduit* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

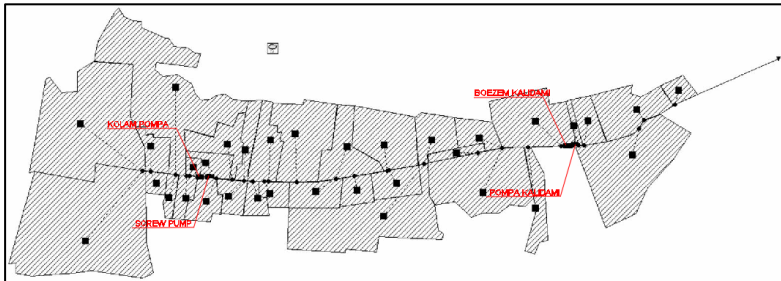
Tabel 4. 13 Parameter *Conduit*

Nama Saluran	Shape	H	B	Z	Length	Roughness	Initial Flow	Maximum Flow
		(m)	(m)	-	(m)		(m ³ /s)	(m ³ /s)
Sal1	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	84.2958	0.0200	25.09	52.28
Sal2	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	247.4359	0.0200	14.65	52.28
Sal3	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	110.7540	0.0200	21.89	52.28
Sal4	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	20.8116	0.0200	50.50	52.28
Sal5	Trapezoidal	2.00	16.00	0.75	285.4198	0.0200	14.56	55.83
Sal6	Trapezoidal	2.00	16.00	0.75	133.1130	0.0200	21.32	55.83
Sal7	Trapezoidal	2.00	16.00	0.75	125.8912	0.0200	21.92	55.83
Sal8	Trapezoidal	2.00	16.00	0.75	87.0940	0.0200	26.36	55.83
Sal9	Trapezoidal	2.00	16.00	0.75	105.2038	0.0200	23.98	55.83
Sal10	Trapezoidal	2.00	17.00	0.75	41.9808	0.0200	40.38	59.37
Sal11	Trapezoidal	2.00	17.00	0.75	282.6530	0.0200	15.56	59.37
Sal12	Trapezoidal	2.00	17.00	0.75	390.6659	0.0200	13.24	59.37
Sal13	Trapezoidal	2.00	20.00	0.75	285.9475	0.0200	18.25	70.04
Sal14	Trapezoidal	2.00	20.00	0.75	212.4471	0.0200	21.18	70.04
Sal15	Trapezoidal	2.00	20.00	0.75	29.5583	0.0200	56.77	70.04
Sal16	Trapezoidal	2.00	20.00	0.75	352.9560	0.0200	16.43	70.04
Sal17	Trapezoidal	2.00	23.00	0.75	548.8876	0.0200	15.19	80.74
Sal18	Trapezoidal	2.00	23.00	0.75	882.1328	0.0200	11.98	80.74
Sal19	Trapezoidal	2.00	23.00	0.75	262.6259	0.0200	21.95	80.74
Sal20	Trapezoidal	2.00	23.00	0.75	306.9215	0.0200	20.31	80.74
Sal21	Trapezoidal	2.00	26.00	0.75	178.9794	0.0200	30.13	91.46
Sal22	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	58.7028	0.0200	30.07	52.28
Sal23	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	579.2612	0.0200	9.57	52.28
Sal24	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	116.3844	0.0200	21.36	52.28
Sal25	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	293.0857	0.0200	13.46	52.28
Sal26	Trapezoidal	2.00	15.00	0.75	758.1659	0.0200	5.49	34.95

Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.7 *Storage Unit Properties*

Kolam tampung merupakan sebuah fasilitas drainase dengan fungsi untuk menampung limpasan air hujan yang dibawa oleh saluran. Dalam merencanakan kolam tampung didasari *Layout* DAS Kalidami. Untuk mempermudah perencanaan, dalam tugas akhir ini dibuat penamaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.14.

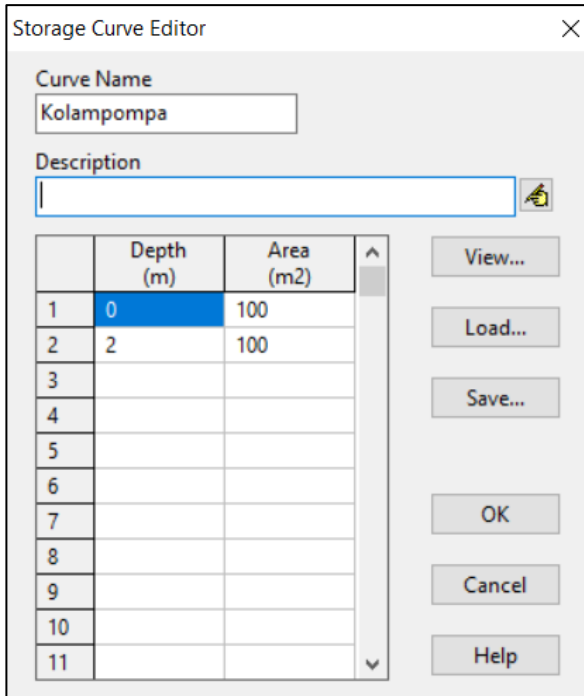


Gambar 4. 14 Penamaan *Storage Unit* dan *Pump*
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Untuk mendefinisikan *storage unit* perlu menginput setiap parameter masing-masing *storage unit* pada SWMM. Contoh perhitungan dilakukan pada *storage unit* Barat.

- 1) *Inflows*
 Parameter ini digunakan ketika terdapat aliran yang menuju node ini selain limpasan air hujan dari *subcatchment* atau *inflow* dari node sebelumnya. Dalam Tugas Akhir ini *storage unit* direncanakan tidak menerima aliran selain dari dua hal tersebut. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan sebagai **NO**.
- 2) *Treatment*
 Dalam Tugas Akhir ini tidak meninjau kualitas dari air yang mengalir. Sehingga parameter ini didefinisikan sebagai **NO**.
- 3) *Invert El.*
 Elevasi dari node ini didapatkan dari peta kontur pada Gambar 4.8. Sehingga parameter ini didefinisikan dengan **3,6951 m**.

- 4) *Max. Depth*
Kedalaman air maksimum dari node dalam perencanaan ini direncanakan sama dengan kedalaman maksimum dari saluran. Sehingga parameter ini didefinisikan dengan **2 m**.
- 5) *Initial Depth*
Kedalaman air eksisting dari node ini didapatkan dari survey lapangan, yaitu **0,2 m**.
- 6) *Surcharge. Depth*
Berdasarkan Tabel 2.16 tinggi jagaan ditentukan berdasarkan besaran debit air dan jenis saluran. Saluran primer Kalidami eksisting memiliki debit maksimum yang lebih dari $15\text{m}^3/\text{dt}$ dan jenis saluran tanah yang dilapisi beton. Oleh karena itu tinggi jagaan pada node ini sebesar **0,5 m**. Hal tersebut selaras dengan saluran primer Kalidami eksisting yang memiliki tinggi jagaan sebesar 0,5 m juga.
- 7) *Evap. Factor*
Parameter ini digunakan untuk menghitung kehilangan limpasan air hujan akibat evaporasi. Dalam Tugas Akhir ini kehilangan air akibat evaporasi menjadi permasalahan yang dibatasi. Sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **0**.
- 8) *Seepage Loss*
Parameter ini digunakan untuk menghitung kehilangan air yang meresap ke dalam tanah pada kolam tampung. Pada perencanaan ini diasumsikan tidak ada air yang meresap ke dalam tanah pada kolam tampung untuk meningkatkan volume limpasan air hujan, sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **NO**.
- 9) *Storage Curve*
Kurva ini digunakan untuk menentukan potongan melintang pada kolam tampung. Kolam tampung eksisting memiliki bentuk geometris persegi. Parameter ini diinput dalam mode **TABULAR**, dimana luas kolam tampung didapatkan dari survey lapangan. Tabel untuk mendeskripsikan kurva diinput terpisah yang dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 *Storage Curve Editor*

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Pada perencanaan ini DAS Kalidami memiliki 2 kolam tampung berdasarkan *layout* DAS Kalidami. Seluruh parameter *Storage Unit* dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 *Storage Curve Editor*

Kolam Pompa		Boezem Kalidami	
Depth (m)	Area (m ²)	Depth (m)	Area (m ²)
0	100	0	20.000
2	100	2	20.000

Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.8 *Pumps Properties*

Pompa digunakan untuk membawa air ke elevasi yang lebih tinggi ataupun mempercepat laju aliran dalam sebuah sistem drainase. Dalam merencanakan pompa ini berdasarkan *Layout* DAS Kalidami. Untuk mempermudah perencanaan, dalam tugas akhir ini dibuat penamaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.14.

Untuk mendefinisikan *pump* perlu menginput setiap parameter masing-masing *pump* pada SWMM. Contoh perhitungan dilakukan pada *screw pump*.

1) *Inlet Node*

Pompa ini berawal diawali pada node **Kolampompa**.

2) *Outlet Node*

Pompa ini berawal diakhiri pada node **N6**.

3) *Pump Curve*

Kurva ini digunakan untuk mendefinisikan jenis serta pengoperasian pompa. Berdasarkan survey lapangan rumah pompa eksisting memiliki 5 unit pompa (3 unit x 1 m³/s + 2 unit x 3 m³/s) dengan pengoperasian yang tidak terjadwal selama elevasi muka air diatas 0,5 m. Dalam menentukan parameter ini, pompa dinyalakan seluruhnya untuk mendapatkan kemampuan optimum rumah pompa. Kurva ini dapat dilihat pada Gambar 4.16.

Pump Curve Editor

Curve Name:

Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
1	0	0
2	0.1	0
3	0.2	0
4	0.3	0
5	0.4	0
6	0.5	9
7	0.6	9
8	0.7	9
9	0.8	9
10	0.9	9
11	1	9

View... Load... Save... OK Cancel Help

(a) Kurva Pompa Elevasi 0 – 1 m

Pump Curve Editor

Curve Name:

Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
11	1	9
12	1.1	9
13	1.2	9
14	1.3	9
15	1.4	9
16	1.5	9
17	1.6	9
18	1.7	9
19	1.8	9
20	1.9	9
21	2	9

View... Load... Save... OK Cancel Help

(b) Kurva Pompa Elevasi 1 – 2 m

Gambar 4. 16 Pump Curve Editor Screw pump
 Sumber: (Perhitungan, 2019)

4) *Initial Status*

Pada saat simulasi dimulai, pompa diasumsikan mati, sehingga parameter ini dapat didefinisikan dengan **OFF**.

5) *Startup Depth*

Pompa dinyalakan ketika kedalaman air pada inlet **0,5 m**.

6) *Shutoff Depth*

Pompa dimatikan ketika kedalaman air pada inlet **0,3m**.

Pada perencanaan ini DAS Kalidami memiliki 2 rumah pompa berdasarkan *layout* DAS Kalidami. Seluruh parameter *Pump* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Parameter *Pump*

Screw Pump					
Inlet Node	Outlet Node	Pump Curve	Initial Status	Startup Depth (m)	Shutoff Depth (m)
Storage Barat	N6	Pbarat	OFF	0.5	0.3

(a)

Pompa Kalidami					
Inlet Node	Outlet Node	Pump Curve	Initial Status	Startup Depth (m)	Shutoff Depth (m)
StorageTimur	N22	Ptimur	OFF	0.5	0.3

(b)

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Rumah Pompa kalidami memiliki 7 unit pompa, masing-masingnya memiliki kapasitas $3 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan pengoperasian yang tidak terjadwal. Dalam menentukan parameter ini, pompa dinyalakan seluruhnya untuk mendapatkan kemampuan optimum rumah pompa. Kurva untuk rumah pompa kalidami dapat dilihat pada Gambar 4.17.

Pump Curve Editor

Curve Name: Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
1	0	0
2	0.1	21
3	0.2	21
4	0.3	21
5	0.4	21
6	0.5	21
7	0.6	21
8	0.7	21
9	0.8	21
10	0.9	21
11	1	21

View... Load... Save... OK Cancel Help

(a) Kurva Pompa Elevasi 0 – 1 m

Pump Curve Editor

Curve Name: Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
11	1	21
12	1.1	21
13	1.2	21
14	1.3	21
15	1.4	21
16	1.5	21
17	1.6	21
18	1.7	21
19	1.8	21
20	1.9	21
21	2	21

View... Load... Save... OK Cancel Help

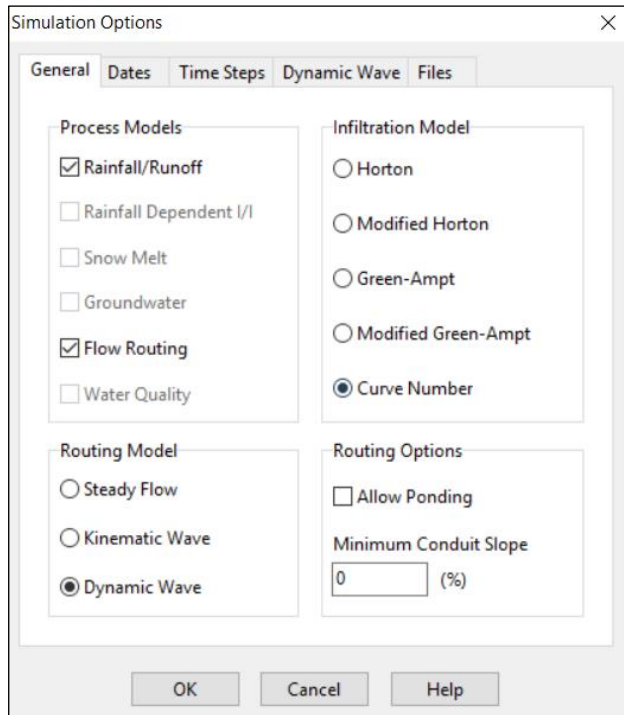
(b) Kurva Pompa Elevasi 1 – 2 m

Gambar 4. 17 *Pump Curve Editor* Pompa kalidami

Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.9 Flow Routing Awal

Flow Routing pada perencanaan ini dilakukan untuk mengecek sistem drainase Kalidami eksisting dengan tinggi hujan periode ulang 20 taun yaitu sebesar 124,555 mm. Metode yang digunakan adalah *Dynamic Wave Analysis* dengan pengaturan *Default* yang direkomendasikan oleh program bantu SWMM untuk mengurangi *flow routing continuity error*. pengaturan dari *routing* simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.18.



(a) Pengaturan bagian *General*

Simulation Options

General Dates Time Steps Dynamic Wave Files

	Date (M/D/Y)	Time (H:M)
Start Analysis on	12/04/2019	00:00
Start Reporting on	12/04/2019	00:00
End Analysis on	12/04/2019	10:00
Start Sweeping on	01/01	
End Sweeping on	12/31	
Antecedent Dry Days	0	

OK Cancel Help

(b) Pengaturan bagian *Dates*

Simulation Options

General Dates Time Steps Dynamic Wave Files

	Days	Hr:Min:Sec
Reporting Step	0	00:10:00
Runoff Step: Dry Weather	0	01:00:00
Runoff Step: Wet Weather	0	00:05:00
Control Rule Step		00:00:00
Routing Step (seconds)	60	

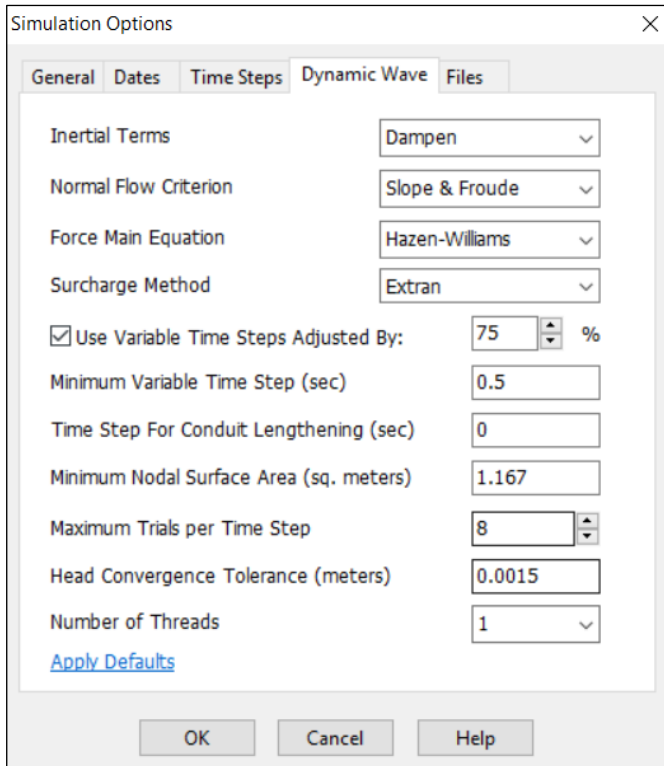
Steady Flow Periods

Skip Steady Flow Periods

System Flow Tolerance (%)	5
Lateral Flow Tolerance (%)	5

OK Cancel Help

(c) Pengaturan bagian *Time Steps*



(d) Pengaturan bagian *Dynamic Wave*

Gambar 4. 18 *Simulation Option Flow Routing*

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Hasil dari *Flow Routing* dengan data sistem drainase (saluran, pompa, dan kolam tampung) primer Kalidami masih terjadi banjir dengan volume sebesar $102.238 \times 10^3 \text{ m}^3$. Pada setiap node yang ditinjau masih terdapat node yang elevasi muka airnya mencapai tinggi jagaan (*node surcharge*). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Tabel 4.16 – 4.17.

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	83.854	99.076
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	7.748	9.154
Surface Runoff	72.097	85.185
Final Storage	4.087	4.829
Continuity Error (%)	-0.092	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10 ⁶ ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	72.063	720.638
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	61.202	612.025
Flooding Loss	10.224	102.238
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	11.322	113.217
Final Stored Volume	3.717	37.175
Continuity Error (%)	9.884	

Gambar 4. 19 Status Report Flow Routing Awal
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 16 Node Surcharge Flow Routing Awal

Topic: Node Surcharge <input type="text"/> Click a column header to sort the column.				
Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
N1	JUNCTION	3.38	0.500	0.000
N19	JUNCTION	2.34	0.171	0.000
N2	JUNCTION	3.41	0.500	0.000
N20	JUNCTION	2.93	0.295	0.000
N21	JUNCTION	3.50	0.439	0.000
N3	JUNCTION	3.53	0.500	0.000
N4	JUNCTION	3.60	0.500	0.000
N5	JUNCTION	3.61	0.500	0.000
Kolampompa	STORAGE	3.69	0.500	0.000
Boezemkalidami	STORAGE	3.72	0.500	0.000

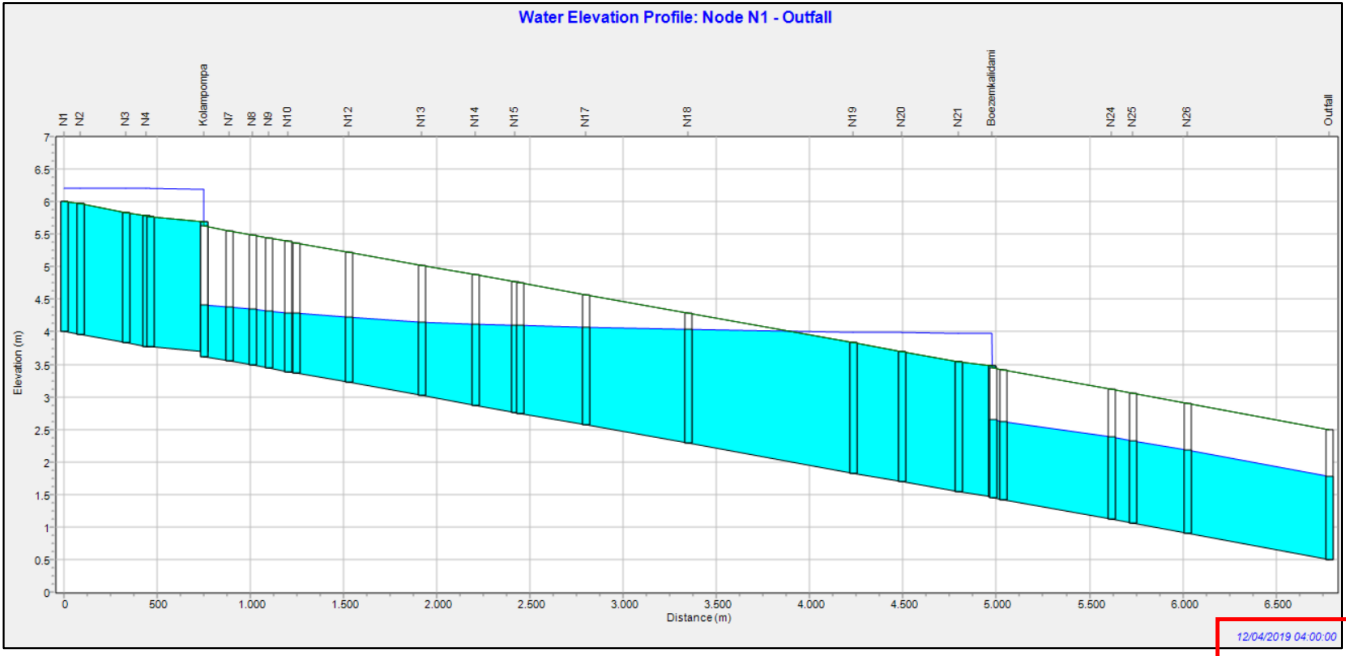
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 17 *Node Flooding Flow Routing Awal*

Topic: Node Flooding Click a column header to sort the column.						
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Poneded Depth Meters
N1	0.03	13.214	0	01:49	0.655	0.500
N2	0.04	10.080	0	01:49	0.510	0.500
N3	0.04	11.357	0	01:48	0.268	0.500
N4	0.04	2.334	0	01:48	0.207	0.500
N5	0.16	10.937	0	01:52	2.707	0.500
Kolampompa	3.26	27.551	0	02:00	92.648	0.500
Boezemkalidami	1.02	2.757	0	04:07	5.244	0.500

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Berdasarkan hasil *flow routing Awal* perlu dilakukan evaluasi sistem drainase primer Kalidami, sehingga pada perencanaan kolam tampung serta pompa hilir memiliki *inflow* yang tepat. Sistem drainase Kalidami yaitu pompa, kolam tampung, dan saluran primer Kalidami telah berfungsi dengan maksimal. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan ulang sistem drainase Kalidami berupa penambahan kapasitas pompa ataupun penambahan debit tampungan saluran serta kolam tampung. Elevasi muka air tampak memanjang saluran Kalidami dapat dilihat pada Gambar 4.20.



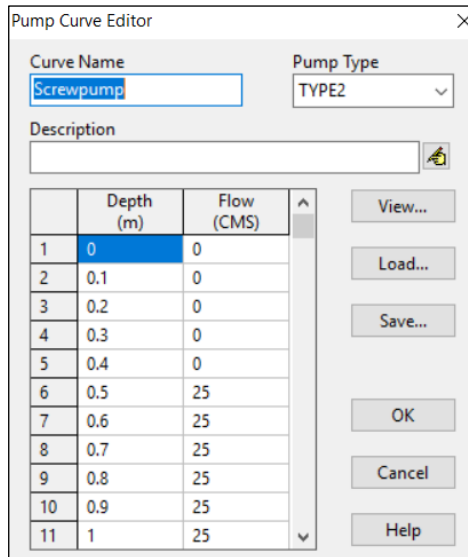
Gambar 4. 20 Water Elevation Profile Flow Routing Awal
Sumber: (Perhitungan, 2019)

12/04/2019 04:00:00

4.10 Flow Routing Evaluasi I

Flow Routing ini memiliki tujuan untuk mengecek sistem drainase pada Node N1 sampai dengan node Kolam Pompa tidak mengalami banjir setelah direncanakan ulang. Metode yang digunakan adalah *Dynamic Wave Analysis* dengan pengaturan *Default* yang direkomendasikan oleh program bantu SWMM untuk mengurangi *flow routing continuity error*. Pengaturan dari *routing* simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Perencanaan ulang sistem drainase Kalidami eksisting dilakukan pada penambahan kapasitas *screw pump* dan pompa kalidami tanpa memperbesar geometris saluran dan kolam tampung eksisting pada node N1 sampai node Kolam pompa. *Screw pump* direncanakan memiliki 5 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas 5 m³/s. *Screw pump* menghasilkan debit *outflow* sebesar 25 m³/s pada elevasi 0,5 – 2 m. Kapasitas serta kurva pengoperasian *screw pump* dapat dilihat pada Gambar 4.21.



