



**KAJIAN EVALUASI SISTEM DRAINASE JALAN SRIKOYO  
KECAMATAN PATRANG KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

oleh

Rusydina Tamimi  
NIM 111910301081

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S1)  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**KAJIAN EVALUASI SISTEM DRAINASE JALAN SRIKOYO  
KECAMATAN PATRANG KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

Rusydina Tamimi  
NIM 111910301081

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S1)  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

1. Allah SWT yang Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapakku Sri Rohmanto dan Mamaku Supartiana atas kasih sayang, pengorbanan dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Adik-adik yang aku sayangi, Dzaki Nuzuli F. dan Yunand Nidzar R.A
4. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember Angkatan 2011.

**MOTTO**

“Sesungguhnya dibalik dan sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(Qs. Al Insyrah 6-8)

“Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kali kita jatuh.”

(Confusius)

"Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi."

(Ernest Newman)

"Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak."

(Aldus Huxley)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Rusydina Tamimi

NIM : 111910301081

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Kajian Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Patrang Kabupaten Jember" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2015

Yang menyatakan,

Rusydina Tamimi

NIM 111910301081

**SKRIPSI**

**KAJIAN EVALUASI SISTEM DRAINASE JALAN SRIKOYO  
KECAMATAN PATRANG KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Rusydina Tamimi  
NIM 111910301081

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Kajian Evaluasi Sistem Drainase Jalan Srikoyo Kecamatan Patrang Kabupaten Jember” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing I

Pembimbing II

Sri Wahyuni., ST., MT., Ph.D  
NIP. 19711209 199803 2 001

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM  
NIP. 19661215 199503 2 001

Penguji I,

Penguji II,

Wiwik Yunarni, W., ST.,MT  
NIP. 19700613 199802 2 001

M. Farid Ma'ruf., ST.,MT.,Ph.D  
NIP. 19721223 199803 1 002

Mengesahkan  
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001



## RINGKASAN

**Kajian Evaluasi Sistem Drainase Jalan Srikoyo, Kecamatan Patrang Kabupaten Jember;** Rusydia Tamimi, 111910301081; 2015: 78 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat mengakibatkan daerah perkotaan mengalami pembangunan yang sangat signifikan sehingga menyebabkan kebutuhan akan lahan hunian semakin meningkat. Beralih fungsinya tata guna lahan dari daerah terbuka menjadi lahan hunian ini menyebabkan daerah resapan air hujan pada pemukiman penduduk mengalami penurunan sehingga menyebabkan genangan air dan banjir. Kondisi drainase yang kurang memadai dan terlalu tingginya intensitas hujan, juga menjadi salah satu penyebab meluapnya tampungan drainase.

Setiap musim penghujan Jalan Srikoyo selalu tergenang air bahkan terjadi banjir. Terjadinya genangan di Jalan Srikoyo diakibatkan oleh area resapan air hujan tidak seimbang dengan pesatnya wilayah pemukiman. Selain itu, saluran drainase di sepanjang ruas Jalan Srikoyo kurang memadai dan tidak dapat berfungsi dengan baik untuk menampung air hujan. Dengan adanya permasalahan ini, maka perlu dilakukan evaluasi sistem drainase yang mampu mengatasi genangan sehingga Jalan Srikoyo dapat terbebas dari genangan dan banjir. Proses evaluasi ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis hidrologi untuk menentukan debit pemodelan maksimal yang digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase yang ada. Dimana *output* perhitungan analisis hidrologi berupa intensitas hujan yang diperlukan sebagai data inputan untuk pemodelan *SWMM*.

Dari evaluasi menggunakan *software* *SWMM*, terdapat beberapa titik genangan pada kala ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun. Pada kala ulang 1 tahun terdapat 3 titik lokasi yang mengalami banjir, kala ulang 2 tahun terdapat 10 titik lokasi banjir, kala ulang 5 tahun terdapat 18 titik lokasi banjir dan kala ulang 10 tahun terdapat 19 titik lokasi yang mengalami banjir.



Dalam mengatasi genangan dan banjir diperlukan perencanaan ulang drainase guna menciptakan kenyamanan bagi warga sekitar. Perencanaan ulang dilakukan dengan mengubah elevasi dan dimensi pada saluran yang mengalami banjir hingga saluran mampu menampung limpasan air yang menuju saluran. Selain itu pengerukan sedimen dan pemeliharaan saluran secara berkala, juga merupakan salah satu upaya guna meminimalisir terjadinya genangan dan banjir pada Jalan Srikoyo.



## SUMMARY

**Study Evaluation of Road Drainage Systems Srikoyo, District patrang jember Regency;** Rusydina Tamimi; 111910301081; 2015: 78 pages; Civil Engineering Departement, Faculty of Engineering, University of Jember.

Increasingly rapid population growth in urban areas resulted in a very significant development that led to the need for residential land increased. Function switch land use from open areas into residential land is causing rain water catchment areas in residential areas has decreased, causing waterlogging and flooding. Inadequate drainage conditions and too high intensity of rain, is also one of the causes of the overflow of the drainage catchment.

Every rainy season road Srikoyo always flooded even flooding. Srikoyo street ponding caused by rain water catchment area is not balanced with the rapid residential areas. In addition, drainage channels along Jalan Srikoyo inadequate and unable to function properly to collect rain water. With the existence of this problem, it is necessary to evaluate the drainage system which is able to cope with inundation so Jalan Srikoyo be free from inundation and flooding. The evaluation process was conducted using hydrological analysis method for determining the maximum discharge modeling is used to evaluate the capacity of the existing drainage channels. Wherein the output calculation hydrological analysis in the form of rainfall intensity is required as input data for modeling SWMM.

Of evaluation using SWMM software, there are several points puddle on when reset 1, 2, 5 and 10 years. On the one year anniversary when there are 3 point locations experiencing flooding, return period of 2 years there are 10 locations of the flood, when the 5-year anniversary, there are 18 locations of flooding and the return period of 10 years there were 19 point locations experiencing flooding.

In addressing inundation and flood drainage redesign required to create convenience for local residents. Re-planning is done by changing the elevation and the dimensions of the channels were flooded up to the channel able to accommodate

runoff water into the channel. Besides dredging sediment and periodic maintenance of channels, also is an effort to minimize the occurrence of inundation and flooding on the road Srikoyo.



## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Evaluasi Sistem Drainase Jalan Srikoyo Kecamatan Patrang Kabupaten Jember”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Utama;
3. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. Wiwik Yunarni S, ST., MT., selaku Dosen Penguji Utama;
5. M. Farid Ma'ruf, ST., MT., Ph.D, selaku Dosen Penguji Anggota;
6. Kedua orang tua dan kedua saudaraku yang telah memberikan dukungan moril dan materiil selama penyusunan skripsi ini;
7. Adik-adik yang aku sayangi, Dzaki Nuzuli F. dan Yunand Nidzar R.A;
8. Yudha Megantara atas bantuan, waktu, motivasi dan kesabaran yang telah diberikan.
9. Kelompok drainase, Nala Hakam A, Yohana Kristanti, Ayu Prativi, Agustina C.N, Eko Erly W, Moch Fuat dan M. Riduwan yang telah membantu dalam melakukan pengambilan data;
10. Ucond, Bleki, Andiani dan teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember Angkatan 2011 atas dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi ini;

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMARRY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Drainase</b> .....	4
2.1.1 Klasifikasi Drainase .....	4
2.1.2 Pola Jaringan Drainase .....	6
<b>2.2 Analisis Hidrologi</b> .....	9
2.2.1 Analisis Frekuensi Hujan .....	9
2.2.2 Pemilihan Jenis Distribusi .....	11

2.2.3 Analisis Curah Hujan Rencana.....	12
2.2.4 Uji Kecocokan .....	17
2.2.5 Analisis Intensitas Hujan.....	18
<b>2.3 Evaluasi Genangan dengan Pemodelan EPA SWMM 5.0 ....</b>	<b>20</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Sistematika Penelitian .....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Pengumpulan Data .....	28
3.2.2 Survei Lapangan.....	29
3.2.3 Analisa Data .....	29
3.2.4 Pemodelan Menggunakan <i>Software</i> EPA SWMM 5.0 .....	31
<b>3.3 Flowchart.....</b>	<b>33</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Analisi Hidrologi.....</b>	<b>35</b>
4.1.1 Data Curah Hujan.....	35
4.1.2 Analisis Frekuensi Hujan .....	36
4.1.3 Pemilihan Jenis Distribusi.....	37
4.1.4 Uji Probabilitas.....	38
4.1.5 Curah Hujan Rencana.....	39
4.1.6 Analisis Intensitas Hujan.....	40
<b>4.2 Kondisi Topografi.....</b>	<b>41</b>
4.2.1 Situasi Topografi Jalan Srikoyo .....	42
4.2.2 Situasi Topografi Jalan Langsep .....	43
<b>4.3 Sistem Jaringan Drainase.....</b>	<b>44</b>
4.3.1 Sistem Jaringan Drainase Sungai Bintoro .....	44
4.3.2 Sistem Jaringan Drainase Sungai Perumnas .....	45
4.3.3 Sistem Jaringan Drainase Irigasi Srikoyo .....	46
4.3.4 Sistem Jaringan Drainase Sungai Patrang.....	47
<b>4.4 Kalibrasi Pemodelan SWMM.....</b>	<b>49</b>
<b>4.5 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrolika.....</b>	<b>49</b>

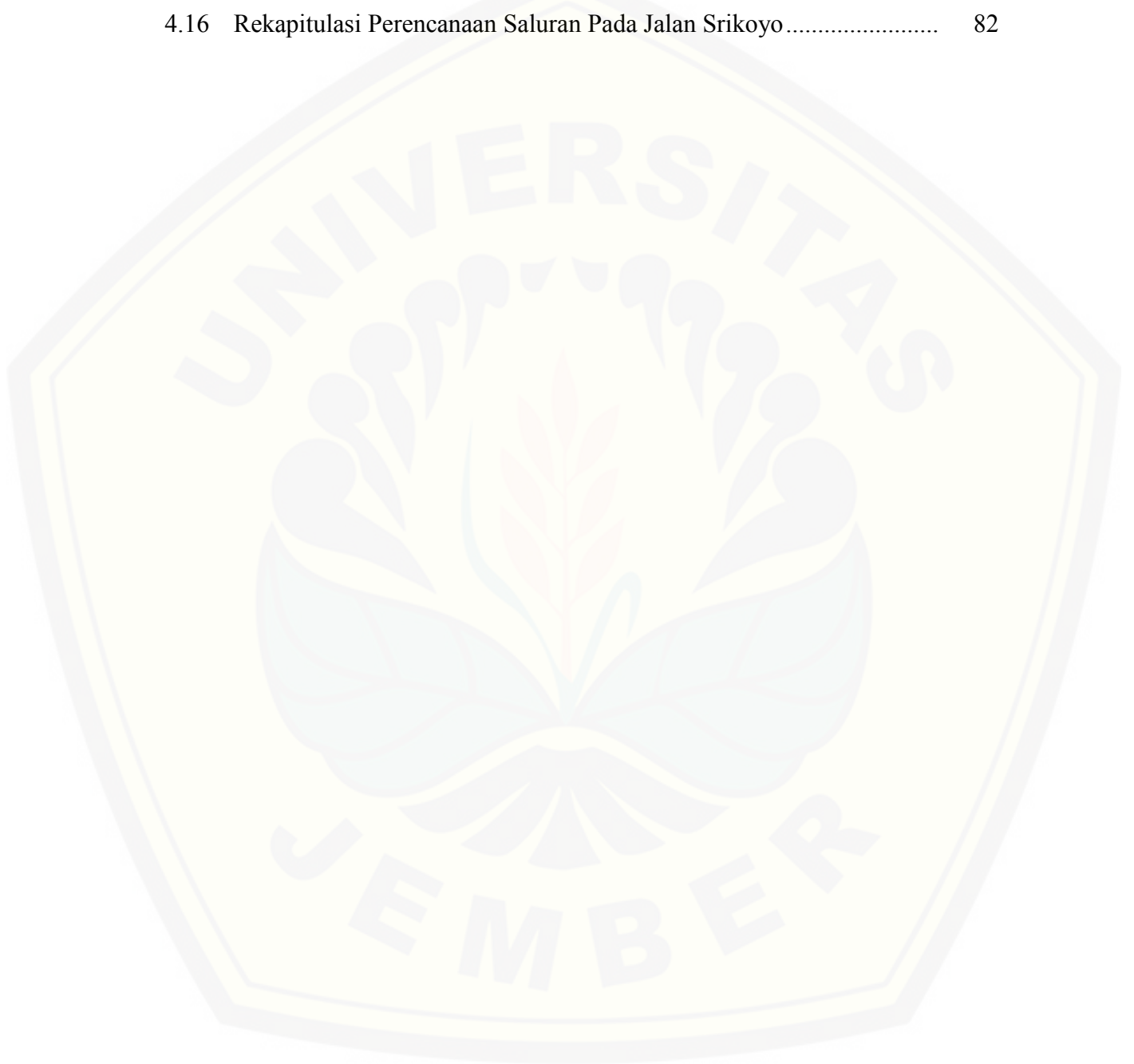


<b>4.6 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrolik Saluran .....</b>	<b>49</b>
4.5.1 <i>Node</i> Banjir Pada Saluran Srikoyo 1 .....	50
4.5.2 <i>Node</i> Banjir Pada Saluran Srikoyo 4 .....	51
4.5.3 <i>Node</i> Banjir Pada Saluran Srikoyo 7 .....	55
4.5.4 <i>Node</i> Banjir Pada Saluran Srikoyo 8 .....	56
4.5.5 <i>Node</i> Banjir Pada Saluran Srikoyo 9 .....	60
<b>4.7 Perencanaan Saluran Drainase pada Jalan Srikoyo .....</b>	<b>64</b>
4.6.1 Saluran Srikoyo 1 (J5, J7 dan J9) .....	64
4.6.2 Saluran Srikoyo 4 (J22, J34, J80 dan J96) .....	66
4.6.3 Saluran Srikoyo 7 (J47) .....	68
4.6.4 Saluran Srikoyo 8 (J55, J57, J59, J61, J63, J65 dan J67)..	69
4.6.5 Saluran Srikoyo 9 (J52, J54, J56 dan J71) .....	72
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>76</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Syarat-Syarat Distribusi .....	12
2.2 <i>Reduced Mean</i> ( $Y_n$ ) .....	13
2.3 <i>Reduced Standard Deviation</i> ( $S_n$ ) .....	14
2.4 <i>Reduced Variate</i> ( $Y_t$ ) .....	14
2.5 Nilai Variabel Reduksi <i>Gauss</i> .....	14
2.6 Nilai k untuk Distribusi Log Person III .....	16
2.7 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan & Tata Guna Lahan .....	19
2.8 Harga Infiltrasi dan Berbagai Jenis Tanah .....	21
2.9 <i>Curve Number</i> Tutupan Lahan .....	22
2.10 Koefisien Kekasaran <i>Manning</i> .....	26
3.1 Penentuan Periode Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota .....	30
4.1 Data Curah Hujan .....	35
4.2 Perhitungan Besaran Statistik Dasar X, Si, Cs, dan Ck Debit Maksimum.....	36
4.3 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Dasar untuk Penentuan Pola Distribusi Hujan .....	37
4.4 Perhitungan Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov .....	38
4.5 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person III.....	40
4.6 Perhitungan Intensitas Hujan Jam-Jaman untuk Kala Ulang Tertentu .....	40
4.7 Kemiringan Drainase Sisi Kanan Jalan Srikoyo .....	42
4.8 Kemiringan Drainase Sisi Kiri Jalan Srikoyo .....	43
4.9 Kalibrasi Pemodelan SWMM .....	49
4.10 Rekapitulasi <i>Node</i> Lokasi Banjir Hasil <i>Running SWMM</i> .....	63
4.11 Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 1 (J1, J7 dan J9) .....	65
4.12 Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 4 (J22, J34, J80 dan J96).....	66

4.13	Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 7 (J47) .....	68
4.14	Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 8 (J55, J57, J59, J61, J63, J65 dan J67).....	70
4.15	Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 9 (J52, J54, J56 dan J71).....	72
4.16	Rekapitulasi Perencanaan Saluran Pada Jalan Srikoyo.....	82



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pola Jaringan Siku .....	6
2.2 Pola Jaringan Paralel .....	7
2.3 Pola Jaringan Grid Ion .....	7
2.4 Pola Jaringan Alamiah .....	8
2.5 Pola Jaringan Radial .....	8
2.6 Pola Jaringan Jaring-Jaring .....	8
3.1 Peta Jalan Srikoyo, Kecamatan Patrang .....	27
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	33
3.3 Diagram Alir Proses Pemodelan EPA SWMM 5.0 .....	34
4.1 Kurva Intensitas Hujan Jam-Jaman .....	41
4.2 Sistem Jaringan Drainase Sungai Bintoro .....	44
4.3 Sistem Jaringan Drainase Sungai Perumnas .....	45
4.4 Sistem Jaringan Drainase Irigasi Srikoyo 3 dan Srikoyo 5 .....	46
4.5 Sistem Jaringan Drainase Irigasi Srikoyo 6 dan Srikoyo 7 .....	47
4.6 Sistem Jaringan Drainase Sungai Patrang .....	48
4.7 Potongan Memanjang Saluran J9-O2 (Srikoyo 1) Kala Ulang 2 Tahun.....	50
4.8 Potongan Memanjang Saluran J9-O2 (Srikoyo 1) Kala Ulang 5 Tahun.....	50
4.9 Potongan Memanjang Saluran J9-O2 (Srikoyo 1) Kala Ulang 10 Tahun.....	51
4.10 Potongan Memanjang Saluran J20-J28 (Srikoyo 4) Kala Ulang 5 Tahun .....	52
4.11 Potongan Memanjang Saluran J20-J28 (Srikoyo 4) Kala Ulang 10 Tahun.....	52
4.12 Potongan Memanjang Saluran J34-J81 (Srikoyo 4) Kala Ulang 1 Tahun .....	53

4.13	Potongan Memanjang Saluran J34-J81 (Srikoyo 4) Kala Ulang 2 Tahun.....	53
4.14	Potongan Memanjang Saluran J34-J81 (Srikoyo 4) Kala Ulang 5 Tahun.....	53
4.15	Potongan Memanjang Saluran J34-J81 (Srikoyo 4) Kala Ulang 10 Tahun.....	54
4.16	Potongan Memanjang Saluran J45-J49 (Srikoyo 7) Kala Ulang 5 Tahun .....	55
4.17	Potongan Memanjang Saluran J45-J49 (Srikoyo 7) Kala Ulang 10 Tahun.....	55
4.18	Potongan Memanjang Saluran J61-J103 (Srikoyo 8) Kala Ulang 2 Tahun .....	56
4.19	Potongan Memanjang Saluran J61-J103 (Srikoyo 8) Kala Ulang 5 Tahun.....	57
4.20	Potongan Memanjang Saluran J61-J103 (Srikoyo 8) Kala Ulang 10 Tahun.....	57
4.21	Potongan Memanjang Saluran J63-J84 (Srikoyo 8) Kala Ulang 1 Tahun .....	58
4.22	Potongan Memanjang Saluran J63-J84 (Srikoyo 8) Kala Ulang 2 Tahun.....	58
4.23	Potongan Memanjang Saluran J63-J84 (Srikoyo 8) Kala Ulang 5 Tahun.....	59
4.24	Potongan Memanjang Saluran J63-J84 (Srikoyo 8) Kala Ulang 10 Tahun.....	59
4.25	Potongan Memanjang saluran J60-J102 (Srikoyo 9) Kala Ulang 2 Tahun .....	60
4.26	Potongan Memanjang saluran J60-J102 (Srikoyo 9) Kala Ulang 5 Tahun.....	61
4.27	Potongan Memanjang saluran J60-J102 (Srikoyo 9) Kala Ulang 10 Tahun.....	61

4.28	Potongan Memanjang Saluran J69-J73 (Srikoyo 9) Kala Ulang 5 Tahun .....	62
4.29	Potongan Memanjang Saluran J69-J73 (Srikoyo 9) Kala Ulang 10 Tahun.....	62
4.30	Hasil <i>Running</i> Perencanaan Saluran Srikoyo 1 (J5, J7 dan J9) .....	65
4.31	Hasil <i>Running</i> Perencanaan Saluran Srikoyo 4 (J22) .....	67
4.32	Hasil <i>Running</i> Perencanaan Saluran Srikoyo 4 (J34, J80 dan J96) .....	67
4.33	Hasil <i>Running</i> Perencanaan Saluran Srikoyo 7 (J47) .....	69
4.34	Hasil <i>Running</i> Perencanaan Saluran Srikoyo 8 (J55, J57, J59 dan J61) .....	71
4.35	Hasil <i>Running</i> Perencanaan Saluran Srikoyo 8 (J63, J65 dan J67) .....	71
4.36	Hasil <i>Running</i> Perencanaan Saluran Srikoyo 9 (J52, J54 dan J56) .....	73
4.37	Hasil <i>Running</i> Perencanaan Saluran Srikoyo 9 (J71) .....	73



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Potongan Melintang Drainase Sisi Kanan Jalan Srikoyo
Lampiran 2	Potongan Melintang Drainase Sisi Kiri Jalan Srikoyo
Lampiran 3	Potongan Melintang Drainase Sisi Kanan dan Sisi Kiri Jalan Langsep
Lampiran 4	Peta Arah Aliran Air Jalan Srikoyo
Lampiran 5	Tabel Hasil <i>Subcatchment Runoff Summary SWMM</i>
Lampiran 6	Tabel Hasil <i>Running SWMM</i>
Lampiran 7	Potongan Memanjang Elevasi Rencana Saluran Srikoyo 1
Lampiran 8	Potongan Memanjang Elevasi Rencana Saluran Srikoyo 4
Lampiran 9	Potongan Memanjang Elevasi Rencana Saluran Srikoyo 4
Lampiran 10	Potongan Memanjang Elevasi Rencana Saluran Srikoyo 7
Lampiran 11	Potongan Memanjang Elevasi Rencana Saluran Srikoyo 8
Lampiran 12	Potongan Memanjang Elevasi Rencana Saluran Srikoyo 8
Lampiran 13	Potongan Memanjang Elevasi Rencana Saluran Srikoyo 9
Lampiran 14	Potongan Memanjang Elevasi Rencana Saluran Srikoyo 9
Lampiran 15	Foto Kondisi Lapangan

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat mengakibatkan daerah perkotaan mengalami pembangunan yang sangat signifikan sehingga menyebabkan kebutuhan akan lahan hunian semakin meningkat. Beralih fungsinya tata guna lahan dari daerah terbuka menjadi lahan hunian ini menyebabkan daerah resapan air hujan pada pemukiman penduduk mengalami penurunan sehingga menyebabkan genangan air dan banjir.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Propinsi Jawa Timur, Kabupaten Jember merupakan kabupaten dengan pertumbuhan penduduk yang cukup pesat, dalam tiga tahun terakhir Kabupaten Jember mengalami pertumbuhan sebesar 1,08%. Dengan pertumbuhan penduduk yang cukup pesat membuat area atau daerah terbuka pada Kabupaten Jember untuk resapan air hujan terutama di beberapa ruas jalan utama menjadi berkurang sehingga menimbulkan genangan air dan banjir. Salah satunya Jalan Srikoyo, yaitu jalan yang memiliki pemukiman penduduk yang padat. Setiap kali terjadi hujan dengan intensitas tinggi dan cukup lama, genangan air terjadi di beberapa ruas Jalan Srikoyo.

Berdasarkan pengamatan lapangan, setiap musim penghujan Jalan Srikoyo selalu tergenangi air. Titik-titik genangan biasanya terjadi di pertigaan Jalan Srikoyo di depan Rumah Sakit Dr. Subandi dan beberapa ruas Jalan Srikoyo lainnya. Terjadinya genangan di Jalan Srikoyo dikarenakan area resapan air hujan di Jalan Srikoyo tidak seimbang dengan pesatnya wilayah pemukiman. Selain itu, saluran drainase di sepanjang ruas Jalan Srikoyo kurang memadai dan tidak dapat berfungsi dengan baik untuk menampung air hujan. Sehingga genangan air tidak dapat terelakkan.

