



**KAJIAN EVALUASI SISTEM DRAINASE
(Jalan Cendrawasih Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)**

SKRIPSI

Oleh

**Eko Erly Widyanarko
NIM 111910301079**

PROGRAM STUDI STRATA 1 (S1)

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015



**KAJIAN EVALUASI SISTEM DRAINASE
(Jalan Cendrawasih Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Eko Erly Widyanarko
NIM 111910301079**

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

2015

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan karunia kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Untuk Mamaku Tersayang , Ibunda Liliek Tri Utami.
2. Ibu Sri Wahyuni., ST. MT.,Ph.D dan Ibu Wiwik Yunarni W., ST. MT. Selaku pembimbing skripsi.
3. Teman – teman survey saya, Rusydina Tamimi, Moch Fuat, Agustina Cahyaningrum, Nala Hakam, Yohana K. Terima kasih atas bantuannya dalam mencari data – data skripsi.
4. Guru-guruku sejak TK sampai SMA dan semua Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Teman – teman Teknik Sipil 2011 terima kasih untuk kenangan terindah selama 4 tahun. Bersama kalian adalah suatu hal yang fantastis.

MOTTO

“Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik.”

(Evelyn Underhill)

“Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya, hidup di tepi jalan dan dilempari orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah”

(Abu Bakar Sibli)

“Ketika orang lain meremahkan mu dan meninggalkan mu, percayalah Allah Selalu bersamamu dalam keadaan apapun dan jangan pernah lupa berdoa.”

(Eko Erly Widyanarko)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Eko Erly Widyanarko

NIM : 111910301079

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ” **Kajian Evaluasi Sistem Drainase (Jalan Cendrawasih Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, 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, 16 Juni 2015

Yang menyatakan

Eko Erly Widyanarko

NIM. 111910301079

SKRIPSI

**KAJIAN EVALUASI SISTEM DRAINASE
(Jalan Cendrawasih Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)**

Oleh

Eko Erly Widyarako

NIM 111910301079

Pembimbing,

Dosen Pembimbing I : Sri Wahyuni, S.T. M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing II : Wiwik Yunarni W., S.T. M.T.

PENGESAHAN

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

hari : Selasa

tanggal : 16 Juni 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing 1,

Pembimbing 2,

Sri Wahyuni, S.T. M.T., Ph.D

NIP. 19711209 199803 2 001

Wiwik Yunarni W., S.T. M.T.

NIP. 19700613 199802 2 001

Penguji 1,

Penguji 2,

Dr. Ir. Entin Hidayah., M.UM

NIP. 19661215 199503 2 001

Sri Sukmawati., ST

NIP. 19650622 199803 2 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember,

Ir. Widiono Hadi., MT

NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Kajian Evaluasi Sistem Drainase(Jalan Cendrawasih Kecamatan Patrang Kabupaten Jember); Eko Erly Widyanarko, 111910301079; 2015; 89 halaman; Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Pada musim hujan, genangan hampir setiap tahun melanda kota – kota besar di Indonesia yang menimbulkan kerugian materiil dan moril tidak sedikit serta masalah penyakit yang cukup serius sehingga memerlukan penanganan secepatnya. Genangan yang dimaksud adalah air hujan yang terperangkap di daerah rendah atau cekungan di suatu kawasan, yang tidak bisa mengalir. Genangan terjadi karena banyak faktor, salah satunya penyebabnya adalah kurang berfungsinya drainase perkotaan sebagaimana mestinya.

Seringkali beberapa ruas jalan di kota Jember mengalami banjir maupun terjadi genangan, salah satunya di jalan Cendrawasih. Setiap kali musim hujan tiba genangan terjadi di sepanjang jalan. Genangan yang terjadi disebabkan air hujan yang tidak dapat mengalir ke saluran drainase. Akhirnya genangan tersebut menumpuk dan mengakibatkan genangan sekitar 30 – 40 menit.

Penyelesaian genangan dan banjir yang terjadi pada Jalan Cendrawasih adalah dengan mengevaluasi terhadap saluran dan memberi solusi permasalahannya. Dalam penelitian ini evaluasi menggunakan software EPA SWMM yang mampu mensimulasikan banjir dalam sekup kecil. Maka pemodelan menggunakan EPA SWMM tepat dalam mengevaluasi Jalan Cendrawasih.

Hasil simulasi EPA SWMM pada jalan Cendrawasih, yaitu saluran banjir terjadi pada C76 (samping jembatan POM bensin), C51 (depan hotel Cendrawasih), C175 (depan PT Sanyo Sales Indonesia), C160 (dekat perempatan Manyar – Cendrawasih), C91 (depan rumah seven dream), C106 (tikungan kedua jalan Manyar).

SUMMARY

The Evaluation Study of the Drainage System in Cendrawasih street Jember District of Patrang); Eko Erly Widyanarko, 111910301079; 2015; 89 pages; Department of Civil Engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.

In the rainy season, a pool of almost every year hit the big cities in Indonesia are causing material and morals damages and not a few disease problems serious enough to require immediate treatment. Puddles of rainwater in question are trapped in low-lying areas or depression in a region, wich can not flow. Inundation that occurs due to many factors, one of wich the cause is lack of a functioning urban drainage as it should be.

Often several roads in Jember City experienced flooding or inundation occurs, one of them on the road of Cendrawasih. Each time the rains come puddles occur along the waay. Inundation that occurred due to rain water can not flow into the drainage. The inundation eventually accumulate puddle around 30-40 minutes.

Completionof inundation and flooding that occurred on Cendrawasih street is to evaluate and provide solutions to the problem. In this study evaluation using EPA SWMM software that is able to simulate flooding. Then modeling using EPA SWMM appropriate in evaluating Cendrawasih street.

EPA SWMM simulation result on the path of Cendrawasih, the flood occurred on C76 (beside the bridge Gasoline), C51(Front of Cendrawasih Hotels), C175 (front PT Sanyo Sales Indonesia), C91 (front of house seven dream), C106 (second corner Manyar street).

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Kajian Evaluasi Sistem Drainase (Jalan Cendrawasih 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 dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Anik Ratnaningsih, ST., MT., selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Sri Wahyuni., ST. MT.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan banyak bimbingan, waktu dan tenaga demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Wiwik Yunarni., ST. MT Selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan banyak bimbingan, waktu dan tenaga dalam penyusunan skripsi ini;
6. Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M dan Sri Sukmawati., ST. selaku Dosen Penguji skripsi yang telah meluangkan waktu, dan pikirannya dalam penulisan skripsi ini;
7. Ibunda Dra. Liliek Tri Utami tercinta yang selalu mendoakan;
8. Semua anggota keluarga besar di Jember, Surabaya, Bandung, Jakarta, dan Lampung yang turut membantu dengan doa dan *support* tiada hentinya;
9. Teman-teman S1 Sipil 2011 yang tidak dapat disebutkan satu persatu , terimakasih untuk kalian semua atas dorongannya, doanya dan kritiknya;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu;