	Depth (m)	Flow (CMS)
1	0	0
2	0.1	0
3	0.2	0
4	0.3	0
5	0.4	0
6	0.5	25
7	0.6	25
8	0.7	25
9	0.8	25
10	0.9	25
11	1	25

(a) Kurva Pompa Elevasi 0 – 1 m

Pump Curve Editor

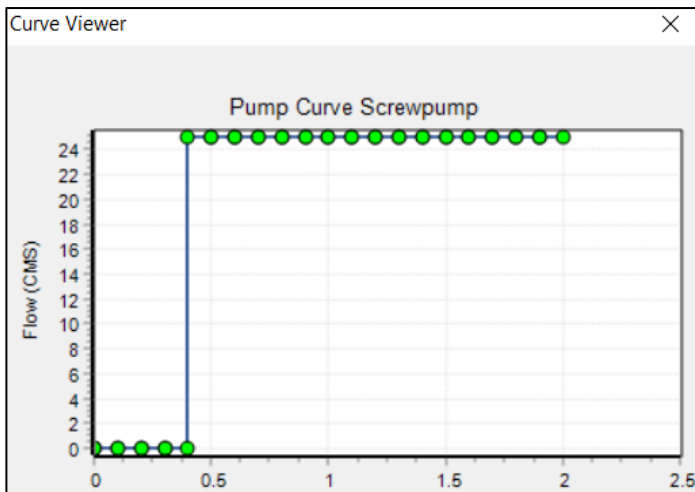
Curve Name: Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
11	1	25
12	1.1	25
13	1.2	25
14	1.3	25
15	1.4	25
16	1.5	25
17	1.6	25
18	1.7	25
19	1.8	25
20	1.9	25
21	2	25

View... Load... Save... OK Cancel Help

(b) Kurva Pompa Elevasi 1 – 2 m



(c) Kurva Pengoperasian Pompa

Gambar 4. 21 *Pump Curve Editor* Perencanaan *Screw pump*
 Sumber: (Perhitungan, 2019)

Dalam merencanakan kurva *screw pump* menggunakan metode *Trial and Error* dengan output node N1 sampai dengan node Kolam pompa tidak mengalami banjir ataupun *node surcharge* (elevasi air pada saluran mencapai titik tinggi jagaan). Hal ini dikarenakan kolam tampung serta *screw pump* direncanakan agar mampu menampung limpasan air hujan dan mengalirkannya ke *junction node* N6 – *Boezem* kalidami (saluran setelah kolam tampung dan *screw pump*). Hasil dari *flow routing* evaluasi I dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan Tabel 4.18 – 4.19.

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	83.854	99.076
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	7.748	9.154
Surface Runoff	72.097	85.185
Final Storage	4.087	4.829
Continuity Error (%)	-0.092	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10 ⁶ ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	72.067	720.682
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	59.496	594.971
Flooding Loss	11.999	119.988
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	11.322	113.217
Final Stored Volume	3.636	36.355
Continuity Error (%)	9.903	

Gambar 4. 22 Status Report Flow Routing Evaluasi I

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 18 *Node Surchage Flow Routing* Evaluasi I

Topic: <input type="text" value="Node Surchage"/> Click a column header to sort the column.				
Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
N19	JUNCTION	3.16	0.500	0.000
N20	JUNCTION	3.43	0.500	0.000
N21	JUNCTION	3.72	0.500	0.000
Timur	STORAGE	3.85	0.500	0.000

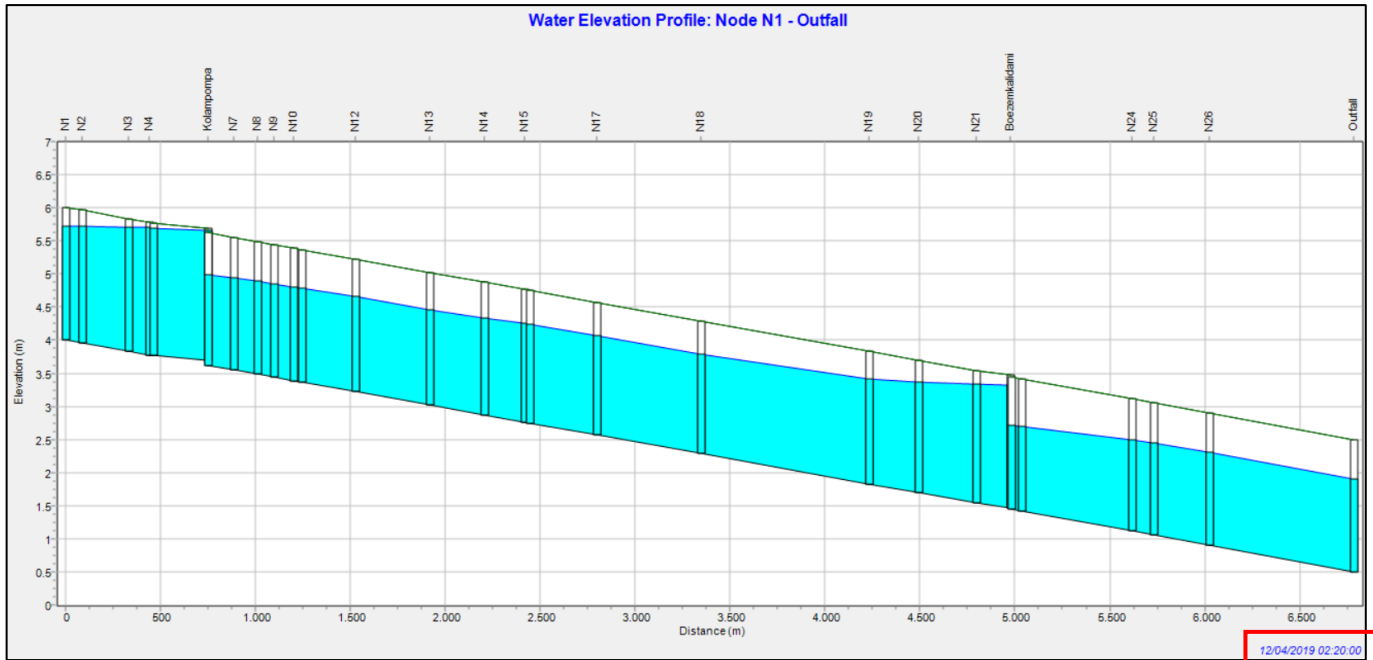
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 19 *Node Flooding Flow Routing* Evaluasi I

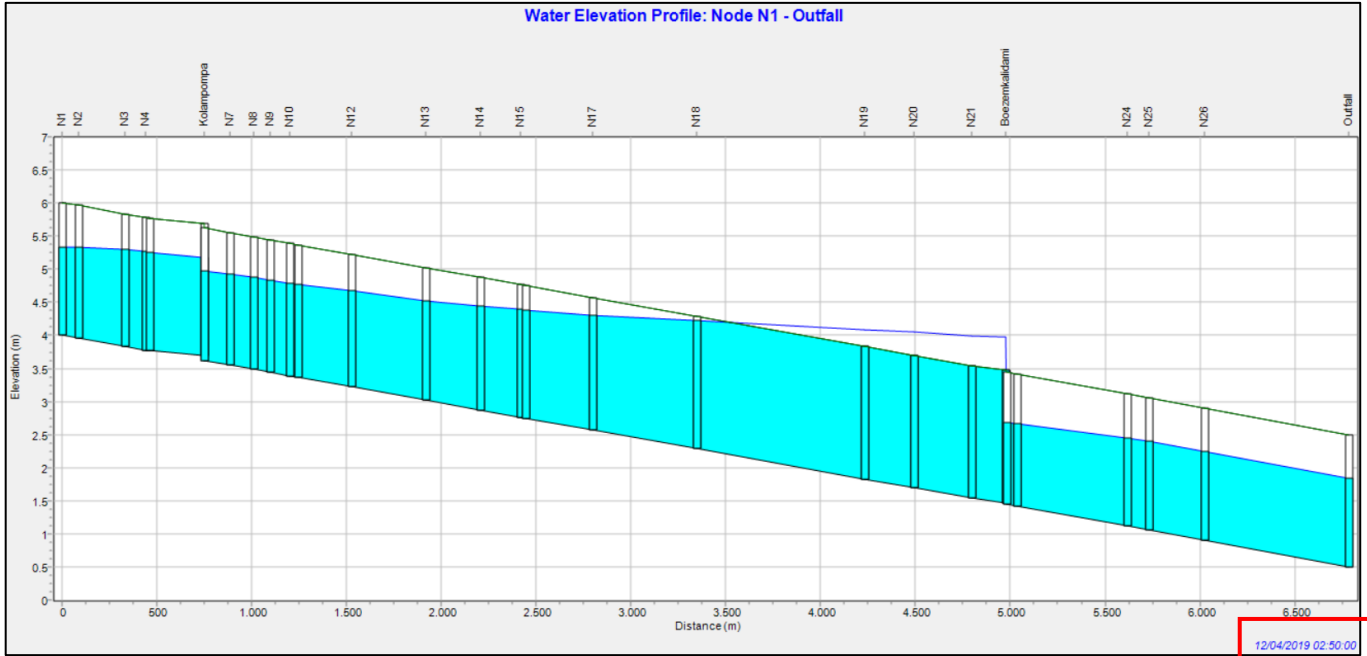
Topic: <input type="text" value="Node Flooding"/> Click a column header to sort the column.						
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Poned Depth Meters
N19	0.01	22.651	0	02:26	0.390	0.500
N20	0.01	21.579	0	02:24	0.325	0.500
N21	0.02	21.985	0	02:23	0.273	0.500
Timur	2.70	27.085	0	02:51	118.988	0.500

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Berdasarkan hasil *flow routing* Evaluasi I limpasan air hujan telah mengalir dari hulu sampai node kolam pompa tanpa adanya banjir. Namun banjir terjadi pada *junction node* N6 – *Boezem* kalidami (saluran setelah kolam tampung dan *screw pump*). Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi sistem drainase primer Kalidami pada bagian tersebut. Sistem drainase Kalidami yaitu pompa, kolam tampung, dan saluran primer Kalidami dari hulu sampai node kolam pompa telah berfungsi dengan maksimal. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan ulang sistem drainase Kalidami berupa penambahan kapasitas pompa. Elevasi muka air tampak memanjang saluran Kalidami setelah *flow routing* evaluasi I saat elevasi muka air tertinggi pada node Kolam pompa dapat dilihat pada Gambar 4.23, sedangkan saat node N6 - node *Boezem* kalidami mengalami banjir dengan volume tertinggi dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4. 23 *Water Elevation Profile Flow Routing* Evaluasi I Kolam pompa Kritis
 Sumber: (Perhitungan, 2019)



Gambar 4. 24 Water Elevastion Profile Flow Routing Evaluasi I Banjir
Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.11 *Flow Routing Evaluasi II*

Flow Routing ini memiliki tujuan untuk mengecek sistem drainase pada Node N6 sampai dengan node *Boezem* kalidami tidak mengalami banjir setelah direncanakan ulang. Metode yang digunakan adalah *Dynamic Wave Analysis* dengan pengaturan *Default* yang direkomendasikan oleh program bantu SWMM untuk mengurangi *flow routing continuity error*. Pengaturan dari *routing* simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Perencanaan ulang sistem drainase Kalidami eksisting dilakukan pada penambahan kapasitas *screw pump* dan pompa kalidami tanpa memperbesar geometris saluran dan kolam tampung eksisting pada node N6 sampai node *Boezem* kalidami. Pompa kalidami direncanakan memiliki 8 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas 5 m³/s. Pompa Kalidami menghasilkan debit *outflow* sebesar 10 m³/s pada elevasi 0,5 m, 20 m³/s pada elevasi 0,6 – 0,7 m, 25 m³/s pada elevasi 0,8 – 0,9 m, 30 m³/s pada elevasi 1 – 1,1 m, 35 m³/s pada elevasi 1,2 – 1,3 m, 40 m³/s pada elevasi 1,4 – 1,5 m, 45 m³/s pada elevasi 1,6 – 2 m. Kapasitas serta kurva pengoperasian *screw pump* dapat dilihat pada Gambar 4.25.

Pump Curve Editor

Curve Name: Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
1	0	0
2	0.1	0
3	0.2	0
4	0.3	0
5	0.4	0
6	0.5	10
7	0.6	20
8	0.7	20
9	0.8	25
10	0.9	25
11	1	30

View... Load... Save... OK Cancel Help

(a) Kurva Pompa Elevasi 0 – 1 m

Pump Curve Editor

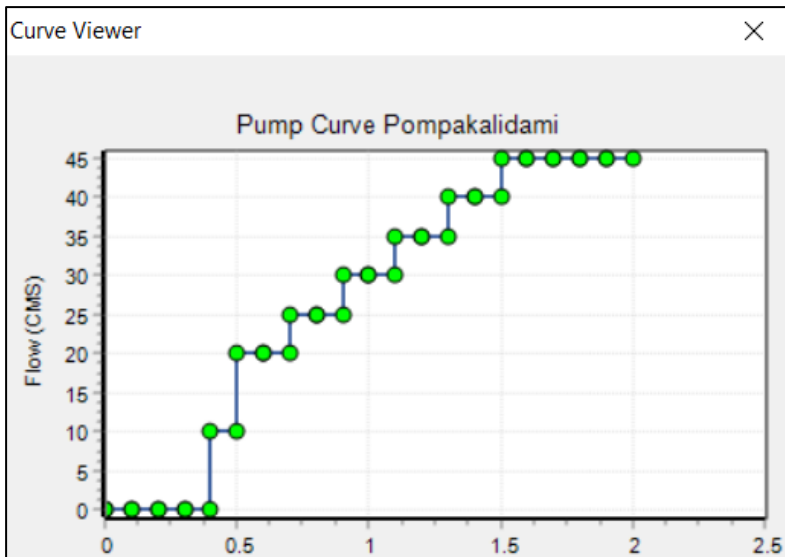
Curve Name: Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
11	1	30
12	1.1	30
13	1.2	35
14	1.3	35
15	1.4	40
16	1.5	40
17	1.6	45
18	1.7	45
19	1.8	45
20	1.9	45
21	2	45

View... Load... Save... OK Cancel Help

(b) Kurva Pompa Elevasi 1 – 2 m



(c) Kurva Pengoperasian Pompa

Gambar 4. 25 *Pump Cuve Editor* Pompa kalidami Rencana
 Sumber: (Perhitungan, 2019)

Dalam merencanakan kurva pompa kalidami menggunakan metode *Trial and Error* dengan output node N6 sampai dengan node *Boezem* kalidami tidak mengalami banjir ataupun *node surcharge* (elevasi air pada saluran mencapai titik tinggi jagaan). Hal ini dikarenakan kolam tampung serta *screw pump* dan timur direncanakan agar mampu menampung limpasan air hujan dan mengalirkannya ke *junction node* N22 – *outfall node* (saluran setelah kolam tampung serta *screw pump* dan timur). Hasil dari *flow routing* evaluasi II dapat dilihat pada Gambar 4.26 dan Tabel 4.20 – 4.21.

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	83.854	99.076
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	7.748	9.154
Surface Runoff	72.097	85.185
Final Storage	4.087	4.829
Continuity Error (%)	-0.092	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	72.067	720.682
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	61.273	612.735
Flooding Loss	10.194	101.942
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	11.322	113.217
Final Stored Volume	3.637	36.370
Continuity Error (%)	9.936	

Gambar 4. 26 Status Report Flow Routing Evaluasi II
 Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 20 Node Surge Flow Routing Evaluasi II

Topic: Node Surge Click a column header to sort the column.				
Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
N22	JUNCTION	2.17	0.500	0.000
N23	JUNCTION	2.18	0.500	0.000
N24	JUNCTION	2.45	0.500	0.000
N25	JUNCTION	2.53	0.500	0.000
N26	JUNCTION	2.70	0.500	0.000

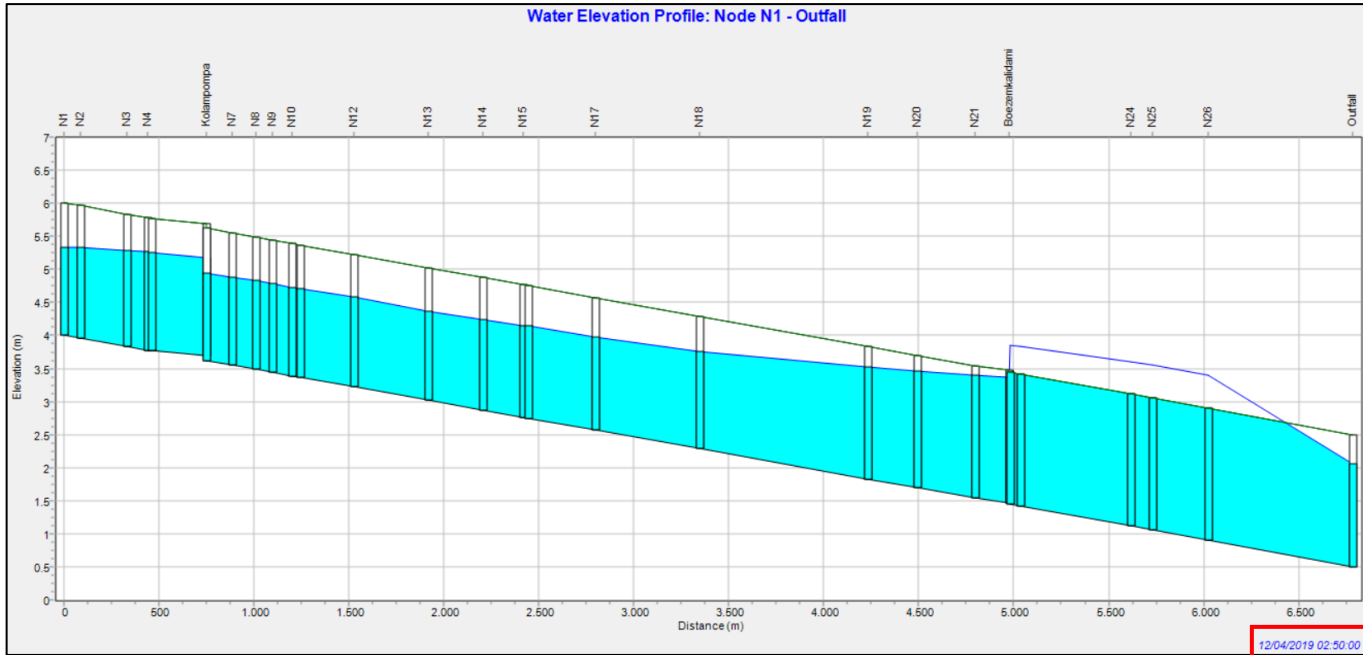
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 21 *Node Flooding Flow Routing* Evaluasi II

Topic: Node Flooding Click a column header to sort the column.						
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ^{^6} ltr	Maximum Poned Depth Meters
N22	0.02	2.840	0	02:26	0.060	0.500
N23	0.08	11.633	0	02:26	1.257	0.500
N24	0.13	13.668	0	02:24	0.814	0.500
N25	0.18	10.334	0	02:24	0.696	0.500
N26	2.23	16.844	0	02:34	99.107	0.500

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Berdasarkan hasil *flow routing* Evaluasi II limpasan air hujan telah mengalir dari hulu sampai node *boezem* kalidami tanpa adanya banjir. Namun banjir terjadi pada *junction node* N22 – *outfall node* (saluran setelah kolam tampung dan *screw pump*). Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi sistem drainase primer Kalidami pada bagian tersebut, sehingga pada perencanaan kolam tampung serta pompa hilir memiliki *inflow* yang tepat. Sistem drainase Kalidami yaitu pompa, kolam tampung, dan saluran primer Kalidami dari hulu sampai node *boezem* kalidami telah berfungsi dengan maksimal. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan ulang sistem drainase Kalidami dengan menambahkan kapasitas pompa serta kolam tampung pada bagian hilir ataupun memperbesar kapasitas tampungan saluran. Elevasi muka air tampak memanjang saluran Kalidami setelah *flow routing* evaluasi II saat elevasi muka air tertinggi pada node *Boezem* kalidami dan saat node N22 – *outfall* mengalami banjir dengan volume tertinggi dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 27 *Water Elevation Profile Flow Routing Evaluasi II*
Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.12 Flow Routing Akhir

Flow Routing ini memiliki tujuan untuk mengecek sistem drainase pada Node N22 sampai dengan node outfall tidak mengalami banjir setelah direncanakan ulang pada saat pintu air di *outfall* ditutup akibat pasang air laut. Metode yang digunakan adalah *Dynamic Wave Analysis* dengan pengaturan *Default* yang direkomendasikan oleh program bantu SWMM untuk mengurangi *flow routing continuity error*. Pengaturan dari *routing* simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Berdasarkan data geometris saluran Kalidami serta survey lapangan ditemukan bahwa saluran setelah node *Boezem* kalidami mengalami penyempitan. Sedangkan menurut rumus manning mengenai debit hidrolika, berkurangnya lebar dasar saluran akan mengurangi kapasitas saluran dalam menampung debit limpasan air. Oleh karena itu perencanaan Node *Boezem* kalidami – Node Outfall meliputi perencanaan Saluran dan *boezem hilir* yang dilengkapi dengan pompa serta pintu air.

Saluran drainase Kalidami eksisting pada Node *Boezem* kalidami – Node Outfall memiliki bentuk geometri trapesium dengan lebar dasar saluran (b) sebesar 15 m, kedalaman air (h) 2 m, serta kemiringan dinding saluran (z) 0.75. Perencanaan ulang pada saluran bagian hilir ini menggunakan metode *Trial and Error* pada program bantu SWMM dengan data perencanaan saluran yang dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Bentuk Geometri Saluran Rencana

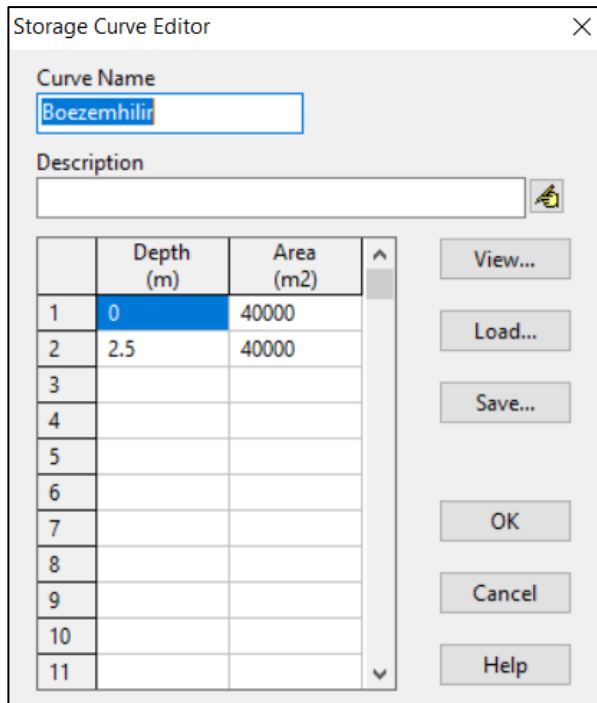
Nama Saluran	Shape	H	B	Z
		(m)	(m)	-
Sal 22	Trapezoidal	2.5	26	0.75
Sal 23	Trapezoidal	2.5	26	0.75
Sal 24	Trapezoidal	2.5	26	0.75
Sal 25	Trapezoidal	2.5	26	0.75
Sal 26	Trapezoidal	2.5	30	0.75

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Kolam tampung atau *boezem* hilir direncanakan memiliki luas permukaan sebesar 40.000 m² dengan kedalaman 2.5 m. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.28– 4.29.