Oleh karena itu dibutuhkan sarana untuk mengalirkan air hujan, salah satunya sistem drainase. Sistem drainase merupakan bagian yang penting dalam perencanaan pembangunan suatu kawasan perkotaan. Ditinjau dari semakin berkurangnya lahan yang ada, sistem drainase merupakan salah satu upaya untuk

mengatasi dan mengurangi masalah genangan air pada kawasan pemukiman penduduk. Umumnya daerah pemukiman penduduk yang tidak mampu menampung debit limpasan dikarenakan saluran drainase tidak dapat berfungsi dengan baik. Beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit limpasan secara maksimal perlu dilakukan perbaikan saluran serta beberapa perubahan dimensi dan bentuk saluran (Fikri Auzan, 2014). Sedangkan menurut Evid Zulhaqi (2013), saluran mengalami penurunan kapasitas tampungan dikarenakan tidak adanya pembersihan sedimentasi, sampah serta tumbuhan pada saluran drainase secara berkala sehingga mengakibatkan hambatan bagi air menuju saluran outlet.

Permasalahan ini dijadikan sebagai bahan penelitian untuk Tugas Akhir (TA) dengan cara mencari solusi dan rencana pencegahan yang tepat terhadap genangan air yang terjadi pada Jalan Srikoyo, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember guna memberi kenyamanan dan keamanan bagi warga setempat. Penelitian ini menitikberatkan pada evaluasi genangan air berdasarkan kondisi eksisting saluran drainase dan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya genangan dengan menggunakan pemodelan yang memanfaatkan *software* EPA SWMM 5.0. SWMM merupakan pemodelan yang mampu menganalisis permasalahan kuantitas limpasan daerah perkotaan. Dengan menggunakan SWMM, kondisi yang terjadi dilapangan dapat dimodelkan dengan memasukkan parameter-parameter yang tercatat pada kondisi sesungguhnya. Hal tersebut telah dibuktikan oleh peneliti terdahulu yaitu Septian Rizki (2014), Yohana Kristanti (2014) dan Fikri Auzan (2014) dengan mengkaji ulang perencanaan drainase menggunakan *software* SWMM. Perbedaan pengkajian hanya pada lokasi yang diteliti. Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, maka penelitian tugas akhir (TA) ini akan mengevaluasi drainase pada Jalan Srikoyo dengan menggunakan *software* SWMM.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penulisan Tugas Akhir (TA) ini adalah:

1. Bagaimanakah kinerja saluran drainase di Jalan Srikoyo?
2. Bagaimana perencanaan drainase di Jalan Srikoyo agar terbebas dari genangan air?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan penelitian Tugas Akhir (TA) ini adalah:

1. Mengevaluasi kinerja saluran drainase di Jalan Srikoyo pada saat ini.
2. Mengetahui perencanaan drainase pada Jalan Srikoyo agar terbebas dari genangan dan banjir.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan perencanaan drainase yang tepat sehingga masalah genangan pada Jalan Srikoyo dapat teratasi sehingga masyarakat dan pengguna Jalan Srikoyo merasa nyaman dan aman.

## 1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terlalu luas dalam penelitian ini, hal-hal yang akan dibahas untuk analisa hanya mengenai:

1. Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan tahun 1998-2014.
2. Menggunakan kala ulang 1 tahun, 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun.
3. Simulasi ini hanya menggunakan *software* EPA-SWMM 5.0

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Drainase

“Secara umum drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian buangan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal” (Suripin, 2004). Berdasarkan tujuan dan sasarannya, drainase dibagi menjadi beberapa bagian salah satunya drainase perkotaan. “Drainase perkotaan memfokuskan pada pengeringan atau pengaliran air dari wilayah perkotaan menuju sungai yang melintasi wilayah perkotaan” (Wesli, 2008). Drainase yang dirancang haruslah memenuhi seluruh aspek yang mempengaruhi, sehingga drainase dapat bekerja secara maksimal dan dapat menanggulangi genangan maupun banjir yang terjadi.

#### 2.1.1 Klasifikasi Drainase

##### a. Drainase berdasarkan cara terbentuknya

Menurut Wesli (2008), klasifikasi drainase ditinjau berdasarkan dari cara terbentuknya dapat dikelompokkan menjadi:

##### 1) Drainase alamiah

Drainase alamiah merupakan drainase yang terbentuk secara alami tanpa unsur campur tangan manusia. “Drainase alamiah terbentuk akibat gerusan air yang terjadi pada rentang waktu yang lama dan terbentuk pada kondisi tanah yang kemiringannya cukup, sehingga air akan mengalir dengan sendirinya masuk ke sungai-sungai” (Wesli, 2008).

##### 2) Drainase Buatan

“Drainase buatan adalah sistem yang dibuat dengan maksud tertentu dan merupakan hasil rekayasa berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan untuk upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan sistem drainase alamiah” (Wesli, 2008).



b. Drainase berdasarkan sistem pengalirannya

Menurut Wesli (2008), jenis drainase ditinjau berdasarkan dari sistem pengalirannya, dapat dikelompokkan menjadi:

1) Drainase dengan sistem jaringan

“Drainase dengan sistem jaringan adalah sistem pengeringan atau pengaliran air pada suatu kawasan yang dilakukan dengan mengalirkan air melalui sistem tata saluran dengan bangunan-bangunan pelengkap” (Wesli, 2008).

2) Drainase dengan sistem resapan

“Drainase dengan sistem resapan adalah sistem pengeringan atau pengaliran air yang dilakukan dengan meresapkan air ke dalam tanah” (Wesli, 2008).

c. Drainase berdasarkan tata letaknya

Menurut Wesli (2008), jenis drainase ditinjau berdasarkan tata letaknya, dapat dikelompokkan menjadi:

1) Drainase permukaan tanah (*surface drainage*)

“Drainase permukaan tanah adalah sistem drainase yang salurannya berada di atas permukaan tanah yang pengaliran air terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran” (Wesli, 2008).

2) Drainase bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*)

“Drainase permukaan tanah adalah sistem drainase yang dialirkan di bawah tanah biasanya karena pada suatu areal yang tidak memungkinkan untuk mengalirkan air di atas permukaan tanah” (Wesli, 2008).

d. Drainase berdasarkan fungsinya

Menurut Wesli (2008), jenis drainase ditinjau berdasarkan dari fungsinya, dapat dikelompokkan menjadi:

1) Drainase *single purpose*

“Drainase *single purpose* adalah saluran drainase yang fungsinya untuk mengalirkan satu jenis air buangan” (Wesli, 2008).



2) Drainase *multi purpose*

“Drainase *multi purpose* adalah saluran drainase yang fungsinya untuk mengalirkan lebih dari satu jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian” (Wesli, 2008).

e. Drainase berdasarkan konstruksinya

Menurut Wesli (2008), jenis drainase ditinjau berdasarkan konstruksinya, dapat dikelompokkan menjadi:

1) Drainase saluran terbuka

“Drainase saluran terbuka biasanya mempunyai luasan yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau air limbah yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan” (Wesli, 2008).

2) Drainase saluran tertutup

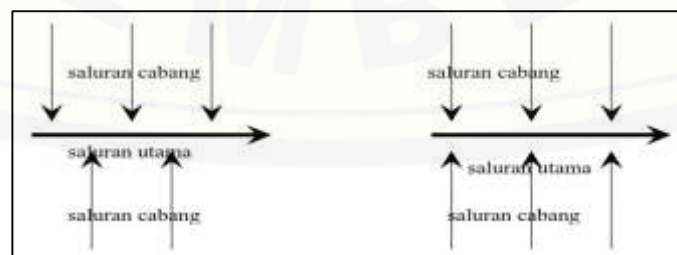
“Drainase saluran tertutup ini sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan sekitar” (Wesli, 2008).

### 2.1.2 Pola Jaringan Drainase

Menurut Wesli (2008), sistem jaringan drainase terdiri dari beberapa saluran yang saling berhubungan sehingga membentuk suatu pola jaringan. Dari bentuk pola jaringan dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Pola Siku

“Pola siku adalah suatu pola dengan saluran cabang yang membentuk siku-siku pada saluran utama dan biasanya memiliki topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai di mana sungai merupakan saluran pembuang utama berada di tengah kota” (Wesli, 2008).



Gambar 2.1 Pola Jaringan Siku

b. Pola Paralel

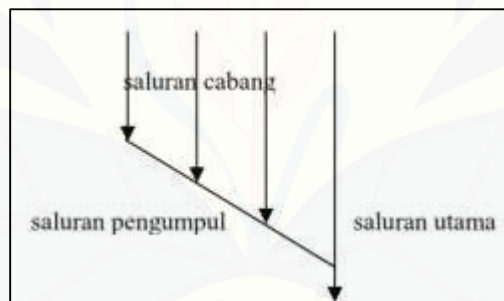
“Pola paralel adalah suatu pola di mana saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang yang pada bagian akhir saluran cabang dibelokkan menuju saluran utama” (Wesli, 2008).



Gambar 2.2 Pola Jaringan Paralel

c. Pola Grid Iron

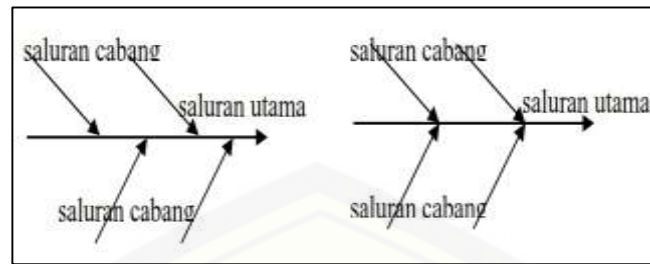
“Pola grid icon merupakan pola jaringan drainase di mana sungai terletak di pinggiran kota sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan pada saluran pengumpul kemudian dialirkan pada sungai” (Wesli, 2008).



Gambar 2.3 Pola Jaringan Grid Iron

d. Pola Alamiah

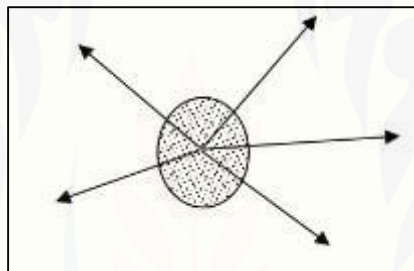
“Pola alamiah adalah suatu pola jaringan drainase yang hampir sama dengan pola siku, dimana sungai sebagai saluran utama berada di tengah kota, namun jaringan saluran cabang tidak terlalu ebrbentuk siku terhadap saluran utama” (Wesli, 2008).



Gambar 2.4 Pola Jaringan Alamiah

## e. Pola Radial

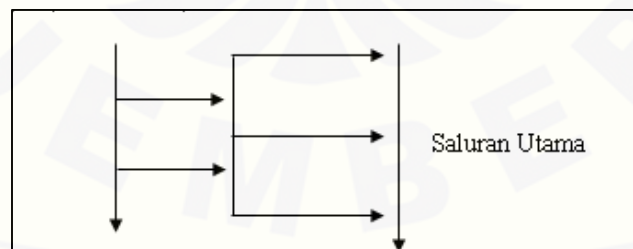
“Pola radial adalah pola jaringan drainase yang mengalirkan air dari pusat sumber air dan memencar ke berbagai arah. Pola ini sangat cocok untuk daerah berbukit” (Wesli, 2008).



Gambar 2.5 Pola Jaringan Radial

## f. Pola Jaringan Jaring-jaring

“Pola jaring-jaring adalah pola drainase yang mempunyai saluran-saluran pembuang mengikuti arah jalan raya. Pola ini sangat cocok untuk daerah dengan topografi datar” (Wesli, 2008:13).



Gambar 2.6 Pola Jaringan Jaring-Jaring

## 2.2 Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi dilakukan guna mendapatkan besarnya intensitas curah hujan, sebagai dasar perhitungan debit rencana pada suatu daerah untuk mengevaluasi perencanaan sistem drainase. Hal ini berguna untuk menentukan ukuran dan besaran hidroliknya. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan rancangan yang mampu mencukupi kebutuhan debit rencana (debit maksimum).

Dalam analisis hidrologi dilakukan beberapa tahap untuk memperoleh debit sampai pada tahun rencana yaitu :

- a. Pengumpulan data curah hujan
- b. Analisis frekuensi hujan
- c. Pemilihan jenis metode distribusi
- d. Analisis Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang Tertentu
- e. Analisis intensitas hujan

“Hasil dari analisis hidrologi berupa perkiraan atau prediksi banjir rancangan untuk mendesain suatu bangunan hidrolik tertentu secara maksimal dan efisien” (Harto, 1993).

### 2.2.1 Analisis Frekuensi Hujan

Dalam mendesain bangunan drainase perlu memprediksi debit rencana maksimum, dengan tujuan agar bangunan drainase yang direncanakan dapat menampung debit air pada saat terjadinya debit maksimum, untuk itu diperlukan adanya analisa statistik frekuensi hujan untuk waktu yang akan datang.

Menurut Suripin (2004:32) “tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan”. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Adapun distribusi yang biasa digunakan di Indonesia antara lain Distribusi Gumbel, Distribusi Normal, Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson tipe III.

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data, berikut merupakan parameter-parameter statistik yang digunakan:

- a. Harga rata-rata

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots 2.1$$

(Soewarno, 1995:29)

- b. Standar Deviasi

$$s = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_1 - \log x)^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots 2.2$$

(Soewarno, 1995:29)

- c. Koefisien *Skewness* (Koefisien Kepencengan)

Kepencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi.

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n n (x_1 - x)^3}{(n-1)(n-2).s^3} \dots\dots\dots 2.3$$

(Soewarno, 1995:29)

- d. Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \dots\dots\dots 2.4$$

(Soewarno, 1995:29)



## e. Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi.

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots \dots \dots 2.5$$

(Soewarno, 1995:29)

dalam hal ini :

n = jumlah data

x = nilai data

## 2.2.2 Pemilihan Jenis Distribusi

“Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, dimana masing-masing distribusi memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi” (Harto, 1993).

Dalam kajian ini digunakan beberapa jenis distribusi yang kemudian dipilih salah satu distribusi yang memenuhi syarat. Distribusi tersebut diantaranya adalah:

## a. Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan dan debit rata-rata tahunan. “Distribusi tipe normal, mempunyai koefisien kemencengan atau  $Cs \approx 0$  dan  $Ck \approx 3$ ” (Soemarto, dalam Sirait dan Perdana, 2008).

## b. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal, merupakan hasil transformasi dari distribusi Normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X. “Distribusi ini dapat diperoleh juga dari distribusi Log Person Tipe III, apabila nilai koefisien kemencengan  $CS = 0$ . Distribusi tipe Log Normal mempunyai Koefisien Kemencengan atau  $Cs = Cv^3 + 3Cv$ . Syarat lain distribusi sebaran Log Normal adalah  $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$ ” (Soemarto, dalam Sirait dan Perdana, 2008).



c. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. “Ciri khas statistik distribusi Gumbel adalah nilai koefisien *skewness* sama dengan 1,14 dan dengan kurtosis ( $C_k$ ) = 5,4002” (Soemarto, dalam Sirait dan Perdana, 2008).

d. Distribusi Log Person Tipe III

Distribusi Log Person Tipe III digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flows*). “Distribusi Log Person Tipe III, mempunyai Koefisien variasi mendekati dengan 0,3 dan  $C_s \neq 0$ ” (Soemarto, dalam Sirait dan Perdana, 2008).

Rekapitulasi syarat-syarat metode distribusi dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1** Syarat-Syarat Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = Cv^3 + 3Cv$ $C_k = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	$C_s \neq 0$ $Cv \approx 0,3$

Sumber: CD Soemarto dalam Sirait dan Perdana, 2008

### 2.2.3 Analisis Curah Hujan Rencana

Dalam menganalisa intensitas hujan, terlebih dahulu harus menghitung periode kala ulang (*return period*) curah hujan pada suatu daerah. “Kala ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui” (Suripin, 2004).

Dalam perencanaan drainase periode kala ulang yang digunakan bergantung pada jenis drainase, fungsi saluran, umur ekonomis serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Analisa curah hujan rencana ini ditunjukkan untuk mengetahui besarnya curah hujan harian maksimum dalam periode ulang tertentu.

Metode yang umum digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana ini adalah Metode Gumbel, Metode Normal, Metode Log Normal dan Metode Log Person III.

a. Metode Gumbel

Adapun rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dengan metode gumbel adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 X_t &= X_r + (K * S_x) \\
 K &= \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \\
 S_x &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^2}{n - 1}}
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

(Suripin, 2004)

Dimana:

- Yn = Harga rata-rata *reduced mean* (Tabel 2.2).
- Sn = *Reduced Standard Deviation* (Tabel 2.3).
- Yt = *Reduced variate* (Tabel 2.4).
- Xt = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun
- Xr = Curah hujan rata-rata (mm).
- Sx = Standar deviasi.
- n = Banyaknya data

**Tabel 2.2 Reduced Mean (Yn)**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.495	0.499	0.503	0.507	0.510	0.512	0.515	0.518	0.520	0.522
20	0.523	0.525	0.526	0.528	0.529	0.530	0.582	0.588	0.534	0.535
30	0.536	0.537	0.538	0.538	0.539	0.540	0.541	0.541	0.542	0.543
40	0.546	0.544	0.544	0.545	0.545	0.546	0.546	0.547	0.547	0.548
50	0.548	0.548	0.549	0.549	0.550	0.550	0.550	0.551	0.551	0.551
60	0.552	0.552	0.552	0.553	0.553	0.553	0.553	0.554	0.554	0.554
70	0.554	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.556	0.556	0.556	0.556
80	0.556	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.558	0.558	0.558	0.558
90	0.558	0.558	0.558	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559
100	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.561	0.561

(Sumber : Suripin, 2004:51)

**Tabel 2.3 Reduced Standard Deviation (Sn)**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0315	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080

30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1923	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber : Suripin, 2004:52 )

**Tabel 2.4 Reduced Variate (Yt)**

Periode	Reduced
2	0,366
5	1,500
10	2,251
20	2,970
25	3,199
50	3,902
100	4,601
200	5,296
500	6,214
1000	6,908
5000	8,518
10000	9,212

(Sumber: Suripin, 2004:52 )

b. Metode Normal

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_t * S \dots\dots\dots 2.7$$

(Suripin, 2004)

Dimana:

$K_t$  = Faktor frekuensi (variabel reduksi Gauss), yang besarnya diberikan pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Nilai Variabel Reduksi Gauss**

Periode Ulang (tahun)					
2	5	10	25	50	100
0,000	0,840	1,280	1,708	2,050	2,330

(Sumber: Suripin, 2004:37)

c. Metode Log Normal

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut:

$$Y_T = Y + K_t * S \dots\dots\dots 2.8$$

(Suripin, 2004)

Dimana:

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

$Y$  = nilai rata-rata hitungan sampel.

d. Metode Distribusi Log Pearson III

Langkah-langkah yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Gantilah data  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi data dalam bentuk logaritma, yaitu :  $\log X_i$

2. Hitung harga rata-rata:

$$\log \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots 2.9$$

3. Hitung harga simpangan baku:

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 2.10$$

4. Hitung koefisien kemencengan:

$$C_S = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots 2.11$$

5. Hitung logaritma hujan dengan periode ulang T:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \dots\dots\dots 2.12$$

(Linsley, *et al*, 1982)

Dimana :

$K$  = Koefisien (Tabel 2.6).

**Tabel 2.6** Nilai k untuk Distribusi Log-Person III

Koef. G	Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun ( <i>periode ulang</i> )							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Presentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,171
-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
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,807
-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: Suripin, (2004:43)



#### 2.2.4 Uji Kecocokan

Untuk menentukan pola distribusi dan debit rata-rata yang paling sesuai dengan distribusi statistik yang telah dilakukan maka dilakukan uji kecocokan. Uji kecocokan digunakan untuk menguji dan memilih metode yang terbaik untuk perhitungan selanjutnya. Pengujian ini dilakukan terhadap data curah hujan dengan memperhitungkan frekuensi terjadinya hujan. Pengujian parameter yang sering digunakan adalah:

##### a. Uji Chi-Kuadrat

“Uji Chi-Kuadrat dilakukan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang di analisis” (Suripin, 2004). Yang dapat dilihat dalam rumus berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$$

..... 2.13

(Soewarno, 1995)

dalam hal ini :

- $X^2$  = parameter chi-kuadrat terhitung
- $n$  = jumlah sub kelompok
- $O_f$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke  $f$
- $E_f$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke  $f$

##### b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov dilakukan untuk mengetahui prosentase kemencengan maksimum dan kemencengan data agar sifat statistik data dapat diterima. Dari sifat statistik data itu, data yang telah dihitung kemencengannya tidak boleh melebihi kemencengan maksimum data, hal ini mengakibatkan data tidak



dapat diterima sifat statistiknya. Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Suripin, 2004):

- 1) Mengurutkan data ( $X_i$ ) dari yang besar ke kecil atau sebaliknya
- 2) Menentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut dengan rumus.
- 3) Menentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurut berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih.
- 4) Menghitung selisih ( $D_0$ ) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut.

#### 2.2.5 Analisis Intensitas Hujan

“Analisis intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung semakin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya” (Suripin, 2004). Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan persamaan Mononobe:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_{c1}} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots 2.14$$

(Suripin, 2004)

dimana :

$I_t$  = Intensitas Hujan (mm/jam)

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

### 2.3 Evaluasi Genangan dengan Pemodelan EPA SWMM 5.0

Dalam penelitian ini debit banjir dihitung menggunakan *software* EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*) Versi 5.0. EPA SWMM adalah sebuah sistem *software* yang didesain untuk membuat model simulasi hujan-*runoff*. “*Software* ini mampu mensimulasikan pengaruh hujan-*runoff* dari suatu wilayah pada sistem drainasenya untuk jangka pendek maupun panjang, sekaligus memiliki fasilitas alternatif untuk mengantisipasi masalah banjir” (Rosdiana, 2011).

Dalam *software* ini, diperlukan input data agar dapat mensimulasikan limpasan yang terjadi. Adapun input tersebut adalah sebagai berikut :

#### a. *Rain Gage*

SWMM menggunakan objek *rain gage* untuk menampilkan input data ke sistem. *Rain gage* menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subtachment* area pada studi wilayah. Data yang diinputkan dalam *rain gage* adalah sebagai berikut :

1. *Rain format* : Data hujan yang di input berupa intensitas atau kumulatif
2. *Rain interval* : Interval waktu pengamatan antara pembacaan *gage*
3. *Data source* : Sumber data hujan dapat berupa *time series* atau *file external*

#### b. *Subcatchment*

“*Subcatchment* adalah luasan yang menerima hujan dan mengalami infiltrasi atau mengubahnya menjadi limpasan” (Rossmann, 2010). Data yang diinputkan dalam *subcatchment* adalah sebagai berikut :

- 1) *Area* : luas *subcatchment*.
- 2) *Width* : panjang aliran.
- 3) *% slope* : persentase kemiringan *subcatchment*.
- 4) *% Imperv* : presentase area tanah yang *impervious*.
- 5) *N-Imperv* : nilai *n manning* untuk aliran permukaan di daerah *impervious*.
- 6) *N-Perv* : nilai *n manning* untuk aliran permukaan di daerah *previous*.
- 7) *% Zero-Imperv* : persentase dari *impervious* area tanpa *depression storage*.
- 8) *Infiltration* : pilihan untuk metode perhitungan infiltrasi dan parameternya.

- 9) *Rain Gage* : nama *rain gage* yang berkaitan dengan *subcatchment*.  
 10) *Outlet* : nama *node* yang menerima *runoff subcatchment*.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk memperhitungkan harga infiltrasi dalam simulasi menggunakan metode SCS\_Curve Number. Metode ini mengasumsikan bahwa infiltrasi tanah yang terjadi didapatkan melalui pemilihan jenis tata guna lahan yang digolongkan berdasarkan kelompoknya yang dapat dilihat pada tabel 2.8 dan total kapasitas infiltrasi pada tanah dicari pada tabel *curve number* pada tabel 2.9.