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, 16 Juni 2015

Penulis

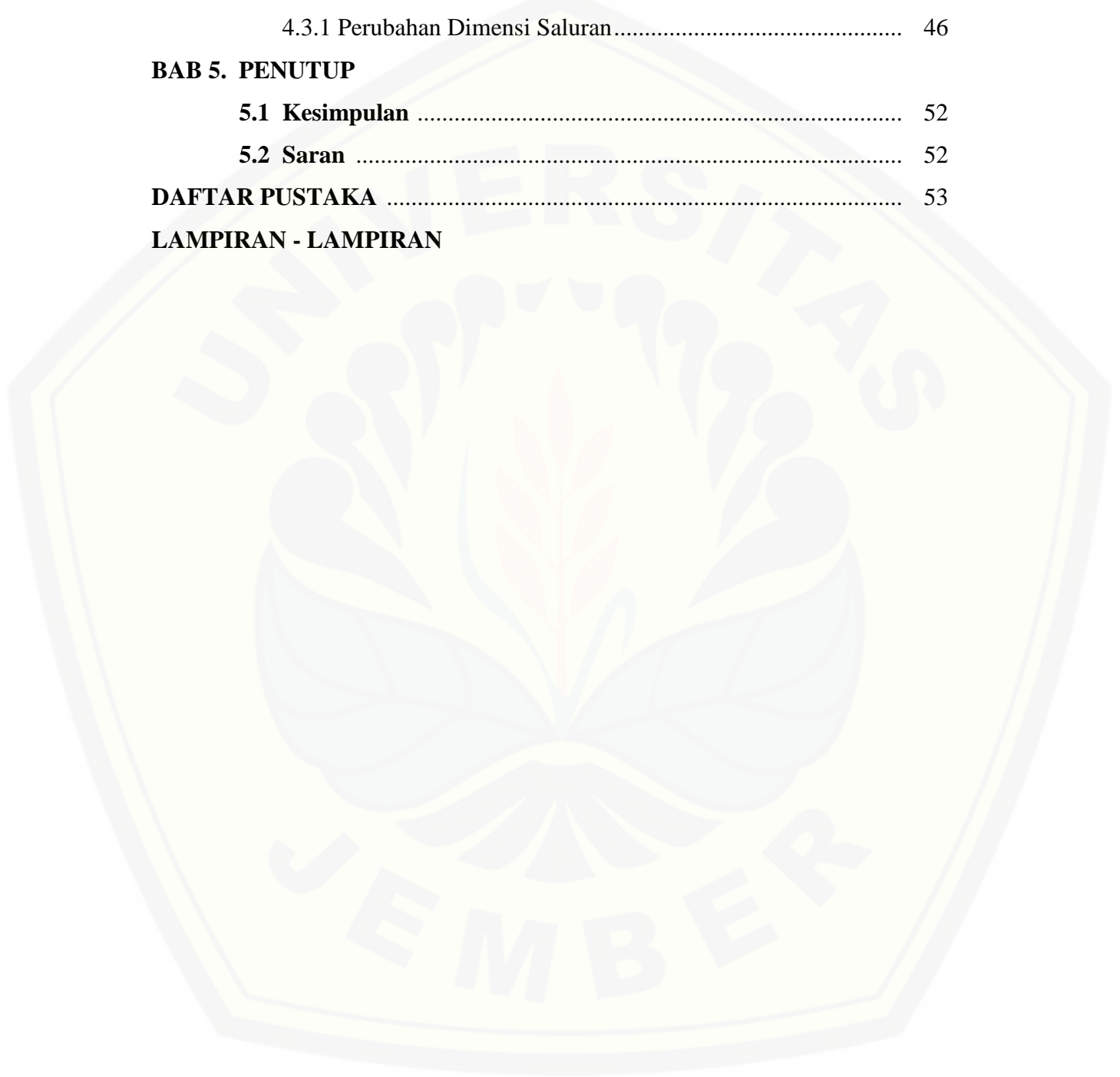


DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Drainase	4
2.2 Analisis Hidrologi	5
2.2.1 Analisi Frekuensi	6

2.2.2 Periode Kala Ulang Curah Hujan	9
2.2.3 Uji Kecocokan	9
2.2.4 Intensitas Hujan	10
2.3 Pemodelan Drainase dengan SWMM	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	21
3.2 Sistematika Penelitian	22
3.2.1 Persiapan	22
3.2.2 Pengumpulan Data	22
3.2.3 Survey Lapangan	23
3.2.4 Analisis Hidrologi	23
3.2.5 Pemodelan menggunakan SWMM	24
3.3 Diagram Alir Penelitian	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Hidrologi	27
4.1.1 Analisis Curah Hujan	27
4.1.2 Analisis Frekuensi Data Hujan	28
4.1.3 Uji Distribusi Probabilitas	30
4.1.3.1 Metode Chi Square	30
4.1.3.2 Metode Smirnov-Kolmogorov	33
4.1.4 Analisa Intensitas Hujan	34
4.2 Evaluasi Sistem Drainase Eksisting Jalan Cendrawasih	35
4.2.1 Topografi Jalan Cendrawasih	35
4.2.1.1 Situasi Topografi Jalan Cendrawasih	36
4.2.2 Potongan Memanjang	36
4.2.3 Sistem Jaringan Jalan Cendrawasih	38
4.2.4 Kalibrasi Pemodelan SWMM	39
4.2.5 Evaluasi Saluran Drainase	40
4.2.5.1 Evaluasi Drainase	40

4.3 Solusi Rencana Saluran Drainase Jalan Cendrawasih	46
4.3.1 Perubahan Dimensi Saluran.....	46
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN - LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1	Harga Infiltrasi dari Berbagai Jenis Tanah 13
2.2	Curve Number Tutupan Lahan 15
4.1	Data Curah Hujan Stasiun Patrang 22
4.2	Perhitungan Besaran Statistik \bar{X}, S_i, C_s, C_k 23
4.3	Hujan Rencana Periode T Tahun 24
4.4	Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Normal... 25
4.5	Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Log Normal 26
4.6	Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Gumbel 26
4.7	Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Log Pearson III 27
4.8	Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov 28
4.9	Rekapitulasi Hasil Uji Square dan Smirnov-Kolmogorov 28
4.10	Intensitas Hujan Kala Ulang 1, 2, 5 ,dan 10 Tahun..... 29
4.11	Situasi Topografi 31
4.12	Rekapitulasi Kalibrasi Pemodelan SWMM..... 33
4.13	Rekapitulasi Saluran Banjir Jalan Cendrawasih Kala Ulang 5 dan 10 tahun..... 37
4.14	Tabel Penentuan Kala Ulang 38
4.15	Rekapitulasi Dimensi Saluran yang Banjir..... 39
4.16	Perubahan Dimensi Saluran Hasil <i>Running</i> 51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Google Maps Jalan Cendrawasih	16
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.3 Diagram Alir Pemodelan SWMM.....	21
4.1 Grafik Intensitas Hujan.....	30
4.2 <i>Aliran J13 – OF13</i>	34
4.3 <i>Aliran J14 – OF11</i>	35
4.4 <i>Aliran J32 – J20</i>	35
4.5 <i>Aliran J65 – Juc249</i>	36
4.6 <i>Aliran J73 – J63</i>	36
4.7 Gambar 4.7 Hasil <i>Running</i> Setelah Perubahan Dimensi Saluran <i>J7-J3</i>	48
4.8 Gambar 4.8 Hasil <i>Running</i> Setelah Perubahan Dimensi Saluran <i>J12-J8</i>	49
4.9 Gambar 4.9 Hasil <i>Running</i> Setelah Perubahan Dimensi Saluran <i>J28-J24</i>	49
4.10 Gambar 4.10 Hasil <i>Running</i> Setelah Perubahan Dimensi Saluran <i>J57-Juc249</i>	49
4.11 Gambar 4.11 Hasil <i>Running</i> Setelah Perubahan Dimensi Saluran <i>J59-J55</i>	50
4.12 Gambar 4.12 Hasil <i>Running</i> Setelah Perubahan Dimensi Saluran <i>J71-J67</i>	50
4.13 Gambar 4.13 Lokasi atau titik banjir yang sering terjadi di Jalan Cendrawasih.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

1. Gambar Layout Jalan
2. Dokumentasi Kondisi di Lapangan.
3. Report SWMM Kala Ulang 5 Tahun Perubahan Dimensi.



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada musim hujan, genangan hampir setiap tahun melanda kota – kota besar di Indonesia yang menimbulkan kerugian materiil dan moril tidak sedikit serta masalah penyakit yang cukup serius sehingga memerlukan penanganan secepatnya. Sesuai dengan petunjuk teknis dalam peraturan menteri *PU nomor : 14/PRT/M/2010 (25 Oktober 2010)*, yang disebut tergenangnya suatu daerah adalah terendamnya suatu kawasan pemukiman lebih dari 30 cm selama lebih 2 jam dan terjadinya lebih dari 2 kali pertahun. Genangan yang dimaksud adalah air hujan yang terperangkap di daerah rendah atau cekungan di suatu kawasan, yang tidak bisa mengalir ke badan air terdekat. Genangan terjadi karena banyak faktor, salah satu penyebabnya adalah kurang berfungsinya drainase perkotaan sebagaimana mestinya.

Sistem drainase merupakan salah satu bagian yang penting dalam perencanaan pembangunan suatu kawasan pemukiman. Sistem drainase yang baik harus dapat menampung pembuangan air semaksimal mungkin, sehingga apabila debit air lebih dari yang diperkirakan, sistem drainase tersebut masih dapat menampung dan mengalirkannya sehingga tidak terjadi genangan air pada saat hujan turun dan banjir. Selain itu, drainase juga berfungsi untuk mengurangi erosi tanah dan penyaluran dengan meningkatkan infiltrasi ke dalam tanah.

Seringkali di beberapa ruas Jalan di kota Jember mengalami banjir maupun terjadi genangan, salah satunya di jalan Cendrawasih. Setiap kali musim hujan tiba jalan ini terjadi genangan di jalan, di akibatkan air hujan tidak masuk ke dalam saluran drainase sehingga terjadi genangan.

Berdasarkan pengamatan lapangan, genangan terjadi pada jembatan sebelum pom bensin kalau dari arah smpn 7 jember. Genangan terjadi disebabkan air hujan yang tidak dapat mengalir ke saluran drainase dan menggenang di sepanjang jalan Cendrawasih. Akhirnya genangan tersebut menumpuk di jembatan dan mengakibatkan genangan selama sekitar 30 – 45 menit.

Meskipun jalan ini hanya terjadi genangan dan tidak terjadi banjir seperti di jalan lainnya, namun genangan tersebut juga mengganggu pengendara dan merusak jalan. Karena jalan Cendrawasih merupakan jalur alternative yang menghubungkan jember ke Situbondo, Bondowoso, dan yang melewati jalan ini adalah kebanyakan kendaraan berat. Mengetahui kondisi tersebut, maka perlu diadakan penelitian sistem drainase.

Solusi untuk mengatasi genangan di daerah perkotaan yakni dengan sebuah pemodelan. Pemodelan ini berupa *software* EPA SWMM (*Environment Protection Agency Storm Water Management Model*). SWMM mampu memodelkan permasalahan kuantitas limpasan daerah perkotaan dan kondisi yang terjadi dilapangan dengan memasukan parameter yang tercatat dalam kondisi sesungguhnya. Hal ini telah dibuktikan oleh peneliti terdahulu yaitu Miftah (2011), Septian (2014), Fikri (2014), Yohana (2015), Yohanes (2015), Eka Kurniawan (2015) dengan mengkaji ulang perencanaan drainase menggunakan SWMM.