Storage Unit Boezemhilir	
Property	Value
Name	Boezemhilir
X-Coordinate	12557.151
Y-Coordinate	6552.106
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	-0.4012
Max. Depth	2.5
Initial Depth	0.2
Surcharge Depth	0.5
Evap. Factor	0
Seepage Loss	NO
Storage Curve	TABULAR

Gambar 4. 28 Parameter *Storage Unit* Rencana
Sumber: (Perhitungan, 2019)



Gambar 4. 29 *Storage Curve Editor* Rencana
 Sumber: (Perhitungan, 2019)

Pompa hilir direncanakan memiliki 6 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Pompa hilir menghasilkan debit outflow sebesar $10 \text{ m}^3/\text{s}$ pada elevasi $0,5 - 0,7 \text{ m}$, $15 \text{ m}^3/\text{s}$ pada elevasi $0,8 - 1,1 \text{ m}$, $20 \text{ m}^3/\text{s}$ pada elevasi $1,2 - 1,4 \text{ m}$, $25 \text{ m}^3/\text{s}$ pada elevasi $1,5 - 1,7 \text{ m}$, $30 \text{ m}^3/\text{s}$ pada elevasi $1,8 - 2,5 \text{ m}$. Parameter untuk mendefinisikan pompa dalam program bantu SWM dapat dilihat pada Gambar 4.30. Kapasitas serta kurva pengoperasian *screw pump* dapat dilihat pada Gambar 4.31.

Property	Value
Name	Pompahilir
Inlet Node	Boezemhilir
Outlet Node	Outfall
Description	
Tag	
Pump Curve	Pompahilir
Initial Status	OFF
Startup Depth	0.5
Shutoff Depth	0.4

Gambar 4. 30 Parameter *Pump* Rencana
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Pump Curve Editor																																						
Curve Name	Pump Type																																					
Pompahilir	TYPE2																																					
Description																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Depth (m)</th> <th>Flow (CMS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.1</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.2</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.3</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.4</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.5</td><td>10</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.6</td><td>10</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.7</td><td>10</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.8</td><td>15</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.9</td><td>15</td></tr> <tr><td>11</td><td>1</td><td>15</td></tr> </tbody> </table>				Depth (m)	Flow (CMS)	1	0	0	2	0.1	0	3	0.2	0	4	0.3	0	5	0.4	0	6	0.5	10	7	0.6	10	8	0.7	10	9	0.8	15	10	0.9	15	11	1	15
	Depth (m)	Flow (CMS)																																				
1	0	0																																				
2	0.1	0																																				
3	0.2	0																																				
4	0.3	0																																				
5	0.4	0																																				
6	0.5	10																																				
7	0.6	10																																				
8	0.7	10																																				
9	0.8	15																																				
10	0.9	15																																				
11	1	15																																				
View...																																						
Load...																																						
Save...																																						
OK																																						
Cancel																																						
Help																																						

(a) Kurva Pompa Elevasi 0 – 1 m

Pump Curve Editor

Curve Name:

Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
11	1	15
12	1.1	15
13	1.2	20
14	1.3	20
15	1.4	20
16	1.5	25
17	1.6	25
18	1.7	25
19	1.8	30
20	1.9	30
21	2	30

View... Load... Save... OK Cancel Help

(b) Kurva Pompa Elevasi 1 – 2 m

Pump Curve Editor

Curve Name:

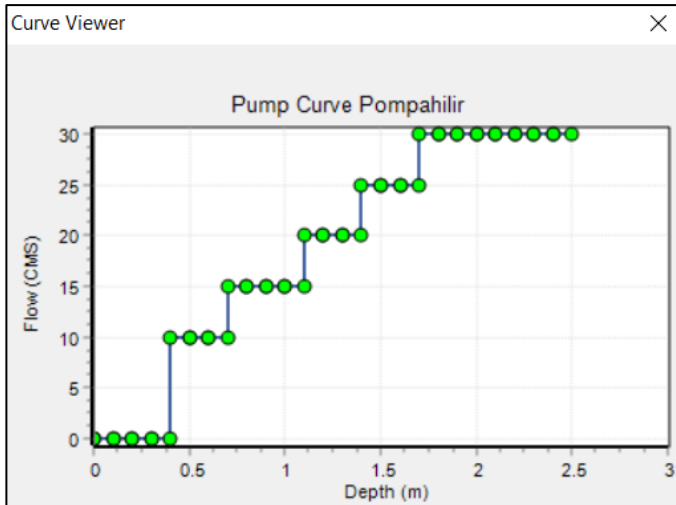
Pump Type: TYPE2

Description:

	Depth (m)	Flow (CMS)
16	1.5	25
17	1.6	25
18	1.7	25
19	1.8	30
20	1.9	30
21	2	30
22	2.1	30
23	2.2	30
24	2.3	30
25	2.4	30
26	2.5	30

View... Load... Save... OK Cancel Help

(c) Kurva Pompa Elevasi 2 – 2.5 m



(d) Kurva Pengoperasian Pompa

Gambar 4. 31 *Pump Curve Editor* Pompa hilir

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Dalam merencanakan kurva pompa hilir menggunakan metode *Trial and Error* dengan output sistem drainase Kalidami tidak mengalami banjir ataupun *node surcharge* (elevasi air pada saluran mencapai titik tinggi jagaan). Hal ini dikarenakan kolam tampung serta *screw pump*, timur, dan rencana direncanakan agar mampu menampung limpasan air hujan saat air pasang laut sedang datang sehingga pintu air harus ditutup dan air mengalir lewat pompa. Hasil dari *flow routing* akhir dapat dilihat pada Gambar 4.32.

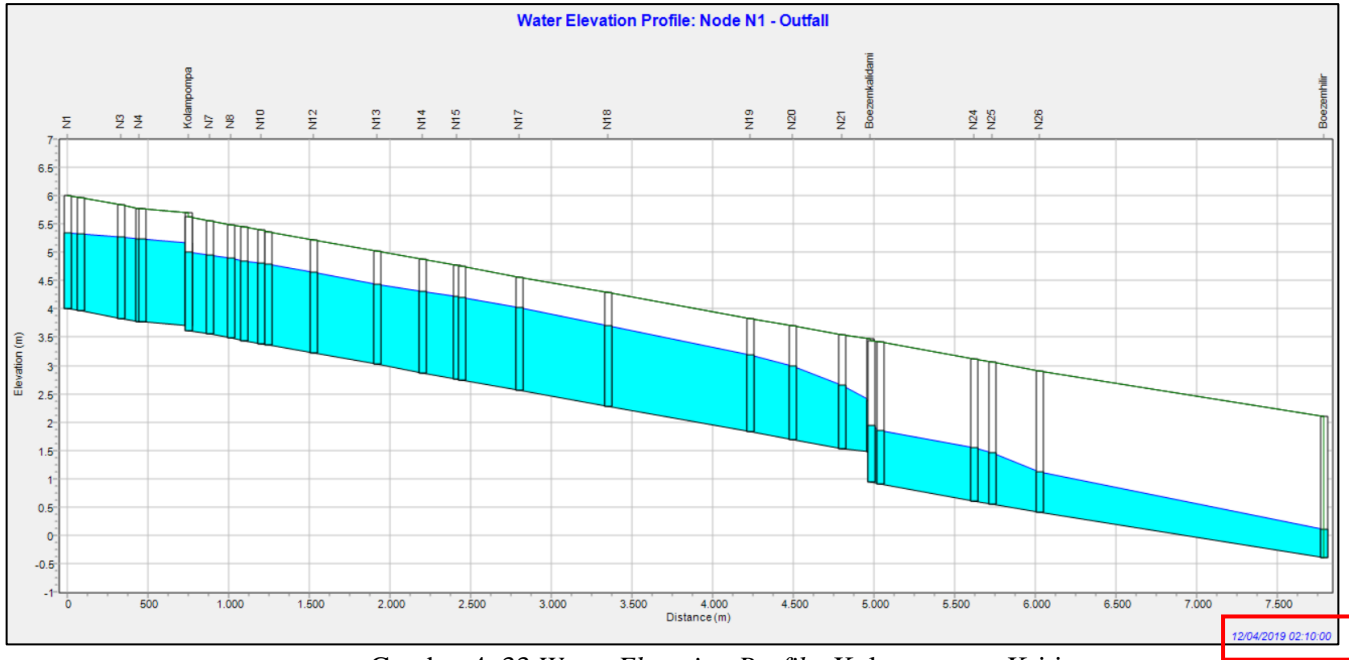
*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	77.973	92.127
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	7.685	9.080
Surface Runoff	66.326	78.366
Final Storage	4.033	4.765
Continuity Error (%)	-0.091	

	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10 ⁶ ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	66.298	662.987
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	64.141	641.422
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	13.786	137.861
Final Stored Volume	7.136	71.362
Continuity Error (%)	10.996	

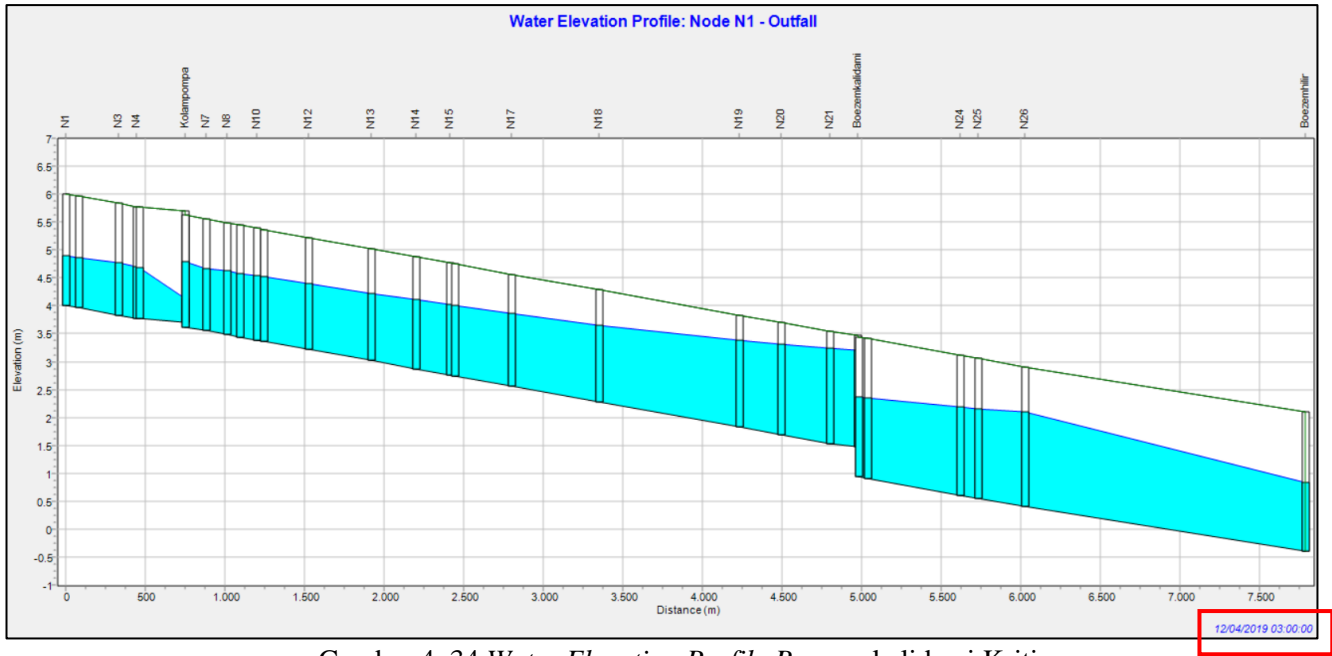
Gambar 4. 32 Status Report Flow Routing Akhir

Sumber: (Perhitungan, 2019)

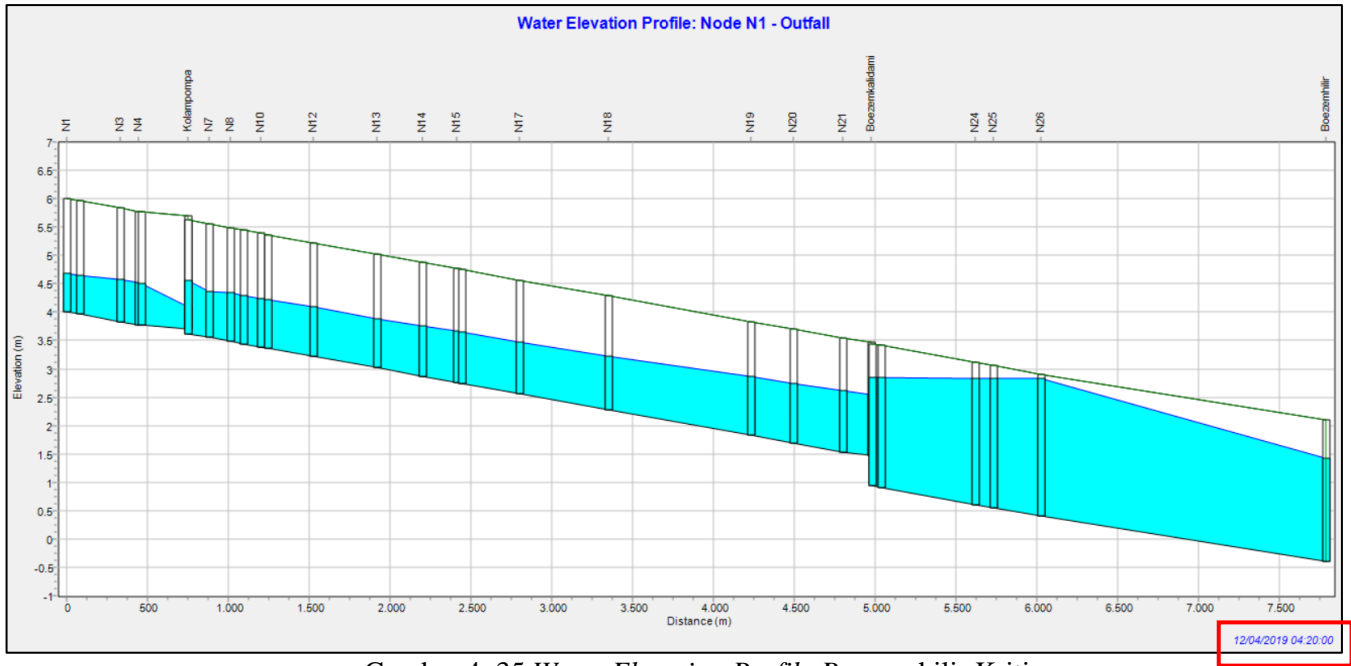
Dalam program bantu SWMM tidak dapat menampilkan tabel *node flooding* dan *node surcharge* bila tidak terjadi banjir ataupun *surcharging* (elevasi muka air memasuki kapasitas jagaan). Berdasarkan hasil *flow routing* akhir limpasan air hujan telah mengalir dari hulu sampai *outfall node* tanpa adanya banjir dengan curah hujan periode ulang 20 tahun sebesar 124,555 mm dan pintu air ditutup. Elevasi muka air tampak memanjang saluran Kalidami setelah *flow routing* akhir saat elevasi muka air tertinggi pada node Kolam pompa dapat dilihat pada Gambar 4.33, sedangkan pada node Storage Timur kritis dapat dilihat pada Gambar 4.34, dan pada node *Boezem* hilir kritis dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4. 33 Water Elevation Profile Kolam pompa Kritis
Sumber: (Perhitungan, 2019)



Gambar 4. 34 *Water Elevation Profile Boezem kalidami Kritis*
Sumber: (Perhitungan, 2019)



Gambar 4. 35 Water Elevation Profile Boezem hilir Kritis
Sumber: (Perhitungan, 2019)

Berdasarkan hasil analisis *flow routing* akhir metode *Dynamic Wave* didapatkan bahwa pada jam ke 2 saat simulasi dimulai atau 1 jam setelah hujan turun dengan tinggi hujan (*precipitation*) sebesar 15,08 mm, debit limpasan air hujan (*runoff*) tertinggi sebesar 88,36 m³/s. Dengan sistem drainase Kalidami rencana **tidak terjadi banjir** di DAS Kalidami. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.23, dan grafik *runoff* dapat dilihat pada Gambar 4.36.

Tabel 4. 23 Output Simulasi pada Sistem Drainase Kalidami

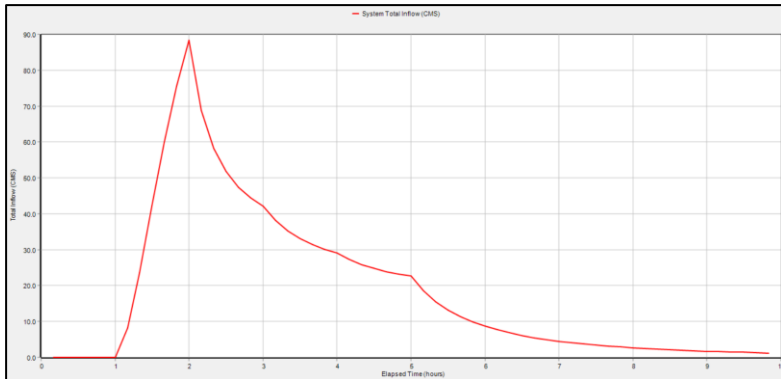
Days	Hours	Precipitation (mm/hr)	Runoff (CMS)	Total Inflow (CMS)	Flooding (CMS)	Outflow (CMS)
0	00:10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	00:20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	00:30:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	00:40:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	00:50:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	01:00:00	58.04	0.00	0.00	0.00	0.00
0	01:10:00	58.04	8.23	8.23	0.00	0.00
0	01:20:00	58.04	23.46	23.46	0.00	0.00
0	01:30:00	58.04	42.05	42.05	0.00	0.00
0	01:40:00	58.04	59.95	59.95	0.00	0.00
0	01:50:00	58.04	75.52	75.52	0.00	0.00
0	02:00:00	15.08	88.36	88.36	0.00	0.00
0	02:10:00	15.08	68.86	68.86	0.00	10.00
0	02:20:00	15.08	58.29	58.29	0.00	10.00
0	02:30:00	15.08	51.75	51.75	0.00	15.00
0	02:40:00	15.08	47.39	47.39	0.00	15.00
0	02:50:00	15.08	44.35	44.35	0.00	15.00
0	03:00:00	10.58	42.16	42.16	0.00	20.00
0	03:10:00	10.58	38.12	38.12	0.00	20.00
0	03:20:00	10.58	35.22	35.22	0.00	25.00
0	03:30:00	10.58	33.07	33.07	0.00	25.00
0	03:40:00	10.58	31.42	31.42	0.00	25.00
0	03:50:00	10.58	30.15	30.15	0.00	30.00
0	04:00:00	8.42	29.14	29.14	0.00	30.00
0	04:10:00	8.42	27.31	27.31	0.00	30.00
0	04:20:00	8.42	25.91	25.91	0.00	30.00
0	04:30:00	8.42	24.81	24.81	0.00	30.00
0	04:40:00	8.42	23.93	23.93	0.00	30.00
0	04:50:00	8.42	23.23	23.23	0.00	30.00

(a) Output Simulasi Jam 00:10:00 – 04:50:00

Days	Hours	Precipitation (mm/hr)	Runoff (CMS)	Total Inflow (CMS)	Flooding (CMS)	Outflow (CMS)
0	04:30:00	8.42	24.81	24.81	0.00	30.00
0	04:40:00	8.42	23.93	23.93	0.00	30.00
0	04:50:00	8.42	23.23	23.23	0.00	30.00
0	05:00:00	0.00	22.66	22.66	0.00	30.00
0	05:10:00	0.00	18.53	18.53	0.00	30.00
0	05:20:00	0.00	15.51	15.51	0.00	30.00
0	05:30:00	0.00	13.19	13.19	0.00	30.00
0	05:40:00	0.00	11.36	11.36	0.00	30.00
0	05:50:00	0.00	9.89	9.89	0.00	30.00
0	06:00:00	0.00	8.68	8.68	0.00	30.00
0	06:10:00	0.00	7.68	7.68	0.00	30.00
0	06:20:00	0.00	6.84	6.84	0.00	30.00
0	06:30:00	0.00	6.12	6.12	0.00	30.00
0	06:40:00	0.00	5.50	5.50	0.00	30.00
0	06:50:00	0.00	4.97	4.97	0.00	30.00
0	07:00:00	0.00	4.50	4.50	0.00	30.00
0	07:10:00	0.00	4.10	4.10	0.00	30.00
0	07:20:00	0.00	3.74	3.74	0.00	25.00
0	07:30:00	0.00	3.43	3.43	0.00	25.00
0	07:40:00	0.00	3.15	3.15	0.00	25.00
0	07:50:00	0.00	2.89	2.89	0.00	20.00
0	08:00:00	0.00	2.67	2.67	0.00	20.00
0	08:10:00	0.00	2.47	2.47	0.00	20.00
0	08:20:00	0.00	2.29	2.29	0.00	15.00
0	08:30:00	0.00	2.12	2.12	0.00	15.00
0	08:40:00	0.00	1.97	1.97	0.00	15.00
0	08:50:00	0.00	1.84	1.84	0.00	15.00
0	09:00:00	0.00	1.71	1.71	0.00	15.00

(b) Output Simulasi Jam 04:30:00 – 09:00:00

Sumber: (Perhitungan, 2019)



Gambar 4. 36 *System Total Inflow*

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Sistem Drainase Kalidami Rencana memiliki beberapa data final perencanaan, diantaranya adalah:

- Data geometris saluran primer Kalidami rencana yang dapat dilihat pada Tabel 4.24.
- Data geometris kolam tampung atau *boezem* dapat dilihat pada Tabel 4.25.
- Parameter untuk mendefinisikan *screw pump* rencana, pompa kalidami rencana, dan pompa hilir dapat dilihat pada Tabel 4.26.
- Data pengoperasian *screw pump* rencana, pompa kalidami rencana, dan pompa hilir dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4. 24 Data Geometris Saluran Primer Kalidami Rencana