**Tabel 2.8** Harga Infiltrasi dari Berbagai Jenis Tanah

Kel	Pengertian	Infiltrasi minimum
A	Potensi limpasan yang rendah, tanah mempunyai tingkat infiltrasi yang tinggi meskipun ketika tergenang dan kedalaman genangan yang tinggi, pengeringan/penyerapan baik untuk pasir dan batuan	$\geq 0,45$
B	Tanah mempunyai tingkat infiltrasi biasa/medium/tengah tengah ketika tergenang dan mempunyai tingkat dengan keadaan biasa ke baik didapat dari moderately to modaretely coarse	0,30 - 0,15
C	Tanah mempunyai tingkat infiltrasi rendah jika lapisan tanah untuk pengaliran air dengan tingkat texture bisa ke texture baik. Contoh lempung, pasir berlanau	0,15 - 0,05
D	Potensi limpasan yang tinggi mempunyai tingkat infiltrasi rendah ketika tergenang tanah lempung dengan potensi sweeling yang tinggi, tanah dengan ketinggian air tanah yang tinggi, tanah dengan lapisan lempung dekat dengan permukaan dan shalow soil yang berdekatan dengan material yang kedap air	0,05 - 0,00

Sumber: *SWMM User's Manual Book, 2010*.

**Tabel 2.9** *Curve Number* Tutupan Lahan

Deskripsi Tutupan Lahan		Curve Number			
		Kelompok Tanah			
		A	B	C	D
- Lahan Terbuka					
Tutupan rumput	< 50%	68	79	86	89
	50 < 75%	49	69	79	84
	> 75%	39	61	74	80
- Impervious Areas					
Jalan, Atap, Area Parkir		98	98	98	98
Aspal/Beton		98	98	98	98
Bebatuan		76	85	89	91
Tanah		72	82	87	89
- Daerah Perkotaan					
Kawasan Bisnis/Komersil		89	92	94	95
Industri		81	88	91	93
- Daerah Perumahan					
Kepadatan dengan Luas	< 0,05 ha	77	85	90	92
	0,05 < 0,1 ha	61	75	83	87
	0,1 < 0,13 ha	57	72	81	86
	0,13 < 0,2 ha	54	70	80	85
	0,2 < 0,4 ha	51	68	79	84
	0,4 < 0,8 ha	46	65	77	82

Sumber: *SWMM User's Manual Book, 2010*.

Pada *EPA SWMM* tinggi genangan atau limpasan hujan pada masing-masing *subcatchment* menggunakan konsep yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$D_1 = D_t + R_t \dots\dots\dots 2.16$$

(*SWMM User's Manual Book, 2010*)

dengan :

$D_1$  : kedalaman air setelah terjadi hujan (mm)

$D_t$  : kedalaman air pada subdas pada saat waktu t (mm)

$R_t$  : intensitas hujan pada interval waktu t (mm/jam)

Pada *subcatchment* terdapat dua macam jenis area, yaitu *impervious* (kedap air) dan *pervious* (dapat dilalui air). Metode perhitungan infiltrasi pada *pervious area* menggunakan metode Horton sebagai berikut:

$$F_p = F_c + (F_o - F_c) e^{-kt} \dots\dots\dots 2.17$$

(SWMM *User's Manua Book*, 2010)

dengan :

$F_p$  : angka infiltrasi dalam tanah (mm/jam)

$F_c$  : angka infiltrasi minimum (mm/jam)

$F_o$  : angka infiltrasi maksimum (mm/jam)

$t$  : lama hujan (det)

$k$  : koefisien penurunan head (1/sec)

Debit outflow dari limpasan *subcatchment* dihitung dengan persamaan Manning:

$$v = 1/n D_2^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots 2.18$$

$$Q = vBD_2 \dots\dots\dots 2.19$$

(SWMM *User's Manual Book*, 2010)

dimana :

$v$  : kecepatan (m/s)

$n$  : koefisien Manning

$S$  : kemiringan lahan

$B$  : lebar lahan/panjang pengaliran (m)

$Q$  : debit (m<sup>3</sup>/s)



c. *Juction/Node*

*Juction/node* merupakan titik pertemuan aliran atau sebuah unit yang dimodelkan sebagai penerima *inflow* dan limpasan dari *subcatchment*. Data yang diinputkan pada *junction/node* adalah sebagai berikut:

- 1) *Invert elevation* : elevasi *invert* dari *junction*.
- 2) *Max depth* : kedalaman *junction* maksimum (misalnya dari permukaan tanah ke *invert*).
- 3) *Initial depth* : kedalaman air di *junction* pada awal simulasi.
- 4) *Surcharge depth* : kedalaman tambahan yang melebihi kedalaman maksimum yang diijinkan sebelum *junction* meluap.

d. *Conduit/Links*

*Conduit* merupakan saluran yang berhubungan antara *junction* satu dengan *junction* lainya atau dari *junction* ke *outfall* dalam hal ini berupa saluran terbuka ataupun tertutup. Data-data yang perlu dimasukkan adalah

- 1) *Inlet node* : nama *node* yang terletak pada *inlet* saluran.
- 2) *Outlet node* : nama *node* yang terletak pada *outlet* saluran.
- 3) *Shape* : bentuk geometri penampang melintang saluran.
- 4) *Max depth* : kedalaman maksimum melintang saluran.
- 5) *Length* : panjang saluran.
- 6) *Roughness* : koefisien kekasaran manning.
- 7) *Inlet offset* : kedalaman atau elevasi *invert* saluran diatas *node invert* pada daerah hulu (*upstream*) saluran.
- 8) *Outlet offset* : kedalaman saluran diatas *node invert* pada daerah hilir.

Debit yang masuk ke dalam saluran dihitung dengan menambahkan debit dari lahan ( $Q_{oi}$ ) dengan debit dari hulu saluran ( $Q_{gi}$ ).

$$Q_{in} = \Sigma Q_{oi} + \Sigma Q_{gi} \dots\dots\dots 2.20$$

(SWMM *User's Manual Book*, 2010)



*Conduit* dengan sistem gravitasi menggunakan persamaan *Manning*:

$$Q = 1.0 * \frac{S^{1/2} * R^{2/3} * A}{n} \dots\dots\dots 2.21$$

(SWMM *User's Manual Book*, 2010)

dimana:

Q : *outflow subcatchment* (m<sup>3</sup>/detik)

V : kecepatan *cross section* (m/detik)

A<sub>x</sub> : luas *cross section* (m<sup>2</sup>)

S : kemiringan

n : koefisien kekasaran *manning* dapat dilihat pada tabel 2.10

R : jari – jari hidrolis =  $\frac{Ax}{W+2dx}$  = d<sub>x</sub> dengan 2d<sub>x</sub> dapat diabaikan menjadi W.

Tabel 2.10 Koefisien Kekasaran *Manning*

No.	Type Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
<b>Saluran Buatan</b>					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0.017	0.020	0.023	0.025
2	Saluran tanah, yang dibuat dengan excavator	0.023	0.028	0.030	0.040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0.023	0.030	0.033	0.035
4	Saluran pada dinding batuan, lurus, tidak teratur	0.035	0.040	0.045	0.045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0.025	0.030	0.035	0.040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0.028	0.030	0.033	0.035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0.020	0.025	0.028	0.030
<b>Saluran Alam</b>					
8	Bersih lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0.025	0.028	0.030	0.033
9	Seperti no. 8, tapi ada tumbuhan atau kerikil	0.030	0.033	0.035	0.040
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berinding pasir	0.033	0.035	0.040	0.045
11	Seperti no. 10 dangkal, tidak teratur	0.040	0.045	0.050	0.055
12	Seperti No. 10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0.035	0.040	0.045	0.050
13	Seperti No. 11, sebagian berbatu	0.045	0.050	0.055	0.060
14	Aliran pelan, banyak tumbuhan dan berlubang	0.050	0.060	0.070	0.080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0.075	0.100	0.125	0.150
<b>Saluran Buatan, beton atau batu kali</b>					
16	Saluran pemasangan batu, tanpa finishing	0.025	0.030	0.033	0.035
17	Seperti no. 16 tapi dengan finishing	0.017	0.020	0.025	0.030
18	Saluran Beton	0.014	0.016	0.019	0.021
19	Saluran beton halus dan rata	0.010	0.011	0.012	0.013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0.013	0.014	0.014	0.015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0.015	0.016	0.016	0.018

Sumber : *Van Te Chow, 1985.*

e. *Outfalls*

*Outfalls* merupakan titik pemberhentian terakhir dari sistem drainase yang digunakan sebagai batas hilir berupa akhir sistem drainase ataupun sungai. Data yang diinputkan dalam *outfall* adalah sebagai berikut :

- 1) *Invert elevation* : elevasi *invert* dari *outfall*.
- 2) *Tide gate* : merupakan parameter optional , yes (ada *tide gate*) dan no (tidak ada *tide gate*).
- 3) *Fixed stage* : elevasi muka air untuk tipe *outfall* yang tetap.

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini, dibutuhkan data-data untuk diolah sebagai dasar penarikan kesimpulan. Oleh karena itu, metodologi penelitian perlu disusun agar pengambilan data-data dapat menghasilkan penarikan kesimpulan yang akurat. Metodologi penelitian adalah prosedur yang digunakan dalam melakukan penelitian guna mendapatkan kesimpulan secara sistematis.

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Jalan Srikoyo, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur, yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dengan garis berwarna merah. Warna ungu merupakan Jalan Langsep, dimana Jalan Langsep diikutsertakan karena aliran air dari Jalan Srikoyo sebelah atas mengalir menuju Jalan Langsep ke Sungai Perumnas. Sedangkan warna oranye adalah Jalan Dr.Soebandi, Jalan Dr.Soebandi diikutsertakan dikarenakan aliran air pada Jalan Srikoyo sebelah bawah mengalir ke arah Jalan Dr.Soebandi menuju Sungai Patrang. Dan warna biru merupakan sungai yang menjadi buangan akhir dari aliran air pada saluran drainase di Jalan Srikoyo. Penelitian ini dimulai sejak bulan Desember sampai selesai penyusunan tugas akhir ini.



Gambar 3.1 Peta Jl. Srikoyo, Kecamatan Patrang (Sumber: *Google Maps*)

### 3.2 Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian merupakan segala kegiatan dari awal penelitian sampai pada pengolahan data untuk menyimpulkan masalah dan menyelesaikan masalah. Adapun sistematika dalam penelitian ini digambarkan pada gambar 3.2 dalam diagram alir penelitian.

#### 3.2.1 Pengumpulan Data

Data yang dipakai pada penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Rincian data yang akan dipakai adalah sebagai berikut :

a. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang terdapat dari berbagai instansi yang berhubungan dengan penelitian. Data sekunder yang digunakan adalah :

1) Data Curah Hujan

Data curah hujan adalah data yang dibutuhkan dalam menentukan intensitas curah hujan setempat dan untuk hitungan besarnya debit rencana. Dengan adanya data hujan, perhitungan hidrologi dari intensitas hujan dapat diketahui debit banjirnya sebagai pembanding dengan debit eksisting (Rosdiana, 2011). Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan 17 tahun, yaitu pada tahun 1998-2014. Data curah hujan yang diambil adalah data curah hujan dari pengukur curah hujan yang setidaknya harus mendekati lokasi penelitian.

2) Peta Situasi

Peta situasi digunakan sebagai melihat jaringan drainase yang telah ada. Pada peta sudah digambarkan rumah-rumah atau jalan serta penampakan-penampakan lain yang penting agar lebih memudahkan dalam pengukuran dan perhitungan luasan daerah yang diukur. Peta situasi diambil dari *Google Maps* kemudian digambarkan pada *AutoCad* dan diskala 1:1, sehingga panjang dan luasan menggunakan pendekatan skala.



#### b. Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh dari survei lapangan di lokasi penelitian dengan menggunakan *total station*, *gps* dan *roll meter*. Data primer yang akan digunakan adalah :

##### 1) Dimensi saluran eksisting

Data dimensi saluran eksisting diperoleh langsung dari hasil survei penelitian lapangan. Selain dimensi saluran juga dibutuhkan data *long section* dan *cross section*.

### 3.2.2 Survei Lapangan

Survei diperlukan untuk mengumpulkan data langsung dari lapangan. Data yang dikumpulkan yaitu data topografi pada lokasi penelitian dengan melakukan pengukuran kontur-kontur dan pengukuran terhadap saluran yang diteliti seperti dimensi saluran.

#### a. Survei Topografi

Survei ini dilakukan untuk mengetahui kemiringan (*slope*) dari saluran atau kemiringan di lokasi penelitian. Survei ini menggunakan alat *total station*. Survei dilakukan tiap 50 meter dengan penembakan melintang.

#### b. Survei Dimensi Saluran

Survei ini bertujuan untuk mengetahui dimensi saluran pada lokasi penelitian. Survei dimensi saluran digunakan untuk mengetahui dimensi dan bentuk saluran yang nantinya digunakan dalam data *inputan* pada SWMM.

### 3.2.3 Analisa Data

#### a. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dilakukan guna untuk mendapatkan besarnya intensitas curah hujan, sebagai dasar perhitungan debit rencana pada suatu daerah untuk menentukan perencanaan saluran drainase. Kegiatan yang dilakukan dalam perencanaan hidrologi adalah :

1) Pengumpulan data curah hujan

Data curah hujan dari tahun 1998-2014 sebagai salah satu data yang dibutuhkan dalam penelitian ini didapat dari UPT Perairan Kecamatan Patrang Kabupaten Jember.

2) Analisa frekuensi

Metode yang digunakan adalah analisis frekuensi, dimana pada analisis frekuensi ditentukan metode terbaik seperti metode Distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel dan Log-Pearson III. Kemudian di uji kecocokan dengan menggunakan Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi-Kuadrat. Dan menghitung intensitas curah hujan yang selanjutnya digunakan sebagai input *rain gage* pada *software* SWMM.

3) Analisa periode kala ulang curah hujan

Analisa periode kala ulang curah hujan diperoleh dari data hujan tiap tahun. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (1986), penentuan periode kala ulang curah hujan berdasarkan pada tipologi kota, dimana kota Jember termasuk kota sedang dengan daerah tangkapan air lebih dari 500 Ha sehingga periode kala ulang yang digunakan untuk perencanaan drainase adalah periode kala ulang 5-10 tahun. Yang dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Penentuan Periode Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

No	TIPOLOGI KOTA	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
		< 10	10-100	100-500	> 500
1	KOTA METROPOLITAN	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
2	KOTA BESAR	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
3	KOTA SEDANG	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
4	KOTA KECIL	2 Th	2-5 Th	2 Th	2-5 Th

*Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, (2014:14)*

4) Analisa intensitas dan waktu hujan

Intensitas curah hujan didefinisikan sebagai ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air hujan berkonsentrasi. Analisa intensitas



curah hujan dapat diproses berdasarkan data curah hujan yang telah terjadi pada tahun-tahun sebelumnya.

b. Perhitungan Debit Curah Hujan

Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan besarnya debit curah hujan yang akan membebani saluran drainase, sebagai dasar penentuan dimensi saluran drainase.

### 3.2.4 Pemodelan Menggunakan *Software* EPA SWMM 5.0

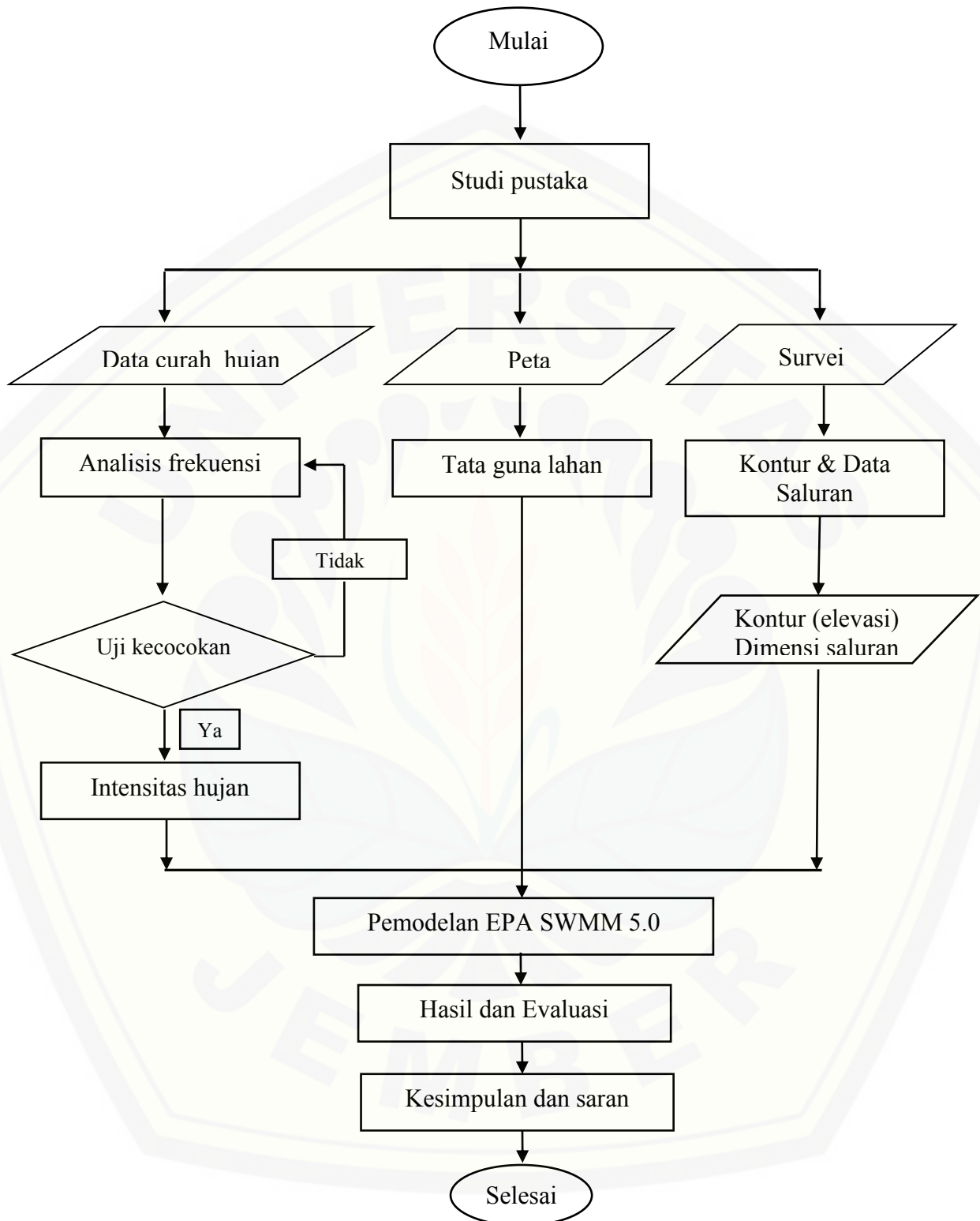
Adapun langkah-langkah pembuatan model dalam *software* EPA SWMM 5.0 digambarkan pada gambar 3.3 dalam diagram alir proses pemodelan *software* EPA SWMM 5.0. Dan diuraikan sebagai berikut:

- a. Memasukkan data gambar objek lokasi penelitian pada menu *view (Backdrop)*.
- b. Melakukan pengaturan *Project Setup Default*, yang berguna untuk mempermudah memasukkan data pada setiap objek dalam *software* pada menu *project* kemudian *default*.
- c. Memasukkan objek, yaitu *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *rain gage*, dan *outfalls*.
- d. Menginputkan data pada *subcatchment*, *junction* dan *conduit*. Pada *subcatchment* data yang diinputkan adalah luasan area (A) yang diteliti pada skala 1:1, *width* (b), *% slope* (s), *% imperv* (i) dan nilai infiltrasi pada menu *infiltration*. Pada *junction* data yang diinputkan adalah data elevasi (EI). Sedangkan pada *conduit* data yang dimasukkan adalah bentuk saluran (bs), dimensi saluran (d), panjang saluran (p), dan koefisien kekasaran (n).
- e. Data curah hujan yang telah diolah menjadi intensitas jam-jaman (It), diinputkan sebagai *rain gage* pada *time series*.
- f. Setelah semua data telah diinputkan, maka pemodelan dapat di *running* (menjalankan simulasi) melalui menu *Project Default* kemudian *Run Simulation*. Setelah proses berhasil dijalankan, simulasi dapat dilihat melalui menu *Report* kemudian status.
- g. Melakukan kalibrasi pemodelan.

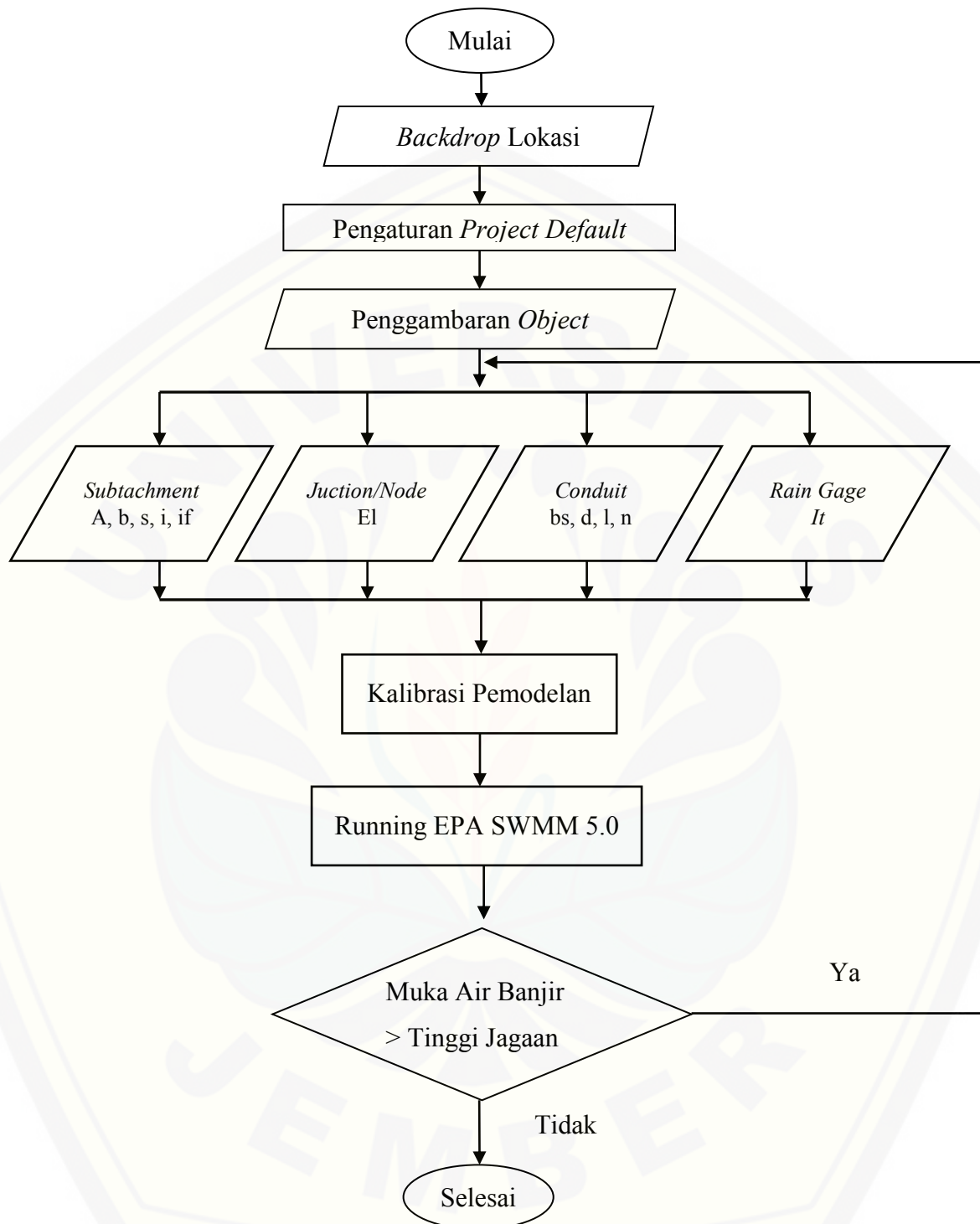
- h. Evaluasi hasil pemodelan EPA SWMM 5.0.
- i. Saluran yang banjir dievaluasi kemudian dilakukan pemodelan ulang, dengan cara mengubah dimensi langsung sampai saluran tidak banjir.
- j. Selesai



### 3.3 Flowchart



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pemodelan EPA SWMM 5.0

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Hidrologi

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik (Pramawan dan Negoro, 2008). Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan besar debit banjir rencana, yang berpengaruh terhadap dimensi maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Dari analisis hidrologi didapat debit pemodelan maksimal yang digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase yang ada. Dimana *output* perhitungan analisis hidrologi berupa intensitas hujan yang diperlukan sebagai data inputan untuk *software SWMM*.