Dalam penelitian tugas akhir (TA) ini, juga mengevaluasi suatu system drainase jalan yang telah ada dan factor – factor yang mempengaruhi genangan dan banjir pada jalan dengan memanfaatkan pemodelan *software* EPA SWMM 5.0. Sehingga genangan dan banjir yang diakibatkan oleh hujan tidak lagi menggenangi permukaan perkerasan jalan dan pemukiman sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Faktor apa yang menyebabkan terjadinya genangan di jalan Cendrawasih
2. Bagaimana solusi perencanaan sistem drainase yang mampu untuk mengatasi genangan yang terjadi?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir (TA) ini adalah :

1. Mengetahui faktor – faktor yang menyebabkan terjadinya genangan.
2. Memberi solusi pada permasalahan genangan air atau banjir yang terjadi di Jalan Cendrawasih.

1.4 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi tentang daerah genangan (masalah banjir) dan cara penyelesaiannya yang terjadi Kecamatan Patrang terutama Jl. Cendrawasih sehingga masalah tersebut dapat segera diatasi oleh Instansi terkait.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan Tugas Akhir (TA) ini yakni :

1. Lokasi yang ditinjau hanya di wilayah Jalan Cendrawasih.
2. Program yang dipergunakan adalah *Storm Water Management Model (SWMM)*.
3. Daerah tangkapan hujan (*catchmen area*) yang ditinjau hanya pada kawasan yang air limpasannya kemungkinan akan membebani saluran drainase jalan raya.
4. Sedimentasi pada saluran dalam simulasi SWMM dianggap tidak ada pengaruh.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris yaitu Drainage mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. secara umum didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sebagai fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase tidak hanya menyangkut air permukaan namun air tanah juga. (*Suripin, 2004: 7*) Berdasarkan tujuan dan sasarannya, drainase dibagi menjadi beberapa bagian salah satunya drainase perkotaan dan jalan raya. Drainase perkotaan memfokuskan pada pengeringan atau pengaliran air dari wilayah perkotaan menuju sungai dan melintasi wilayah perkotaan tersebut (*Wesli, 2008:6*) Sedangkan untuk drainase jalan raya adalah pengeringan atau pengaliran air di permukaan jalan yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada badan jalan dan menghindari kecelakaan lalu lintas. Drainase jalan raya biasanya berupa saluran di kiri kanan jalan serta gorong gorong yang melintas di bawah badan jalan (*Wesli, 2008:6*).

2.2 Fungsi Drainase

- a. Mengeringkan daerah yang becek atau tergenang oleh air
- b. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan
- c. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi genangan atau banjir

2.3 Sistem Drainase

Sistem Drainase bisa didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari satu kawasan atau lahan, sehingga dapat difungsikan secara optimal.

2.4 Genangan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, Genangan berasal dari kata “genang” yang artinya terhenti mengalir. Sehingga pengertian genangan air adalah air yang berhenti mengalir pada suatu area tertentu yang bukan merupakan badan air atau tempat air. Namun demikian bagi masyarakat secara umum, baik genangan maupun banjir disamaratakan istilahnya sebagai banjir.

Banjir dan genangan yang terjadi di suatu lokasi diakibatkan antara lain oleh sebab berikut ini

- 1) Sebab pengaruh manusia:
 - a) Perubahan tata guna lahan
 - b) Pembuangan sampah
 - c) Kawasan kumuh disepanjang sungai/Drainase
 - d) Penurunan tanah
 - e) Perencanaan sistem banjir tidak tepat
 - f) Tidak berfungsinya sistem drainase lahan
 - g) Kerusakan bangunan pengendali banjir
- 2) Sebab alami:
 - a) Erosi dan sedimentasi
 - b) Curah hujan
 - c) Pengaruh fisiografi/geofisik sungai
 - d) Kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai
 - e) Pengaruh air pasang
 - f) Penurunan tanah

2.5 Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan guna mendapatkan besarnya intensitas curah hujan, sebagai dasar perhitungan debit rencana pada suatu daerah untuk perencanaan pembangunan sistem drainase. Dengan menggunakan analisis hidrologi, kala ulang hujan 1, 2, 5, dan 10 tahun untuk mengevaluasi dan perencanaan drainase. Hal ini berguna untuk menganalisis desain hidrolika

drainase, dimana dibutuhkan debit rencana agar desain drainase mencukupi kebutuhan debit rencana (debit maksimum).

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

- a. Pengumpulan data hidrologi yakni data curah hujan
- b. Analisis frekuensi
- c. Analisis periode kala ulang curah hujan
- d. Analisis intensitas dan waktu hujan
- e. Analisis debit rencana

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

2.5.1 Analisis Frekuensi

Dalam mendesain bangunan drainase perlu memprediksi debit rencanmaksimum, dengan tujuan agar bangunan drainase yang direncanakan bisa menampung debit air pada saat terjadi debit maksimum, untuk itu diperlukan adanya analisa statistik penafsiran hujan atau debit diwaktu yang akan datang.

Analisa statistik penafsiran hujan atau debit diwaktu yang akan datang didasarkan pada sifat statistik data kejadian hujan dimasa lalu untuk mendapatkan probabilitas besaran hujan diwaktu yang akan datang. Dengan harapan sifat statistic data kejadian hujan dimasa lalu sama dengan yang akan datang. Metode yang digunakan antara lain distribusi Normal, distribusi Log Normal distribusi Gumbel dan distribusi Log Pearson Tipe III.

Parameter-parameter statistik yang digunakan adalah (*Suripin, 2004:42*) :

- Harga Rata-rata

$$\log x = \frac{\sum_{i=0}^n \log x_i}{n} \dots\dots\dots 2.1$$

- Standar Deviasi

$$Si = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (\log x_i - \log x)^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.2$$

- Koefisien Kepencengan

$$G = \frac{\sum_{i=0}^n (\log x_i - \log x)^3}{(n-1).(n-2).(s_1)^3} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

n = jumlah tahun

si = standart deviasi

G = koefisien kepencengan

Nilai K pada disrtibusi Log-Person III dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 2.1. Nilai k untuk distribusi Log-Person III

Koef. G	Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)							
	1, 0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase 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	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-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	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber : Suripin, (2004:43)

2.5.2 Periode Kala Ulang Curah Hujan

Sebelum menganalisa intensitas hujan terlebih dahulu harus menghitung periode kala ulang (*return period*) curah hujan pada suatu daerah. Kala ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui (*Suripin, 2004:32*).

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran, umur ekonomis bangunan serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang adalah (*Wesli, 2008:48*) :

- Untuk perencanaan saluran kwarter (periode ulang 1 tahun)
- Untuk perencanaan saluran tersier (periode ulang 2 tahun)
- Untuk perencanaan saluran sekunder (periode ulang 5 tahun)
- Untuk perencanaan saluran primer (periode ulang 10 tahun)

Hitung logaritma hujan atau banjir dengan priode ulang T dengan rumus :

(*Suripin, 2004:42*)

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + K \cdot S_i \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

X_T = Curah hujan rancangan kala ulang T tahun

X = Rerata hitung data hujan

K = Variabel standart untuk x yang besarnya tergantung koefisien kemencengan (*koefisien skewnes*) (lihat table 2.1 Nilai K untuk distribusi Log-person III)

S_i = Standar deviasi

2.5.3 Uji Kecocokan

Parameter data hasil uji beberapa metode analisa frekuensi yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan perlu diuji. Ada dua cara yang sering digunakan untuk pengujian distribusi frekuensi sampel, yaitu :

1). Uji Chi-Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan Metode Uji Chi Kuadrat adalah sebagai berikut: (Made Kamiana, 2011: 36)

$$X^2 = \sum_{i=0}^n \frac{(O_F - E_F)^2}{E_F} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

- 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

2). Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Mengurutkan data (X_i) dari yang besar ke kecil atau sebaliknya
- b. Menentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut dengan rumus.
- c. Menentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurut berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih.
- d. Menghitung selisih (ΔP_1) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut.
- e. Menentukan apakah $\Delta P_1 < \Delta P$ kritis, jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

2.5.4 Intensitas Hujan

Dalam perencanaan pembangunan saluran drainase, membutuhkan data debit (Q) maksimum limpasan air hujan yang akan membebani saluran drainase, dengan tujuan agar bisa merencanakan bentuk dan dimensi penampang saluran drainasenya, sedangkan debit (Q) rencana maksimum ditentukan oleh intensitas hujan.