Nama Saluran	Shape	H	B	Z	Length	Roughness	Initial Flow	Maximum Flow
		(m)	(m)	-	(m)		(m ³ /s)	(m ³ /s)
Sal1	Trapezoidal	2	15	0.75	84.2958	0.02	25.09402	52.28361
Sal2	Trapezoidal	2	15	0.75	247.4359	0.02	14.64677	52.28361
Sal3	Trapezoidal	2	15	0.75	110.754	0.02	21.89241	52.28361
Sal4	Trapezoidal	2	15	0.75	20.8116	0.02	50.50339	52.28361
Sal5	Trapezoidal	2	16	0.75	285.4198	0.02	14.56113	55.82511
Sal6	Trapezoidal	2	16	0.75	133.113	0.02	21.32195	55.82511
Sal7	Trapezoidal	2	16	0.75	125.8912	0.02	21.925	55.82511
Sal8	Trapezoidal	2	16	0.75	87.094	0.02	26.35986	55.82511
Sal9	Trapezoidal	2	16	0.75	105.2038	0.02	23.98399	55.82511
Sal10	Trapezoidal	2	17	0.75	41.9808	0.02	40.37995	59.37224
Sal11	Trapezoidal	2	17	0.75	282.653	0.02	15.56196	59.37224
Sal12	Trapezoidal	2	17	0.75	390.6659	0.02	13.23696	59.37224
Sal13	Trapezoidal	2	20	0.75	285.9475	0.02	18.25216	70.04058
Sal14	Trapezoidal	2	20	0.75	212.4471	0.02	21.17542	70.04058
Sal15	Trapezoidal	2	20	0.75	29.5583	0.02	56.76984	70.04058
Sal16	Trapezoidal	2	20	0.75	352.956	0.02	16.42847	70.04058
Sal17	Trapezoidal	2	23	0.75	548.8876	0.02	15.18622	80.73908
Sal18	Trapezoidal	2	23	0.75	882.1328	0.02	11.97911	80.73908
Sal19	Trapezoidal	2	23	0.75	262.6259	0.02	21.95446	80.73908
Sal20	Trapezoidal	2	23	0.75	306.9215	0.02	20.3085	80.73908
Sal21	Trapezoidal	2	26	0.75	178.9794	0.02	30.12533	91.45884
Sal22	Trapezoidal	2.5	26	0.75	58.7028	0.02	114.21	132.1602
Sal23	Trapezoidal	2.5	26	0.75	579.2612	0.02	114.21	132.1602
Sal24	Trapezoidal	2.5	26	0.75	116.3844	0.02	114.21	132.1602
Sal25	Trapezoidal	2.5	26	0.75	293.0857	0.02	114.21	132.1602
Sal26	Trapezoidal	2.5	30	0.75	758.1659	0.02	122.99	102.1760

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 25 Data Geometris Kolam Tampung

Kolam Pompa		Boezem Kalidami		Boezem Hilir	
Depth (m)	Area (m ²)	Depth (m)	Area (m ²)	Depth (m)	Area (m ²)
0	100	0	20000	0	40000
2	100	2	20000	2.5	40000

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 26 Parameter Pompa hilir

Screw Pump					
Inlet Node	Outlet Node	Pump Curve	Initial Status	Startup Depth (m)	Shutoff Depth (m)
Storage Barat	N6	Pbarat	OFF	0.5	0.3

Pompa Kalidami					
Inlet Node	Outlet Node	Pump Curve	Initial Status	Startup Depth (m)	Shutoff Depth (m)
StorageTimur	N22	Ptimur	OFF	0.5	0.3

Pompa Hilir					
Inlet Node	Outlet Node	Pump Curve	Initial Status	Startup Depth (m)	Shutoff Depth (m)
Storage Rencana	Outfall	Pbarat	OFF	0.5	0.3

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Tabel 4. 27 Pengoperasian Pompa Hilir

H air m	Pompa (m ³ /s)		
	<i>Screw pump</i>	Kalidami	Hilir
0	0	0	0
0.1	0	0	0
0.2	0	0	0
0.3	0	0	0
0.4	0	0	0
0.5	25	10	10
0.6	25	20	10
0.7	25	20	10

Lanjutan Tabel 4.27 Pengoperasian Pompa Hilir

H air m	Pompa (m ³ /s)		
	<i>Screw pump</i>	Kalidami	Hilir
0.8	25	25	15
0.9	25	25	15
1	25	30	15
1.1	25	30	15
1.2	25	35	20
1.3	25	35	20
1.4	25	40	20
1.5	25	40	25
1.6	25	45	25
1.7	25	45	25
1.8	25	45	30
1.9	25	45	30
2	25	45	30
2.1	-	-	30
2.2	-	-	30
2.3	-	-	30
2.4	-	-	30
2.5	-	-	30

Sumber: (Perhitungan, 2019)

4.13 Perencanaan Pintu Air

Untuk mencegah terjadinya *backwater* yang disebabkan oleh elevasi pembuangan akhir (laut) lebih tinggi dibandingkan elevasi saluran saat terjadi pasang air laut, perlu dipasang pintu air yang mencegahnya. Oleh karena itu perlu direncanakan pintu air dengan dimensi yang sesuai.

Dalam menentukan dimensi pintu dibutuhkan data debit yang akan melewati pintu tersebut. Dengan menggunakan program bantu SWMM Pompa hilir dianggap tidak digunakan. Total *Inflow* terbesar pada *Storage Unit* Rencana digunakan sebagai debit rencana yang akan melewati pintu. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.28. Data perencanaan adalah sebagai berikut:

- Q Rencana : 34.95 m³/s
- B Saluran Pintu : 26 m
- H air : 2.5 m

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

- N pilar : 5 buah
- Lebar pilar : 1 m
- B pintu : $\frac{B \text{ Saluran Pintu} - \text{Lebar pilar}}{N \text{ Pilar} + 1} = \frac{26 - 5 \times 1}{5 + 1} = 3.5 \text{ m}$
- N Pintu : $\frac{B \text{ Saluran Pintu} - (n \times \text{Lebar Pilar})}{B \text{ Pintu}} = \frac{26 - (5 \times 1)}{3.5} = 6$
- g (percepatan gravitasi) : 9.81 m/s²
- Z (kehilangan energi) : 0.4 m
- μ (koefisien) : 0.8
- a (tinggi bukaan pintu)

$$a = \frac{\frac{Q}{N \text{ Pintu}}}{\mu b \sqrt{2gz}} = \frac{\frac{34.95}{6}}{0.8 \times 3.5 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.4}} = 0.75 \text{ m}$$

Dimana :

- μ = koefisien debit untuk bukaan dibawah permukaan dengan tinggi energi kecil
- z = kehilangan energi akibat pintu (meter)

$$H_{\text{pintu}} = H_{\text{air}} = 2.5 \text{ m}$$

Tabel 4. 28 Data *Boezem Hilir*

Hours	Depth (m)	Volume (m ³)	Total Inflow (CMS)
00:10:00	0.22	8720.87	2.16
00:20:00	0.24	9463.88	1.96
00:30:00	0.25	10119.55	1.69
00:40:00	0.27	10679.20	1.43
00:50:00	0.28	11149.66	1.20
01:00:00	0.29	11543.43	1.00
01:10:00	0.30	11875.85	0.87
01:20:00	0.30	12178.90	0.85
01:30:00	0.31	12502.84	1.00
01:40:00	0.33	13004.79	2.03
01:50:00	0.35	14196.10	5.15
02:00:00	0.41	16541.28	9.67
02:10:00	0.43	17057.35	14.42
02:20:00	0.45	17870.84	20.99
02:30:00	0.48	19300.48	30.76
02:40:00	0.55	21975.46	34.95
02:50:00	0.58	23343.87	34.95
03:00:00	0.60	23944.56	34.95
03:10:00	0.61	24205.00	34.95
03:20:00	0.61	24317.40	34.95
03:30:00	0.61	24365.80	34.95
03:40:00	0.61	24386.64	34.95
03:50:00	0.61	24395.61	34.95
04:00:00	0.61	24399.47	34.95
04:10:00	0.61	24401.13	34.95
04:20:00	0.61	24401.85	34.95
04:30:00	0.61	24402.15	34.95
04:40:00	0.61	24402.29	34.95
04:50:00	0.61	24402.34	34.95

(a) Data Jam 00:10:00 – 04:50:00

Hours	Depth (m)	Volume (m ³)	Total Inflow (CMS)
05:00:00	0.61	24402.37	34.95
05:10:00	0.61	24402.38	34.95
05:20:00	0.61	24402.38	34.95
05:30:00	0.61	24402.39	34.95
05:40:00	0.61	24402.39	34.95
05:50:00	0.61	24402.39	34.95
06:00:00	0.61	24402.39	34.95
06:10:00	0.61	24402.39	34.95
06:20:00	0.61	24398.59	34.66
06:30:00	0.58	23343.54	27.60
06:40:00	0.54	21402.94	22.54
06:50:00	0.48	19342.36	17.97
07:00:00	0.44	17573.41	15.09
07:10:00	0.43	17267.40	13.60
07:20:00	0.43	17094.32	12.59
07:30:00	0.42	16857.06	10.61
07:40:00	0.42	16644.23	9.57
07:50:00	0.41	16469.36	8.26
08:00:00	0.41	16383.85	7.54
08:10:00	0.41	16288.72	6.59
08:20:00	0.41	16231.71	5.75
08:30:00	0.40	16196.51	5.28
08:40:00	0.40	16162.45	4.67
08:50:00	0.40	16150.03	4.41
09:00:00	0.40	16128.20	3.96
09:10:00	0.40	16120.73	3.75
09:20:00	0.40	16108.88	3.47
09:30:00	0.40	16098.56	3.16
09:40:00	0.40	16096.42	3.09

(b) Data Jam 05:00:00 – 09:40:00

Sumber: (Perhitungan, 2019)

Berdasarkan perhitungan diatas dapat direncanakan bahwa tinggi bukaan pintu sebesar 0.75 m dan tinggi pintu sebesar 2.5 m. pintu air menggunakan tipe gearbox ganda (memiliki 2 Stick As Drat) karena lebar pintu lebih dari 2 m.

A. Dimensi Pintu Air

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

Diketahui

- γ air : $1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ t/m}^3$
- H air (H_a) : 2.5 m
- H Pintu (H_p) : 2.5 m
- B Pintu (B_p) : 3.5 m

B. Perhitungan gaya hidrostatik akibat air

- γ air : 1 t/m^3
- $P1 = \gamma \text{ air} \times h \text{ air} : 1 \times 2.5 = 2.5 \text{ t/m}^2$
- Gaya yang bekerja

$$F = \frac{P1}{2} \times H_a \times B_p = \frac{2.5}{2} \times 2.5 \times 3.5 = 10.94 \text{ t/m}$$

C. Perhitungan gaya akibat endapan

- $e = \gamma e \times H_a \times \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right)$
 $= 1.6 \text{ t/m} \times 2.5 \text{ m} \times \left(\frac{1 - \sin 20}{1 + \sin 20} \right)$
 $= 1.96 \text{ t/m}^2$
- $Fe = 0.5 \times e \times H_a \times B_p$
 $= 0.5 \times 1.96 \times 2.5 \times 3.5$
 $= 8.58 \text{ t/m}$

D. Perhitungan Mmax pada daun pintu (sendi-sendii)

- $q = \left(\frac{F+Fe}{Bp} \right) = \left(\frac{10.94+8.58}{3.5} \right) = 5.58 \text{ t/m}$
- $M_{max} = \frac{1}{8} \times q \times Bp^2 \times 1000 \times 100$
 $= \frac{1}{8} \times 5.58 \times 3.5^2 \times 1000 \times 100$
 $= 854437.5 \text{ kg.cm}$

E. Perhitungan tebal daun pintu

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W}$$

$$w \geq \frac{M_{max}}{\sigma} \rightarrow w \geq \frac{854437.5 \text{ kg.cm}}{1600}$$

$$w \geq 534.02 \text{ cm}^3$$

$\sigma =$ tegangan ijin baja (1600 kg/cm²)

$$t = \sqrt{\frac{6 \times w}{b}} = \sqrt{\frac{6 \times 534.02}{3.5 \times 100}} = 2.99 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$$

F. Perhitungan Stang Pintu

- H Pintu : 2.5 m
- B Pintu : 3.5 m
- T Pintu : 0.03 m
- W Pintu : $2.5 \times 3.5 \times 0.03 \times 7950 \text{ kg/cm}^3$
 $= 2086.88 \text{ kg}$
- W Tambahan : $25\% \times W \text{ pintu} = 521.72 \text{ kg}$
- W Total : $2086.88 + 521.72 = 2608.6 \text{ kg}$

(1) Saat Pintu Dinaikkan

- Gaya Gesek = $0.4 \times q \times Bp \times 1000$
 $= 0.4 \times 5.58 \times 3.5 \times 1000$
 $= 7812 \text{ kg}$
- Beban yang Bekerja = $W \text{ Total} + \text{Gaya Gesek}$
 $= 2608.6 + 7812$
 $\text{Str} = \frac{10420.6 \text{ kg}}{2 \text{ Stick As Drat}} = 5210.3 \text{ kg}$

- Diameter stang naik
 $F (A)$
 $\frac{1}{4} \pi D^2$
 D
 D

$$= Str = F \times \sigma_{tr}$$

$$= \frac{Str}{\sigma_{tr}}$$

$$= \frac{5210.3 \text{ kg}}{1600 \text{ kg/cm}^2}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 5210.3}{\pi \times 1600}}$$

$$= 2.04 \text{ cm}$$

- (2) Saat Pintu Diturunkan
 - Gaya Tekuk (Pk)

$$= W \text{ Total} - \text{Gaya Gesek}$$

$$= 2608.6 - 7812$$

$$= -5203.4 \text{ kg}$$

 - Panjang Stang (L)

$$= a + 1$$

$$= 0.75 + 1$$

$$= 1.75 \text{ m}$$

 - Panjang Tekuk (Lk)

$$= \frac{1}{2} \sqrt{2} \times L$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{2} \times 175$$

$$= 123.74 \text{ cm}$$

$$Pk$$

$$= \frac{\pi^2 \times E \times I}{Lk^2}$$

$$I$$

$$= \frac{Pk \times Lk^2}{\pi^2 \times E}$$

$$= \frac{5203.4 \times 123.74^2}{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6}$$

$$= 6.38 \text{ kg.cm}^2$$

 - Diameter stang turun

$$I$$

$$= 1/64 \times \pi \times D^4$$

$$D$$

$$= \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

$$D$$

$$= \sqrt[4]{\frac{6.38 \times 64}{\pi}}$$

$$D$$

$$= 3.8 \text{ cm}$$

- (3) Diameter Stang Pakai

$$\text{Diameter stang turun} = 3.8 \text{ cm}$$

$$\text{Pakai 1.5 inch} = 3.81 \text{ cm}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari Tugas Akhir Perencanaan *Boezem*, Pompa dan Pintu Air di Bagian Hilir Saluran Kalidami Surabaya Timur ini berdasarkan hasil *Flow Routing Akhir* dengan hasil adalah sebagai berikut:

- 1) Dengan tinggi hujan periode ulang 20 tahun sebesar 124,55 mm, didapatkan debit banjir atau debit limpasan air hujan maksimum pada sistem drainase primer Kalidami sebesar 88,36 m³/s yaitu pada jam ke-2 setelah simulasi menggunakan program bantu SWMM dimulai atau 1 jam setelah hujan berlangsung.
- 2) Sistem drainase Kalidami memiliki 2 eksisting *boezem* dengan pompanya masing-masing, dengan tambahan 1 *boezem* hilir serta pompanya pada bagian hilir saluran.
 - Kolam Pompa memiliki luas sebesar 100 m² dengan kedalaman 2 m. Hasil perencanaan final *screw pump* memiliki 5 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas 5 m³/s.
 - *Boezem* Kalidami memiliki luas sebesar 20.000 m² dengan kedalaman 2 m. Hasil perencanaan final pompa kalidami memiliki 9 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas 5 m³/s.
 - *Boezem* Hilir memiliki luas penampang sebesar 40.000 m² dengan kedalaman 2,5 m. Pompa hilir memiliki 6 unit pompa dengan masing-masing berkapasitas 5 m³/s. Pintu air memiliki lebar 3,5 m, tinggi 2,5 m, tebal 0,03 m, dan diameter stang 3,81 cm.
- 3) Pengoperasian ketiga pompa berdasarkan elevasi muka air saluran dengan debit yang konstan.
 - *Screw pump* mengeluarkan debit 25 m³/s pada elevasi 0,5 – 2 m.

- Pompa Kalidami mengeluarkan debit 10 m³/s pada elevasi 0,5 m, 20 m³/s pada elevasi 0,6 – 0,7 m, 25 m³/s pada elevasi 0,8 – 0,9 m, 30 m³/s pada elevasi 1 – 1,1 m, 35 m³/s pada elevasi 1,2 – 1,3 m, 40 m³/s pada elevasi 1,4 – 1,5 m, 45 m³/s pada elevasi 1,6 – 2 m.
- Pompa Hilir mengeluarkan debit 10 m³/s pada elevasi 0,5 – 0,7 m, 15 m³/s pada elevasi 0,8 – 1,1 m, 20 m³/s pada elevasi 1,2 – 1,4 m, 25 m³/s pada elevasi 1,5 – 1,7 m, 30 m³/s pada elevasi 1,8 – 2,5 m.

5.2. Saran

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

- 1) Kehilangan energi akibat evaporasi lebih baik diperhitungkan, karena Kota Surabaya memiliki temperatur yang cukup tinggi.
- 2) Diperlukan data elevasi DAS Kalidami yang tepat, agar dalam perencanaan kemiringan sesuai dengan yang dibutuhkan di lapangan.
- 3) Diperlukan perencanaan pengoperasian pompa yang optimal agar menghemat biaya di lapangan.
- 4) Diperlukan penghitungan pasang surut air laut tiga bulanan (terbesar) untuk menghitung ketinggian pintu air yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengembangan Pembangunan Kota Surabaya, 2000. *Surabaya Drainage Master Plan*. 1st ed. Surabaya: Badan Pengembangan Pembangunan Kota Surabaya.
- Chow, V. T., 1989. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Harto, S., 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012. *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Martono, S., 2007. *Evaluasi Kinerja Busem Wonorejo*. Surabaya: Tugas Akhir Teknik Sipil FTSP ITS.
- Pemerintah Kota Surabaya, 2014. *Peta Rincian Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya*. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya.
- Pitaloka, M. G., 2017. Perencanaan Sistem Drainase Kebon Agung Kota Surabaya, Jawa Timur. *ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)*, Volume 6, pp. C-4.
- Rossmann, L. A., 2015. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.
- Rossmann, L. A., 2017. *Storm Water Management Model Reference Manual Volume II - Hydraulics*. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.
- Rossmann, L. A. & Huber, W. C., 2016. *Storm Water Management Model Reference Manual Volume I - Hydrology (Revised)*. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.

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

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

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

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. *Kolam pompa* serta *Pompa* dan *Pintu Air*



Gambar 1-1 Foto Pintu Air



Gambar 1-2 Foto Saluran Menuju Polder

LAMPIRAN II. *Boezem Kalidami* serta Pompa dan Pintu Air



Gambar 2-1 Foto *Boezem Kalidami* Bagian Rumah Pompa I



Gambar 2-2 *Boezem Kalidami* Bagian Rumah Pompa II



Gambar 2-3 Foto Salah Satu Mesin Pompa Air


DEX		Submersible Axial-flow Pump			
Pump model: 900QZ-85G(-2)					
Capacity	3 m ³ /sec	Power	250 KW	Angle of vanes	-2
Head	6 m	Voltage	380 V	Outlet Diameter	mm
Speed	590 r/min	Electricity	517 A	Weight	5000 kg
Protection Grade	IP68	Frequency	50 HZ	Series No.	81219267
Insulation Grade	F Class	Phase	3 Ph	Date	2019,04
PT. POMPA DEX INDOGUNA					

Gambar 2-4 Foto Spesifikasi Salah Satu Pompa Air

LAMPIRAN III. Brosur Pompa Air Rencana

ANDRITZ in the water resources management

For decades, the reliability of ANDRITZ centrifugal pumps has made them the first choice for applications in water resources management. The standard components of ANDRITZ pumps guarantee high availability, allow the use of time-tested components, and minimize the number of spare parts to be kept in stock.

3 

Gambar 3-1 Merek Pompa Air Rencana

Split case pumps

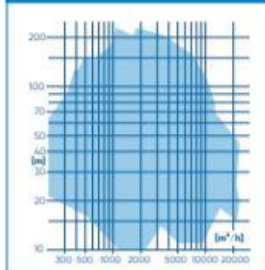
ANDRITZ split case pumps meet the highest customer demands in terms of efficiency, long service life, maintenance-friendliness, and economy. With efficiencies of over 90%, these split case pumps help to save valuable energy. All pumps are fitted with a double-flow radial impeller which achieves very favorable NPSH values. Due to the axial split case design, maintenance is fast and easy. Designed with a dou-

ble-flow radial impeller and in-line casing, the pump can be horizontally or vertically installed (with horizontal installation, the motor can be placed on the left or right). ANDRITZ split case pumps convey pure and slightly contaminated media or aggressive liquids and operate in water treatment and water supply systems as well as in irrigation, flood control, and desalination.

PRODUCT FACTS*

- Flow rate up to 40.000 m³/h
- Head up to 250 m
- Delivery pressure up to 25 bar
- Efficiency up to 91%
- Temperature up to 80 °C

*These values are guidelines and may differ depending on project requirements.



Gambar 3-2 Spesifikasi Pompa Air Recana

LAMPIRAN IV. Brosur Pintu Air Rencana

PINTU AIR IRIGASI ENGKEL & GEARBOX



A

Pintu Air Engkel



B

Pintu Air Gearbox Tunggal



C

Pintu Air Gearbox Ganda

Mengedikan Sparepart Pintu Air bergaransi Lifetime



Hubungi kami untuk penawaran harga terbaik se-Indonesia!

Detail Produk

1. Part terbuat dari ferro casting padat.
2. Harga sudah termasuk finishing (grinding, kikir, painting halus dan bor).
3. Warna disesuaikan atas permintaan buyer.
4. Raja Pintu Air menjamin ketersediaan part selamanya (replacement).
5. Ukuran, bahan, presisi telah di QC dengan baik.
6. Harga diatas adalah Franco Klaten.

www.rajapintuair.com

Batur Baru, Tegalrejo, Cepur
Klaten - Jawa Tengah

0272 - 551480
081 393 006025

marketing@rajapintuair.com



"Terbukti Kuat, Awet &
Ringan Putarnya..."

Gambar 4-1 Merek Pintu Air Recana

Raja Pintu Air

Tentang Kami | Produk & Layanan | Proyek Kami | Galeri Kerja | Video | Berita & Blog | **Kontak** | |

Intro | Spesifikasi | Galeri

SPESIFIKASI

- Isi Paket**
 Satu paket pintu air seri gearbox terdiri dari part part kapal (lingkan), dudukan angsa, part nansan (gear utama dan gear pemutar), stik as drat, daun pintu beserta frame tinggal pasang. Dirancang khusus sehingga menghasilkan produk yang ringan putarannya (buka tutup pintu mudah, ringan dan cepat).
- Material Bahan**
 Part terbuat dari ferro casting (baja coran) padat full atau ferro casting padat kombinasi kuningan pada bagian-bagian tertentu. Sehingga pintu air kami kuat, awet, dan presisi dengan jaminan uji QC (Quality Control).
- Sistem Bongkar Pesang**
 Tiap part yang satu dengan yang lainnya dapat di bongkar maupun pasang dengan mudah. Apabila salah satu part ada yang maifungsi, Raja Pintu Air juga menyediakan part (replacement)
- Finishing**
 Finishing (grinding, bubut, dan painting) halus. Warna dapat disesuaikan oleh permintaan customer. Dengan proses pengecatan berlapis (cat dasar active primer, cat warna) sehingga meminimalisir adanya karat.

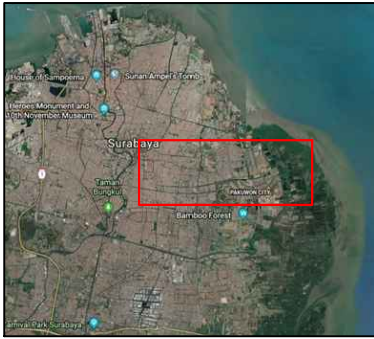
**Ukuran dapat disesuaikan sesuai permintaan dan kebutuhan lapangan / lokasi.
 *Free design untuk memudahkan pengerjaan dan pemasangan di lapangan.
 *Packing rapi single face dan plastik sehingga aman sampai tujuan.
 Jika anda menginginkan pintu air gearbox dengan spesifikasi tertentu / custom, bisa konsultasikan secara gratis kepada kami melalui laman kontak atau klik "Minta Penawaran" di bawah.