#### 4.1.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data hujan harian selama tujuh belas tahun terakhir yaitu tahun 1998-2014, yang tercatat oleh stasiun hujan Sembah yang berada di daerah Gebang dan stasiun hujan Kasmaran yang berada di daerah Bintoro yang kemudian dicari rata-ratanya. Data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data Curah Hujan

No	Tahun	R (mm)	No	Tahun	R (mm)
1	1998	93,00	10	2007	79,00
2	1999	78,50	11	2008	73,50
3	2000	96,00	12	2009	73,50
4	2001	81,50	13	2010	75,50
5	2002	90,00	14	2011	64,00
6	2003	113,50	15	2012	53,50
7	2004	72,00	16	2013	105,00
8	2005	83,50	17	2014	63,50
9	2006	135,00			

*Sumber: Dinas Pengairan Kabupaten Jember*

Berdasarkan tabel 4.1 data curah hujan tahunan terbesar selama tujuh belas tahun terakhir adalah 135,00 mm pada tahun 2006, sedangkan curah hujan terendah adalah 53,50 mm pada tahun 2012.

#### 4.1.2 Analisis Frekuensi Hujan

Analisis frekuensi hujan digunakan untuk mengetahui kemungkinan besaran hujan dalam suatu wilayah penelitian. Distribusi yang digunakan dalam analisis frekuensi hujan adalah distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel dan Distribusi Log Person tipe III. Ada beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis frekuensi data meliputi nilai rerata, standart deviasi, koefisien *skewness*, koefisien kurtosis dan koefisien variasi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Perhitungan Besaran Statistik Dasar X, Si, Cs dan Ck Debit Maksimum

<b>m</b>	<b>P = m/(N+1)</b>	<b>Tahun</b>	<b>R (mm)</b>	<b>Ln R (mm)</b>
1	0,056	2006	135,000	4,905
2	0,111	2003	113,500	4,732
3	0,167	2013	105,000	4,654
4	0,222	2000	96,000	4,564
5	0,278	1998	93,000	4,533
6	0,333	2002	90,000	4,500
7	0,389	2005	83,500	4,425
8	0,444	2001	81,500	4,401
9	0,500	2007	79,000	4,369
10	0,556	1999	78,500	4,363
11	0,611	2010	75,500	4,324
12	0,667	2008	73,500	4,297
13	0,722	2009	73,500	4,297
14	0,778	2004	72,000	4,277
15	0,833	2011	64,000	4,159
16	0,889	2014	63,500	4,151
17	0,944	2012	53,500	3,980
Jumlah Data =			17	17
Nilai Rerata (Mean) =			84,147	4,408
Standar Deviasi =			20,034	0,227
Koefisien Skewness =			1,035	0,377
Koefisien Kurtosis =			1,391	0,428
Koefisien Variasi =			0,238	0,052
Nilai Tengah =			79,000	4,369



Dimana :

Nilai Rerata (Mean) :  $\bar{X}$

Standar Deviasi :  $Si$

Koefisien Skewness :  $Cs$

Koefisien Kurtosis :  $Ck$

Koefisien Variasi :  $Cv$

Dari tabel 4.2 didapat  $\bar{X} = 84,147$ ;  $Si = 20,034$ ;  $Cs = 1,035$ ;  $Ck = 1,391$ ;  $Cv = 0,238$ ; Nilai tengah = 79,000. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk perhitungan analisis frekuensi data hujan.

#### 4.1.3 Pemilihan Jenis Distribusi

Setelah melakukan perhitungan analisis statistik dasar, dilakukan penentuan pola distribusi hujan dengan menganalisis data curah hujan harian maksimum dengan menggunakan data-data dari perhitungan statistik dasar, yaitu: nilai rata-rata/mean ( $\bar{x}$ ), simpangan baku (SD), koefisien variasi (Cv), koefisien skewness (Cs), koefisien kurtosis (Ck). Penentuan jenis distribusi dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dasar dengan menghitung parameter-parameter pada tabel 4.2 kemudian dibandingkan dengan syarat masing-masing jenis distribusi yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Hasil Perhitungan Parameter Statistik Dasar untuk Penentuan Pola Distribusi Hujan

No.	Distribusi	Data	Persyaratan	Hasil Hitungan	Keterangan
1	Normal	$Cs = 1,035$ $Ck = 1,391$	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$	1,035 1,391	Kurang Kurang
2	Log Normal	$Cv = 0,238$	$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	0,727 3,955	Mendekati Kurang
3	Gumbel		$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$	1,035 1,391	Mendekati Kurang
4	Log Pearson III		$Cs \neq 0$ $Cv \approx 0$	1,035 0,238	Mendekati Mendekati

*Sumber: Sri Harto, 2010.*

Pada tabel 4.3 didapatkan bahwa parameter statistik dari perbandingan untuk distribusi Normal tidak ada yang mendekati persyaratan. Sedangkan distribusi Log Normal dan distribusi Gumbel hanya ada satu persyaratan yang mendekati. Namun untuk distribusi Log Pearson III dengan persyaratan  $C_s \neq 0$  dimana nilai  $C_s$  sebesar 1,035. Setelah dibandingkan nilai  $C_s$  tidak mendekati dengan 0, hal ini sesuai dengan persyaratan. Sedangkan untuk persyaratan kedua yaitu  $C_v \approx 0$  didapatkan bahwa nilai  $C_v$  sebesar 0,238 dan nilai tersebut mendekati 0. Maka dari kedua persyaratan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa pola distribusi hujan yang digunakan adalah distribusi Log Person III.

#### 4.1.4. Uji Probabilitas

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah (1) Chi-Kuadrat dan (2) Smirnov-Kolmogorov. (Suripin, 2004:57)

Berdasarkan pada tabel 4.3 telah didapatkan bahwa pola distribusi hujan yang digunakan adalah distribusi Log Person III. Hal ini perlu dilakukan pengujian probabilitas guna memastikan bahwa distribusi yang digunakan telah sesuai, karena jika distribusi yang digunakan tidak sesuai akan mengakibatkan kesalahan perkiraan yang cukup besar.

**Tabel 4.4** Perhitungan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov

Distribusi Probabilitas	Uji Chi-Kuadrat			Uji Smirnov-Kolmogorov		
	$X^2$	$X^2_{cr}$	Keterangan	$\Delta P$	$\Delta P$ kritis	Keterangan
Normal	2,706	5,991	Diterima	0,124	0,32	Diterima
Log Normal	0,353	5,991	Diterima	0,081	0,32	Diterima
Gumbel	0,353	5,991	Diterima	0,072	0,32	Diterima
Log Pearson III	0,353	3,841	Diterima	0,074	0,32	Diterima

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2015*

Pada tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa semua pola distribusi dapat diterima. Pada uji smirnov-kolmogorov metode Gumbel memiliki simpangan maksimal

terkecil akan tetapi pada tabel 4.3 hasil perhitungan parameter statistik dasar metode Gumbel tidak memasuki syarat yang ditentukan. Sehingga digunakan distribusi Log Person III dimana pada uji smirnov-kolmogorov pola distribusi Log Person III mempunyai nilai simpangan maksimal lebih kecil dari simpangan kritis. Hal ini dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Person III merupakan pola distribusi yang tepat dikarenakan telah sesuai dengan syarat-syarat perhitungan statistik dasar (tabel 4.3) dan pengujian probabilitas (tabel 4.4).

#### 4.1.5 Curah Hujan Rencana

Dalam penelitian ini, perhitungan analisis frekuensi data hujan harian maksimum menggunakan metode distribusi Log Person III, dimana perhitungan curah hujan rencana dilakukan pada periode kala ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun. Hal ini dikarenakan Kabupaten Jember termasuk dalam kategori kota sedang dengan luas daerah tangkapan air lebih dari 500 Ha.

Berdasarkan analisis frekuensi yang dilakukan data curah hujan harian maksimum diperoleh kesimpulan bahwa jenis distribusi yang cocok terhadap sebaran data hujan harian maksimum adalah distribusi Log Pearson III. Karena itu, data curah hujan harian maksimum yang ada diubah dalam bentuk logaritmik, sehingga parameter berubah dimana Rata-rata ( $\bar{x}$ ): 4,408; Simpangan Baku (S): 0,227; Koefisien *Skewness* (Cs): 0,377; Koefisien Kurtosis (Ck): 0,428 dan Koefisien Variasi (Cv): 0,052.

Dengan menggunakan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan periode ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun. Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan persamaan  $\log X_T = \log \bar{x} + K.S$ , dimana nilai K dapat dilihat pada lampiran. Selanjutnya, perhitungan curah hujan rancangan dengan Metode Log Pearson III dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person III

<b>P(<math>x \geq X_m</math>)</b>	<b>T</b>	<b>Karakteristik Debit (m<sup>3</sup>/dt)</b>
<b>Probabilitas</b>	<b>Kala Ulang</b>	<b>menurut probabilitasnya</b>
		<b>Log Person III</b>
		<b>X<sub>t</sub></b>
0,999	1	45,795
0,5	2	80,921
0,2	5	98,825
0,1	10	110,631
0,05	20	121,983

#### 4.1.6 Analisis Intensitas Hujan

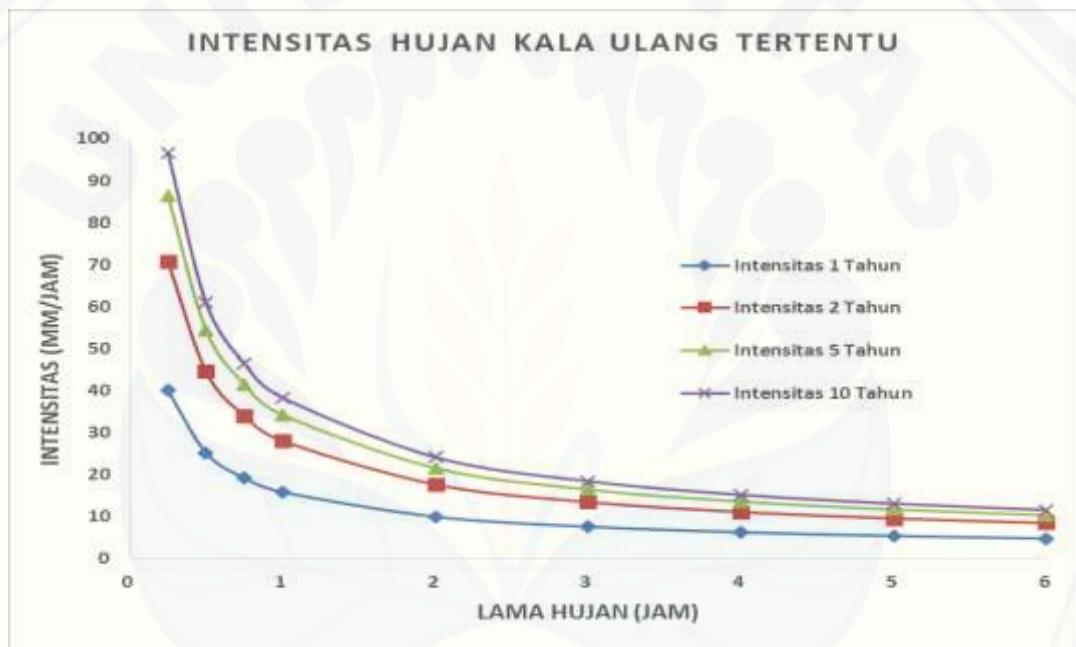
Pada penelitian ini, intensitas hujan diperlukan sebagai data inputan dalam menjalankan *software SWMM*. Dalam *software SWMM* intensitas hujan digunakan sebagai input *rain gage* yang berupa data curah hujan jam-jaman (*time series*). Dikarenakan data yang tersedia adalah data hujan harian, maka perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe (Suripin, 2004:67).

**Tabel 4.6** Perhitungan Intensitas Hujan Jam-Jaman untuk Kala Ulang Tertentu

<b>T</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>(Jam)</b>				
0,08	83,22	147,04	179,58	201,03
0,17	52,22	92,63	113,13	126,64
0,25	40,01	70,69	86,33	96,65
0,5	25,20	44,53	54,39	60,88
0,75	19,23	33,98	41,50	46,46
1	15,88	28,05	34,26	38,35
2	10,00	17,67	21,58	24,16
3	7,63	13,49	16,47	18,44
4	6,30	11,13	13,60	15,22
5	5,43	9,59	11,72	13,12
6	4,81	8,50	10,38	11,62

Berdasarkan tabel 4.6 pada Kala ulang 1 tahun intensitas hujan lebih kecil dibandingkan dengan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun. Dapat disimpulkan semakin

singkat hujan berlangsung intensitas hujan cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode kala ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004:66). Perhitungan Intensitas hujan jam-jaman disajikan dalam kurva (gambar 4.1) dimana pada gambar dapat kita lihat bahwa semakin lama hujan berlangsung intensitas hujan semakin kecil. Selain itu intensitas hujan yang tinggi (hujan deras) berlangsung dengan durasi pendek, sedangkan intensitas rendah (rintik-rintik) berlangsung dengan durasi lama dimana hujan dengan intensitas rendah mulai konstan pada lama hujan ke 3.



**Gambar 4.1** Kurva Intensitas Hujan Jam-jaman

#### 4.2 Kondisi Topografi

Kondisi topografi merupakan salah satu data penting dalam merencanakan saluran drainase, karena digunakan sebagai penentuan arah aliran dan kemiringan saluran. Oleh karena itu data potongan memanjang penampang saluran sangat dibutuhkan. Pengukuran dilakukan per 50 meter, namun untuk kondisi khusus seperti adanya perubahan dimensi saluran, adanya tikungan, dll pengukuran dilakukan sesuai dengan kebutuhan.



#### 4.2.1 Situasi Topografi Jalan Srikoyo

Tabel 4.7 merupakan tabel kemiringan drainase sisi kanan jalan Srikoyo. Kemiringan drainase sisi kanan ini diawali dengan titik 0.00 dimulai dari pertigaan antara Jalan Branjangan dan Jalan Semangka. Sedangkan titik akhirnya ada pada titik 1.650 yang berada di pertigaan Jalan Srikoyo yang akan menuju Jalan Dr.Soebandi. Sedangkan gambar potongan memanjang sisi kanan jalan Srikoyo dapat dilihat pada lampiran 1.

**Tabel 4.7** Kemiringan Drainase Sisi Kanan Jalan Srikoyo

Titik	Kemiringan
0.000 - 0.300	0,55 %
0.300 – 0.950	3,46 %
0.950 – 1.450	5,08 %
1.450 – 1.600	0,73 %

Berdasarkan tabel 4.7 kemiringan drainase sisi kanan jalan Srikoyo dapat dibagi menjadi empat arah aliran, yaitu arah aliran pada titik 0.000 – 0.300 mengalir menuju Sungai Bintoro, arah aliran pada titik 0.300 – 0.950 dan 0.950 – 1.450 mengalir menuju Irigasi Srikoyo dan arah aliran pada titik 1.450 – 1.600 mengalir menuju Sungai Patrang.

Sama seperti drainase sisi kanan, drainase sisi kiri jalan Srikoyo diawali dengan titik 0.00 yang dimulai dari pertigaan antara Jalan Branjangan dan Jalan Semangka. Sedangkan titik akhirnya ada pada titik 1.650 yang berada di pertigaan Jalan Srikoyo yang akan menuju Jalan Dr.Soebandi. Tabel kemiringan drainase sisi kiri dapat dilihat pada tabel 4.8. Sedangkan gambar potongan memanjang sisi kiri jalan Srikoyo dapat dilihat pada lampiran 2.



**Tabel 4.8** Kemiringan Drainase Sisi Kiri Jalan Srikoyo

Titik	Kemiringan
0.000 - 0.300	1,43 %
0.300 – 0.750	4,11 %
0.750 – 0.950	1,99 %
0.950 – 1.450	3,38 %
1.450 – 1.600	0,93 %

Berdasarkan tabel 4.8 kemiringan drainase sisi kiri jalan Srikoyo dapat dibagi menjadi lima arah aliran, yaitu arah aliran pada titik 0.000 – 0.300 mengalir menuju Sungai Bintoro, arah aliran pada titik 0.300 – 0.750 mengalir menuju Sungai Perumnas, arah aliran 0.950 – 1.450 mengalir menuju Irigasi Srikoyo dan arah aliran pada titik 1.450 – 1.600 mengalir menuju Sungai Patrang.

#### 4.2.2 Situasi Topografi Jalan Langsep

Jalan Langsep dimulai pada titik 0.00 yang berada pada pertigaan kearah Jalan Langsep dari arah Jalan Srikoyo dan berakhir pada titik 0.400 yang berada di Sungai Perumnas. Gambar potongan memanjang sisi kanan dan kiri jalan Srikoyo dapat dilihat pada lampiran 3.

Untuk potongan memanjang drainase jalan Langsep sisi kanan titik 0.00 – 0.400 mempunyai kemiringan sebesar 1,85%. Sedangkan untuk potongan memanjang drainase jalan Langsep sisi kiri pada titik 0.00–0.400 mempunyai kemiringan sebesar 2,09%. Berdasarkan kemiringannya arah aliran pada drainase jalan Langsep mengalir kearah barat menuju Sungai Perumnas.

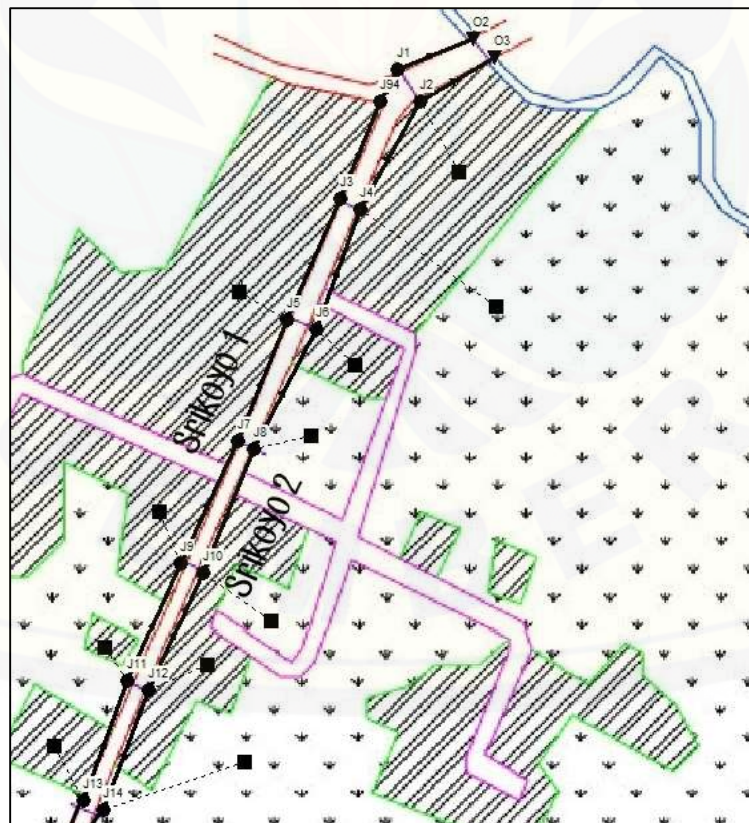
### 4.3 Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase adalah suatu jaringan drainase yang terdiri dari beberapa saluran yang berhubungan sehingga membentuk suatu pola jaringan drainase. Pada lokasi penelitian yang meliputi jalan Srikoyo dan jalan Langsep termasuk dalam sistem jaringan dengan pola siku dimana saluran cabang membentuk siku-siku pada saluran utama. (Wesli, 2008:10).

Pada jalan Srikoyo terdapat beberapa sistem jaringan drainase, yaitu:

#### 4.3.1 Sistem Jaringan Drainase Sungai Bintoro

Sungai Bintoro merupakan anak sungai Bedadung. Sistem jaringan drainase Sungai Bintoro ini menerima buangan air dari saluran drainase Srikoyo 1 (J1, J3, J5, J7, J9, J11, J13 dan J94) dan Srikoyo 2 (J2, J4, J6, J8, J10, J12 dan J14), yang kemudian mengalir menuju Sungai Perumnas dan bermuara di Sungai Bedadung. Sungai Bintoro merupakan *outfall* (O2 & O3) dalam pemodelan *SWMM*, yang dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Sistem Jaringan Drainase Sungai Bintoro

#### 4.3.2 Sistem Jaringan Drainase Sungai Perumnas

Sistem jaringan drainase Sungai Perumnas menerima buangan air dari saluran drainase Srikyoo 4 (J16, J18, J20, J22, J24, J26, J28, J30, J32, J34, J75, J76, J77, J78, J79, J80, J81, J82, J96 dan J97) dan Langsep 1 (J83, J86, J87, J88, J89, J90, J91, J92 dan J93). Sungai Perumnas merupakan *outfall* (O9 & O10) dalam pemodelan *SWMM*, yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Sistem Jaringan Drainase Sungai Perumnas



#### 4.3.3 Sistem Jaringan Drainase Irigasi Srikoyo

Sistem jaringan drainase Irigasi Srikoyo menerima buangan air dari Srikoyo 3 (J15, J17, J19, J21, J23, J25, J27, J29, J31, J33, J35, J37, J39 dan J98), Srikoyo 5 (J36, J38, J40 dan J99), Srikoyo 6 (J42, J44, J46, J48 dan J50) dan Srikoyo 7 (J41, J43, J45, J47 dan J49). Irigasi Srikoyo sebagai *outfall* (O4, O5, O7 dan O8) dalam pemodelan *SWMM*, yang dapat dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5.



**Gambar 4.4** Sistem Jaringan Drainase Irigasi Srikoyo 3 dan Srikoyo 5

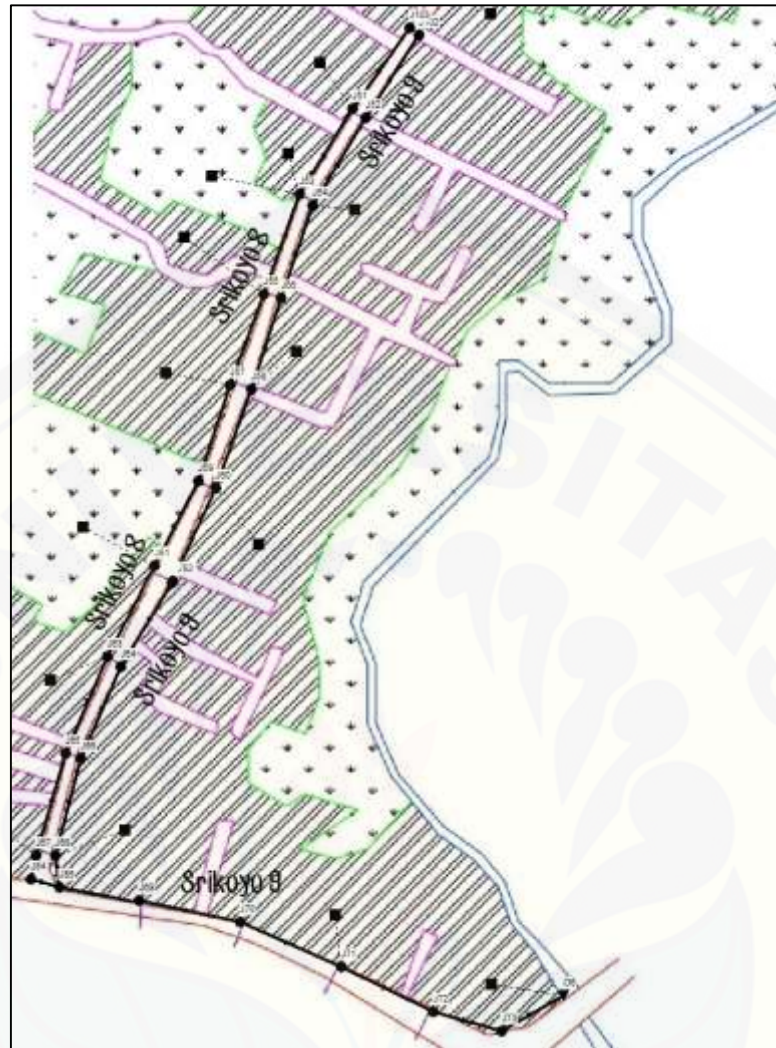


**Gambar 4.5** Sistem Jaringan Drainase Irigasi Srikoyo 6 dan Srikoyo 7

#### 4.3.4 Sistem Jaringan Drainase Sungai Patrang

Sistem jaringan drainase Sungai Patrang ini menerima limpasan air saluran Srikoyo 8 (J51, J53, J55, J57, J59, J61, J63, J65, J67, J84 dan J103) dan Srikoyo 9 (J52, J54, J56, J58, J60, J62, J64, J66, J68, J69, J70, J71, J72, J73, J85 dan J102). Sungai Patrang sebagai *outfall* (O6) dalam pemodelan *SWMM*, yang dapat dilihat pada gambar 4.6.