Mengingat data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan persamaan Mononobe (*Suripin,2004: 67*).

$$it = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24^{\frac{2}{3}}}{t_c} \right) \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

It = Intesitas hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

tc = Waktu konsentrasi (jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

2.5.5 Koefisien Pengaliran

Koefisien aliran permukaan (C) adalah nisbah antara puncak aliran permukaanterhadap intensitas hujan. Faktor – faktor yang mempengaruhi besar kecilnyakoefisien aliran permukaan (C) adalah kemiringan lahan, intensitas hujan, tanamanpenutup tanah, laju infiltrasi tanah. (*Suripin, 2004:81*)

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran suatu daerah terdapat beberapajenis tata guna lahan yang dapat ditentukan dengan mengambil harga rata-ratakoefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan, yaitu dengan memperhitungkanbobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakili (Suhardjono,1984:23) :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i . A_i}{\sum_{i=0}^n A_i} \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan :

A_i = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i

E_i = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

n = jumlah jenis penutup lahan

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koefisien pengaliran, besarnya koefisien pengaliran ini dilakukan beberapa pendekatan, antara lain berdasarkan tata guna lahan dan jenis permukaan seperti terlihat pada tabel 2.2

berikut ini :

Tabel 2.2 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna Lahan

Jenis Permukaan / Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
● Rerumputan	
○ Tanah pasir, slope 2 %	0,05 – 0,10
○ Tanah pasir, slope 2 % – 7 %	0,10 – 0,15
○ Tanah pasir, slope 7 %	0,15 – 0,20
○ Tanah gemuk, slope 2 %	0,13 – 0,17
○ Tanah gemuk, slope 2 % – 7 %	0,17 – 0,22
○ Tanah gemuk, slope 7 %	0,25 – 0,35
● Perdagangan	
○ Daerah kota	0,75 – 0,95
○ Daerah dekat kota	0,50 – 0,70
● Perumahan	
○ Kepadatan < 20 rumah / ha	0,50 – 0,60
○ Kepadatan 20 – 60 rumah / ha	0,60 – 0,80
○ Kepadatan 60 – 160 rumah / ha	0,70 – 0,90
● Perindustrian	
○ Industri ringan	0,50 – 0,80
○ Industri berat	0,60 – 0,90
● Pertanian	0,45 – 0,55
● Perkebunan	0,20 – 0,30
● Pertanaman, kuburan	0,10 – 0,25
● Tempat bermain	0,20 – 0,35
● Jalan	
○ Beraspal	0,70 – 0,95
○ Beton	0,80 – 0,95
○ Batu	0,70 – 0,85
● Daerah yang tidak dikerjakan	0,10 – 0,30

Sumber : *Imam Subarkah, 1980 : 45*

2.5.6 Debit Rencana

Sebelum mendisain dimensi penampang saluran drainase, membutuhkan debit(Q) rencana air limpasan yang akan dialirkan. Dengan harapan saluran drainase yang telah direncanakan mampu menampung besarnya debit (Q) air limpasan yang membebani saluran tersebut.

Metode yang digunakan untuk menghitung debit (Q) yang berasal dari limpasan air hujan yang membebani saluran-saluran drainase pada penelitian ini adalah metode rasional karena daerah pengalirannya memiliki luas lebih kecil dari 0,80 km² (Subarkah,1980:28).

Rumus untuk mencari debit (Q) rencana sebagaiberikut ini:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

- Q = Debit (m^3 /detik)
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas hujan untuk priode ulang tertentu (mm/jam)
- A = Luasan yang akan dialiri (km^2)

2.5.7 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh air yang masukkesaluran drainase untuk menuju saluran outlet.Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi 2komponen, yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir dipermukaan lahansampai saluran terdekat (t_o) dan waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampaititik keluaran (t_d) (Suripin, 2004:80).

Maka waktu konsentrasi dihitung denganmenggunakan rumus yang di kembangkan oleh Kirpich (1940).

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan :

- t_c = waktu konsentrasi (jam)
- t_o = waktu yang diperlukan mengalir untuk mencapai inlet (jam)
- t_d = waktu yang diperlukan untuk mengalir sepanjang saluran (jam)

dimana,

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lx \cdot \frac{n}{\sqrt{s}} \right) \dots\dots\dots 2.10$$

dan,

$$t_d = \frac{Ls}{60V} \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan :



- n = Angka kekasaran Manning
 s = Kemiringan lahan
 L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
 L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)
 V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

2.6 Analisa Hidrolika

2.6.1 Penampang Saluran

Merencanakan dimensi saluran drainase digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

Tabel 2.3 Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran

Bentuk Penampang	LUAS (A)	Keliling Basah (P)	Jari-jari hidrolis (R)	Lebar puncak (T)	kedalaman hidrolis (D)	faktor penampang (Z)
Persegi 	$A = b \cdot h$	$P = b + 2 \cdot h$	$R = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$	$T = b$	$D = h$	$Z = b \cdot h^{1.48}$
Trapezium 	$A = (b + z \cdot h) \cdot h$	$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}$	$R = \frac{(b + z \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}}$	$T = b + 2 \cdot z \cdot h$	$D = \frac{(b + z \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot z \cdot h}$	$Z = \frac{[(b + z \cdot h) \cdot h]^{1.48}}{\sqrt{b + 2 \cdot z \cdot h}}$

Sumber: Ven Te Chow, (1992:19)

2.6.2 Kekasaran Saluran

Kekasaran permukaan ditandai dengan ukuran dan bentuk butiran bahan yang membentuk luas basah dan menimbulkan efek hambatan terhadap aliran (Ven Te Chow, 1997:92). Koefisien kekasaran permukaan dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain material padat yang terangkut dan terendap pada saluran, bahan/material saluran, umur saluran dan aliran lateral yang mengganggu.

Tabel 2.4 Nilai koefisien Kekasaran Manning (n)

Tipe saluran dan deskripsinya	minimum	normal	maksimum
B-2. Bukan logam			
a. Semen			
1. Acian	0,010	0,011	0,013
2. Adukan	0,011	0,013	0,015
b. Kayu			
1. Diserut, tidak diawetkan	0,010	0,012	0,014
2. Diserut, diawetkan dengan creosoted	0,011	0,012	0,015
3. Tidak diserut	0,011		0,015
4. Papan	0,012	0,015	0,018
5. Dilapisi dengan kertas kedap air	0,010	0,014	0,017
c. Beton			
1. Dipoles dengan sendok kayu	0,011	0,013	0,015
2. Dipoles sedikit	0,013	0,015	0,016
3. Dipoles	0,015	0,017	0,020
4. Tidak dipoles	0,014	0,017	0,020
5. Adukan semprot, penampang rata	0,016	0,019	0,023
6. Adukan semprot, penampang bergelombang	0,018	0,022	0,025
7. Pada galian batu yang teratur	0,017	0,020	
8. Pada galian batu yang tak teratur	0,022	0,027	
d. Dasar beton dipoles sedikit dengan tebing dari			
1. Batu teratur dalam adukan	0,015	0,017	0,020
2. Batu tak teratur dalam adukan	0,017	0,020	0,024
3. Adukan batu, semen, dipolester	0,016	0,020	0,024
4. Adukan batu dan semen	0,020	0,025	0,030
5. Batu kosong atau rip-rap	0,020	0,030	0,035
e. Dasar kerikil dengan tebing dari			
1. Beton Acuan	0,017	0,020	0,025
2. Batu tak teratur dalam adukan	0,020	0,023	0,026
3. Batu kosong atau rip-rap	0,023	0,033	0,036
f. Bata			
1. Diglasir	0,011	0,013	0,015
2. Dalam adukan semen	0,012	0,015	0,018
g. Pasangan batu			
1. Batu pecah disemen	0,017	0,025	0,030
2. Batu kosong	0,023	0,032	0,035
h. Batu potong, diatur	0,013	0,015	0,017
i. Aspal			
1. Halus	0,0132	0,013	
2. Kasar	0,016	0,016	
j. Lapisan dari tanaman	0,030		0,500

sumber: Ven The Chow, (1992, 100)

2.6.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya. Hal ini disebabkan adanya tegangan geser di dasar dan dinding saluran dan keberadaan permukaan bebas (Suripin, 2004:125).

Kecepatan aliran harus diperhitungkan, agar tidak terlalu tinggi dan tidak

terlalu lambat, apabila kecepatan aliran terlalu tinggi, air dapat memperpendek usi apenampang saluran, sedangkan apabila kecepatan aliran terlalu rendah, akan mengakibatkan mengendapnya sedimen yang terbawa oleh air nidan tumbuhnya tanaman pengganggu.

Perhitungan kecepatan aliran pada aliran terbuka menggunakan rumus sebagai berikut (Chow, 1992:89) :

Rumus Manning :

$$V = \frac{1}{N} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan,

- V = kecepatan aliran rata-rata dalam saluran (m/det)
- n = koefisien kekasaran Manning
- R = jari-jari hidrolis saluran (m)
- S = kemiringan dasar saluran

2.6.4 Kapasitas Saluran Drainase

Kapasitas saluran drainase dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots 2.13$$

dalam hal ini,

- Q = Debit aliran dalam saluran (m^3 /det)
- V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/det)
- A = Penampang basah saluran (m^2)

2.7 Pemodelan Drainase dengan SWMM

Debit banjir dihitung dengan *software* EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*) Versi 5.0. *Software* EPA SWMM merupakan pemodelan simulasi limpasan (*runoff*) curah hujan yang digunakan untuk mensimulasi kejadian tunggal atau kejadian terus-menerus

dengan kuantitas dan kualitas limpasan dari luas wilayah yang ditinjau. Beban limpasan permukaan dialirkan melalui sistem saluran pipa, saluran terbuka, tampungan, pompa, dan sebagainya. SWMM menghitung kuantitas dan kualitas limpasan permukaan dari setiap daerah tangkapan hujan, dan debit aliran, kedalaman aliran, dan kualitas air di setiap pipa dan saluran selama periode simulasi. (Al Amin,2009:VIII-1)

Program SWMM bersifat gratis (*public domain*) dan versi terakhir yaitu versi 5.0 yang telah beredar sejak Juli 2009. Program SWMM tersedia di website resmi United States Environmental Protection Agency (US EPA). Pemilihan *software* SWMM dalam penelitian ini karena *software* ini mampu mensimulasikan antara hidrologi dan hidrolika dalam sekali *running*. Sedangkan *software* yang setara hanya mampu mensimulasikan satu komponen saja, hidrologi atau hidrolika.