Gambar 4-2 Spesifikasi Pintu Air Rencana

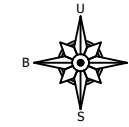
LAMPIRAN V. Gambar Rencana

1. Lampiran 5.1 Peta Lokasi Rencana.
2. Lampiran 5.2 Hasil Metode *Polygon Thiessen*.
3. Lampiran 5.3 Detail *Polygon Thiessen*.
4. Lampiran 5.4 *Layout* DAS Kalidami SWMM.
Layout DAS Kalidami Asli.
5. Lampiran 5.5 Peta Tata Guna Lahan.
6. Lampiran 5.6 Peta Kontur DAS Kalidami.
7. Lampiran 5.7 Nomenklatur *Subcatchment*.
Nomenklatur Pompa dan *Boezem*.
8. Lampiran 5.8 Nomenklatur Node Par 1.
9. Lampiran 5.9 Nomenklatur Node Par 2.
10. Lampiran 5.10 Nomenklatur Saluran Par 1.
11. Lampiran 5.11 Nomenklatur Saluran Par 2.
12. Lampiran 5.12 Geometri Saluran Rencana.
13. Lampiran 5.13 Geometri Saluran Rencana.
14. Lampiran 5.14 Geometri Saluran Rencana.
15. Lampiran 5.15 Geometri Saluran Rencana.
16. Lampiran 5.16 Geometri Saluran Rencana.
17. Lampiran 5.17 *Water Elevation Profile*.
18. Lampiran 5.18 *Water Elevation Profile*.
19. Lampiran 5.19 *Water Elevation Profile*.
20. Lampiran 5.20 Denah *Boezem* Hilir.
Denah Pompa dan Pintu Air Hilir
21. Lampiran 5.21 Potongan A-A *Boezem* Hilir.
Potongan B-B *Boezem* Hilir.
22. Lampiran 5.22 Detail Pintu Air Hilir.
23. Lampiran 5.23 Referensi Detail Pintu Air.

Halaman ini sengaja dikosongkan



KOTA SURABAYA



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

PETA LOKASI PERENCANAAN

SKALA GAMBAR

1:50.000

SATUAN

MM

KETERANGAN GAMBAR



KOLAM POMPA DAN SCREW PUMP

BOEZEM DAN POMPA HILIR

BOEZEM DAN POMPA KALIDAMI



PETA LOKASI PERENCANAAN

SKALA 1:50.000

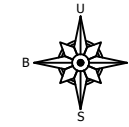
NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
 3.1

HALAMAN

173

Kabupaten Gresik



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

HASIL METODE POLYGON THIESSEN

SKALA GAMBAR

1:140.000

KETERANGAN GAMBAR

- Polygon Thiessen
- Catchment Area
- Lokasi Stasiun Penakar Curah Hujan

1. Larangan
2. Kebon Agung
3. Gubeng
4. Wonorejo
5. Keputih
6. Kedung Cowek
7. Kandangan
8. Banyu Urip
9. Gunungsari
10. Perak
11. Wonokromo

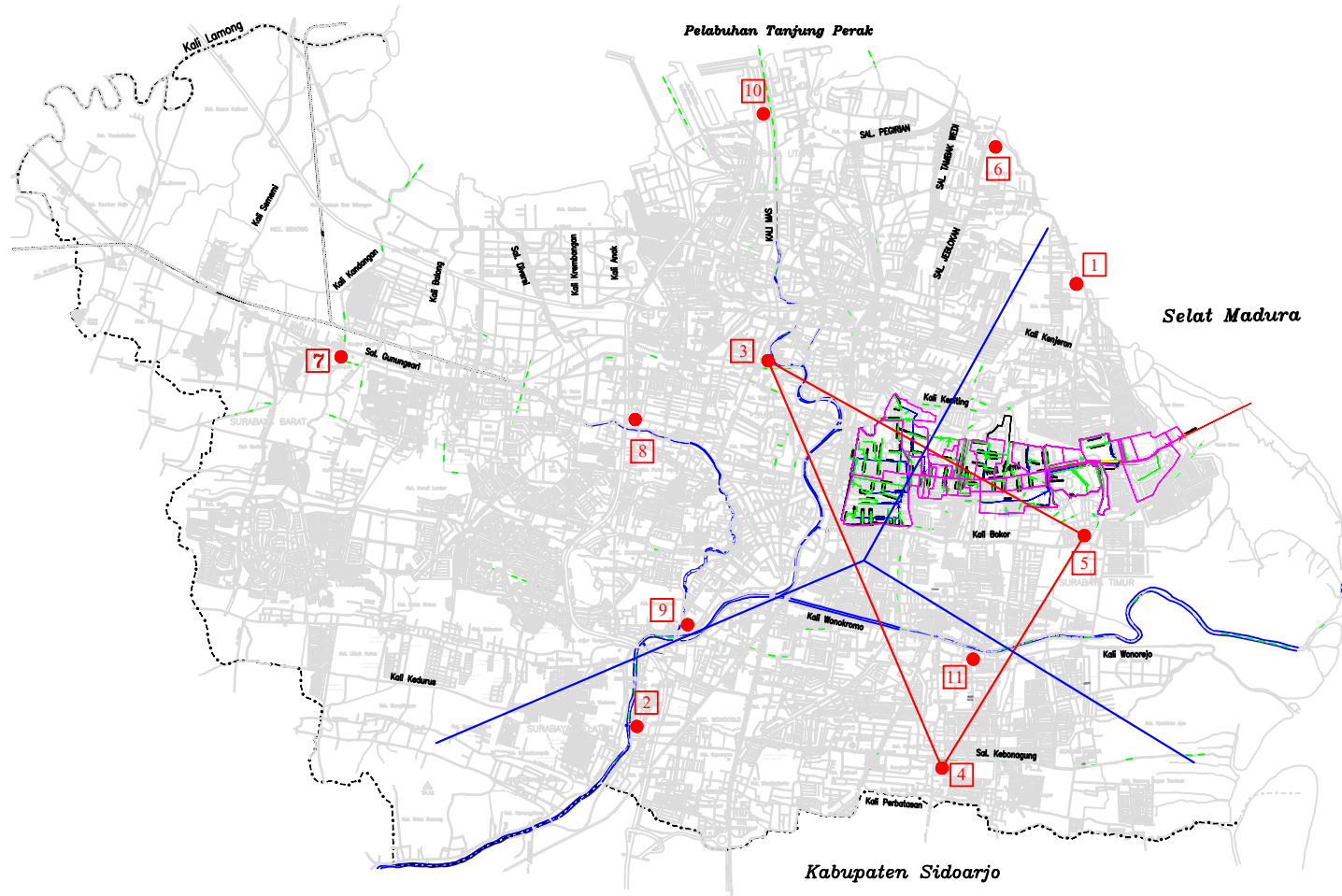
Sumber : DPUD Surabaya
Brantas Surabaya

NOMOR GAMBAR

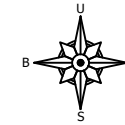
LAMPIRAN
5.2

HALAMAN

174

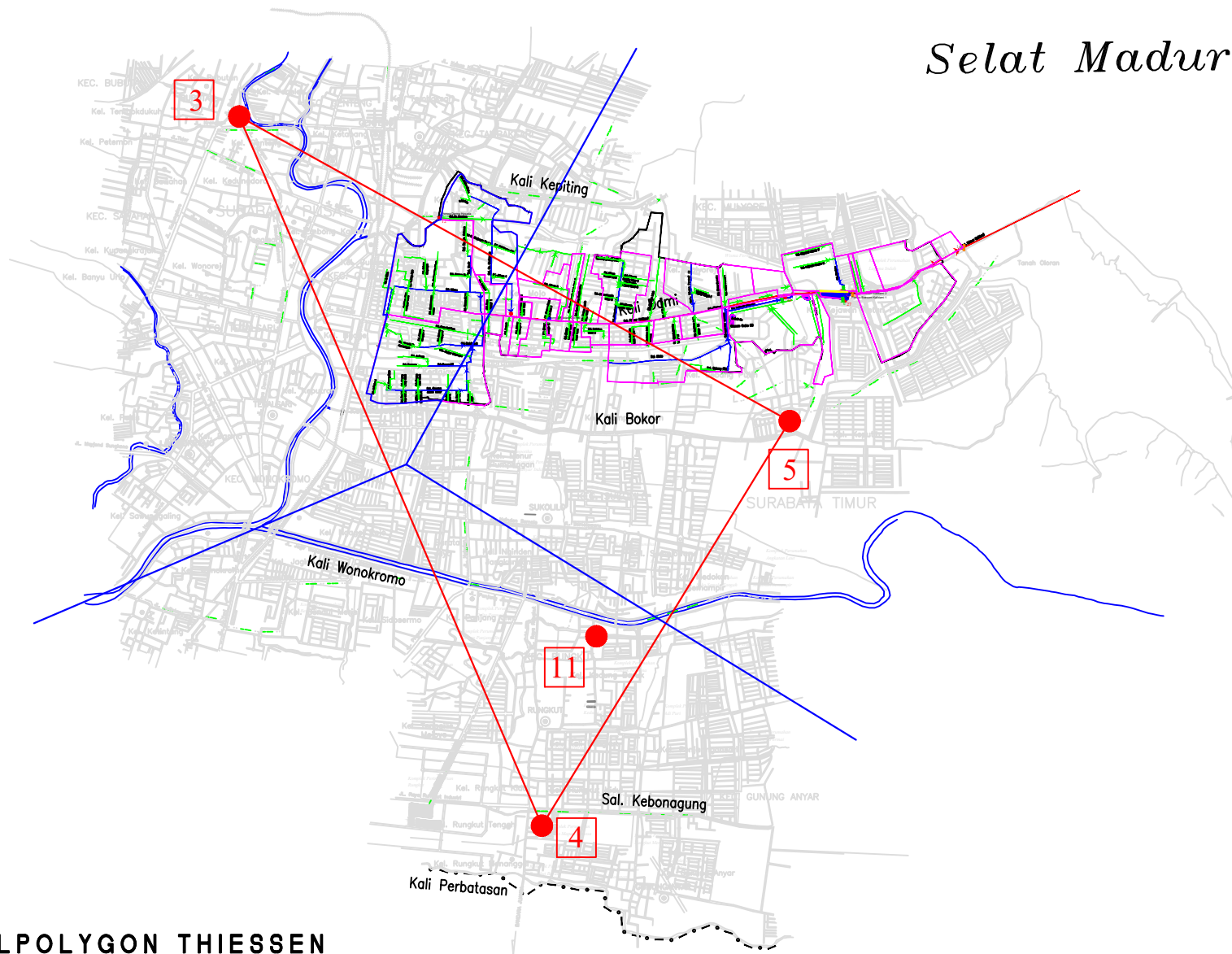


POLYGON THIESSEN
SKALA 1:140.000



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMAHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

Selat Madura



DETAIL POLYGON THIESSEN

SKALA 1:50.000

Kabupaten Sidoarjo

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

DETAIL POLYGON THIESSEN

SKALA GAMBAR

1:50.000

KETERANGAN GAMBAR

- Polygon Thiessen
- Catchment Area
- Lokasi Stasiun
Penakar Curah Hujan

1. Larangan
2. Kebon Agung
3. Gubeng
4. Wonorejo
5. Keputih
6. Kedung Cowek
7. Kandangan
8. Banyu Urip
9. Gunungsari
10. Perak
11. Wonokromo

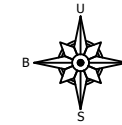
Sumber : DPUD Surabaya
Brantas Surabaya

NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
5.3

HALAMAN

175



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

LAYOUT DAS KALIDAMI SWMM
 LAYOUT DAS KALIDAMI ASLI

SKALA GAMBAR

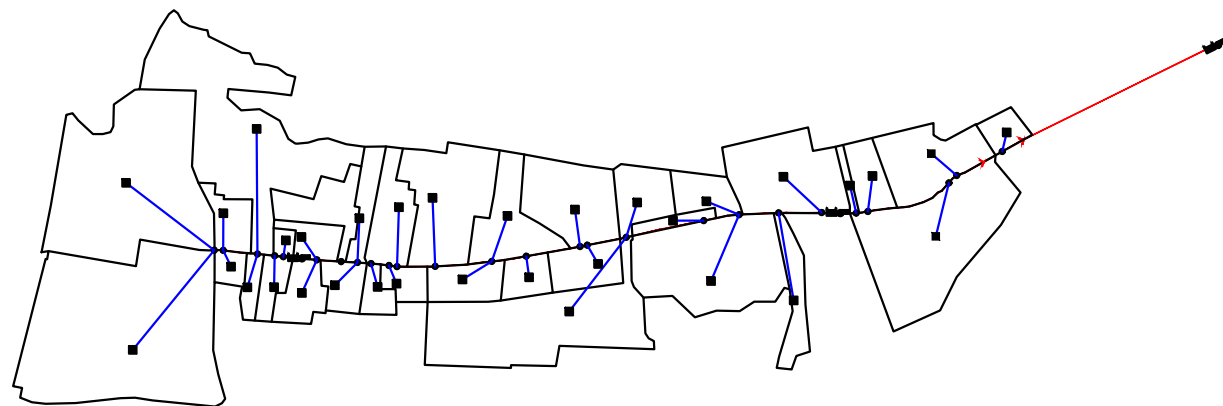
1:50.000

KETERANGAN GAMBAR

- JUNCTION NODE
- STORAGE UNIT NODE
- PUMP
- OUTFALL NODE
- SUBCATCHMENT
- OVERLAND FLOW
- SALURAN PRIMER
- SUBCATCHMENT
- SALURAN PRIMER
- SALURAN SEKUNDER
- SALURAN TERSIER

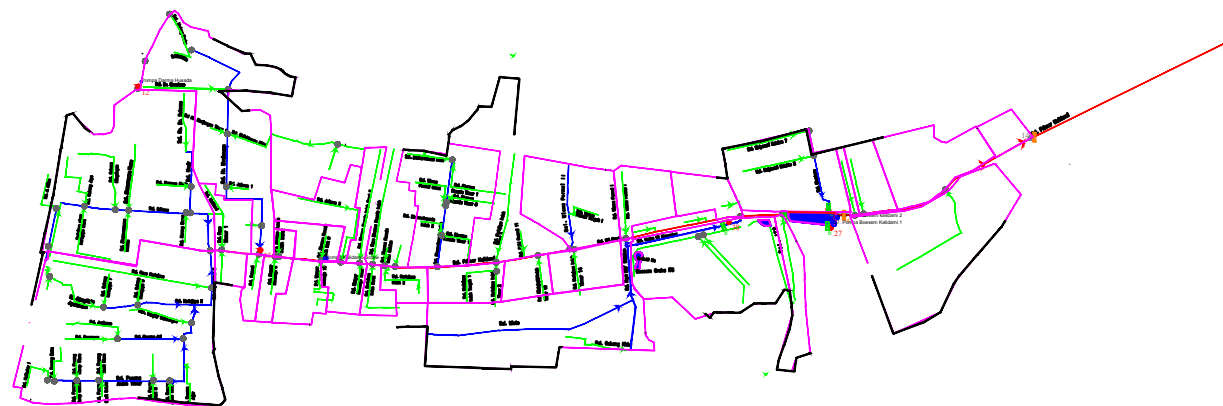
NOMOR GAMBAR	HALAMAN
--------------	---------

LAMPIRAN 5.4	176
-----------------	-----



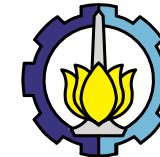
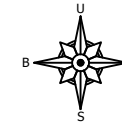
LAYOUT DAS KALIDAMI SWMM

SKALA 1:50.000



LAYOUT DAS KALIDAMI ASLI

SKALA 1:50.000



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

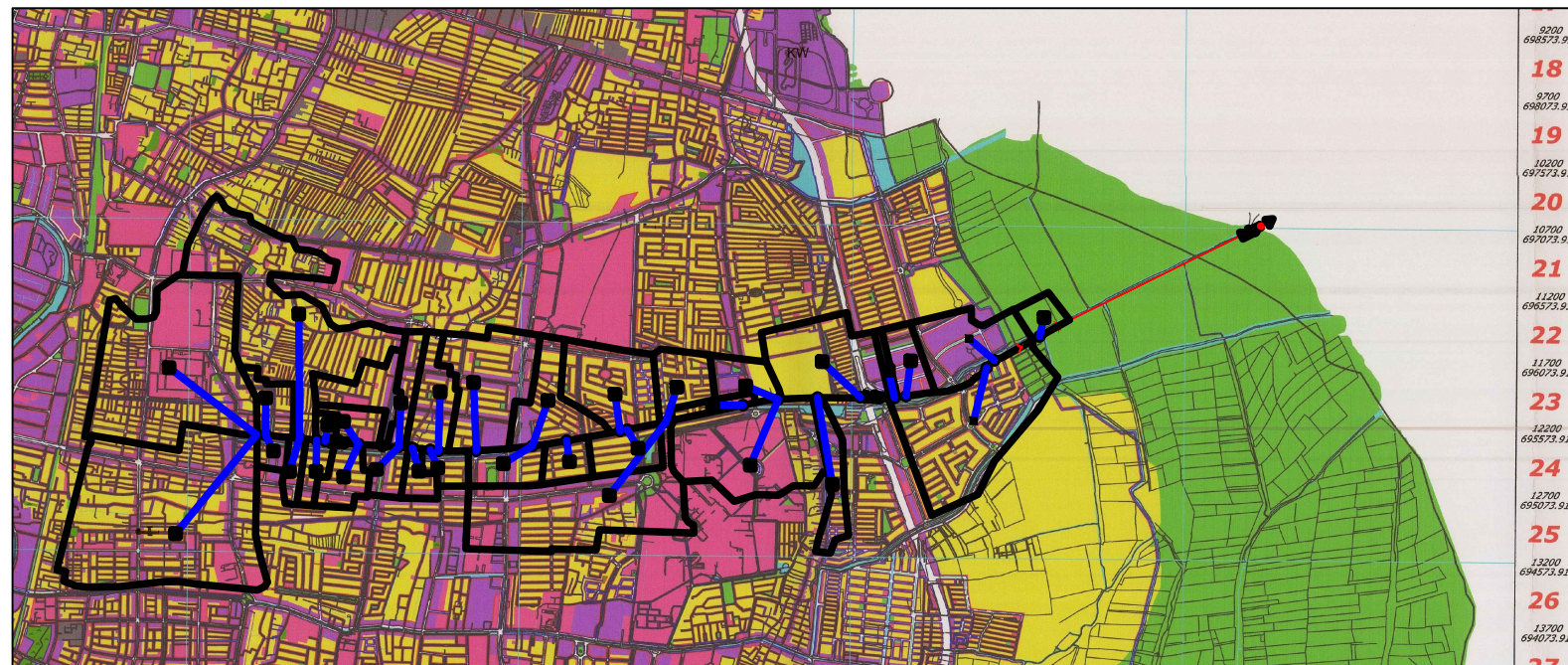
PETA TATA GUNA LAHAN

SKALA GAMBAR

1:50.000

KETERANGAN GAMBAR

LEGENDA	
	Batas Wilayah
	Batas Kecamatan
	Batas Kelurahan
	Rel Kereta Api
	Jembatan
	Kawat Tegangan Tinggi
	Garis Kontur dan Ketinggian
	Titik Tinggi
	Batas Wilayah Perencanaan
	Perumahan
	Perdagangan / Jasa Komerisial
	Kawasan Wisata
	Fasilitas Umum
	Industri / Pergudangan
	Ruang Terbuka Hijau / Lap. Olah Raga / Jalur Hijau
	Makam
	Sungai / Sauran / Bozem
	Militar
	SUTT



9200
698573.91
18

9700
698073.91
19

10300
697573.91
20

10700
697073.91
21

11200
696573.91
22

11700
696073.91
23

12200
695573.91
24

12700
695073.91
25

13200
694573.91
26

13700
694073.91
27



PETA TATA GUNA LAHAN

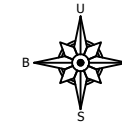
SKALA 1:50.000

NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
5.5

HALAMAN

177



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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









JUDUL GAMBAR

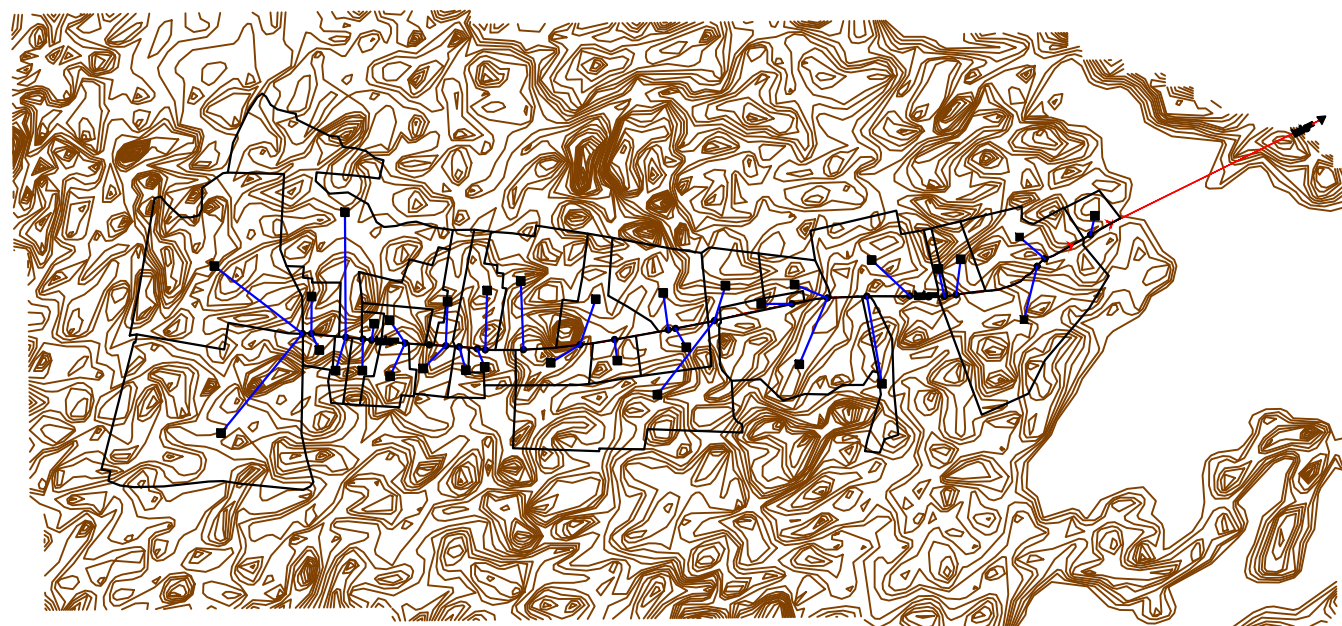
PETA KONTUR DAS KALIDAMI

SKALA GAMBAR

1:50.000

KETERANGAN GAMBAR

-  **JUNCTION NODE**
-  **STORAGE UNIT NODE**
-  **PUMP**
-  **OUTFALL NODE**
-  **SUBCATCHMENT**
-  **OVERLAND FLOW**
-  **SALURAN PRIMER**
-  **KONTUR**