**Gambar 4.6** Sistem Jaringan Drainase Sungai Patrang

Berdasarkan survei di lapangan arah aliran limpasan (air buangan) akan mengalir menuju Sungai Patrang dan bermuara di Sungai Bedadung. Lampiran 4 merupakan gambar keseluruhan sistem jaringan drainase yang ada pada Jalan Srikoyo, yakni Sistem Jaringan Drainase Sungai Bintoro, Sistem Jaringan Drainase Sungai Perumnas, Sistem Jaringan Drainase Irigasi Srikoyo dan Sistem Jaringan Drainase Sungai Patrang.

#### 4.4 Kalibrasi Pemodelan *SWMM*

Kalibrasi merupakan proses verifikasi untuk menentukan dan menyesuaikan kebenaran hasil simulasi *software SWMM* dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan tinggi muka air hasil pengukuran di lapangan dengan hasil simulasi *software SWMM*. Tinggi air yang digunakan sebagai data perbandingan kalibrasi adalah data tinggi air di lapangan saat terjadinya hujan pada tanggal 28 Maret 2015 dengan curah hujan sebesar 38 mm.

**Tabel 4.9** Kalibrasi Pemodelan *SWMM*

CONDUIT	TINGGI <i>SWMM</i> (m)	TINGGI DILAPANGAN (m)	ERROR
C17	0,319	0,300	0,065
C47	0,278	0,290	0,041
C54	0,150	0,140	0,071

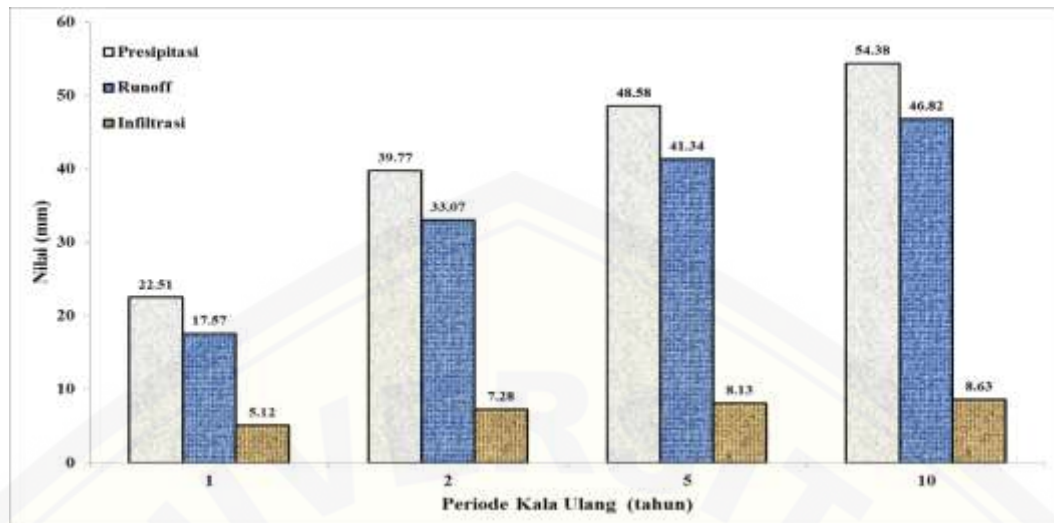
Berdasarkan tabel 4.9, tinggi di lapangan dengan tinggi dipemodelan *SWMM* untuk C17 sebesar 30 cm dengan error 0,065 (6,5%). Pada C47 tinggi di lapangan sebesar 29 cm dengan error 0,041 (4,1%). Sedangkan pada C54 tinggi di lapangan sebesar 14 cm dengan error 0,071 (7,1%).

#### 4.5 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrologi

Evaluasi kondisi eksisting hidrologi ini ditujukan untuk mengetahui besaran nilai infiltrasi dan juga nilai *runoff* yang terjadi di Jalan Srikoyo dengan melakukan simulasi pada *software SWMM* yang dikalibrasi dengan hasil pengamatan lapangan.

Dari siklus hidrologi terlihat jelas bahwa air hujan yang jatuh di permukaan tanah sebagian akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) melalui pori-pori tanah dan sebagian akan menjadi aliran air permukaan (*runoff*).

Berdasarkan gambar 4.7 (rekapitulasi dari lampiran 5) dapat diketahui bahwa daerah Jalan Srikoyo memiliki curah hujan yang tinggi. Namun hal ini tidak diimbangi dengan nilai infiltrasi yang memadai sehingga menyebabkan air hujan yang tidak terserap menjadi *runoff*.



**Gambar 4.7** Grafik Infiltrasi dan *Runoff* dengan periode kala ulang yang berbeda

Dari tingginya nilai *runoff* dibandingkan dengan nilai infiltrasi dapat diketahui bahwa pada Jalan Srikoyo memiliki daerah impervious yang lebih besar daripada pervious. Daerah impervious merupakan daerah yang dapat mengalirkan air tetapi tidak mengalami infiltrasi misalnya area parkir, area perumahan dan bangunan pertokoan yang biasanya bersifat kedap air dan relatif permanen.

Dengan tingginya nilai *runoff* dapat meningkatkan potensi banjir, sehingga perlu diadakan peningkatan dan perbaikan kapasitas saluran agar limpasan air permukaan di Jalan Srikoyo tidak menimbulkan banjir. Salah satu cara untuk mengurangi potensi banjir adalah dengan mengoptimalkan sistem jaringan drainase pada Jalan Srikoyo meliputi perbaikan dan peningkatan kapasitas saluran dengan cara pengerukan sedimen, perubahan dimensi saluran dan pemeliharaan saluran secara berkala.

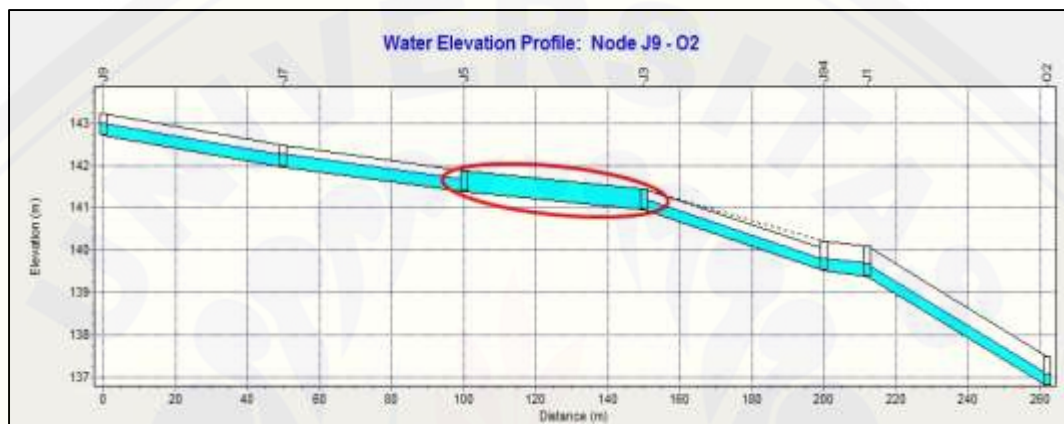
#### 4.6 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrolik Saluran

Evaluasi kondisi eksisting jaringan drainase ini ditujukan untuk mengamati wilayah yang tergenang pada Jalan Srikoyo dengan melakukan simulasi pada *software SWMM* yang dikalibrasi dengan hasil pengamatan lapangan. Objek yang digunakan dalam pengaplikasian *software SWMM* meliputi: *subscatchment*, *conduit*, *junction*, *outfall* dan *rain gage*. Kala ulang yang digunakan pada evaluasi eksisting ini menggunakan kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun.

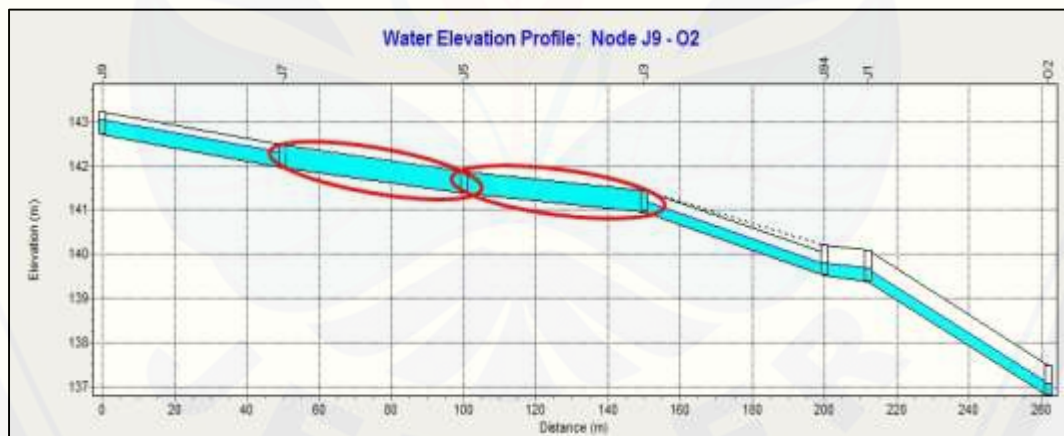


#### 4.6.1 Node Banjir Pada Saluran Srikoyo 1

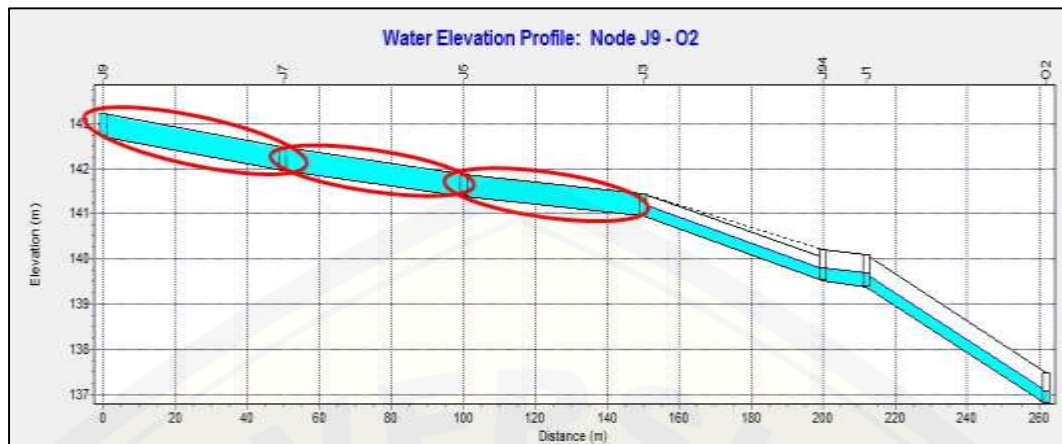
Berdasarkan hasil *running SWMM* terdapat genangan di beberapa titik pada Saluran Srikoyo 1. Genangan terjadi pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun dimana semakin lama kala ulang yang terjadi semakin bertambah pula *node* yang mengalami banjir. Pada Srikoyo 1 banjir terjadi hanya pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun, yaitu pada saluran J9-J7, J7-J5 dan J5-J3 yang dapat dilihat pada gambar berikut



**Gambar 4.7** Potongan Memanjang Saluran J9-O2 (Srikoyo 1) Kala Ulang 2 Tahun



**Gambar 4.8** Potongan Memanjang Saluran J9-O2 (Srikoyo 1) Kala Ulang 5 Tahun



**Gambar 4.9** Potongan Memanjang Saluran J9-O2 (Srikoyo 1) Kala Ulang 10 Tahun

Berdasarkan gambar diatas didapatkan bahwa *node* banjir terjadi pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun dan selalu terjadi pertambahan *node* banjir pada setiap kala ulang. Dimana pada kala ulang 2 tahun *node* banjir hanya terjadi pada saluran J5-J3, pada kala ulang 5 tahun *node* banjir terjadi pada kala ulang J7-J5 dan J5-J3, sedangkan pada kala ulang 10 tahun *node* banjir terjadi pada saluran J9-J7, J7-J5 dan J5-J3.

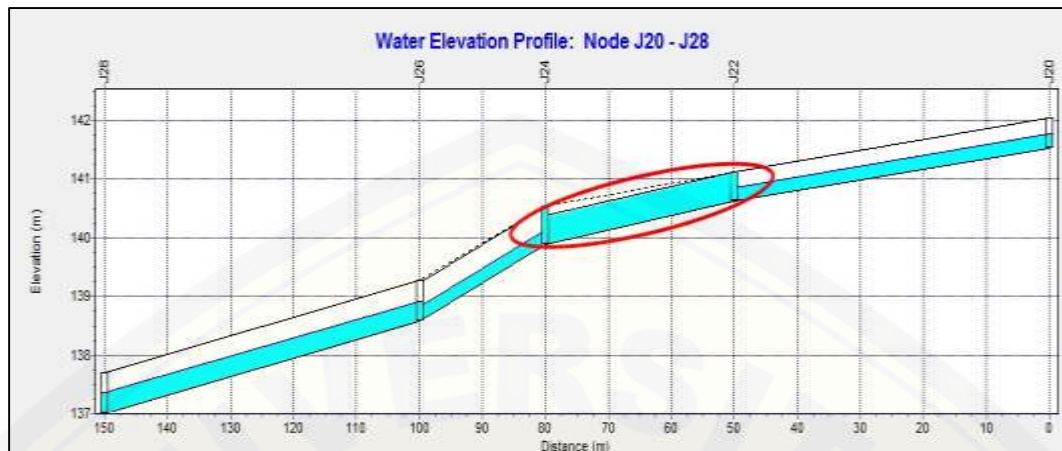
Saluran J9-J3 tidak mampu menampung air pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun dikarenakan pada setiap kala ulang limpasan air yang terjadi terlampau besar sehingga saluran tidak mampu menampung air dengan baik, selain itu pada saluran terdapat sedimen yang mengakibatkan ketinggian saluran menjadi rendah.

#### 4.6.2 *Node* Banjir Pada Saluran Srikoyo 4

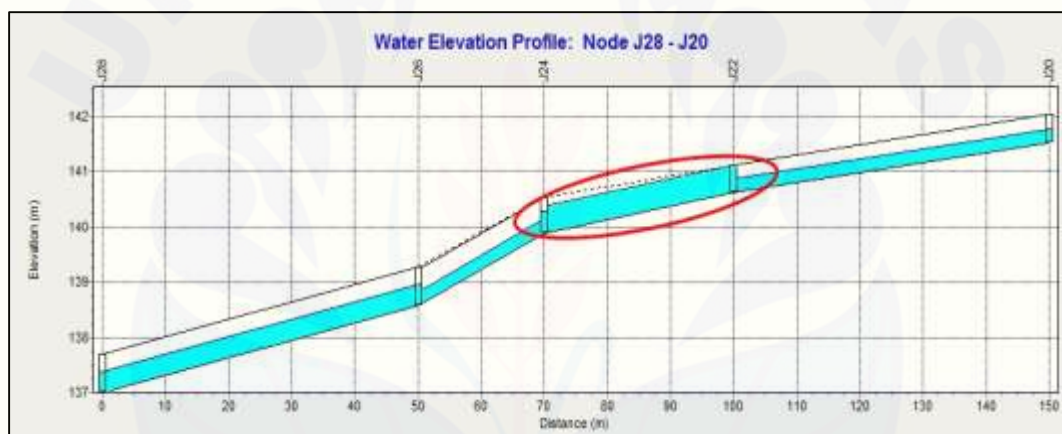
Berdasarkan hasil *running SWMM* terdapat genangan di beberapa titik pada Saluran Srikoyo 4. Genangan terjadi pada kala ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun dimana semakin lama kala ulang yang terjadi semakin bertambah pula volume banjir dan *node* yang mengalami banjir. Pada saluran srikoyo 4 terdapat beberapa *node* banjir yang dapat dilihat pada gambar berikut



## a. Node J22



**Gambar 4.10** Potongan Memanjang Saluran J20-J28 (Srikoyo 4) Kala Ulang 5 Tahun

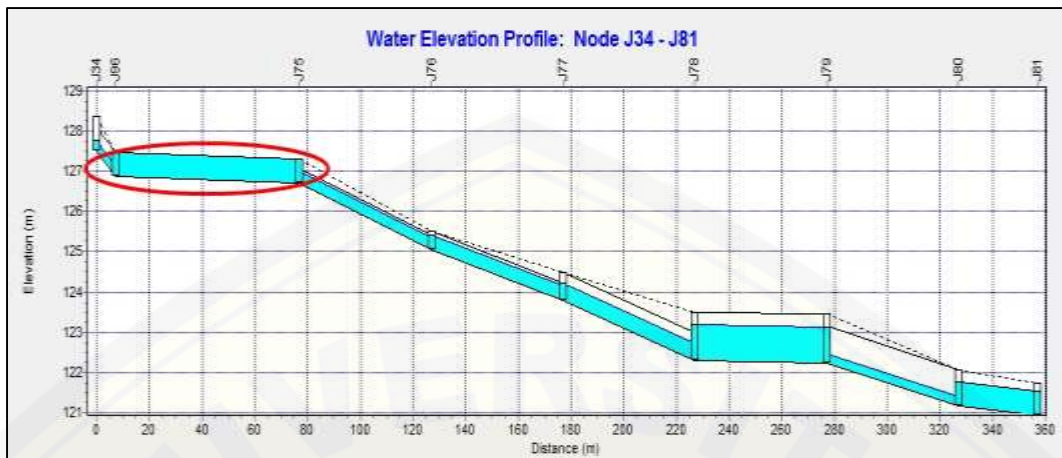


**Gambar 4.11** Potongan Memanjang Saluran J20-J28 (Srikoyo 4) Kala Ulang 10 Tahun

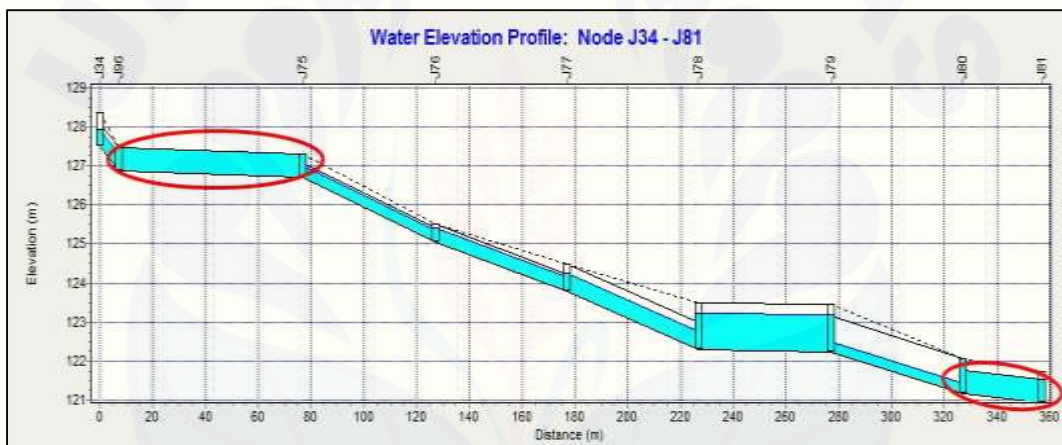
Pada gambar diatas didapatkan bahwa pada saluran J20-J28 banjir terjadi hanya pada kala ulang 5 dan 10 tahun yaitu pada saluran J22-J24. Berdasarkan *running SWMM* meskipun pada setiap kala ulang memiliki letak *node* banjir yang sama akan tetapi volume banjir pada setiap *node* banjir selalu meningkat pada setiap kala ulangnya. Pada kala ulang 5 tahun saluran J65-J67 memiliki volume banjir sebesar  $1 \text{ m}^3$ , sedangkan pada kala ulang 10 tahun volume banjir sebesar  $14 \text{ m}^3$ .

Genangan (banjir) terjadi pada saluran J22-J24 dikarenakan dimensi saluran kurang memadai sehingga tidak mampu menampung limpasan air yang terjadi pada setiap periode kala ulang.

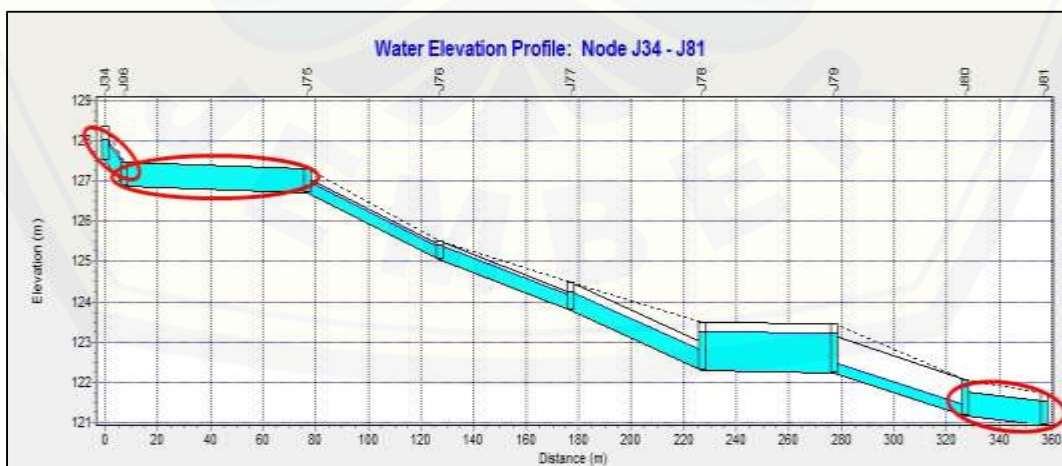
b. *Node J34, J80 dan J96*



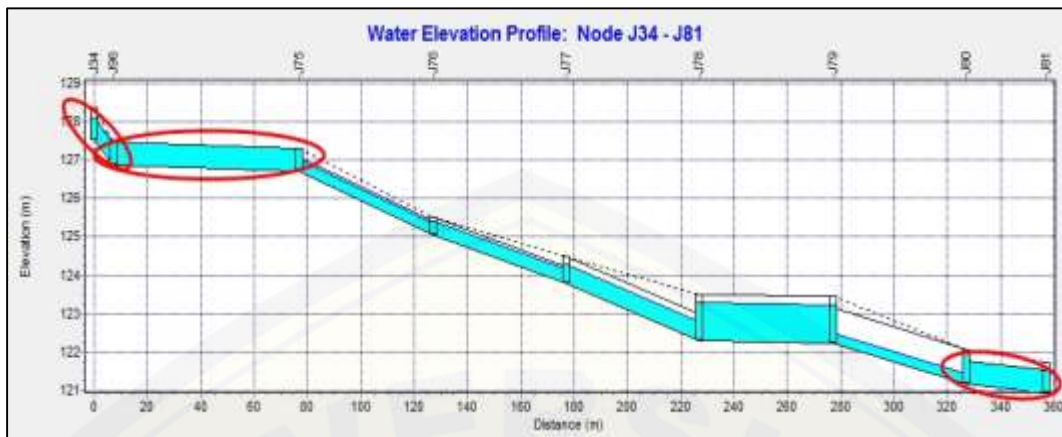
**Gambar 4.12** Potongan Memanjang Saluran J34-J81 (Srikoyo 4) Kala Ulang 1 Tahun



**Gambar 4.13** Potongan Memanjang Saluran J34-J81 (Srikoyo 4) Kala Ulang 2 Tahun



**Gambar 4.14** Potongan Memanjang Saluran J34-J81 (Srikoyo 4) Kala Ulang 5 Tahun



**Gambar 4.15** Potongan Memanjang Saluran J34-J81 (Srikoyo 4) Kala Ulang 10 Tahun

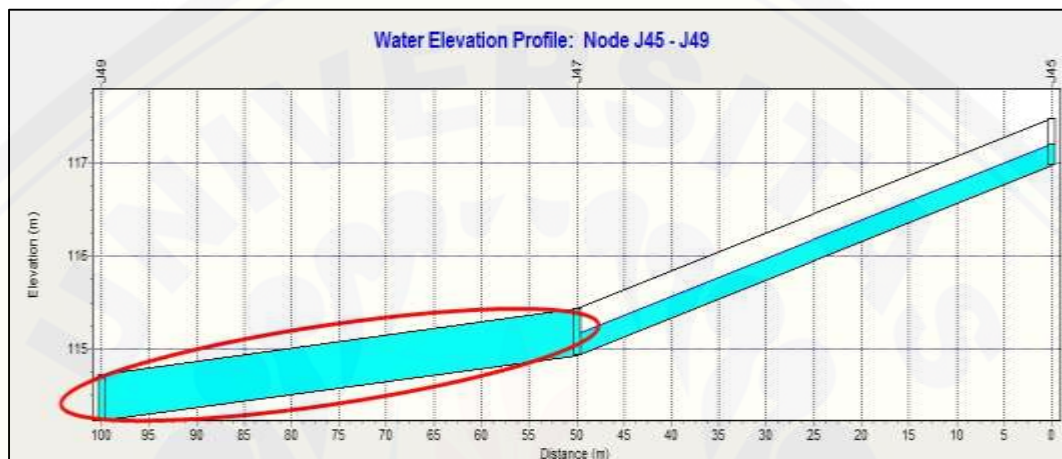
Pada gambar diatas didapatkan bahwa pada saluran J34-J81 selalu mengalami pertambahan *node* banjir pada setiap kala ulang. Pada kala ulang 1 tahun banjir terjadi pada saluran J96-J75, kala ulang 2 tahun *node* banjir mengalami pertambahan yaitu pada saluran J96-J75 dan J80-J81. Sedangkan untuk kala ulang 5 dan 10 tahun *node* banjir terjadi pada saluran J34-J96, J96-J75 dan J80-J81. Berdasarkan *running SWMM* meskipun pada setiap kala ulang memiliki letak *node* banjir yang sama akan tetapi volume banjir pada setiap *node* banjir selalu meningkat pada setiap kala ulangnya. Sebagai contoh untuk kala ulang 1 tahun saluran J96-J75 memiliki volume banjir sebesar  $12 \text{ m}^3$ , pada kala ulang 2 tahun volume banjir  $29 \text{ m}^3$ , kala ulang 5 tahun volume banjir sebesar  $46 \text{ m}^3$  dan kala ulang 10 tahun volume banjir sebesar  $54 \text{ m}^3$ . Sedangkan hasil *running SWMM* untuk saluran J34-J96 dan J80-J81 pada setiap kala ulang dapat dilihat pada lampiran 6.