Adapun *input* data yang diperlukan, agar dapat mensimulasikan limpasan yang terjadi adalah sebagai berikut :

a. *Rain Gage*

Rain gage dapat menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subcatchment area* di satu wilayah penelitian. Parameter yang dibutuhkan adalah data curah hujan dapat berupa intensitas, volume maupun kumulatif volume, dan waktu interval (jam-jaman, 5 menit dll). (*Manual EPA SWMM*)

b. *Subcatchment*

Subcatchment adalah luasan yang menerima hujan dan mengalami infiltrasi atau mengubahnya menjadi limpasan (*SWMM User's Manual*). Data yang dimasukkan dalam *subcatchment* adalah sebagai berikut :

- a) Rain gage (nama rain gage yang digunakan)
- b) Outlet (nama node yang menerima *run off subcatchment*)
- c) Area (luas *subcatchment*)
- d) Width (panjang pengaliran)
- e) % Slope (persentase kemiringan *subcatchment*)
- f) % Imperv (persentase kedap air)
- g) N-Imperv (nilai n manning untuk aliran permukaan di daerah *impervious*)

- h) N-Perviousness (nilai n manning untuk aliran permukaan di daerah *perviousness*)
- i) % Zero *imperviousness* (persentase dari *impervious* area tanpa *depression storage*)
- j) Infiltration (pilihan untuk metode perhitungan infiltrasi dan parameternya)

c. *Nodes/Links*

Nodes/Links adalah unit yang dimodelkan sebagai penerima *inflow* dan limpasan dari *subcatchment*. Data yang dimasukkan pada *nodes/links* adalah sebagai berikut.

- a) *Node Invert*
- b) *Node Max Depth*
- c) *Node Pounded Area*
- d) *Conduit Length*
- e) *Conduit Geometry*
- f) *Conduit Roughness*
- g) *Flow Units*
- h) *Link Offset*
- i) *Routing Method*

d. *Junction*

Junction mewakili pertemuan saluran permukaan alam, lubang got dari sistem pembuangan, atau pipa pembuangan yang berfungsi menggabungkan saluran satu dengan saluran lain. (Manual EPA SWMM)

e. *Outfalls*

Outfalls merupakan titik pemberhentian dari sistem drainase yang digunakan sebagai batas hilir berupa akhir sistem drainase ataupun sungai. (Manual EPA SWMM)

f. *Divider*

Divider berfungsi sebagai pembagi aliran ke *conduit* tertentu, digunakan sebagai pengganti *junction* jika aliran air menuju dua cabang *conduit*. (Manual EPA SWMM)

Pengaliran *divider* dihitung dengan persamaan

$$Q_{\text{div}} = C_w (f H_w)^{1,5} \dots\dots\dots 2.14$$

Dimana :

Q_{div} : Debit yang dialihkan

C_w : Koefisien weir

H_w : tinggi weir

f , dihitung dengan rumus :

$$f = \frac{Q_{\text{in}} - Q_{\text{min}}}{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}} \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan :

Q_{in} : *inflow* yang menuju *divider*

Q_{min} : aliran dimana pengalihan dimulai

Q_{max} dihitung dengan rumus

$$Q_{\text{max}} = C_w H_w^{1,5}$$

g. *Conduit*

Conduit adalah pipa atau saluran yang menghubungkan satu node ke node lain. Bentuk saluran dapat dipilih dari berbagai standar geometri terbuka maupun tertutup. (Manual EPA SWMM)

SWMM menggunakan persamaan manning untuk menghitung debit yang terjadi di semua *junction*,

$$Q = 1,49/n.A.R^{2/3}.S^{1/2} \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana,

Q : debit (m^3/s)

n : koefisien manning

A : luas (m^2)

R : penampang basah (m)

S : Kemiringan lahan

Dalam penelitian ini untuk menghitung harga infiltrasi tanah dalam simulasi menggunakan metode *SCS_Curve Number*. Metode ini mengasumsikan bahwa infiltrasi tanah yang terjadi didapatkan melalui pemilihan jenis tata guna lahan dan jenis tanah yang dikembangkan dan dipublikasikan oleh *USDA Natural Resources*

Conservation Service dalam bentuk tabel.

$$Q = \frac{(P-1)^2}{P-1+I} \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan,

Q : Debit Limpasan

P : Curah hujan

I : Infiltrasi

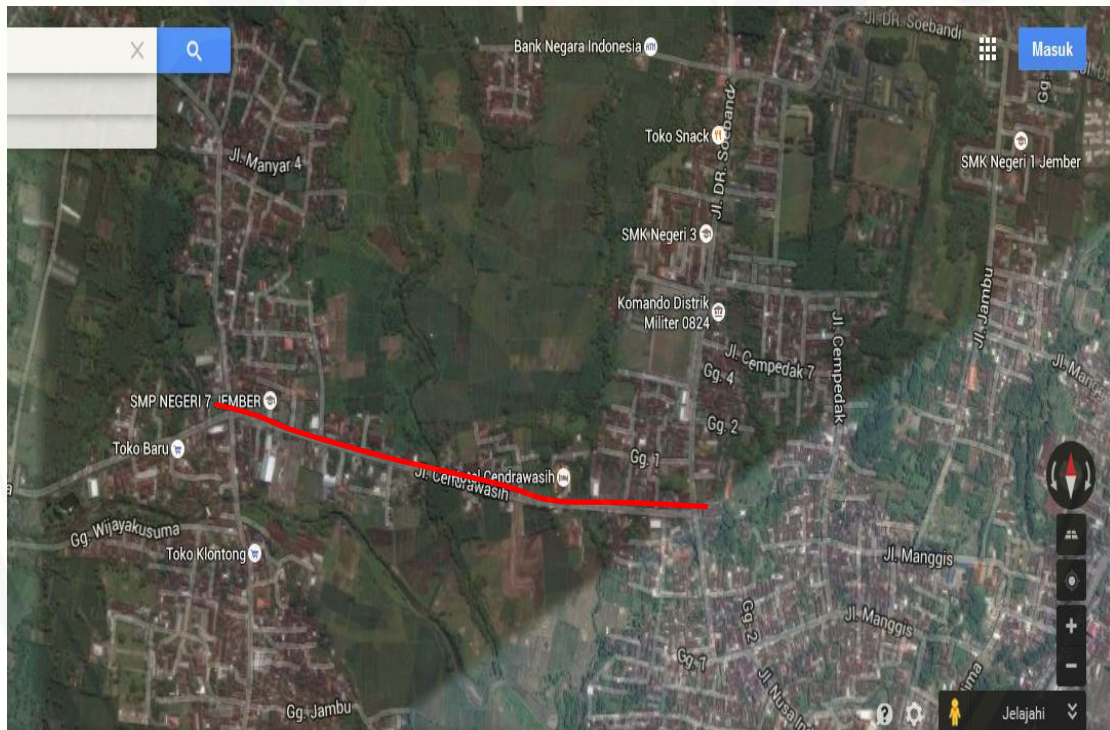
S : Kadar air maksimum tanah

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ialah suatu pembahasan yang berisi tentang penjelasan mengenai langkah – langkah sistematika penelitian yang dimulai dari pengolahan data hingga penarikan kesimpulan. Untuk diagram alir dari metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah daerah Jalan Cendrawasih Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Untuk Jalan Cendrawasih ditandai dengan garis merah. Jalan Cendrawasih ini luas daerah tangkapan hujan sekitar 5,71 Ha. Penelitian dimulai pada bulan Desember 2014 sampai selesai penyusunan tugas akhir. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Jalan Cendrawasih (google Maps)

3.2 Sistematika Penelitian

Sistematika merupakan segala kegiatan dari awal penelitian sampai pada pengolahan data untuk menyimpulkan masalah dan menyelesaikan masalah. Adapun sistematika dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.2.1 Persiapan

- a. Melakukan studi pustaka terkait judul penelitian dan pemahaman materi yang dipakai dalam penelitian.
- b. Mengajukan surat izin untuk memperoleh data sekunder yang dibutuhkan kepada pihak terkait.
- c. Menyiapkan berbagai hal yang akan digunakan untuk memperoleh data primer/survey seperti alat ukur, alat tulis, total stasion, kamera dan sebagainya

3.2.2 Pengumpulan Data

a. Identifikasi Lokasi Genangan

Identifikasi lokasi genangan bertujuan untuk mengetahui titik terjadinya genangan dan kondisi di lapangan yang digunakan untuk memperkirakan alternatif pemecahan genangan.

b. Data Sekunder

Data yang sudah ada atau data yang diperoleh dari penelitian lain atau sumber yang dipublikasikan. Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah :

1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan tahun 1998-2014. Data curah hujan yang diambil dari pengukur curah hujan yang setidaknya harus mendekati lokasi penelitian.