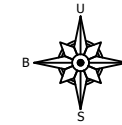


PETA KONTUR DAS KALIDAMI

SKALA 1:50.000

Sumber : Pengolahan Global Mapper

NOMOR GAMBAR	HALAMAN
LAMPIRAN 5.6	178



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

NOMENKLATUR *SUBCATCHMENT*
 NOMENKLATUR POMPA DAN *BOEZEM*

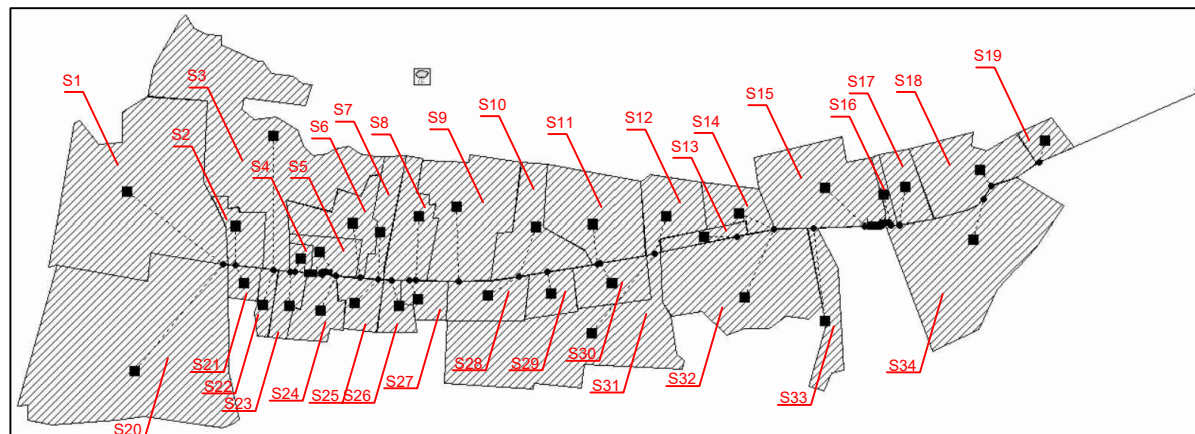
SKALA GAMBAR SATUAN

1:50.000 MM

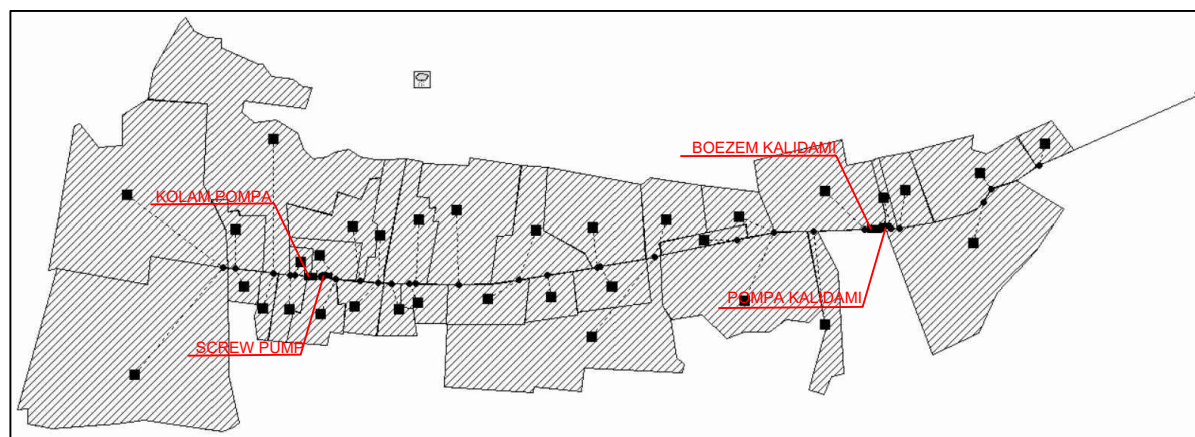
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR HALAMAN

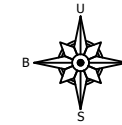
LAMPIRAN 5.7 179



NOMENKLATUR SUBCATCHMENT
 SKALA 1:50.000



NOMENKLATUR POMPA DAN BOEZEM
 SKALA 1:50.000



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

NOMENKLATUR NODE PAR 1

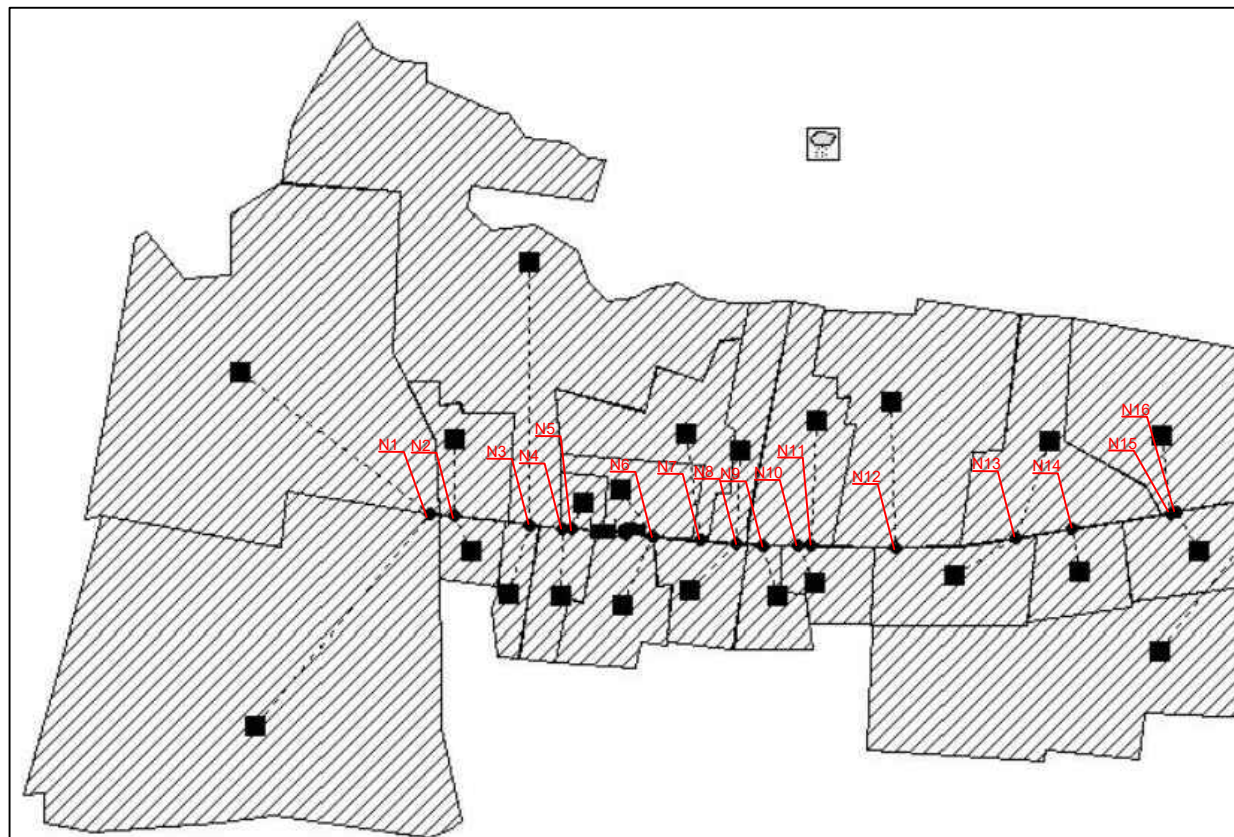
SKALA GAMBAR

1:25.000

SATUAN

MM

KETERANGAN GAMBAR



NOMENKLATUR NODE PAR 1

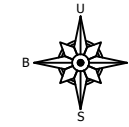
SKALA 1:25.000

NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
5.8

HALAMAN

180



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

NOMENKLATUR NODE PAR 2

SKALA GAMBAR

1:25.000

SATUAN

MM

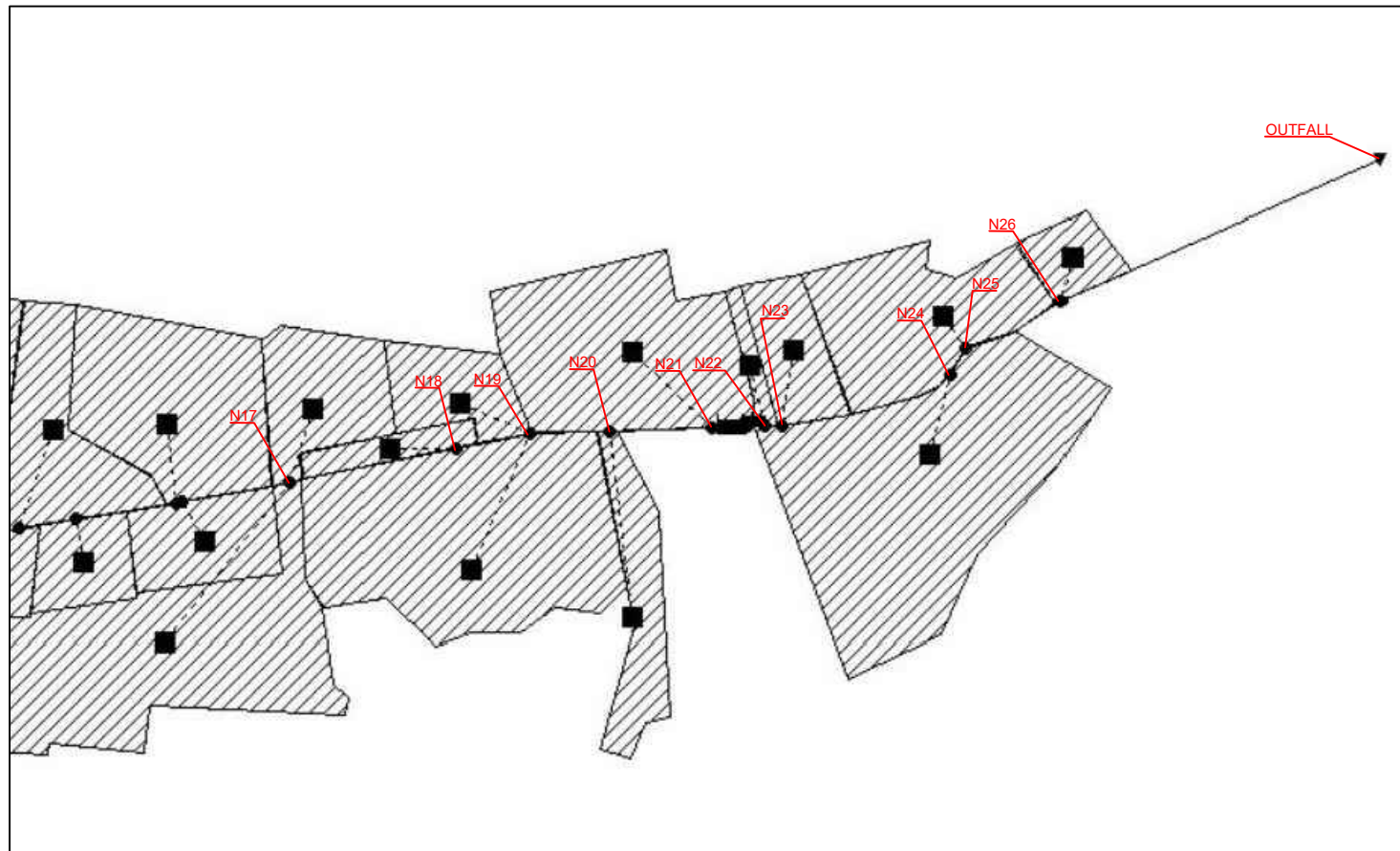
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
5.9

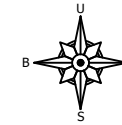
HALAMAN

181



NOMENKLATUR NODE PAR 2

SKALA 1:25.000



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

NOMENKLATUR SALURAN PAR 1

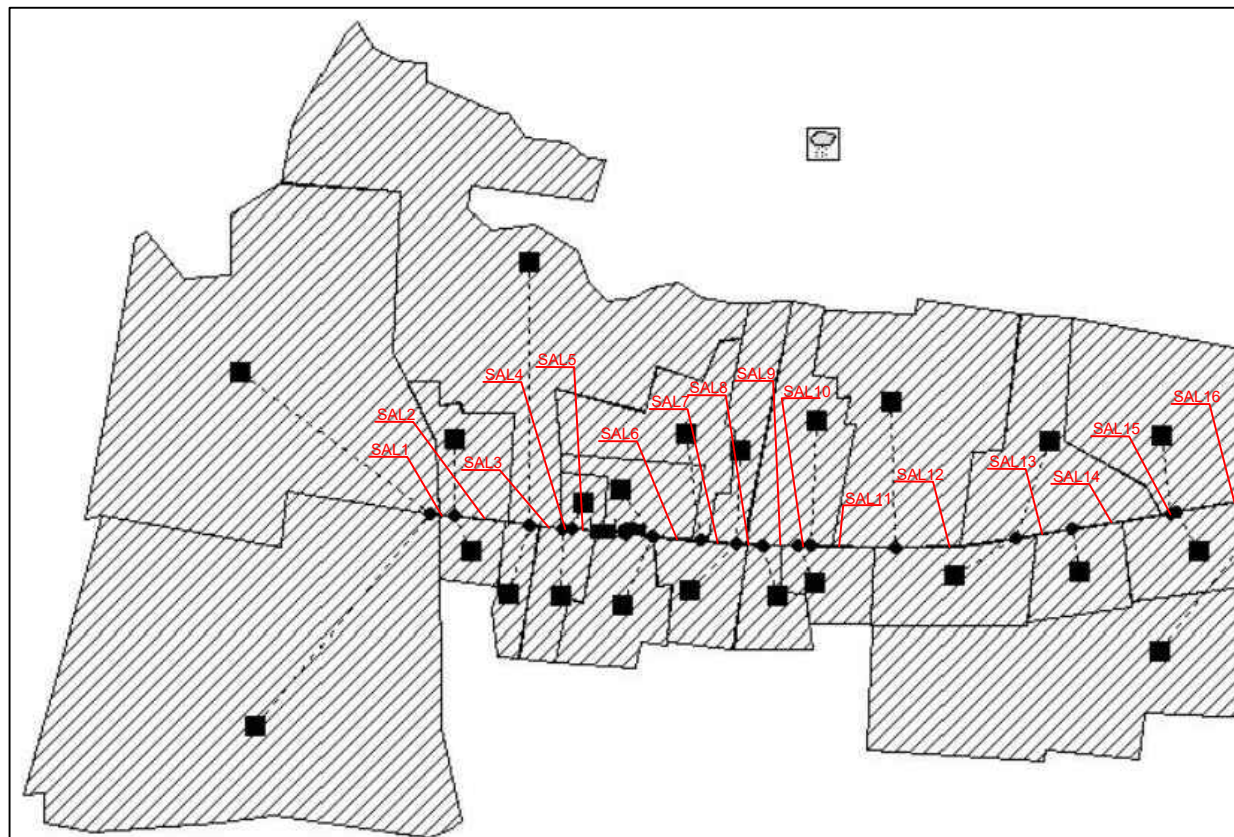
SKALA GAMBAR

1:25.000

SATUAN

MM

KETERANGAN GAMBAR



NOMENKLATUR SALURAN PAR 1

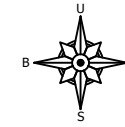
SKALA 1:25.000

NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
 5.10

HALAMAN

182



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

NOMENKLATUR SALURAN PAR 2

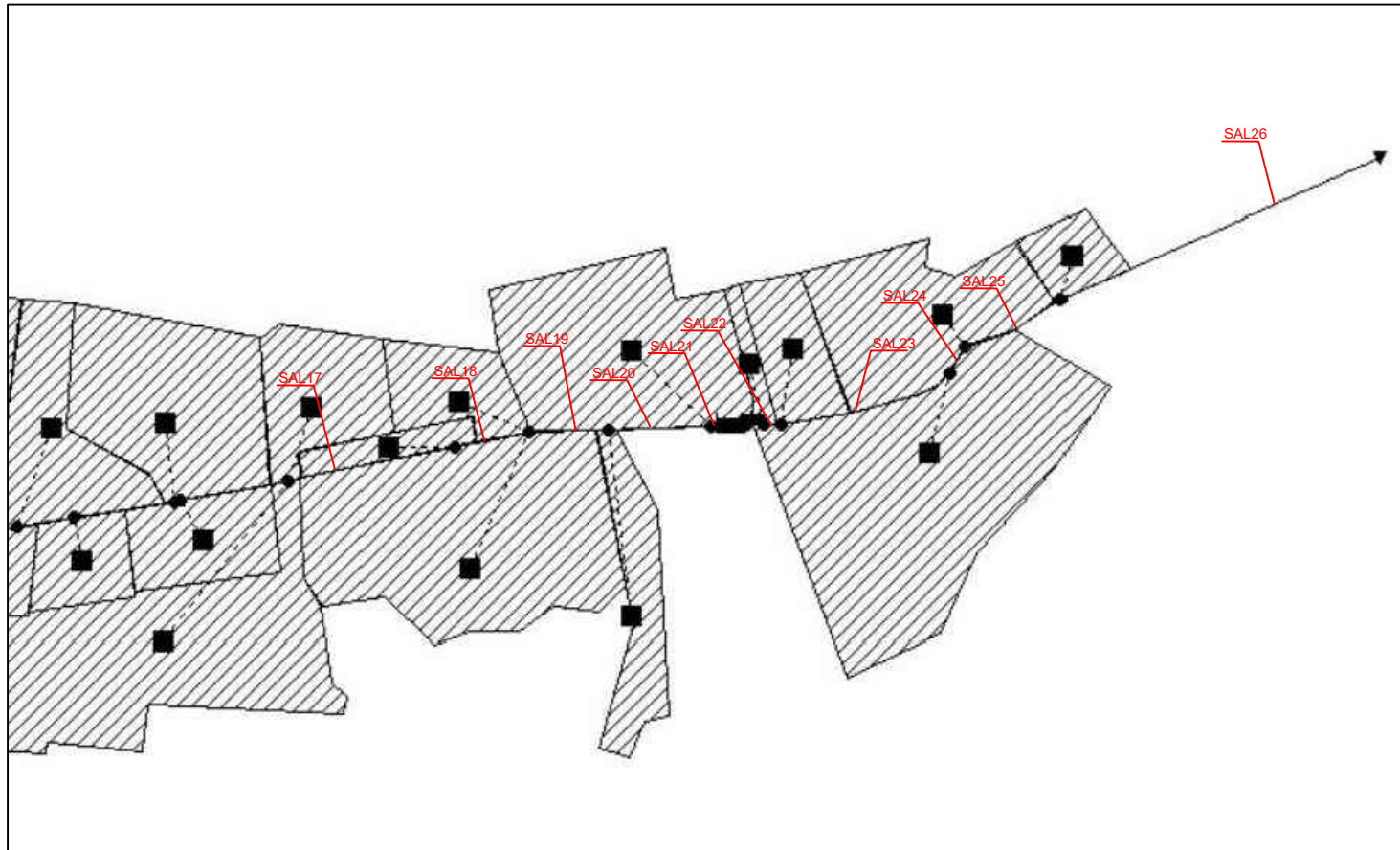
SKALA GAMBAR

1:25.000

SATUAN

MM

KETERANGAN GAMBAR



NOMENKLATUR SALURAN PAR 2

SKALA 1:25.000

NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
 5.II

HALAMAN

183



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

GEOMETRI SALURAN RENCANA

SKALA GAMBAR

1:250

SATUAN

Meter

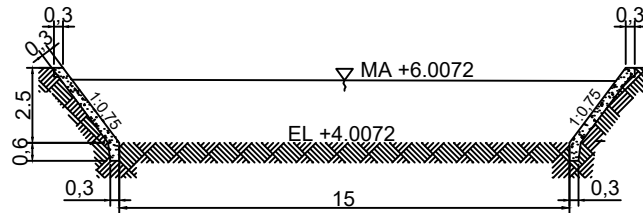
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR

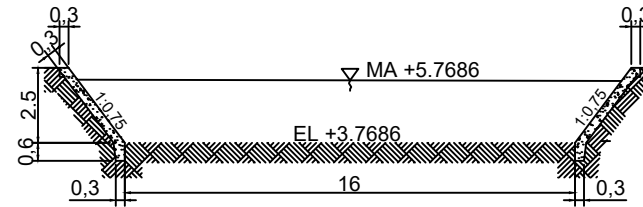
LAMPIRAN
5.12

HALAMAN

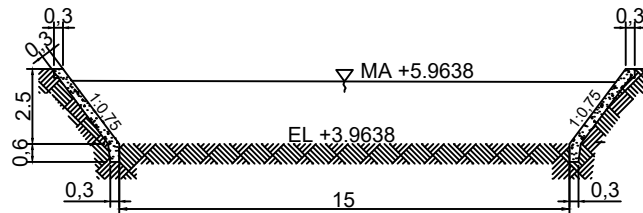
184



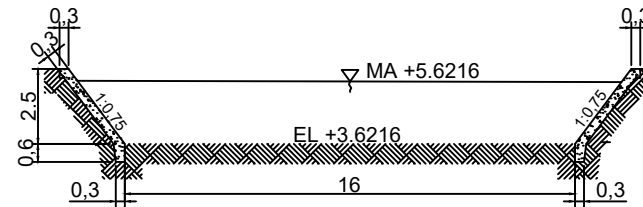
GEOMETRI SAL 1
SKALA 1:250



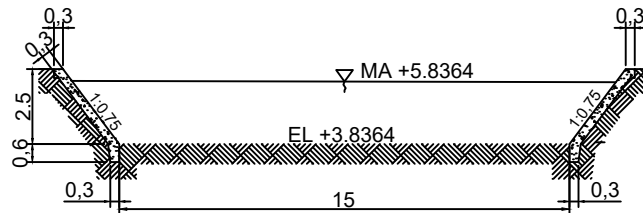
GEOMETRI SAL 5
SKALA 1:250



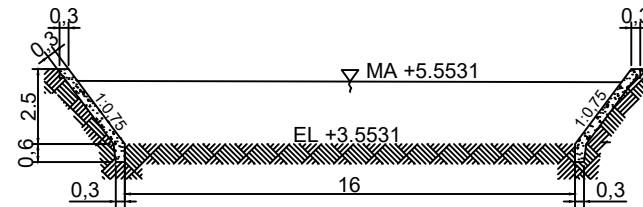
GEOMETRI SAL 2
SKALA 1:250



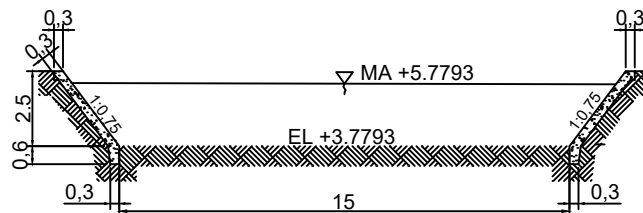
GEOMETRI SAL 6
SKALA 1:250



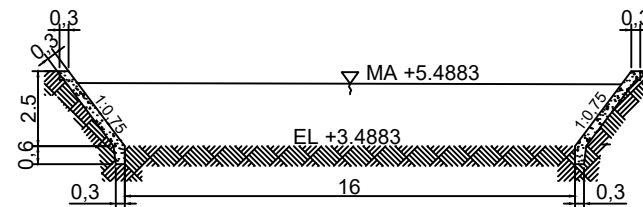
GEOMETRI SAL 3
SKALA 1:250



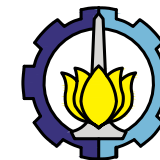
GEOMETRI SAL 7
SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 4
SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 8
SKALA 1:250



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

GEOMETRI SALURAN RENCANA

SKALA GAMBAR

1:250

SATUAN

Meter

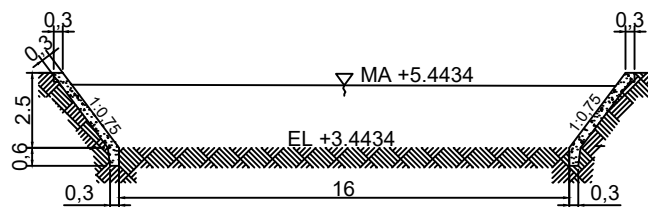
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR

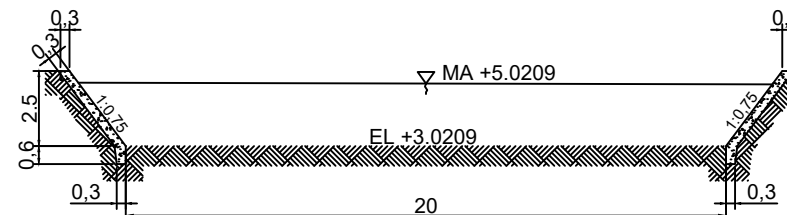
LAMPIRAN
5.13

HALAMAN

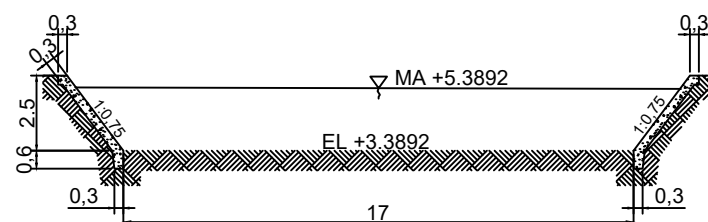
185



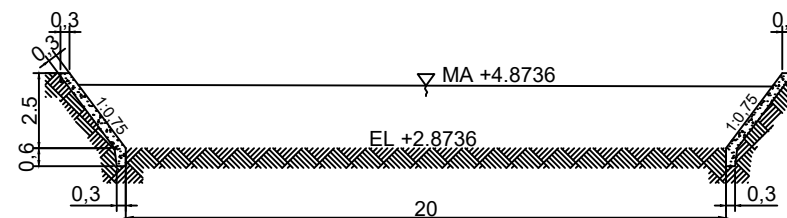
GEOMETRI SAL 9
SKALA 1:250



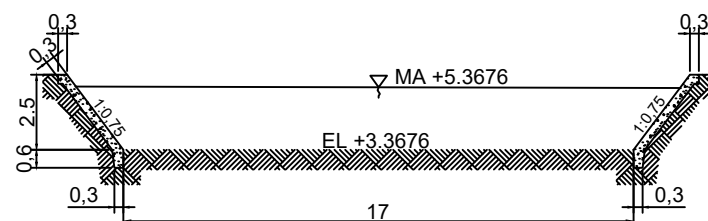
GEOMETRI SAL 13
SKALA 1:250



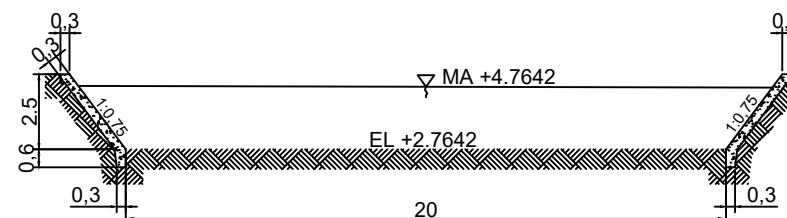
GEOMETRI SAL 10
SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 14
SKALA 1:250



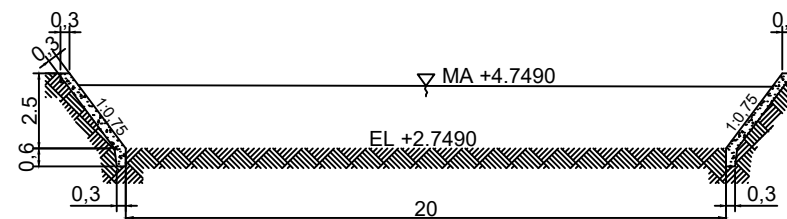
GEOMETRI SAL 11
SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 15
SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 12
SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 16
SKALA 1:250



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

GEOMETRI SALURAN RENCANA

SKALA GAMBAR

1:250

SATUAN

Meter

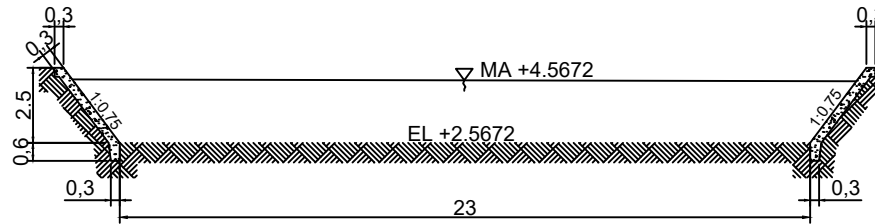
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR

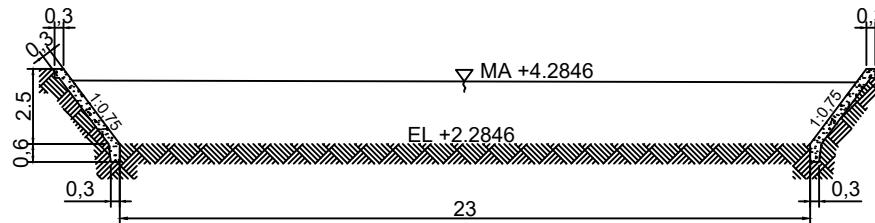
LAMPIRAN
 5.14

HALAMAN

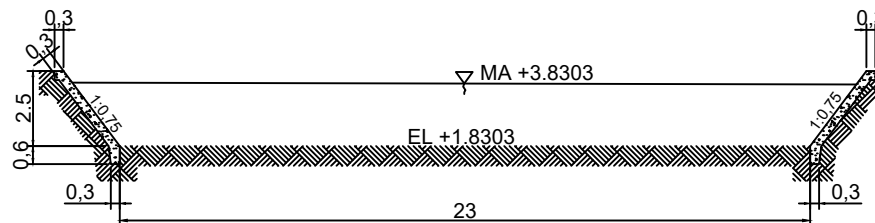
186



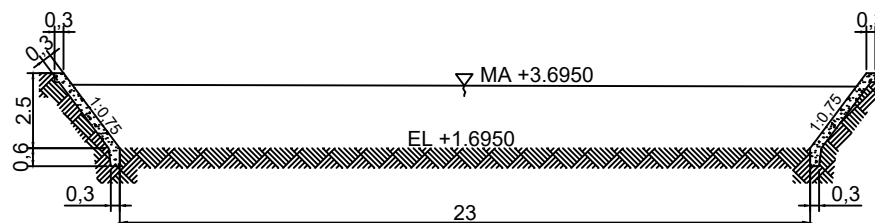
GEOMETRI SAL 17
 SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 18
 SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 19
 SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 20
 SKALA 1:250



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

GEOMETRI SALURAN RENCANA

SKALA GAMBAR

1:250

SATUAN

Meter

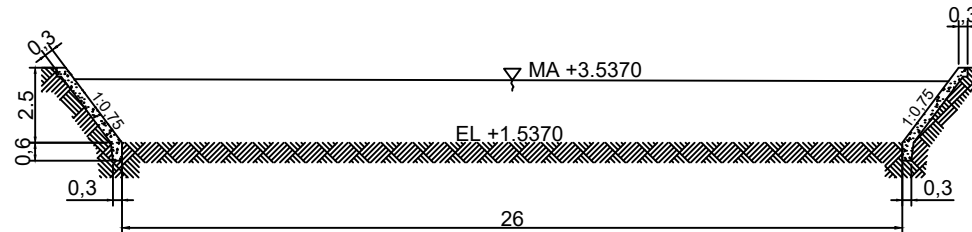
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR

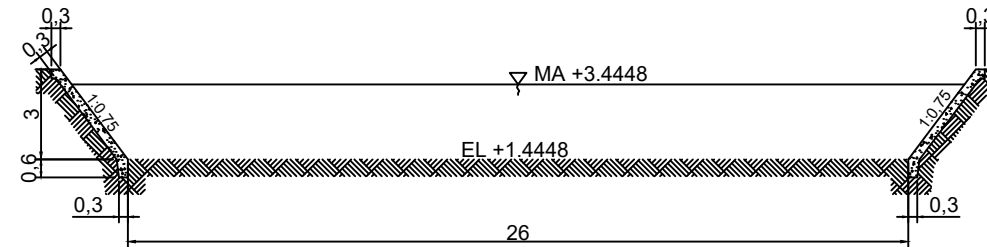
LAMPIRAN
 5.15

HALAMAN

187



GEOMETRI SAL 21
 SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 22
 SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 23
 SKALA 1:250



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

GEOMETRI SALURAN RENCANA

SKALA GAMBAR

1:250

SATUAN

Meter

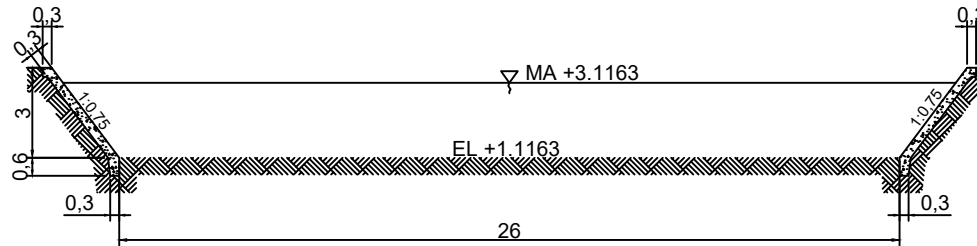
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR

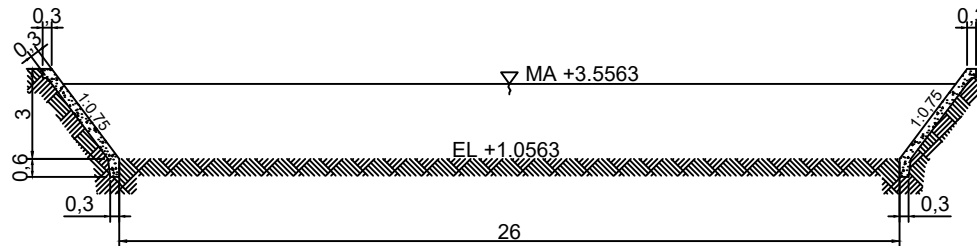
LAMPIRAN
5.16

HALAMAN

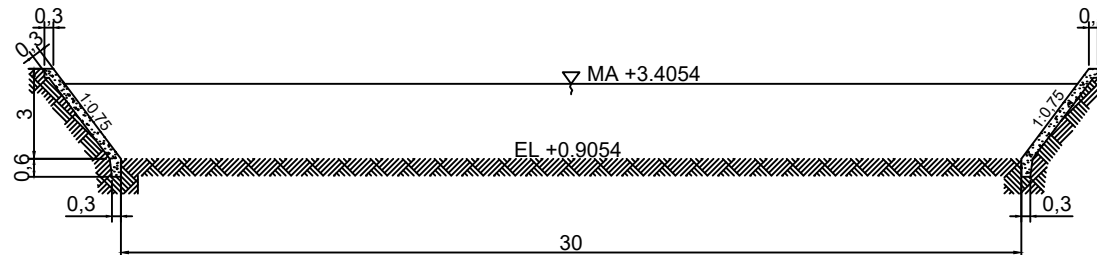
188



GEOMETRI SAL 24
SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 25
SKALA 1:250



GEOMETRI SAL 26
SKALA 1:250



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

WATER ELEVATION PROFILE

SKALA GAMBAR

N/A

KETERANGAN GAMBAR

KONDISI SAAT ELEVASI MUKA AIR *NODE*
 KOLAM POMPA MAKSIMUM

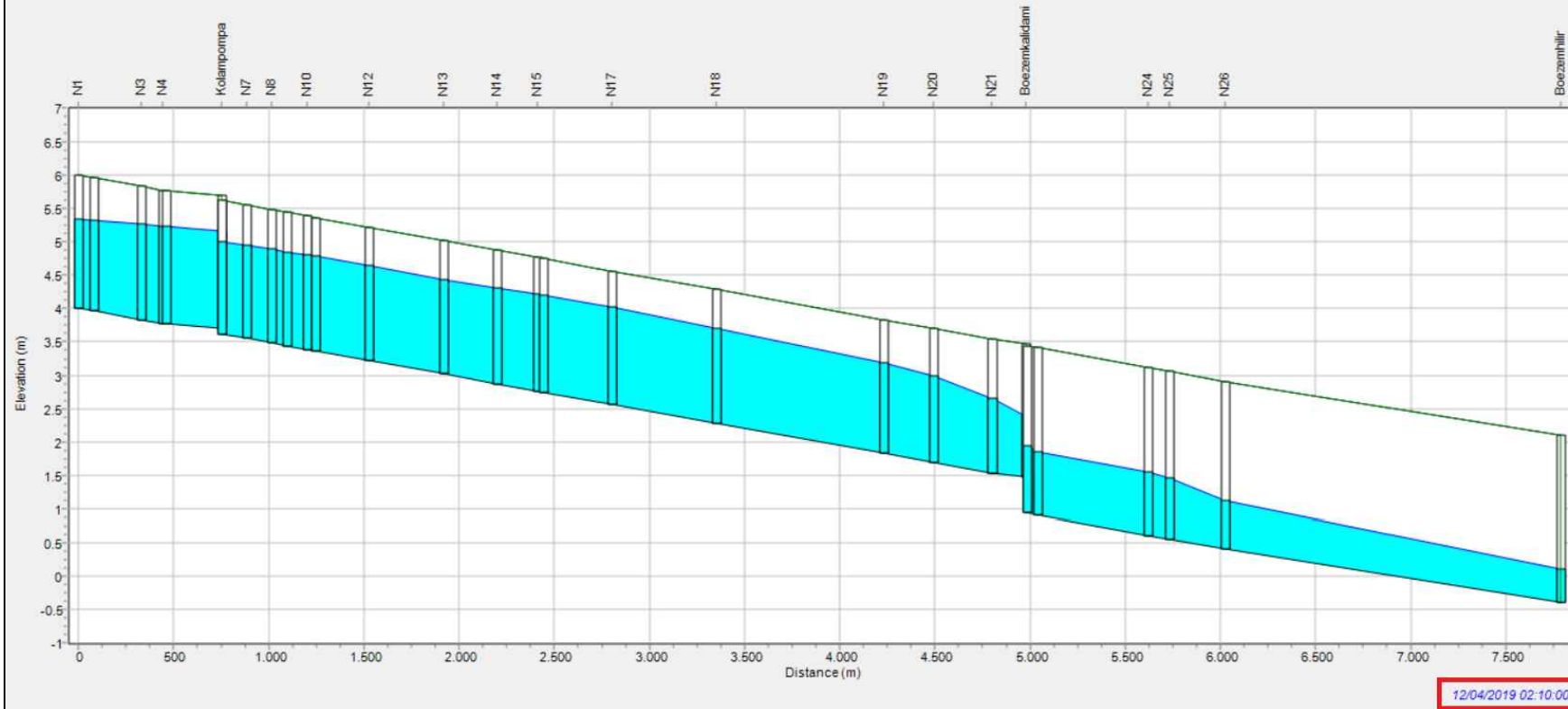
NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
 5.17

HALAMAN

189

Water Elevation Profile: Node N1 - Outfall



WATER ELEVATION PROFILE
 SKALA N/A



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

WATER ELEVATION PROFILE

SKALA GAMBAR

N/A

KETERANGAN GAMBAR

KONDISI SAAT ELEVASI MUKA AIR *NODE*
BOEZEM KALIDAMI MAKSIMUM

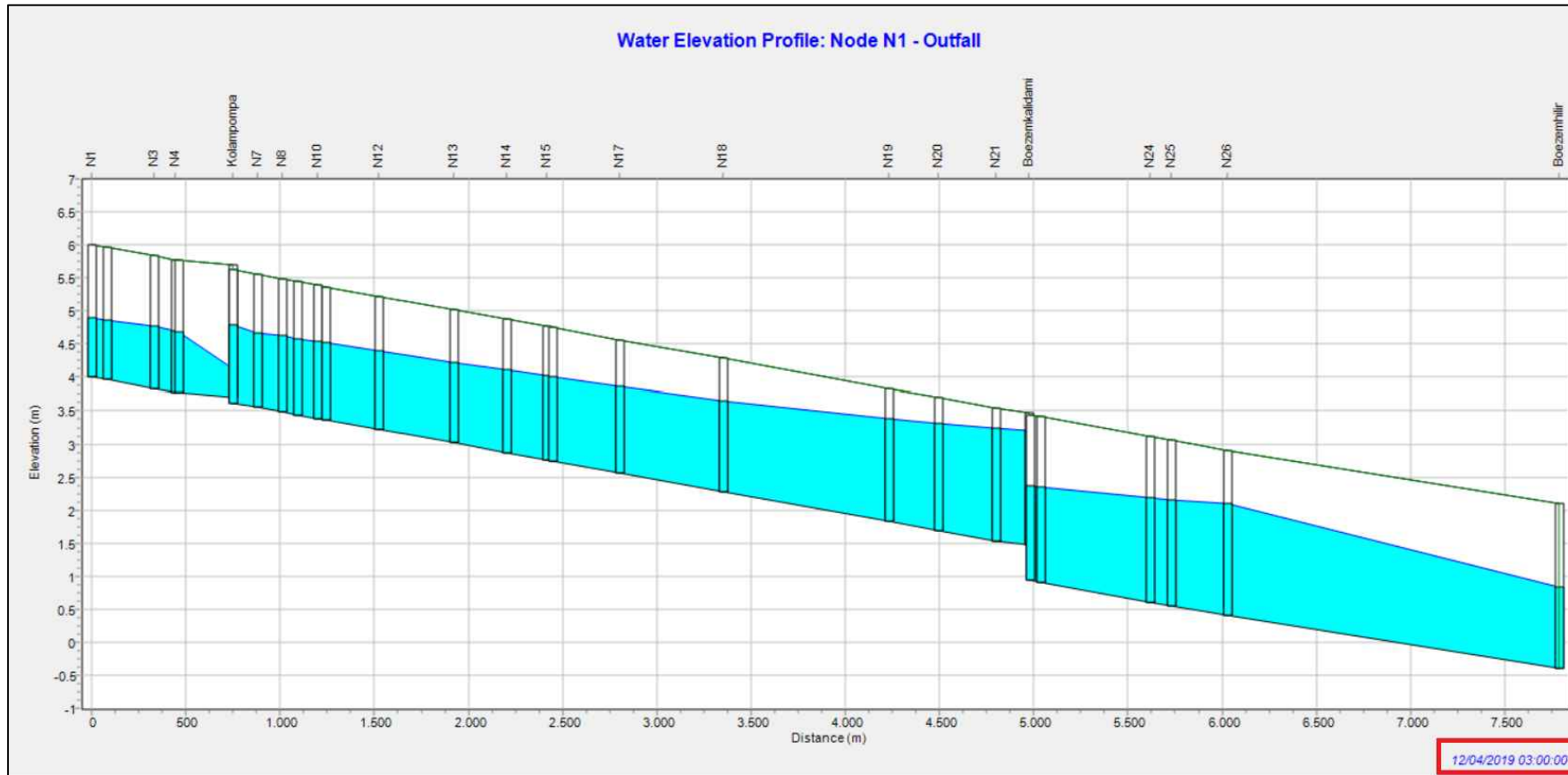
NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
5.18