Saluran J34-J96 dan J96-J75 tidak mampu menampung limpasan air dikarenakan kapasitas tampungan saluran kurang memadai (tinggi saluran yang terlalu rendah) karena pada saluran terdapat banyak sedimen (berupa tanah) sehingga saluran tidak mampu menampung limpasan pada setiap periode kala ulang. Sedangkan untuk saluran J80-J81 saluran tidak mampu menampung limpasan air dikarenakan dimensi saluran drainase yang kurang memadai (dimensi saluran yang terlalu kecil) sehingga mengakibatkan saluran tersebut meluap dan terjadi banjir (genangan).

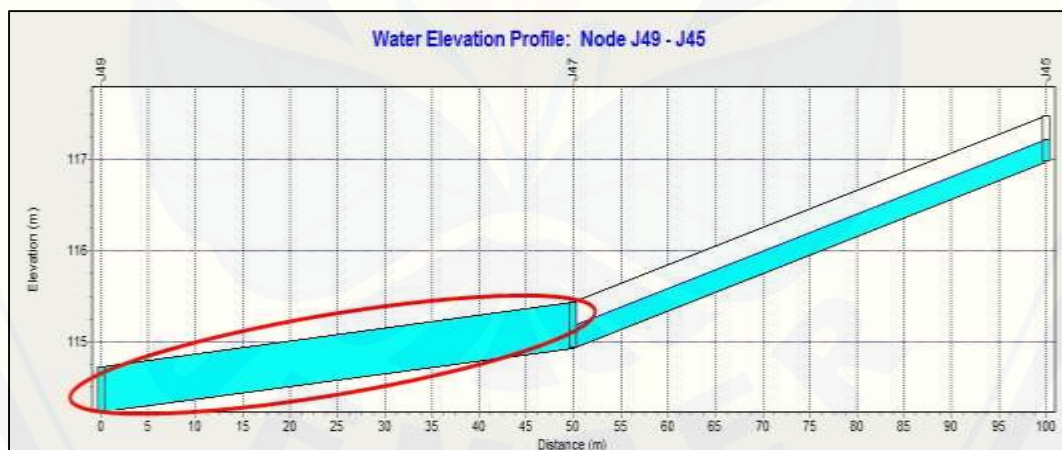


#### 4.6.3 Node Banjir Pada Saluran Srikoyo 7

Berdasarkan hasil *running SWMM* hanya terdapat satu titik genangan di Saluran Srikoyo 7. Genangan terjadi pada kala ulang 5 dan 10 tahun dimana volume banjir pada *node* yang mengalami banjir mengalami penambahan pada setiap kala ulang. Berikut adalah saluran J47-J49 yang mengalami banjir di Srikoyo 7 pada kala ulang 5 dan 10 tahun.



**Gambar 4.16** Potongan Memanjang Saluran J45-J49 (Srikoyo 7) Kala Ulang 5 Tahun



**Gambar 4.17** Potongan Memanjang Saluran J49-J45 (Srikoyo 7) Kala Ulang 10 Tahun

Berdasarkan gambar diatas didapatkan bahwa, *node* banjir terjadi hanya pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Dimana letak banjir pada kala ulang 5 dan 10 tahun memiliki letak banjir yang sama, yaitu pada saluran J47-J49. Akan tetapi yang membedakan antara saluran J47-J49 pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun adalah

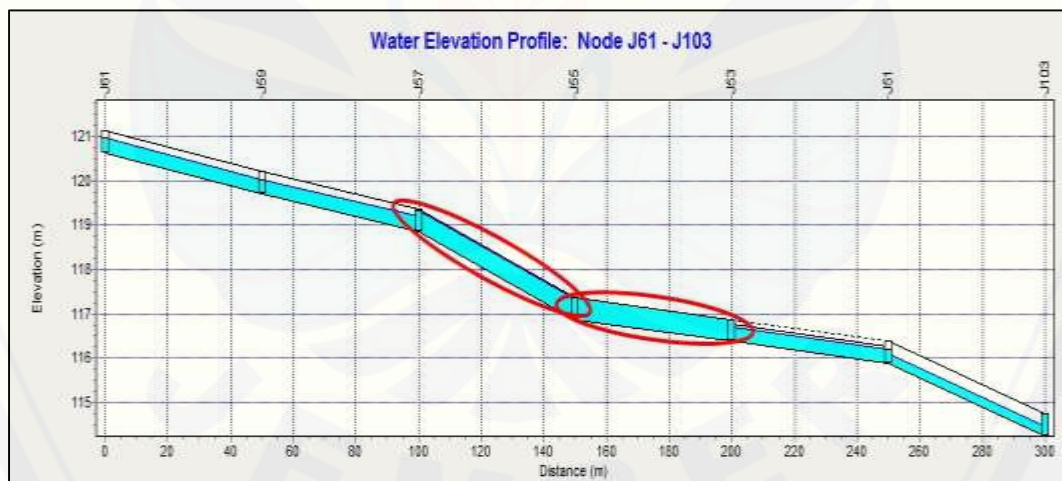
pada nilai volume banjir yang terjadi. Pada kala ulang 5 tahun saluran J47-J49 memiliki volume banjir sebesar  $11 \text{ m}^3$  sedangkan pada kala ulang 10 tahun volume banjir sebesar  $31 \text{ m}^3$ .

Terjadinya banjir pada *node* J47-J49 dikarenakan kapasitas tampungan saluran kurang memadai untuk menampung limpasan air karena saluran yang terlalu landai dan saluran memiliki dimensi yang kecil sehingga tidak mampu menampung limpasan curah hujan kala 5 tahun dan 10 tahun.

#### 4.6.4 Node Banjir Pada Saluran Srikoyo 8

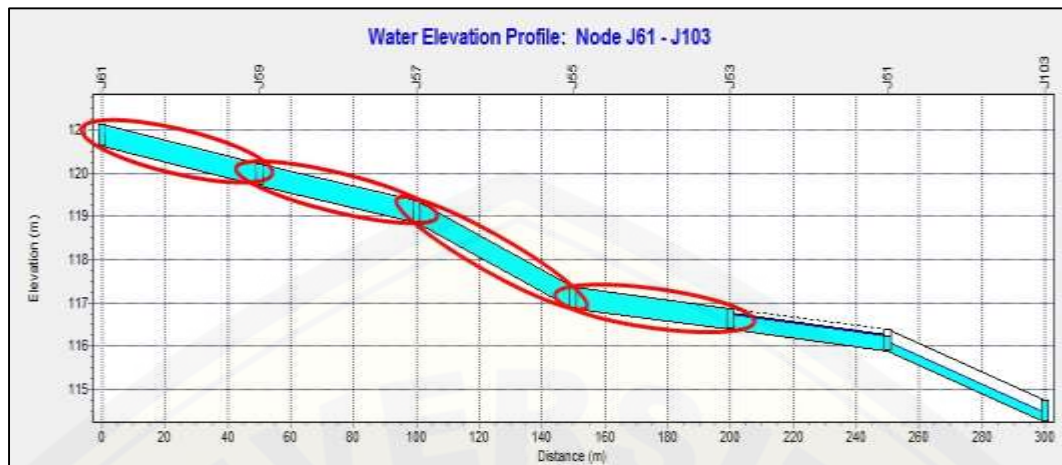
Berdasarkan hasil *running SWMM* terdapat genangan di beberapa titik pada Saluran Srikoyo 8. Genangan terjadi pada kala ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun dimana semakin lama kala ulang yang terjadi semakin bertambah pula volume banjir dan *node* yang mengalami banjir. Berikut adalah titik-titik banjir yang terjadi di Srikoyo 8 pada kala ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun.

##### a. Node J55, J57, J59 dan J61

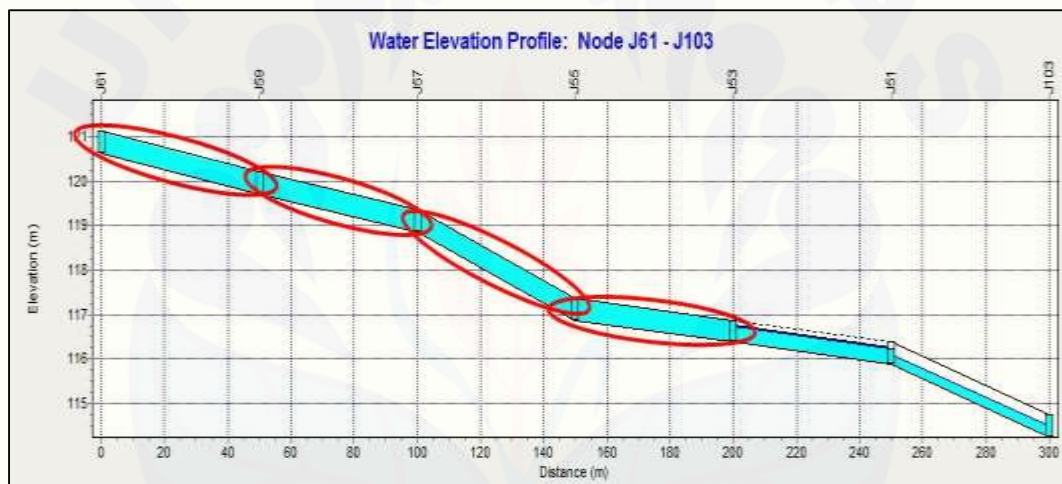


**Gambar 4.18** Potongan Memanjang Saluran J61-J103 (Srikoyo 8) Kala Ulang 2 Tahun





**Gambar 4.19** Potongan Memanjang Saluran J61-J103 (Srikoyo 8) Kala Ulang 5 Tahun



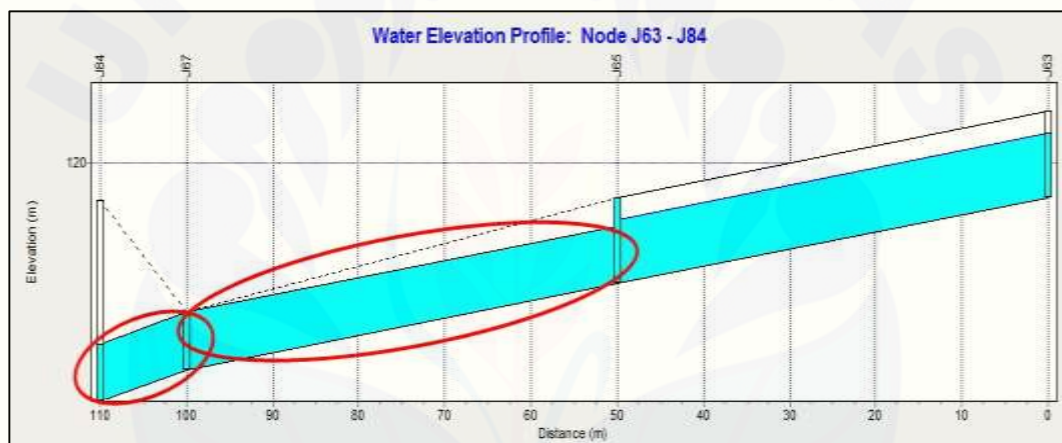
**Gambar 4.20** Potongan Memanjang Saluran J61-J103 (Srikoyo 8) Kala Ulang 10 Tahun

Berdasarkan gambar diatas didapatkan bahwa banjir terjadi hanya pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun. Pada kala ulang 2 tahun *node* banjir hanya terjadi pada saluran J57-J55 dan J55-J53. Sedangkan pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun terjadi penambahan *node* banjir yaitu pada saluran J61-J59 dan J59-J57. Pada *running SWMM* didapatkan bahwa, meskipun setiap kala ulang memiliki letak *node* banjir yang sama akan tetapi volume banjir pada setiap *node* banjir selalu meningkat pada setiap kala ulang. Sebagai contoh untuk kala ulang 2 tahun saluran J57-J55 memiliki volume banjir sebesar 3 m<sup>3</sup>, pada kala ulang 5 tahun volume banjir sebesar

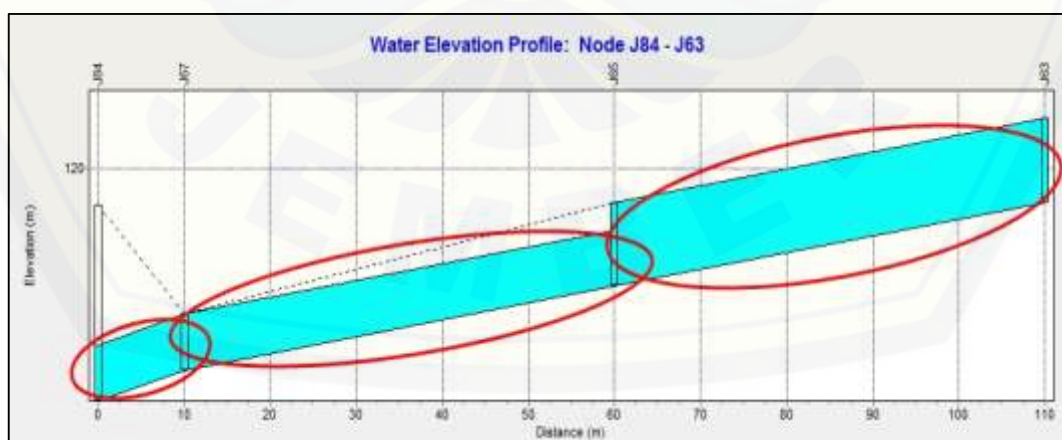
31 m<sup>3</sup>, kala ulang 10 tahun volume banjir sebesar 56 m<sup>3</sup>. Sedangkan hasil *running SWMM* untuk saluran J61-J59, J59-J57 dan J55-J53 pada setiap kala ulang dapat dilihat pada lampiran 6.

Pada gambar diatas dapat terlihat bahwa pada saluran J57-J53 tidak dapat menampung limpasan air karena daerah tersebut merupakan cekungan sehingga membuat limpasan air yang berasal dari saluran sebelumnya mengumpul dan tidak dapat mengalir dengan baik sehingga mengakibatkan terjadinya genangan bahkan banjir. Sedangkan pada saluran J61-J57 dimensi saluran kurang memenuhi sehingga saluran tidak mampu menampung limpasan air pada setiap kala ulang.

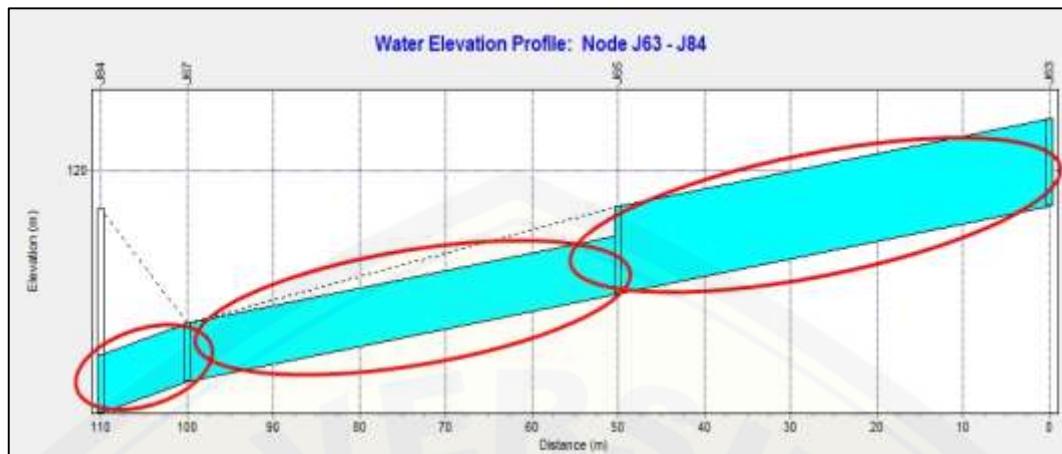
b. Node J63, J65 dan J67



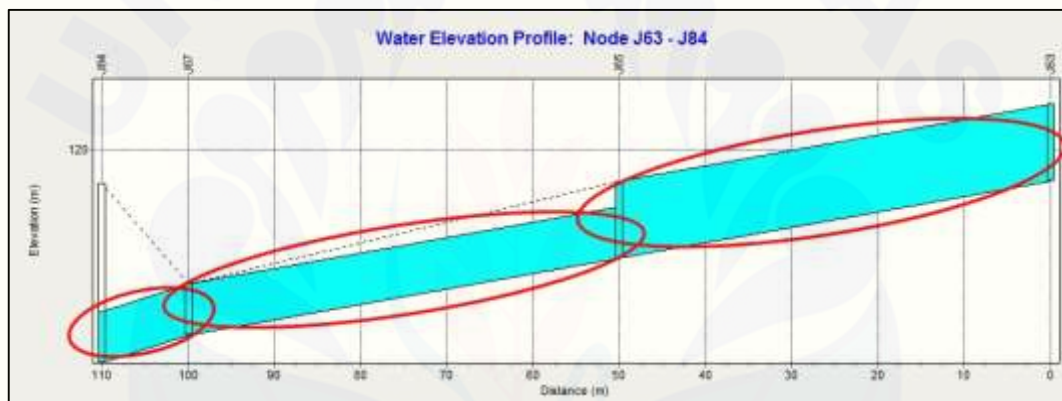
**Gambar 4.21** Potongan Memanjang Saluran J63-J84 (Srikoyo 8) Kala Ulang 1 Tahun



**Gambar 4.22** Potongan Memanjang Saluran J63-J84 (Srikoyo 8) Kala Ulang 2 Tahun



**Gambar 4.23** Potongan Memanjang Saluran J63-J84 (Srikoyo 8) Kala Ulang 5 Tahun



**Gambar 4.24** Potongan Memanjang Saluran J63-J84 (Srikoyo 8) Kala Ulang 10 Tahun

Berdasarkan gambar diatas didapatkan bahwa, terjadi pertambahan *node* banjir pada kala ulang 1 tahun menuju kala ulang 2 tahun. Dimana pada kala ulang 1 tahun saluran yang mengalami banjir hanya terdapat pada saluran J65-J67 dan J67-J84. Sedangkan pada kala ulang 2 tahun terjadi pertambahan *node* banjir yaitu pada saluran J63-J65. Untuk kala ulang 5 tahun dan 10 tahun saluran yang mengalami banjir sama dengan kala ulang 2 tahun, yaitu pada saluran J63-J65, J65-J67 dan J67-J84. Pada *running SWMM* didapatkan bahwa meskipun setiap kala ulang memiliki letak *node* banjir yang sama akan tetapi volume banjir pada setiap *node* banjir selalu meningkat pada setiap kala ulang. Sebagai contoh untuk kala ulang 1 tahun saluran J65-J67 memiliki volume banjir sebesar 42 m<sup>3</sup>, pada kala ulang 2



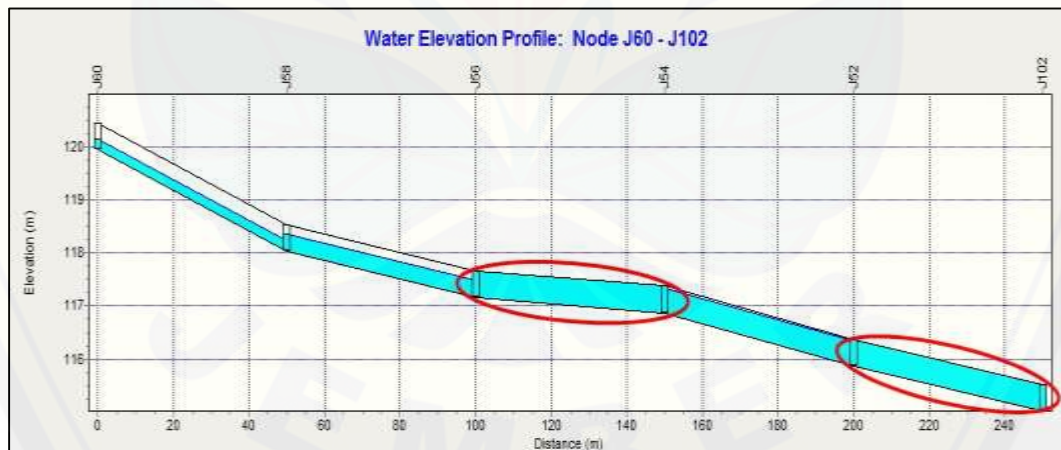
tahun volume banjir  $76 \text{ m}^3$ , kala ulang 5 tahun volume banjir sebesar  $91 \text{ m}^3$  dan kala ulang 10 tahun volume banjir sebesar  $102 \text{ m}^3$ . Sedangkan hasil *running SWMM* untuk saluran J63-J65 dan J67-J84 pada setiap kala ulang dapat dilihat pada lampiran 6.

Genangan (banjir) terjadi pada saluran J63-J84 dikarenakan saluran memiliki kedalaman yang rendah karena pada saluran terdapat banyak sedimen dan sampah sehingga saluran mengalami penyumbatan dan tidak mampu menampung limpasan air yang terjadi pada setiap periode kala ulang.