2. Peta

Peta diambil dari *Google Map* dan *Google Earth* kemudian digambarkan pada *AutoCad* dan diskala 1:1, sehingga panjang dan luasan menggunakan pendekatan skala tersebut.

3.2.3 Survey Lapangan

Survey diperlukan untuk mengumpulkan data langsung dari lapangan.

Data yang dikumpulkan yaitu topografi di lokasi penelitian yang dilakukan dengan melakukan pengukuran kontur-kontur dan pengukuran terhadap saluran yang diteliti seperti dimensi saluran, tinggi aliran air normal, dan kecepatan aliran. Selain itu, dilakukan pengamatan untuk mendapatkan data tataguna lahan yang akan digunakan untuk menentukan koefisien pengaliran yang akan diperhitungkan.

a. Survey Topografi

Survey ini dilakukan untuk mengetahui kemiringan (*slope*) dari saluran atau kemiringan di lokasi penelitian. Survey ini menggunakan alat *Total Station*. Survey dilakukan tiap 100 meter dengan penembakan melintang.

b. Survey Dimensi Saluran

Survey ini bertujuan untuk mengetahui perubahan dimensi saluran yang ada di lokasi penelitian.

3.2.4 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi digunakan untuk memperhitungkan hujan rancangan. Metode yang digunakan adalah analisis frekuensi, dimana pada analisis frekuensi ditentukan metode terbaik yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Kemudian, perhitungan dilanjutkan dengan menghitung kala ulang sesuai kebutuhan saluran, baik primer, sekunder, tersier maupun kuarter. Hasil akhirnya adalah debit curah hujan dengan kala ulang tertentu..

a. Analisis frekuensi digunakan untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan periode kala ulang tertentu, metode yang digunakan adalah metode distribusi Log Normal, Normal, Gumbel, dan Log Pearson.

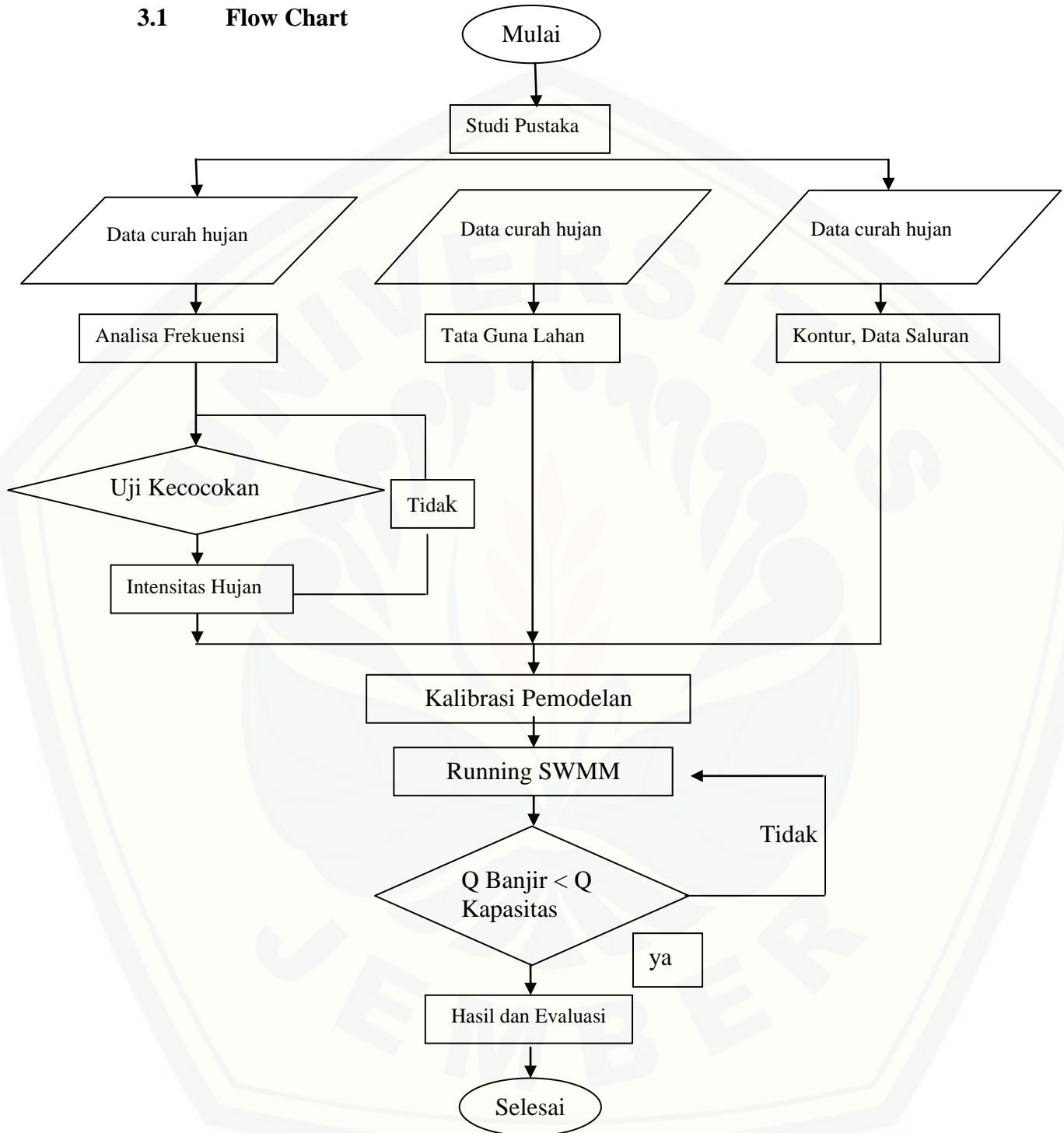
- b. Uji kecocokan data menggunakan Uji Smirnov-Kolmogorof dan uji Chi Kuadrat.
- c. Perhitungan dilanjutkan dengan menghitung kala ulang sesuai kebutuhan saluran primer, sekunder, tersier maupun kuarter.
- d. Hasil akhirnya adalah debit curah hujan dengan kala ulang tertentu yang digunakan sebagai input *rain gage* pada *software* EPA SWMM.

3.2.5 Pemodelan menggunakan SWMM

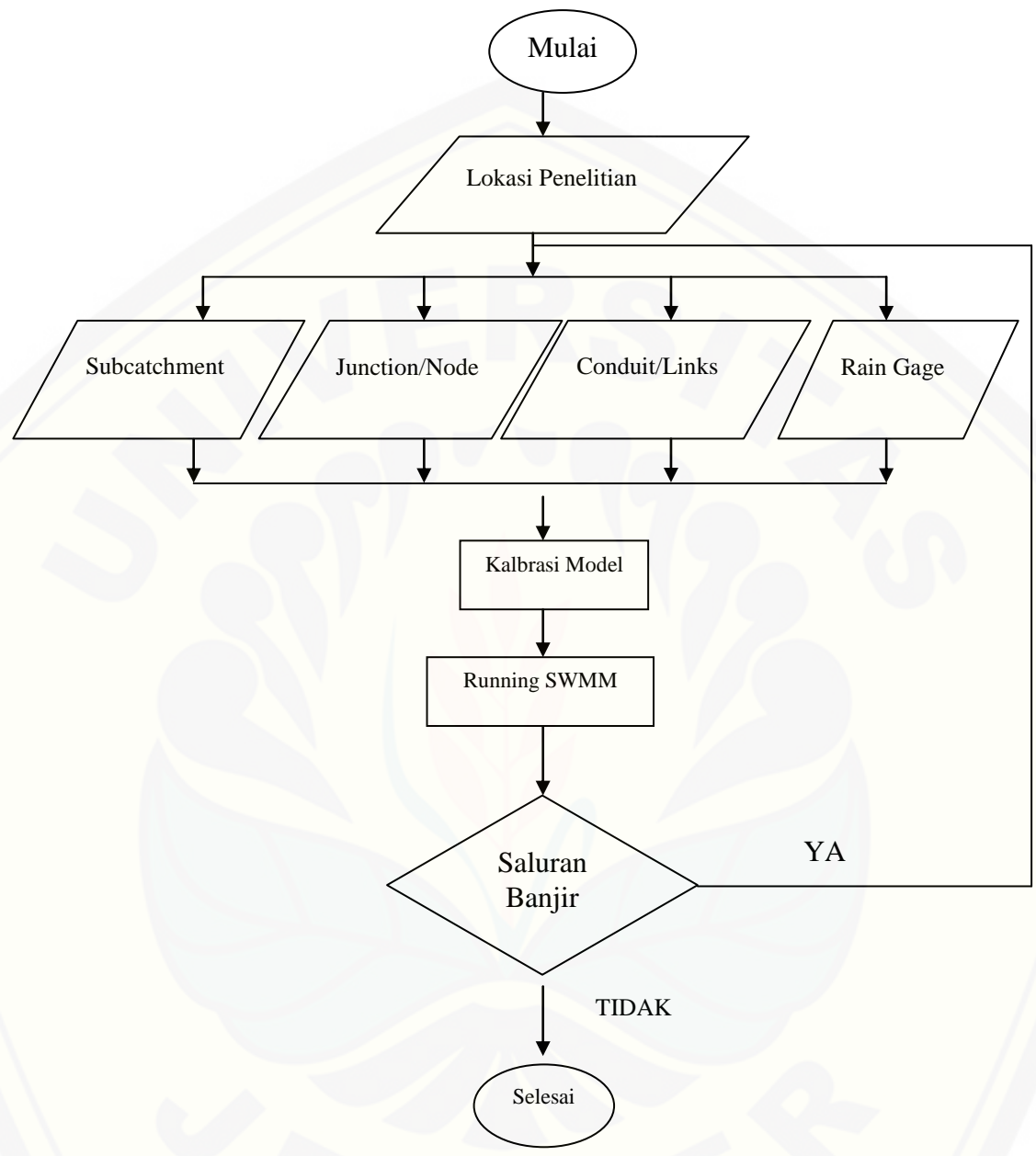
Pemodelan SWMM dilakukan setelah semua data terkumpul, yaitu *rain gage*, *subcatchment*, *conduit*, *junction outfalls* dan *divider*. Langkah pengerjaanya antara lain :