HALAMAN

190

Water Elevation Profile: Node N1 - Outfall





JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

WATER ELEVATION PROFILE

SKALA GAMBAR

N/A

KETERANGAN GAMBAR

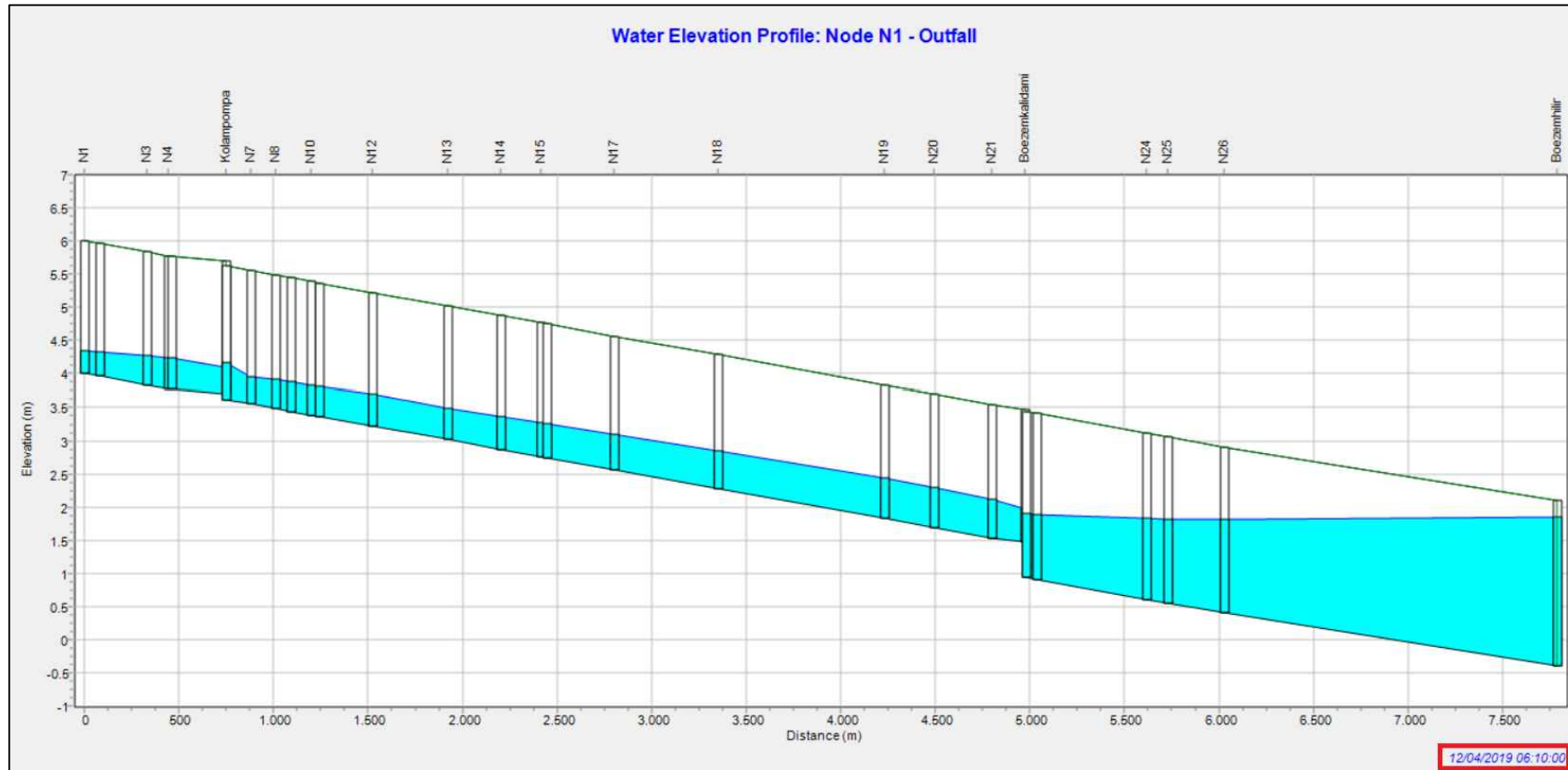
KONDISI SAAT ELEVASI MUKA AIR *NODE*
BOEZEM HILIR MAKSIMUM

NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
5.19

HALAMAN

191



WATER ELEVATION PROFILE

SKALA N/A



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umoro Lasminto, ST., M.Sc

JUDUL GAMBAR

DENAH BOEZEM HILIR
 DENAH POMPA DAN PINTU AIR HILIR

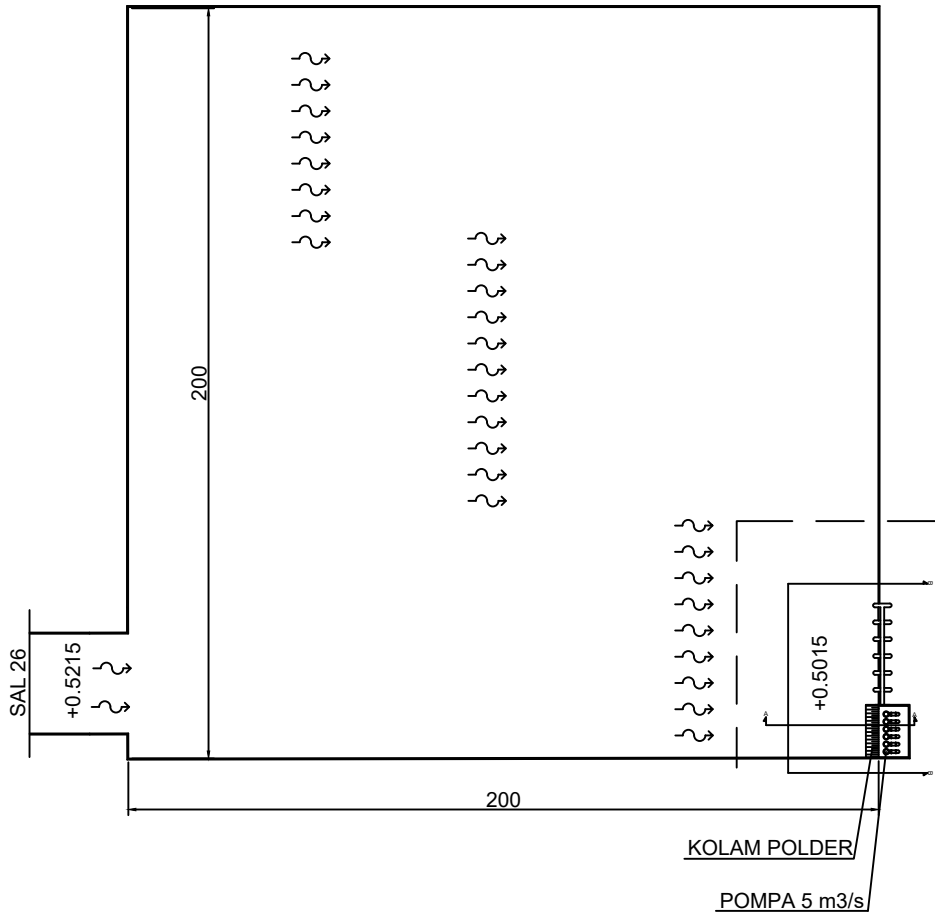
SKALA GAMBAR SATUAN

1:2000 Meter

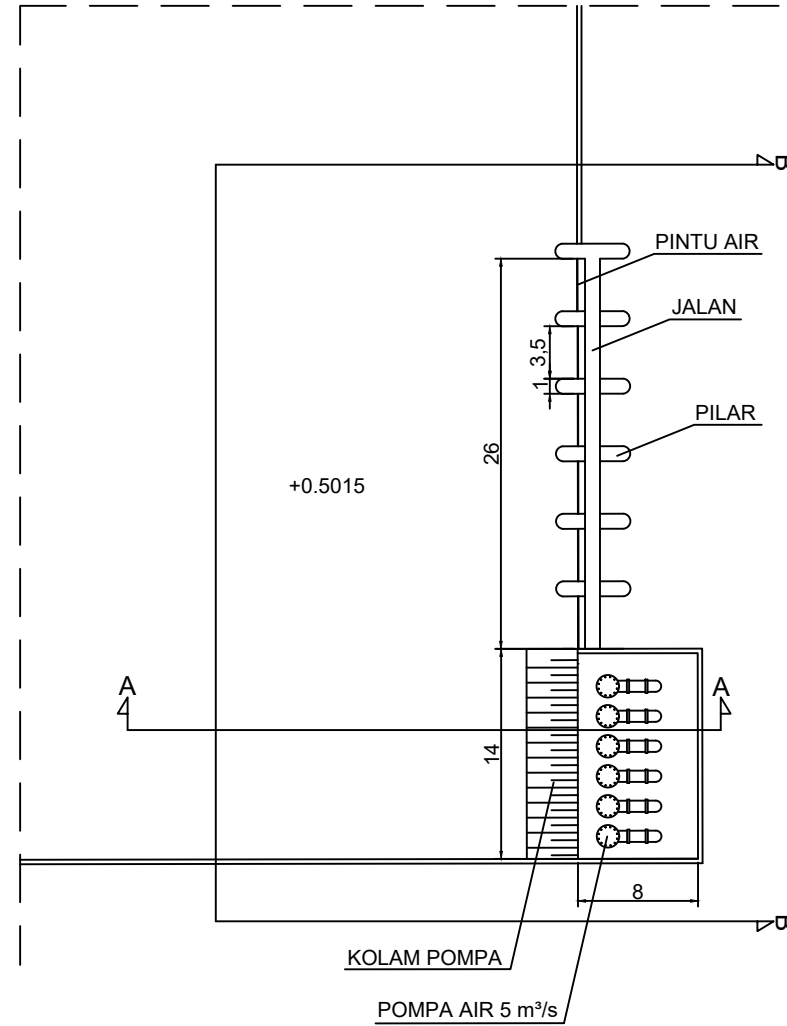
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR HALAMAN

LAMPIRAN 5.20 192



DENAH BOEZEM HILIR
 SKALA 1:2000



DENAH POMPA DAN PINTU AIR HILIR
 SKALA 1:500



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *BOEZEM*, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A *BOEZEM* HILIR
 POTONGAN B-B *BOEZEM* HILIR

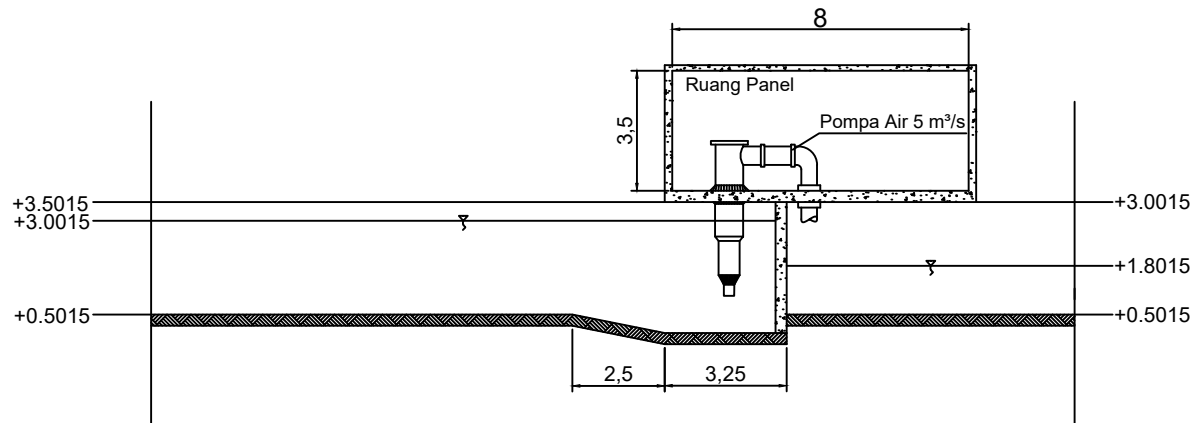
SKALA GAMBAR **SATUAN**

1:200 Meter

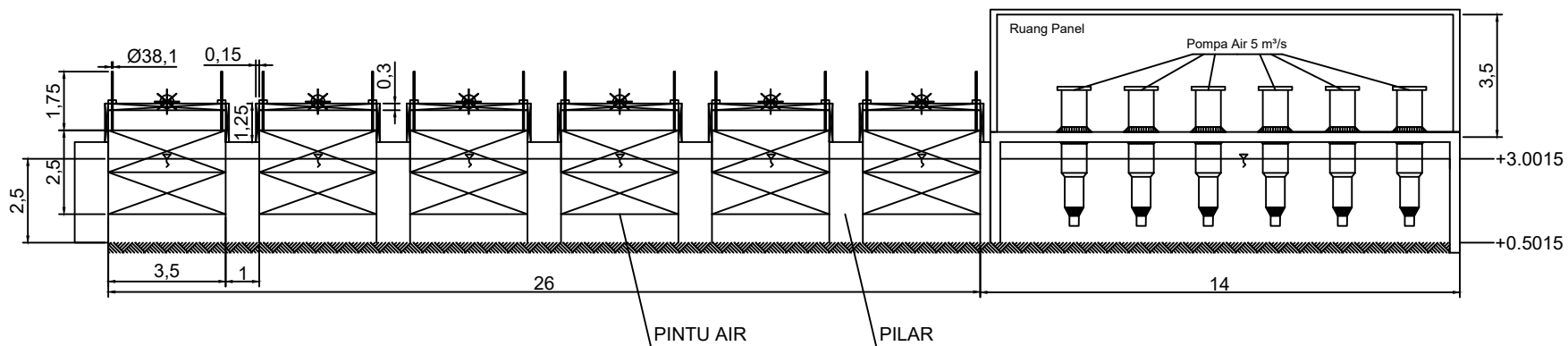
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR **HALAMAN**

LAMPIRAN
 5.21 193



POTONGAN A-A BOEZEM HILIR
 SKALA 1:200



POTONGAN B-B BOEZEM HILIR
 SKALA 1:200



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
 PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
 KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDIO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

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

JUDUL GAMBAR

DETAIL PINTU AIR HILIR

SKALA GAMBAR

1:50

SATUAN

Meter

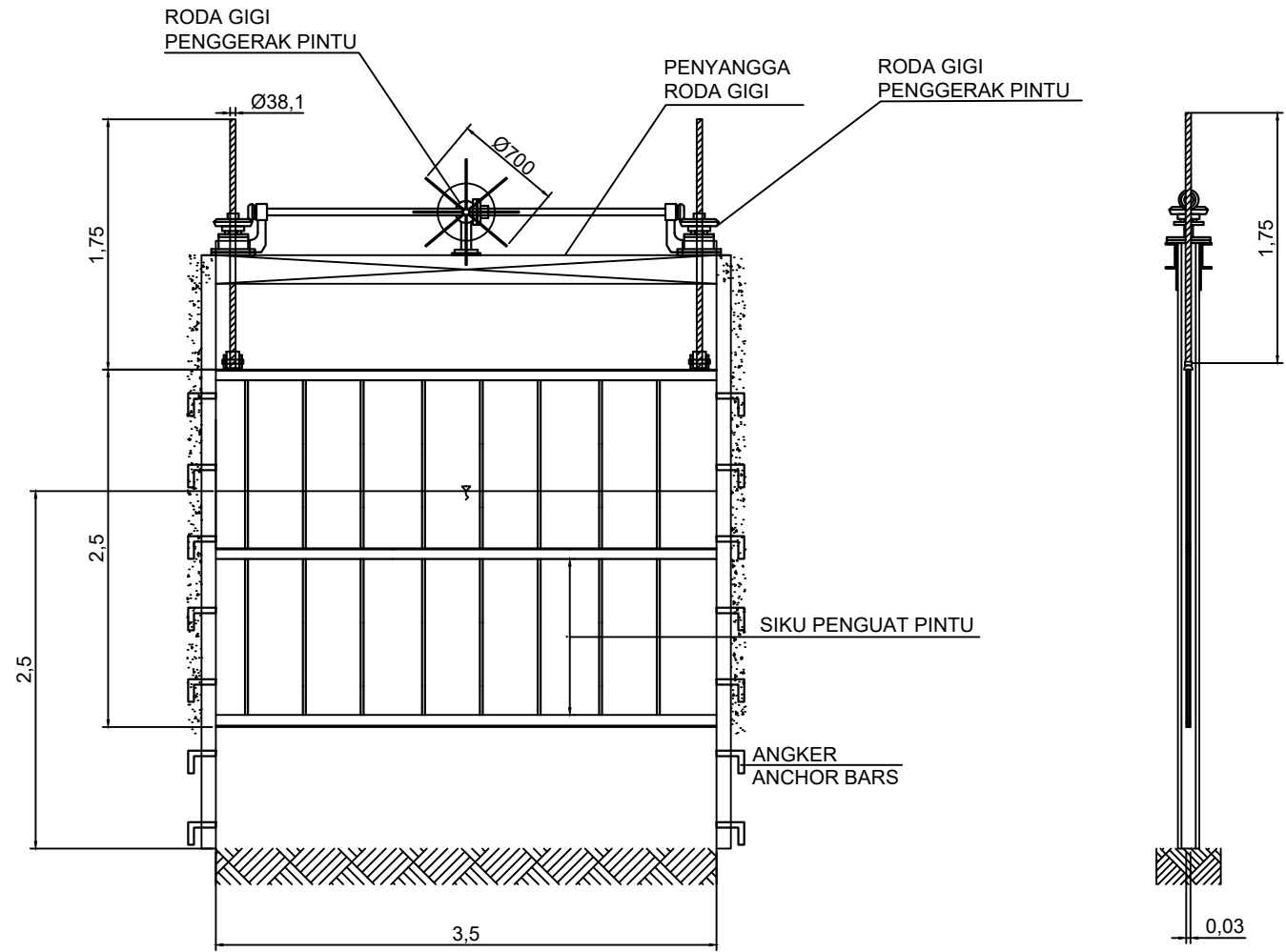
KETERANGAN GAMBAR

NOMOR GAMBAR

LAMPIRAN
 5.22

HALAMAN

194



DETAIL PINTU AIR HILIR
 SKALA 1:50

DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN
PINTU AIR DI BAGIAN HILIR SAURAN
KALIDAMI SURABAYA TIMUR

NAMA MAHASISWA

ALDJO MAULUDY

NRP MAHASISWA

0311164000091

NAMA DOSEN PEMBIMBING

Dr.techn. Umboro Lasmino, ST., M.Sc

JUDUL GAMBAR

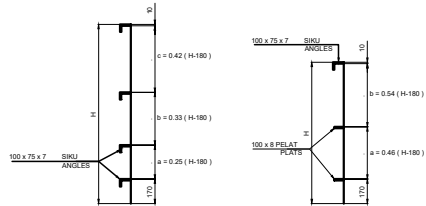
REFERENSI DETAIL PINTU AIR

SKALA GAMBAR

N/A

KETERANGAN GAMBAR

DENAH HORIZONTAL PENGUAT PELAT
LAY OUT OF HORIZONTAL SKINPLATE STIFFENERS



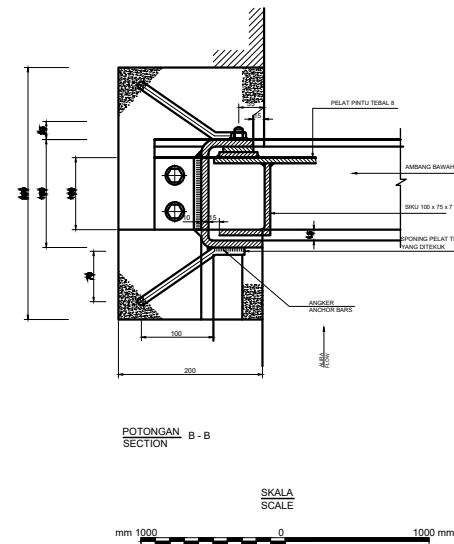
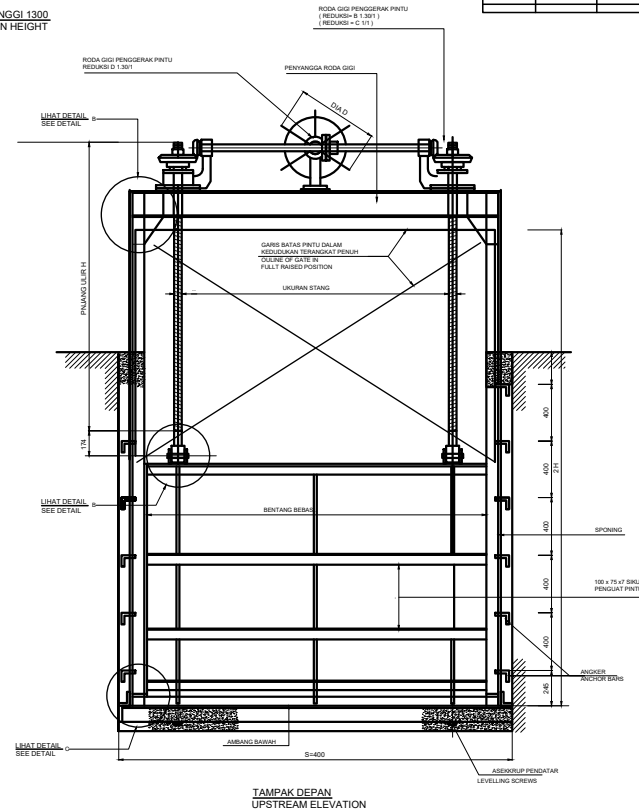
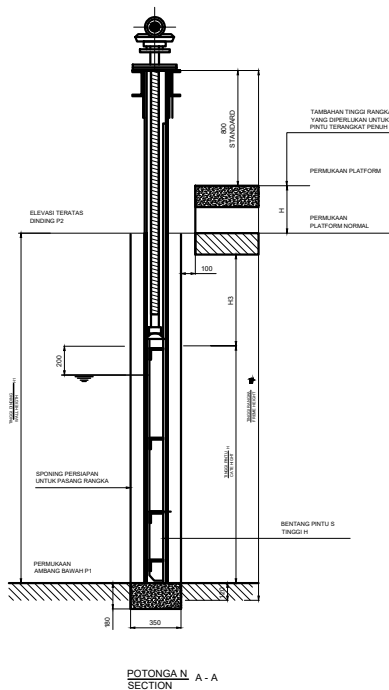
UNTUK PINTU TINGGI LEBIH DARI 1300
FOR GATES OVER 1300 IN HEIGHT

UNTUK PINTU SAMPAI TINGGI 1300
FOR GATES UP TO 1300 IN HEIGHT

- CATATAN:
1. SEBUAH GAMBAR PINTU SORONG UNTUK SALURAN DAN GORONG-GORONG SUBURBAN LEMBAR
 2. GAMBAR INI DIBACA BERIKUTAN DENGAN GAMBAR NO. WD 124
 3. BENTUK LINTAS RODA GIGI PENGGERAK PINTU TYP. AB. C. DAN D. PERUSAHAAN GAMBAR NO. WD 100 WD 117 WD 118 DAN WD 119
 4. SEMUA UKURAN DALAM MILIMETER KECUALI DITENTUKAN LAIN
 5. SEMUA LAD SURUT PALANG 8MM KECUALI DITENTUKAN LAIN
 6. SEMUA SAMA BESAR BENTUK YANG DITENTUKAN

TYP. PINTU	BATAS BENTANG BERSI	BATAS TINGGI PINTU	TINGGI PINTU	JARAK ANTARA SISI-SISI PINTU SAMPAI ELEVASI TERATAK DINDING	TINGGI DINDING	TINGGI RANGKA	TINGGI PELAT FORM	PANJANG STANG	UKURAN STANG	DIAMETER RODA GIGI
GATE TYPE	CLEAR HEIGHT RANGE	GATE HEIGHT RANGE	GATE HEIGHT	DISTANCE FROM TOP OF GATE TO TOP OF WALL	WALL HEIGHT	FRAME HEIGHT	PLAT FRAME HEIGHT	SPRINCLE HEIGHT	SPRINCLE SIZE	
(S)	(H)	(H)	(H)	(H1)	(H2)	(H4)	(H5,H6)			
5 A	1200 To 1500	700 To 900	700	300	1000	1920	0	1450	48 x 8	B.500
			800	300	1500	2420	0	1950	48 x 8	B.500
			900	300	1200	2220	100	1550	48 x 8	B.500
			800	300	1700	2620	0	1950	48 x 8	B.500
6 A	1600 To 2000	950 To 1300	950	300	1250	2320	15	1600	54 x 8	B.500
			800	300	1750	2670	0	1950	54 x 8	B.500
			1300	300	1600	3020	500	1950	54 x 8	C.700
			800	300	2100	3020	0	1950	54 x 8	C.700
7 A	2100 To 2500	1350 To 1700	1350	300	1650	3120	550	2000	60 x 8	C.700
			800	300	2150	3120	50	2000	60 x 8	C.700
			3820	300	2000	3820	900	2350	60 x 8	C.700
			800	300	2500	3820	400	2350	60 x 8	C.700

TABEL BAGIAN YANG SETANDAR
TABLE OF STANDARD COMPONENTS



STANDAR PERENCANAAN IRIGASI STANDAR BANGUNAN UKUR

STANDAR PINTU
PINTU SORONG UNTUK KANAL
SUSUNAN LEMBAR 1

WD 105



NOMOR GAMBAR	HALAMAN
LAMPIRAN 5.23	195

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Aldio Mauludy yang biasa dipanggil Aldio atau Maul. Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 24 Juli 1998 sebagai anak kedua dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Angkasa IV (Jakarta), SMP PB Soedirman (Jakarta), dan SMA Labschool Jakarta (Jakarta). Kemudian, penulis diterima di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknis Sipil, Kebumihan, dan Lingkungan ITS pada tahun 2016 melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111640000091. Selama masa perkuliahan, penulis aktif diberbagai kepanitiaan seperti Wisuda 116 Himpunan Mahasiswa Sipil 2016 sebagai koordinator lapangan, Dies Natalis Teknik Sipil ITS 60th 2017 sebagai staff *public relation*, ITS Basketball League 2017 sebagai staff kesehatan, Civil Expo 2018 sebagai staff *liaison officer*, dan ITS Open 2018 sebagai staff *liaison officer*. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil FTSP-ITS periode 2017/2018 sebagai staff Departemen Dalam Negeri dan pada periode 2018/2019 sebagai Kepala Departemen Dalam Negeri. Penulis pernah menempuh beberapa pelatihan seperti LKMM Pra-TD Reason 2016, LKMW TD 2017, LKMM TD Pondasi 2017, dan LKMM TM Bumi 2018. Penulis juga mengikuti kegiatan pengabdian masyarakat selama perkuliahan. Penulis berharap Tugas Akhir ini mampu menjadi salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah drainase khususnya pada DAS Kalidami dan bermanfaat bagi para pembaca, apabila pembaca ingin berdiskusi, memberi kritik, dan/atau memberi saran dapat melalui e-mail: aldiomauludy24@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan



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

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Dr. techn. Umboro Lasmino, ST. MSc
NAMA MAHASISWA	: Aldio Mauludy
NRP	: 03111640000091
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Boezem, Pompa, dan Pintu Air di Bagian Hilir Saluran Kalidami Surabaya Timur
TANGGAL PROPOSAL	: 11 September 2019
NO. SP-MMTA	: B/80042/IT-2.VI.4.1/PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	2/10/19	→ Data hujan → Data Peta das	→ Curah hujan rencana → koefisien aliran	
2.	17/10/19	→ Curah hujan rencana 10 tahun → Data cross & Long section kalidami	→ koefisien aliran	
3.	6/11/19	→ cara pengerjaan dan modul SWMM	→ debit banjir rencana (Q hidrologi)	
4.	21/11/19	→ cara pengerjaan + data-data yang harus diinput	→ debit banjir rencana (Q hidrologi)	
5.	9/12/19	→ Subcatchment + conduit + Junction + raingag	→ debit banjir rencana (Q hidrologi) selesai → running simulation	
	30/12	gambar denah, fotozone dan data Boezem, runing Pongp. dan pintu.		