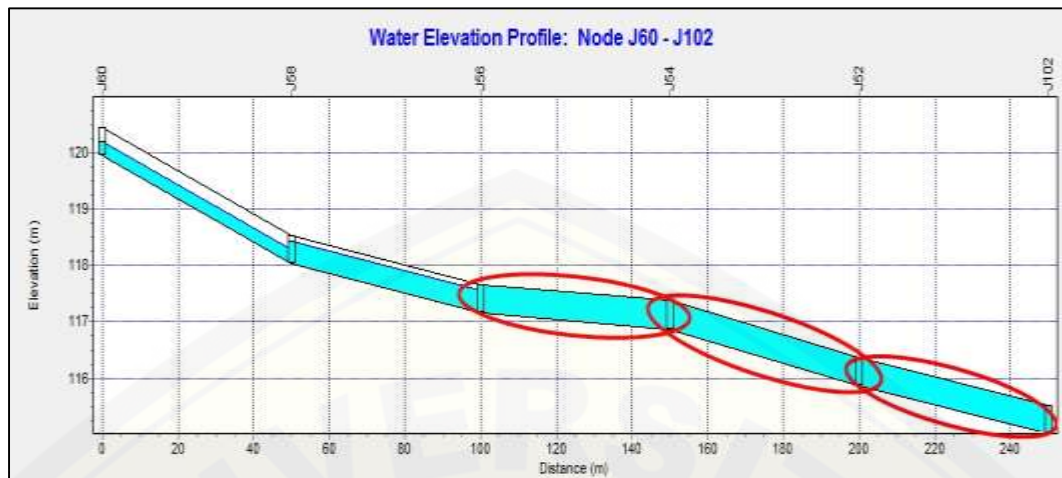
#### 4.6.5 Node Banjir Pada Saluran Srikoyo 9

Berdasarkan hasil *running SWMM* terdapat genangan di beberapa titik pada Saluran Srikoyo 9. Genangan terjadi pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun dimana semakin lama kala ulang yang terjadi semakin bertambah pula volume banjir dan *node* banjir. Berikut adalah titik-titik banjir yang terjadi di Srikoyo 9 pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun.

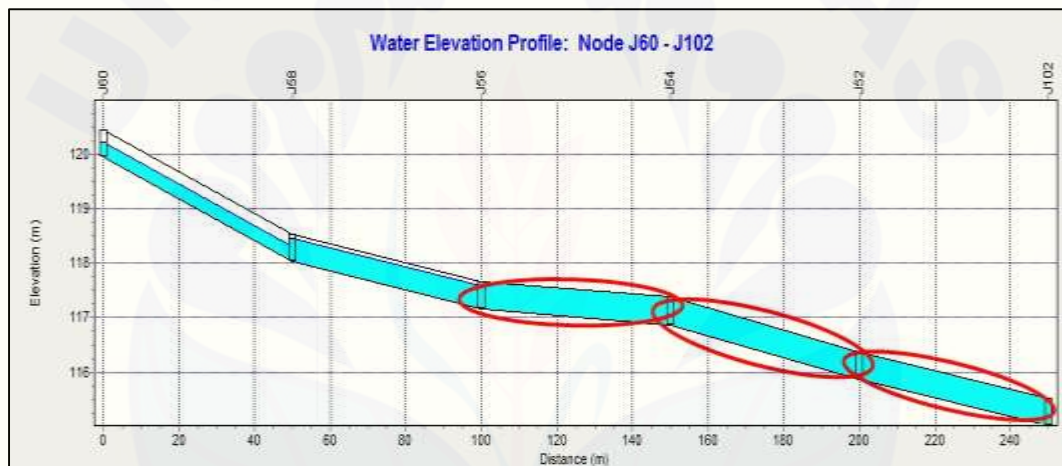
##### a. Node J52, J54 dan J56



**Gambar 4.25** Potongan Memanjang Saluran J60-J102 (Srikoyo 9) Kala Ulang 2 Tahun



**Gambar 4.26** Potongan Memanjang Saluran J60-J102 (Srikoyo 9) Kala Ulang 5 Tahun



**Gambar 4.27** Potongan Memanjang Saluran J60-J102 (Srikoyo 9) Kala Ulang 10 Tahun

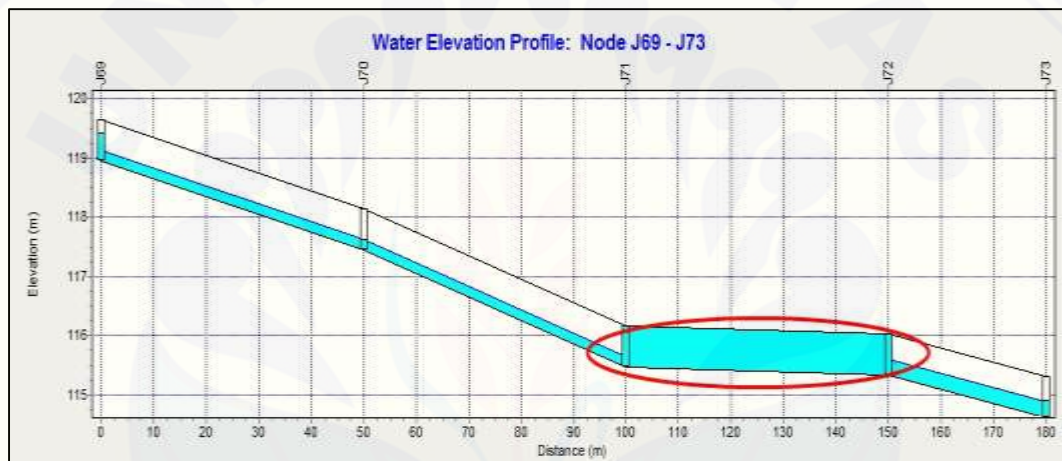
Berdasarkan gambar diatas didapatkan bahwa, banjir terjadi hanya pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun. Pada kala ulang 2 tahun, *node* banjir terjadi pada saluran J56-J54 dan J52-J102. Sedangkan pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun *node* banjir mengalami pertambahan yaitu pada saluran J54-J52. Pada *running* SWMM didapatkan bahwa, meskipun setiap kala ulang memiliki letak *node* banjir yang sama akan tetapi volume banjir pada setiap *node* banjir selalu meningkat pada setiap kala ulang. Sebagai contoh untuk kala ulang 2 tahun saluran J56-J54 memiliki volume banjir sebesar 1 m<sup>3</sup>, pada kala ulang 5 tahun volume banjir 34 m<sup>3</sup>, kala ulang 10 tahun volume banjir sebesar 64 m<sup>3</sup> dan kala ulang 10 tahun volume banjir



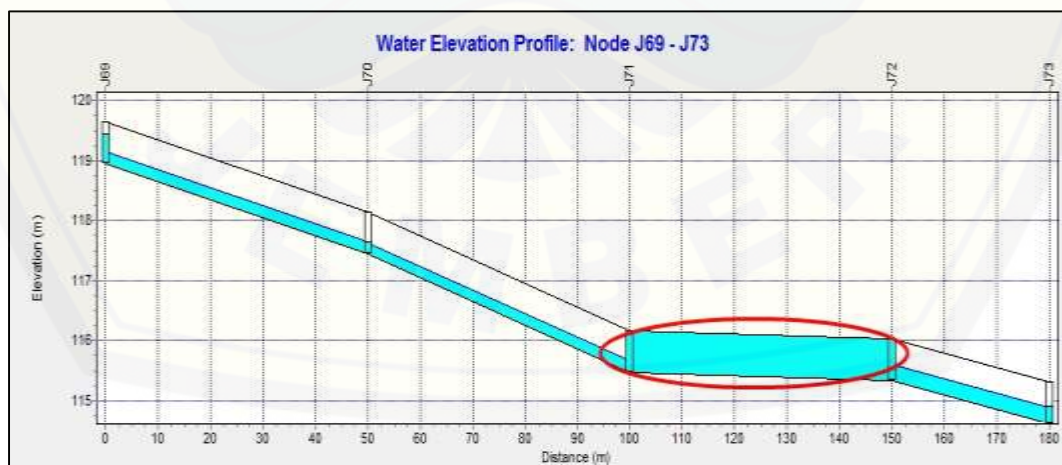
sebesar 102 m<sup>3</sup>. Sedangkan hasil running SWMM untuk saluran J56-J54 dan J52-J102 pada setiap kala ulang dapat dilihat pada lampiran 6.

Berdasarkan gambar diatas, genangan terjadi pada saluran J56-J54, J54-J52 dan J52-J102. Pada saluran J56-J54 dan J56-J102 terjadinya banjir dikarenakan kapasitas saluran yang kurang memadai (dimensi saluran yang terlalu kecil) untuk menampung limpasan air sehingga mengakibatkan saluran drainase tersebut meluap. Sedangkan untuk *node* J52-J102 banjir terjadi dikarenakan kemiringan saluran yang terlalu landai.

b. *Node* J71



**Gambar 4.28** Potongan Memanjang Saluran J69-J73 (Srikoyo 9) Kala Ulang 5 Tahun



**Gambar 4.29** Potongan Memanjang Saluran J69-J73 (Srikoyo 9) Kala Ulang 10 Tahun

Berdasarkan gambar diatas didapatkan bahwa, *node* banjir terjadi hanya pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Dimana letak banjir pada kala ulang 5 dan 10 tahun memiliki letak banjir yang sama, yaitu pada saluran J71-J72. Akan tetapi yang membedakan antara saluran J71-J72 pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun adalah pada nilai volume banjir yang terjadi. Pada kala ulang 5 tahun saluran J71-J72 memiliki volume banjir sebesar 30 m<sup>3</sup> sedangkan pada kala ulang 10 tahun volume banjir sebesar 69 m<sup>3</sup>.

Terjadinya banjir pada saluran J71-J72 dikarenakan daerah tersebut merupakan cekungan sehingga membuat limpasan air yang berasal dari saluran sebelumnya mengumpul menjadi pada satu titik dan mengakibatkan terjadinya genangan bahkan banjir.

Berdasarkan hasil *running SWMM* 4 kala ulang diatas, didapatkan titik-titik banjir yang terjadi pada setiap kala ulang yang dapat dilihat pada tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Rekapitulasi *Node* Lokasi Banjir Hasil *Running SWMM*

No.	Kala ulang			
	1 Th	2 Th	5 Th	10 Th
1	J65	J5	J5	J5
2	J67	J52	J7	J7
3	J96	J55	J22	J9
4		J56	J34	J22
5		J57	J47	J34
6		J63	J52	J47
7		J65	J54	J52
8		J67	J55	J54
9		J80	J56	J55
10		J96	J57	J56
11			J59	J57
12			J61	J59
13			J63	J61
14			J65	J63
15			J67	J65
16			J71	J67
17			J80	J71
18			J96	J80
19				J96

Berdasarkan tabel 4.11 dapat dilihat bahwa pada kala ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun selalu mengalami penambahan *node* yang mengalami banjir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama kala ulang yang terjadi semakin bertambah pula *node* yang mengalami banjir. Maka perlu dilakukan perencanaan ulang untuk saluran drainase sehingga dapat mencegah terjadinya banjir dengan cara melakukan perubahan dimensi saluran drainase dengan menggunakan *software SWMM*.

#### 4.7 Perencanaan Saluran Drainase pada Jalan Srikoyo

Perencanaan ulang saluran drainase pada Jalan Srikoyo sangat diperlukan, karena dengan adanya perencanaan ulang saluran tentunya akan menjadikan kawasan Jalan Srikoyo bebas dari banjir sehingga memberikan kenyamanan bagi warga sekitar disetiap musim penghujan. Perencanaan ulang ini dilakukan dengan menggunakan *software SWMM* dengan kala ulang 10 tahun. Penggunaan kala ulang 10 tahun dianggap lebih aman untuk melakukan perencanaan daripada menggunakan kala ulang 5 tahun. Perencanaan ini dilakukan dengan mengubah elevasi dan dimensi saluran dengan menggunakan *software SWMM*.

##### 4.7.1. Saluran Srikoyo 1 (J5, J7 dan J9)

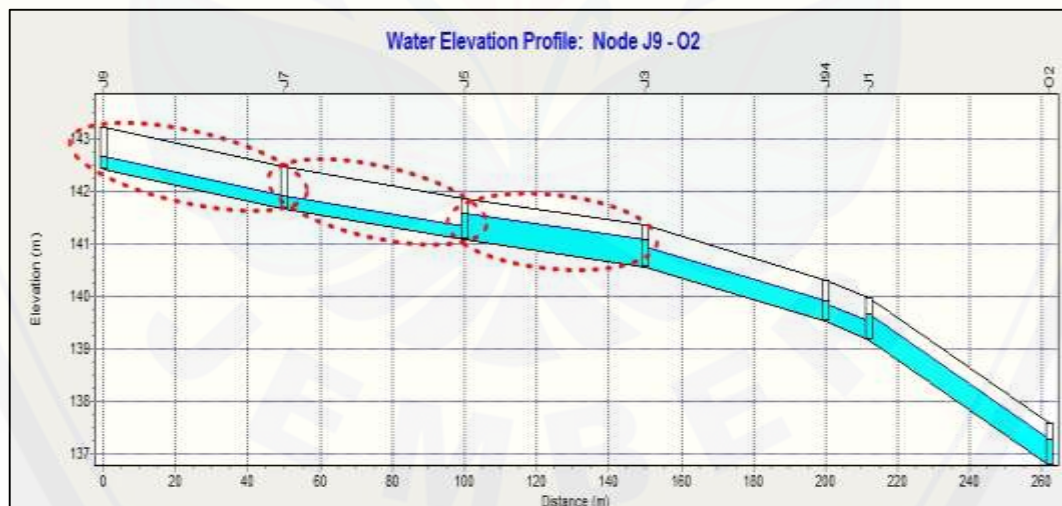
Pada kala ulang 10 tahun terdapat titik-titik banjir pada saluran Srikoyo 1 yaitu pada *node* J5, J7 dan J9. Adanya titik-titik banjir ini dikarenakan saluran tidak mampu menampung kapasitas limpasan air pada kala ulang 10 tahun. Untuk mengatasi banjir diperlukan perencanaan ulang dengan cara mengubah dimensi dan elevasi saluran. Perubahan dimensi maupun elevasi saluran dilakukan dengan cara *merunning (trial error)* pada *software SWMM* dengan kondisi yang sama pada kala ulang 10 tahun hingga saluran tidak mengalami banjir.

Berdasarkan tabel 4.12 bentuk saluran ketiganya adalah saluran tertutup dimana lebar (b) awal pada J5, J7 dan J9 sebesar 0,6 meter. Sedangkan tinggi (h) pada dimensi awal sebesar 0,5 meter. Setelah dilakukan perencanaan ulang dengan mengubah dimensi saluran didapatkan hasil seperti tabel 4.12. Pada tabel 4.12 didapatkan bahwa saluran J5, J7 dan J9 hanya mengalami perubahan tinggi saluran menjadi sebesar 0,8 meter, sedangkan untuk lebar saluran tetap. Perubahan dimensi

ini dilakukan dengan cara melakukan penambahan kedalaman agar ketinggian dapat memenuhi kebutuhan dimensi rencana. Hasil *running* perencanaan ulang saluran dapat dilihat pada gambar 4.29. Pada lampiran 7 merupakan gambar potongan memanjang perencanaan saluran drainase pada saluran Srikoyo 1.

**Tabel 4.12** Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 1 (J1, J7 dan J9)

Dimensi Awal				
Junction	Elevasi Awal (m)	Dimensi		Bentuk Saluran
		h (m)	b (m)	
J5	141,37	0,5	0,6	Rect_Closed
J7	141,96	0,5	0,6	Rect_Closed
J9	142,71	0,5	0,6	Rect_Closed
Dimensi Rencana				
Junction	Elevasi Rencana (m)	Dimensi		Bentuk Saluran
		h (m)	b (m)	
J5	141,07	0,8	0,6	Rect_Closed
J7	141,66	0,8	0,6	Rect_Closed
J9	142,41	0,8	0,6	Rect_Closed



**Gambar 4.30** Hasil *Running* Perencanaan Saluran Srikoyo 1 (J5, J7 dan J9)

Pada gambar 4.29 dapat dilihat bahwa dengan merubah dimensi saluran menjadi lebih tinggi, saluran J5, J7 dan J9 dapat menampung limpasan air yang terjadi. Penambahan tinggi (h) sebesar 0,3 meter pada saluran J5, J7 dan J9 mampu



mengatasi banjir yang terjadi pada saluran Srikoyo 1. Perencanaan saluran pada J5, J7 dan J9 dilakukan dengan cara perubahan dimensi agar dapat memenuhi kebutuhan dimensi rencana.

#### 4.7.2. Saluran Srikoyo 4 (J22, J34, J80 dan J96)

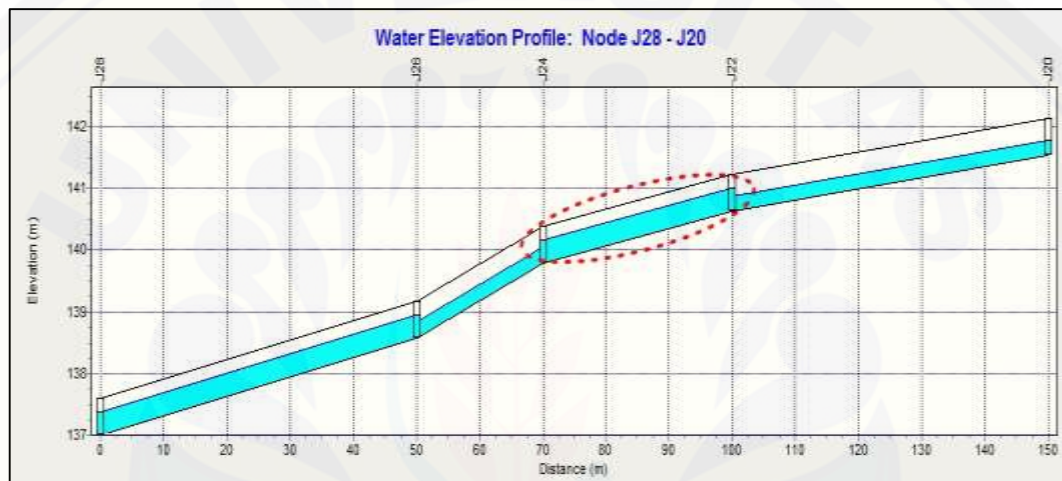
Pada kala ulang 10 tahun terdapat titik-titik banjir pada saluran Srikoyo 4 yaitu pada *node* J22, J34, J80 dan J96. Adanya titik-titik banjir ini dikarenakan saluran tidak mampu menampung kapasitas limpasan air pada kala ulang 10 tahun. Untuk mengatasi banjir diperlukan perencanaan ulang dengan cara mengubah dimensi dan elevasi saluran. Perubahan dimensi maupun elevasi saluran dilakukan dengan cara *merunning (trial error)* pada *software SWMM* dengan kondisi yang sama pada kala ulang 10 tahun hingga saluran tidak mengalami banjir.

**Tabel 4.13** Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 4 (J22, J34, J80 dan J96)

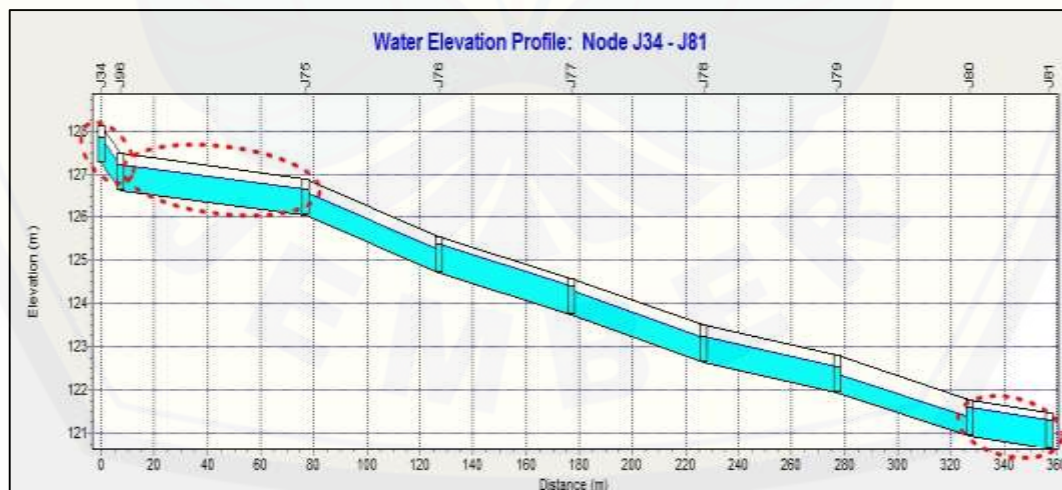
Dimensi Awal				
Junction	Elevasi Awal (m)	Dimensi		Bentuk Saluran
		h (m)	b (m)	
J22	140,62	0,5	0,65	Rect_Closed
J34	127,51	0,6	0,5	Rect_Open
J80	121,17	0,6	0,5	Trapezoidal
J96	126,87	0,6	0,5	Trapezoidal
Dimensi Rencana				
Junction	Elevasi Rencana (m)	Dimensi		Bentuk Saluran
		h (m)	b (m)	
J22	140,52	0,6	0,65	Rect_Closed
J34	127,26	0,85	0,5	Rect_Open
J80	120,92	0,85	0,5	Trapezoidal
J96	126,62	0,85	0,5	Trapezoidal

Berdasarkan tabel 4.13 bentuk saluran J22 adalah saluran tertutup dengan lebar (b) awal sebesar 0,65 meter dan tinggi (h) awal adalah 0,5 meter. Sedangkan untuk saluran J34 memiliki bentuk saluran terbuka dengan tinggi (h) pada dimensi awal sebesar 0,6 meter dan lebar (b) sebesar 0,5 meter. Untuk saluran J80 dan J96 memiliki saluran dengan bentuk trapesium dengan tinggi (h) awal sebesar 0,6 meter dan lebar (b) sebesar 0,5 meter.

Setelah dilakukan perencanaan ulang dengan mengubah dimensi saluran didapatkan hasil seperti tabel 4.13. Pada tabel 4.13 didapatkan bahwa pada saluran Srikoyo 4 membutuhkan perubahan tinggi pada saluran dimana untuk saluran J22 tinggi (h) saluran berubah menjadi 0,6 meter dan lebar (b) saluran tetap. Sedangkan untuk saluran J34, J80 dan J96 tinggi (h) saluran berubah menjadi 0,85 meter dan lebar (b) saluran tetap. Hasil *running* perencanaan ulang saluran dapat dilihat pada gambar 4.30 dan gambar 4.31. Pada lampiran 8 dan lampiran 9 merupakan gambar potongan memanjang perencanaan saluran drainase pada saluran Srikoyo 4.



**Gambar 4.31** Hasil *Running* Perencanaan Saluran Srikoyo 4 (J22)



**Gambar 4.32** Hasil *Running* Perencanaan Saluran Srikoyo 4 (J34, J80 dan J96)

Pada saluran J22 dan J80 perencanaan saluran dilakukan dengan cara perubahan dimensi saluran. Sedangkan pada saluran J34 dan J96 perencanaan saluran dilakukan dengan cara pengerukan sedimen yang ada pada saluran sehingga ketinggian dapat memenuhi kebutuhan dimensi rencana.

#### 4.7.3. Saluran Srikoyo 7 (J47)

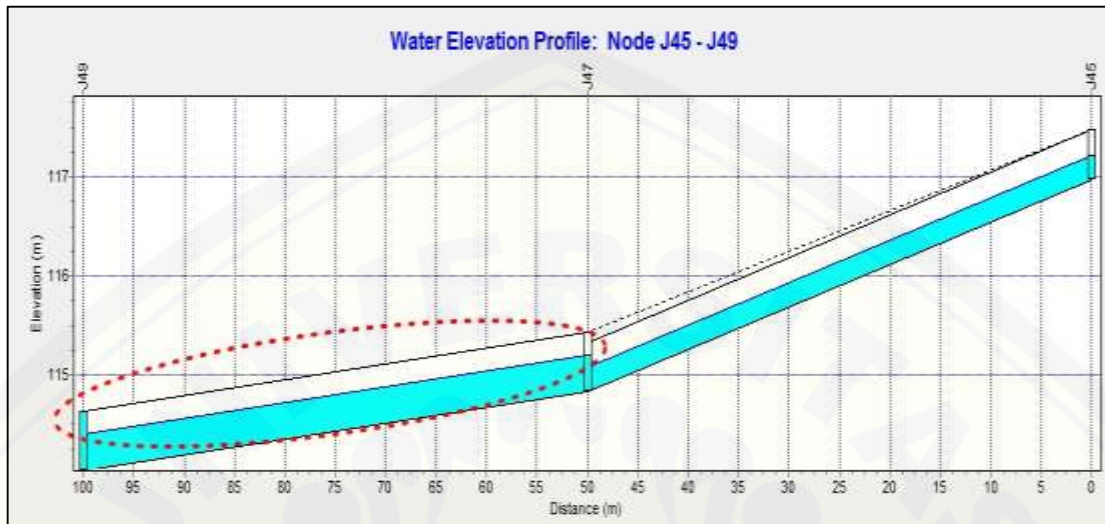
Pada kala ulang 10 tahun terdapat titik-titik banjir pada saluran Srikoyo 7 yaitu pada *node* J47. Adanya titik banjir ini dikarenakan saluran tidak mampu menampung kapasitas limpasan air pada kala ulang 10 tahun. Untuk mengatasi banjir diperlukan perencanaan ulang dengan cara mengubah dimensi dan elevasi saluran. Perubahan dimensi maupun elevasi saluran dilakukan dengan cara *merunning (trial error)* pada *software SWMM* dengan kondisi yang sama pada kala ulang 10 tahun hingga saluran tidak mengalami banjir.