- a) Pengaturan *Project Setup Default*, untuk memudahkan pemasukan data untuk setiap objek dalam system.
- b) *Backdrop Map*. Langkah ini dilakukan untuk memudahkan penggambaran objek selanjutnya. Citra satelit yang sudah disesuaikan skalanya dengan perbandingan 1:1 menggunakan *software CAD*, Kemudian di import melalui menu backdrop.
- c) Penggambaran Objek, Setelah data survey lapangan terkumpul, langkah selanjutnya menggambar objek, yaitu *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *divider* dan *outfalls*.
- d) *Edit Object Properties*, SWMM secara otomatis menerapkan nilai default pada semua objek, untuk menggantinya dilakukan melalui jendela *property editor* sesuai dengan kondisi perobjek.
- e) *Running SWMM*, setelah semua data dimasukkan, langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi. Untuk melakukannya pilih Object kemudian *Run simulation*. Setelah proses running berhasil, simulasi dilihat melalui menu report, kemudian pilih status.
- f) Saluran yang banjir dievaluasi kemudian dilakukan pemodelan ulang, dengan cara mengubah dimensi langsung sampai saluran tidak banjir.
- g) Selesai

3.1 Flow Chart



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Pemodelan SWMM

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

Analisis ini diperlukan untuk mengetahui besar curah hujan maksimum yang terjadi di lokasi penelitian. Analisis yang dilakukan meliputi uji probabilitas dan perhitungan kala ulang curah hujan. Perhitungan akan diselesaikan dengan metode analisis frekuensi. Hasil perhitungan akan digunakan untuk input *software* EPA SWMM sebagai data *rain gage*.

4.1.1 Analisis Curah Hujan

Data curah Hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang diambil dari pos penakar curah hujan terdekat lokasi penelitian selama tujuhbelas tahun terakhir, yaitu dari tahun 1998 – 2014. Data Curah Hujan Dam Kasembah dan Kasmaran selama tujuh belas tahun terakhir disajikan pada table 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan

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

Berdasarkan table 4.1 data curah hujan maksimal harian yang tercatat pos penakar hujan Stasiun Jember yang terjadi pada Tahun 2006 sebesar 135,00 mm, sedangkan yang terendah adalah 63,50 mm yaitu pada tahun 2011 dan 2014.

4.1.2 Analisis Frekuensi Data Curah Hujan

Ada berbagai macam metode statistic yang dapat digunakan untuk menganalisis frekuensi suatu data. Dalam hal ini distribusi frekuensi yang biasa digunakan adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distri Gumbel, dan Distribusi Log Pearson III. Parameter yang digunakan dalam analisis ini meliputi rata – rata, standar deviasi, koefisien skewness, koefisien variasi dan nilai tengah. Hasil perhitungan dapat dilihat di table 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan Besaran Statistik

m	P= m/(N+1)	Tahun	Debit (m^3/dt)	Ln Debit (m^3/dt)
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

N	17	17
\bar{X}	84,147	4,408
Si	20,034	0,227
Cs	1,035	0,377
Ck	1,391	0,428
Cv	0,238	0,052

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimana :

N : Jumlah Data

\bar{X} : Nilai Rerata (Mean)

Si : Standar Deviasi

Cs : Koefisien Skewness

Ck : Koefisien Kurtosis

Cv : Koefisien Variasi

Hujan kala ulang yang digunakan adalah 1, 2, 5, dan 10 tahun. Hasil perhitungan kala ulang menggunakan metode distribusi normal, log-normal, gumbel dan log pearson III disajikan dalam tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Hujan Rencana periode T tahun

Kala Ulang	Normal	Log Normal	Gumbel	Log
Pearson				
T (tahun)	Xt (mm)	Xt (mm)	Xt (mm)	Xt (mm)
1.	22,237	40,686	44,942	45,795
2.	67,286	67,800	67,697	67,609
5.	76,071	77,491	76,496	76,501
10.	89,223	86,941	85,624	85,753
20.	101,008	99,368	98,561	98,825

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.3 didapat kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun dengan beberapa metode distribusi. Analisis selanjutnya adalah menguji masing – masing metode distribusi yang mewakili distribusi sebagai bahan analisis perhitungan selanjutnya, yaitu Chi Square dan Uji Smirnov – Kolmogorof.

4.1.3 Uji Distribusi Probabilitas

Uji probabilitas bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Kaimana, 2011:36).

4.1.3.1 Metode *Chi Square*

Pengujian probabilitas dengan metode Chi Square dilakukan terhadap empat metode distribusi probabilitas untuk memperoleh satu distribusi yang paling tepat untuk mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Berikut hasil perhitungan pengujian masing – masing metode distribusi probabilitas.

Tabel 4.4 Perhitungan Nilai Parameter *Chi Square* untuk Distribusi Normal

Kelas	$P(x \geq X_m)$	Ef	$R(m^3/dt)$	Of	Ef-Of	$(Ef - Of)^2/Ef$	
5	0,2	$0 < P \leq 0,2$	3,4	101,008	3	0,4	0,047
	0,4	$0,2 < P \leq 0,4$	3,4	89,223	3	0,4	0,047
	0,6	$0,4 < P \leq 0,6$	3,4	79,071	2	1,4	0,576
	0,8	$0,6 < P \leq 0,8$	3,4	67,286	6	2,6	1,988
	0,9	$0,8 < P \leq 0,999$	3,4	22,237	3	0,4	0,047
Σ		17		17	Chi Kuadrat =	2,706	
					Dk =	2	
					Chi-Kritik =	5,991	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 4.4 hasil perhitungan nilai parameter *Chi Square* terhitung untuk Distribusi Normal adalah 2,7 , sedangkan dengan derajat kebebasan (DK) = 2 dan derajat kepercayaan 5% didapat dari parameter *Chi Square* Kritis = 5,991.

Tabel 4.5 Perhitungan Nilai Parameter *Chi Square* untuk Distribusi Log Normal

Kelas	P(x>=Xm)	Ef	R(m^3 /dt)	Of	Ef-Of	$(Ef - Of)^2/Ef$	
5	0,2	0<P<=0,2	3,4	99,368	3	0,4	0,047
	0,4	0,2<P<=0,4	3,4	86,941	3	0,4	0,047
	0,6	0,4<P<=0,6	3,4	77,491	4	1,4	0,106
	0,8	0,6<P<=0,8	3,4	67,800	4	2,6	0,106
	0,9	0,8<P<=0,999	3,4	40,686	3	0,4	0,047
Σ		17		17	Chi Kuadrat =	0,353	
					Dk =	2	
					Chi-Kritik =	5,991	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 4.5 hasil perhitungan nilai parameter *Chi Square* terhitung untuk Distribusi Log Normal adalah 0,3 , sedangkan dengan derajat kebebasan (DK) = 2 dan derajat kepercayaan 5% didapat dari parameter *Chi Square* Kritis = 5,991.

Tabel 4.6 Perhitungan Nilai Parameter *Chi Square* untuk Distribusi Gumbel

Kelas	P(x>=Xm)	Ef	R(m^3 /dt)	Of	Ef-Of	$(Ef - Of)^2/Ef$	
5	0,2	0<P<=0,2	3,4	98,561	3	0,4	0,047
	0,4	0,2<P<=0,4	3,4	85,624	3	0,4	0,047
	0,6	0,4<P<=0,6	3,4	76,496	4	0,6	0,106
	0,8	0,6<P<=0,8	3,4	67,697	4	0,6	0,106
	0,9	0,8<P<=0,999	3,4	44,942	3	0,4	0,047
Σ		17		17	Chi Kuadrat =	0,353	
					Dk =	2	
					Chi-Kritik =	5,991	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 4.6 hasil perhitungan nilai parameter *Chi Square* terhitung untuk Distribusi Gumbel adalah 0,3 , sedangkan dengan derajat kebebasan (DK) = 2 dan derajat kepercayaan 5% didapat dari parameter *Chi Square* Kritis = 5,991.