**Tabel 4.14** Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 7 (J47)

<b>Desain Awal</b>				
Junction	Elevasi Awal (m)	Dimensi		Bentuk Saluran
		h (m)	b (m)	
J47	114.93	0,5	0,5	Rect_Closed
<b>Desain Rencana</b>				
Junction	Elevasi Rencana (m)	Dimensi		Bentuk Saluran
		h (m)	b (m)	
J47	114.83	0,6	0,5	Rect_Closed

Berdasarkan tabel 4.14 bentuk saluran J47 adalah saluran tertutup dimana lebar (b) dimensi awal pada J47 memiliki dimensi 0,4 meter dan tinggi (h) sebesar 0,5 meter. Setelah dilakukan perencanaan ulang dengan mengubah dimensi saluran didapatkan hasil seperti tabel 4.14. Pada tabel 4.14 didapatkan bahwa saluran J47 tinggi (h) saluran diubah menjadi 0,6 meter, sedangkan lebar (b) tetap. Hasil *running* perencanaan ulang saluran dapat dilihat pada gambar 4.32. Pada lampiran

10 merupakan gambar potongan memanjang perencanaan saluran drainase pada saluran Srikoyo 7.



**Gambar 4.33** Hasil *Running* Perencanaan Saluran Srikoyo 7 (J47)

Pada gambar 4.32 dapat dilihat bahwa dengan merubah ketinggian dimensi saluran menjadi lebih tinggi, saluran J47 dapat menampung limpasan air yang terjadi. Penambahan tinggi ( $h$ ) sebesar 0,1 meter pada saluran J47 mampu mengatasi banjir yang terjadi pada saluran Srikoyo 7. Perencanaan saluran pada J47 dilakukan dengan cara pengerukan sedimen yang mengendap pada saluran sehingga saluran drainase mampu memenuhi kebutuhan dimensi rencana.

#### 4.7.4. Saluran Srikoyo 8 (J55, J57, J59, J61, J63, J65 dan J67)

Pada kala ulang 10 tahun terdapat titik-titik banjir pada saluran Srikoyo 8 yaitu pada *node* J55, J57, J59, J61, J63, J65 dan J67. Adanya titik-titik banjir ini dikarenakan saluran tidak mampu menampung kapasitas limpasan air pada kala ulang 10 tahun. Untuk mengatasi banjir diperlukan perencanaan ulang dengan cara mengubah dimensi dan elevasi saluran. Perubahan dimensi maupun elevasi saluran dilakukan dengan cara *merunning* (*trial error*) pada *software* SWMM dengan kondisi yang sama pada kala ulang 10 tahun hingga saluran tidak mengalami banjir.



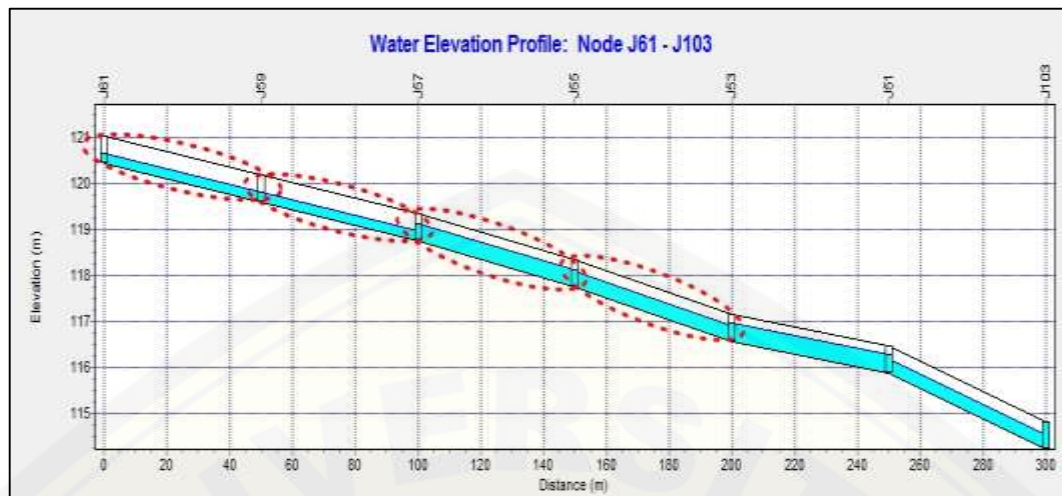
**Tabel 4.15** Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 8  
(J55, J57, J59, J61, J63, J65 dan J67)

<b>Dimensi Awal</b>				
Junction	Elevasi	Dimensi		Bentuk Saluran
	Awal	h	b	
	(m)	(m)	(m)	
J55	117,86	0,5	0,6	Rect_Open
J57	118,85	0,5	0,6	Rect_Closed
J59	119,70	0,5	0,6	Rect_Closed
J61	120,64	0,5	0,6	Rect_Closed
J63	119,88	0,3	0,7	Rect_Closed
J65	119,68	0,2	0,7	Rect_Closed
J67	119,48	0,2	0,7	Rect_Closed

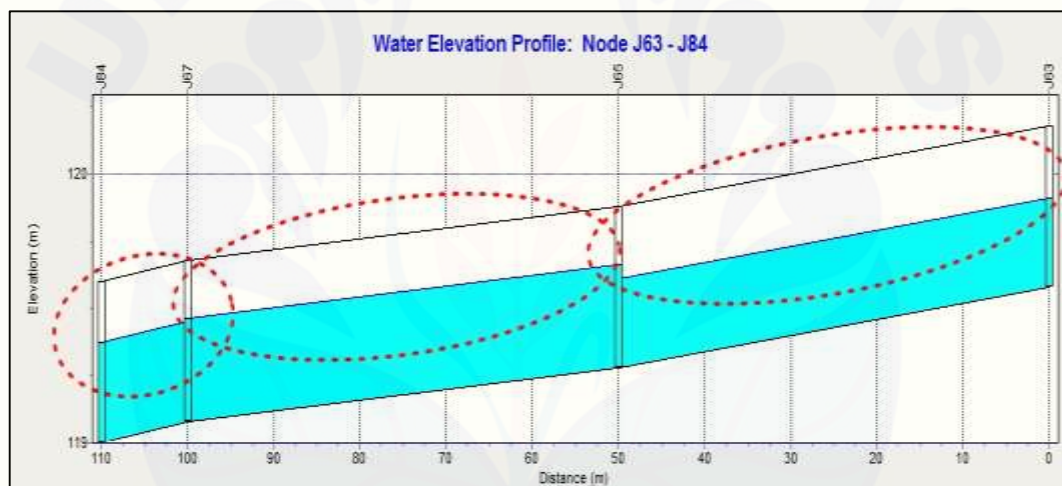
  

<b>Dimensi Rencana</b>				
Junction	Elevasi	Dimensi		Bentuk Saluran
	Rencana	h	b	
	(m)	(m)	(m)	
J55	117,76	0,6	0,6	Rect_Open
J57	118,75	0,6	0,4	Rect_Closed
J59	119,60	0,6	0,4	Rect_Closed
J61	120,54	0,6	0,4	Rect_Closed
J63	119,58	0,6	0,7	Rect_Closed
J65	119,28	0,6	0,7	Rect_Closed
J67	119,04	0,6	0,7	Rect_Closed

Berdasarkan tabel 4.15 Dimensi awal pada saluran J55, J57, J59 dan J61 memiliki tinggi (h) sebesar 0,5 meter dan lebar (b) sebesar 0,6 meter. Sedangkan saluran J63 memiliki tinggi (h) saluran sebesar 0,3 meter dan lebar (b) sebesar 0,7 meter dan saluran J65 dan J67 memiliki tinggi (h) sebesar 0,2 meter dan lebar (b) sebesar 0,7 meter. Setelah dilakukan perencanaan ulang dengan mengubah dimensi saluran didapatkan hasil seperti tabel 4.15. Pada tabel 4.15 didapatkan bahwa untuk saluran J55, J57, J59 dan J61 tinggi (h) saluran diubah menjadi 0,6 meter dan lebar saluran tetap. Untuk saluran J63 tinggi (h) berubah menjadi 0,6 meter dan lebar (b) saluran tetap. Sedangkan saluran J65 dan J67 tinggi (h) menjadi 0,6 meter dan lebar (b) saluran tetap. Hasil *running* perencanaan ulang saluran dapat dilihat pada gambar 4.33 dan gambar 4.34. Sedangkan pada lampiran 11 dan lampiran 12 merupakan gambar potongan memanjang perencanaan saluran drainase pada saluran Srikoyo 8.



**Gambar 4.34** Hasil *Running* Perencanaan Saluran Srikoyo 8 (J55, J57, J59 dan J61)



**Gambar 4.35** Hasil *Running* Perencanaan Saluran Srikoyo 8 (J63, J65 dan J67)

Pada gambar 4.33 dan gambar 4.34 dapat dilihat bahwa dengan merubah ketinggian saluran menjadi lebih tinggi, saluran Srikoyo 8 dapat menampung limpasan air yang terjadi. Penambahan tinggi ( $h$ ) sebesar 0,1 meter terjadi pada saluran J55, J57, J59 dan J61. Sedangkan penambahan tinggi ( $h$ ) sebesar 0,3 meter terjadi pada saluran J63. Dan untuk saluran J65 dan J67 mendapatkan perubahan tinggi ( $h$ ) sebesar 0,4 meter. Perencanaan saluran pada J55, J57, J59 dan J61 dilakukan dengan cara perubahan dimensi saluran. Sedangkan pada J63, J65 dan J67 perencanaan saluran dilakukan dengan cara pengerukan sedimen yang ada pada saluran, sehingga memenuhi kebutuhan dimensi rencana.

#### 4.7.5. Saluran Srikoyo 9 (J52, J54, J56 dan J71)

Pada kala ulang 10 tahun terdapat titik-titik banjir pada saluran Srikoyo 9 yaitu pada *node* J52, J54, J56 dan J71. Adanya titik-titik banjir ini dikarenakan saluran tidak mampu menampung kapasitas limpasan air pada kala ulang 10 tahun. Untuk mengatasi banjir diperlukan perencanaan ulang dengan cara mengubah dimensi dan elevasi saluran. Perubahan dimensi maupun elevasi saluran dilakukan dengan cara *merunning (trial error)* pada *software SWMM* dengan kondisi yang sama pada kala ulang 10 tahun hingga saluran tidak mengalami banjir.

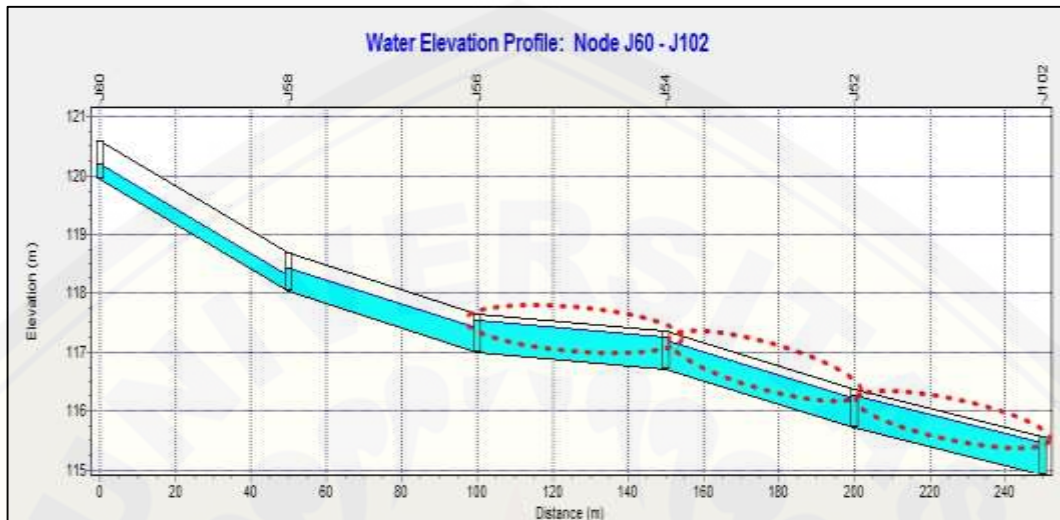
**Tabel 4.16** Perubahan Dimensi Saluran Srikoyo 9 (J52, J54, J56 dan J71)

<b>Dimensi Awal</b>				
Junction	Elevasi Awal	Dimensi		Bentuk Saluran
	(m)	h (m)	b (m)	
J52	115,87	0,5	0,5	Rect_Open
J54	116,87	0,5	0,5	Rect_Open
J56	117,16	0,5	0,5	Rect_Open
J71	115,87	0,7	0,8	Rect_Closed
<b>Dimensi Rencana</b>				
Junction	Elevasi Rencana	Dimensi		Bentuk Saluran
	(m)	h (m)	b (m)	
J52	115,72	0,65	0,6	Rect_Open
J54	116,72	0,65	0,6	Rect_Open
J56	117,01	0,65	0,6	Rect_Open
J71	115,57	1	0,8	Rect_Closed

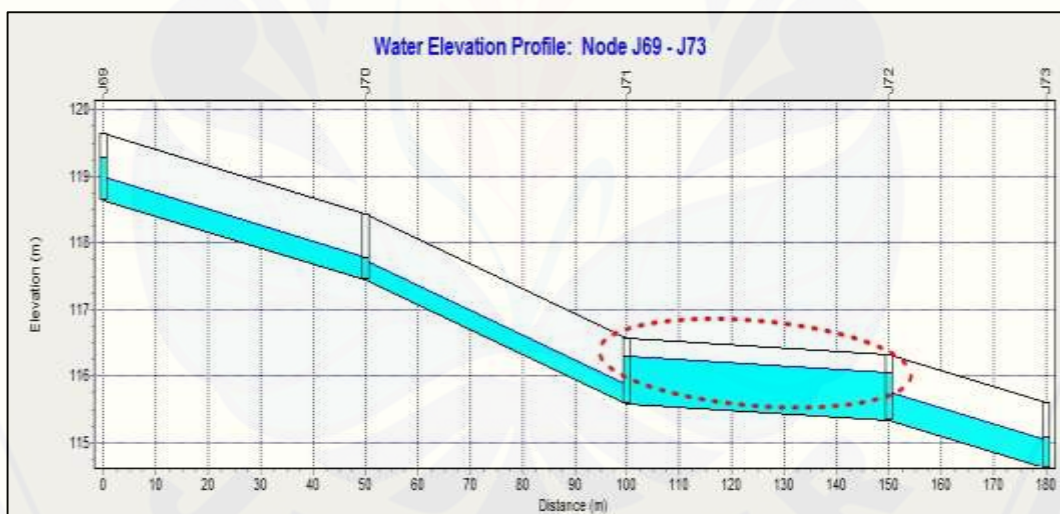
Berdasarkan tabel 4.16 Dimensi awal pada saluran J52, J54 dan J56 memiliki tinggi (h) 0,5 meter dan lebar (b) sebesar 0,5 meter. Untuk saluran J71 memiliki tinggi (h) sebesar 0,7 meter dan lebar (b) sebesar 0,8 meter. Setelah dilakukan perencanaan ulang dengan mengubah dimensi saluran didapatkan hasil seperti tabel 4.16. Pada tabel 4.16 didapatkan bahwa untuk saluran J52, J54 dan J56 tinggi (h) saluran berubah menjadi 0,65 meter dan lebar (b) menjadi 0,6 meter. Sedangkan untuk saluran J71 tinggi (h) berubah menjadi 1 meter dan lebar (b) tetap. Hasil



running perencanaan ulang saluran dapat dilihat pada gambar 4.35 dan gambar 4.36. Sedangkan pada lampiran 13 dan lampiran 14 merupakan gambar potongan memanjang perencanaan saluran drainase pada saluran Srikoyo 9.



**Gambar 4.36** Hasil *Running* Perencanaan Saluran Srikoyo 9 (J52, J54 dan J56)



**Gambar 4.37** Hasil *Running* Perencanaan Saluran Srikoyo 9 (J71)

Pada gambar 4.35 dan gambar 4.36 dapat dilihat bahwa dengan merubah dimensi saluran menjadi lebih besar, saluran Srikoyo 9 dapat menampung limpasan air yang terjadi. Pada saluran J52, J54 dan J56 mendapatkan perubahan dimensi saluran dengan penambahan tinggi (h) sebesar 0,15 meter dan lebar (b) sebesar 0,1 meter. Sedangkan untuk saluran J71 mendapatkan perubahan tinggi (h) sebesar 0,3



meter dan lebar (b) tetap untuk mengatasi terjadinya banjir di saluran Srikoyo 9. Perencanaan saluran pada J52, J54, J56 dan J71 dilakukan dengan cara melakukan pengerukan sedimen pada saluran, hingga saluran memenuhi dimensi rencana.

**Tabel 4.17** Rekapitulasi Perencanaan Saluran Pada Jalan Srikoyo

Saluran	Dimensi Saluran		Dimensi Saluran		Bentuk Saluran	Tindakan
	Awal		Rencana			
	h (m)	b (m)	h (m)	b (m)		
<b>Srikoyo 1</b>						
J5	0,5	0,6	0,8	0,6	Rect_Closed	Perubahan Dimensi
J7	0,5	0,6	0,8	0,4	Rect_Closed	Perubahan Dimensi
J9	0,5	0,6	0,8	0,6	Rect_Closed	Perubahan Dimensi
<b>Srikoyo 4</b>						
J22	0,5	0,65	0,6	0,65	Rect_Closed	Perubahan Dimensi
J34	0,6	0,5	0,85	0,5	Rect_Open	Pengerukan Sedimen
J80	0,6	0,5	0,85	0,5	Trapezodial	Perubahan Dimensi
J96	0,6	0,5	0,85	0,5	Trapezodial	Pengerukan Sedimen
<b>Srikoyo 7</b>						
J47	0,5	0,5	0,6	0,5	Rect_Closed	Perubahan Dimensi
<b>Srikoyo 8</b>						
J55	0,5	0,6	0,6	0,6	Rect_Open	Perubahan Dimensi
J57	0,5	0,6	0,6	0,6	Rect_Closed	Perubahan Dimensi
J59	0,5	0,6	0,6	0,6	Rect_Closed	Perubahan Dimensi
J61	0,5	0,6	0,6	0,6	Rect_Closed	Perubahan Dimensi
J63	0,3	0,7	0,6	0,7	Rect_Closed	Pengerukan Sedimen
J65	0,2	0,7	0,6	0,7	Rect_Closed	Pengerukan Sedimen
J67	0,2	0,7	0,6	0,7	Rect_Closed	Pengerukan Sedimen
<b>Srikoyo 9</b>						
J52	0,5	0,5	0,65	0,6	Rect_Open	Pengerukan Sedimen
J54	0,5	0,5	0,65	0,6	Rect_Open	Pengerukan Sedimen
J56	0,5	0,5	0,65	0,6	Rect_Open	Pengerukan Sedimen
J71	0,7	0,8	1	0,8	Rect_Closed	Pengerukan Sedimen

Berdasarkan Tabel 4.17 didapatkan bahwa pada hasil rekapitulasi perencanaan saluran drainase terdapat dua cara dalam merubah dimensi saluran, yaitu dengan cara perubahan dimensi saluran ataupun pengerukan sedimen yang mengendap pada saluran. Perubahan dimensi dilakukan pada saluran J5, J7, J9, J22, J80, J47, J55, J57, J59 dan J61. Sedangkan pengerukan sedimen yang mengendap dilakukan pada saluran J34, J96, J63, J65, J67, J52, J54, J56 dan J71. Tindakan ini dilakukan sebagai perencanaan ulang dimensi saluran pada Jalan Srikoyo supaya Jalan Srikoyo terbebas dari banjir.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis *software SWMM* didapatkan beberapa titik-titik banjir yang tersebar pada Jalan Srikoyo Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Titik-titik banjir tersebut berada pada kala ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun. Pada setiap kala ulang titik banjir mengalami penambahan, dimana pada kala ulang 1 tahun hanya terdapat 3 titik yang mengalami banjir. Pada kala ulang 2 tahun terdapat 10 titik yang mengalami banjir, kala ulang 5 tahun terdapat 18 titik, sedangkan pada kala ulang 10 tahun terdapat 19 titik yang mengalami banjir.

Titik-titik banjir tersebar di beberapa daerah di Jalan Srikoyo, yaitu di sekitar pertigaan Jalan Srikoyo di depan Rumah Sakit Dr. Soebandi dan juga di Jalan Langsep yang merupakan daerah buangan air dari Jalan Srikoyo. Dalam mengatasi banjir diperlukan perencanaan ulang drainase guna menciptakan kenyamanan bagi warga sekitar. Perencanaan ulang ini dilakukan dengan mengubah elevasi dan dimensi pada saluran yang mengalami banjir pada kala ulang 10 tahun. Dimensi yang mengalami perubahan ada pada saluran:

- a. J5 dan J9 dengan tinggi = 0,8 meter dan lebar = 0,6 meter.
- b. J7 dengan tinggi = 0,8 meter dan lebar = 0,4 meter.
- c. J22 dengan tinggi = 0,6 meter dan lebar = 0,65 meter.
- d. J34, J80 dan J96 dengan tinggi = 0,85 meter dan lebar = 0,5 meter.
- e. J47 dengan tinggi = 0,6 meter dan lebar = 0,5 meter.
- f. J55, J57, J59 dan J61 dengan tinggi = 0,6 meter dan lebar = 0,6 meter.
- g. J63, J65 dan J67 dengan tinggi = 0,6 meter dan lebar = 0,7 meter.
- h. J52, J54 dan J56 dengan tinggi = 0,65 meter dan lebar = 0,6 meter.
- i. J71 dengan tinggi = 1 meter dan lebar = 0,8 meter.

## 5.2 Saran

Perlu dilakukan pengerukan sedimen dan pemeliharaan saluran secara berkala, guna meminimalisir terjadinya penyumbatan pada saluran. Selain itu pembuatan sumur resapan juga sangat dianjurkan guna mengurangi terjadinya limpasan air yang menuju ke saluran. Pembuatan inlet pada saluran drainase juga sangat diperlukan guna menampung dan menyalurkan limpasan air hujan yang berada sepanjang jalan sehingga dapat mengalir menuju ke saluran. Dan untuk penelitian selanjutnya dianjurkan untuk menggunakan *software* selain *SWMM* sehingga dapat dilakukan perbandingan antara hasil *software SWMM* dengan hasil *software* yang lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga: Surabaya.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standar Perencanaan (KP) 03*. Direktorat Irigasi Perencanaan I dan II Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Kusnadi, Hendra. 2009. "Evaluasi Kinerja Jaringan Drainase di Kawasan Kampus Tegal Boto." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Auzan, Fikri. 2014. "Evaluasi Genangan dan Banjir Jalan PB. Sudirman – Jalan Moch. Serudji Kabupaten Jember." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Rosdiana, Muharrom. 2011. "Studi Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember Menggunakan Model SWMM." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Jilid I*. Bandung: Penerbit Nova.
- R. K. et.al. Linsley. 1982. *Hydrology for Engineers*. NewYork: McGraw-Hill.Inc.
- E.M. Wilson. 1993. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Jayadi, R. 2000. *Hidrologi I Pengenalan Hidrologi Teknik Sipil*. Yogyakarta: UGM-Press.
- Suhardjono. 1984. *Drainase*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Suripin. 2004. *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Rossman. Lewis.A. 2010. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*. Cincinnati: United States Enviromental Protection Agency.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2014. *Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.