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Parameter *Chi Square* untuk Distribusi Log Pearson III

Kelas	$P(x \geq X_m)$	Ef	$R(m^3/dt)$	Of	Ef-Of	$(Ef - Of)^2/Ef$	
5	0,2	$0 < P \leq 0,2$	3,4	98,825	3	0,4	0,047
	0,4	$0,2 < P \leq 0,4$	3,4	85,753	3	0,4	0,047
	0,6	$0,4 < P \leq 0,6$	3,4	76,501	4	0,6	0,106
	0,8	$0,6 < P \leq 0,8$	3,4	67,609	4	0,6	0,106
	0,9	$0,8 < P \leq 0,999$	3,4	45,795	3	0,4	0,047
Σ		17		17	Chi Kuadrat =	0,353	
					Dk =	1	
					Chi-Kritik =	3,841	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dapat dilihat pada tabel 4.7 hasil perhitungan nilai parameter *Chi Square* terhitung untuk Distribusi Gumbel adalah 0,3 , sedangkan dengan derajat kebebasan (DK) = 1 dan derajat kepercayaan 5% didapat dari parameter *Chi Square* Kritis = 3,841.

4.1.3.2 Metode Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Suripin, 2004:58). Hasil analisis pengujiannya disajikan pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

R (mm)	m	P= m/(N+1)	NORMAL		LOG NORMAL		GUMBEL		LOG PEARSON III	
			P(x>=Xm)	ΔP	P(x>=Xm)	ΔP	P(x>=Xm)	ΔP	P(x>=Xm)	ΔP
			135,000	1	0,056	0,006	0,050	0,014	0,041	0,021
113,500	2	0,111	0,071	0,040	0,077	0,034	0,082	0,029	0,084	0,027
105,000	3	0,167	0,149	0,018	0,139	0,028	0,137	0,029	0,140	0,027
96,000	4	0,222	0,277	0,055	0,245	0,023	0,231	0,009	0,234	0,012
93,000	5	0,278	0,329	0,052	0,291	0,013	0,273	0,005	0,276	0,002
90,000	6	0,333	0,385	0,052	0,343	0,009	0,320	0,013	0,323	0,010
83,500	7	0,389	0,513	0,124	0,470	0,081	0,443	0,054	0,445	0,056
81,500	8	0,444	0,553	0,108	0,512	0,068	0,486	0,041	0,487	0,043
79,000	9	0,500	0,601	0,101	0,567	0,067	0,542	0,042	0,543	0,043
78,500	10	0,556	0,611	0,055	0,578	0,022	0,553	0,002	0,554	0,001
75,500	11	0,611	0,667	0,056	0,644	0,032	0,623	0,012	0,623	0,012
73,500	12	0,667	0,702	0,036	0,687	0,020	0,670	0,004	0,670	0,003
73,500	13	0,722	0,702	0,020	0,687	0,036	0,670	0,052	0,670	0,053
72,000	14	0,778	0,728	0,050	0,718	0,060	0,705	0,072	0,704	0,074
64,000	15	0,833	0,843	0,009	0,863	0,030	0,870	0,037	0,868	0,035
63,500	16	0,889	0,849	0,040	0,871	0,018	0,878	0,011	0,877	0,012
53,500	17	0,944	0,937	0,007	0,970	0,026	0,982	0,037	0,982	0,038
Dkritik = 0,320										
Nilai ΔP Max			0,124		0,081		0,072		0,074	

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan uji distribusi Metode Smirnov-Kolmogorof didapat nilai ΔP maksimal untuk masing – masing metode distribusi. Terlihat pada tabel 4.8 yaitu Metode Normal = 0,124 ; Metode Log-Normal = 0,081 ; Metode Gumbel = 0,072 ; Metode Log-Pearson III = 0,074.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Uji Chi Square dan Smirnov-Kolmogorof

Distribusi	Metode Chi Square			Metode Smirnov-Kolmogorof		
	X ²	X ² cr	Keterangan	ΔP	ΔP kritis	Keterangan
Normal	3	5,991	Diterima	0,164	0,41	Diterima
LogNormal	5	5,991	Diterima	0,178	0,41	Diterima
Gumbel	3,5	5,991	Diterima	0,228	0,41	Diterima
Log Pearson III	0	3,841	Diterima	0,120	0,41	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengujian kedua metode diatas, maka untuk perhitungan intensitas hujan menggunakan Distribusi Log Pearson III, karena mempunyai nilai simpangan maksimal terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

4.1.4 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan diperlukan untuk perhitungan debit limpasan hujan. Namun, untuk perhitungan menggunakan software SWMM, intensitas hujan digunakan untuk input pada *time series*. Intesitas yang dimasukkan berupa intensitas hujan jam – jaman. Perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus *mononobe* (Suripin, 2004:67).

Tabel 4.10 Intesitas Hujan Kala Ulang 1, 2, 5,dan 10

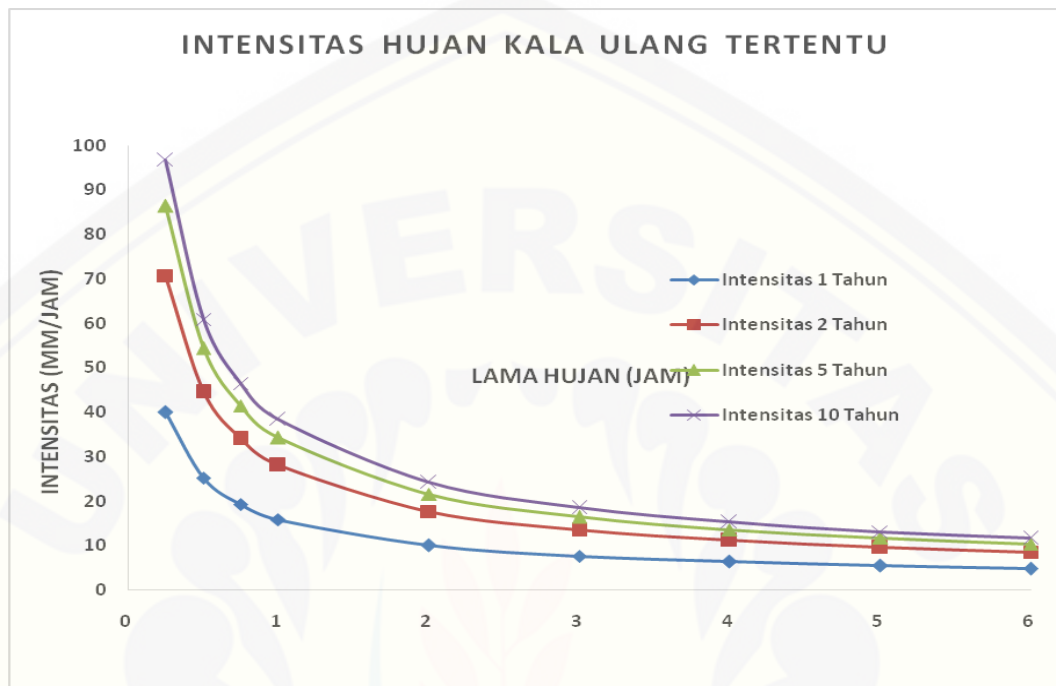
Durasi (Menit)	Periode Ulang (Tahun)			
	1	2	5	10
5	83,22	147,04	179,58	201,03
10	52,42	92,63	113,13	126,64
15	40,01	70,69	86,33	96,65
20	33,02	58,35	71,27	79,78
25	28,46	50,29	61,41	68,75
30	25,20	44,53	54,39	60,88
35	22,74	40,18	49,07	54,94
40	20,80	36,76	44,89	50,26
45	19,23	33,98	41,50	46,46
50	17,93	31,68	38,69	43,31
55	16,82	29,73	36,31	40,64
60	15,88	28,05	34,26	38,35
120	10,00	17,67	21,58	24,16
180	7,63	13,49	16,47	18,44
240	6,30	11,13	13,60	15,22
300	5,43	9,59	11,72	13,22
360	4,81	8,50	10,32	11,62

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\text{Contoh perhitungan : } it = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = it = \frac{58,39}{24} \left(\frac{24}{0,083}\right)^{\frac{2}{3}} = 106,12 \text{ mm/menit}$$

Berdasarkan tabel 4.10 intensitas hujan kala ulang diatas diketahui bahwa dari durasi hujan 5 menit sampai 6 jam, intensitas hujan kala ulang 10 tahun terbesar dan intesitas hujan kala ulang 1 tahun terkecil.

Perhitungan intensitas hujan jam-jaman di atas dapat disajikan dalam grafik berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik Intensitas Hujan

4.2 Evaluasi Sistem Drainase Eksisting Jalan Cendrawasih

Evaluasi dilakukan untuk mengidentifikasi masalah genangan dan banjir yang terjadi di Jalan Cendrawasih yang termasuk wilayah drainase Sungai Polo dn Sungai Kemuning. Evaluasi sistem drainase ini disimulasikan dengan menggunakan *software* EPA SWMM versi 5. Aplikasi ini mensimulasikan pengaruh hujan *runoff* suatu wilayah pada sistem drainase.

4.2.1 Topografi Jalan Cendrawasih

Topografi merupakan salah satu variable penting dalam mendisain saluran drainase untuk menentukan arah aliran, kemiringan saluran, dan kemiringan daerah pematusan. Oleh karena itu keberadaan potongan memanjang penampang saluran, serta jalannya sangat dibutuhkan.

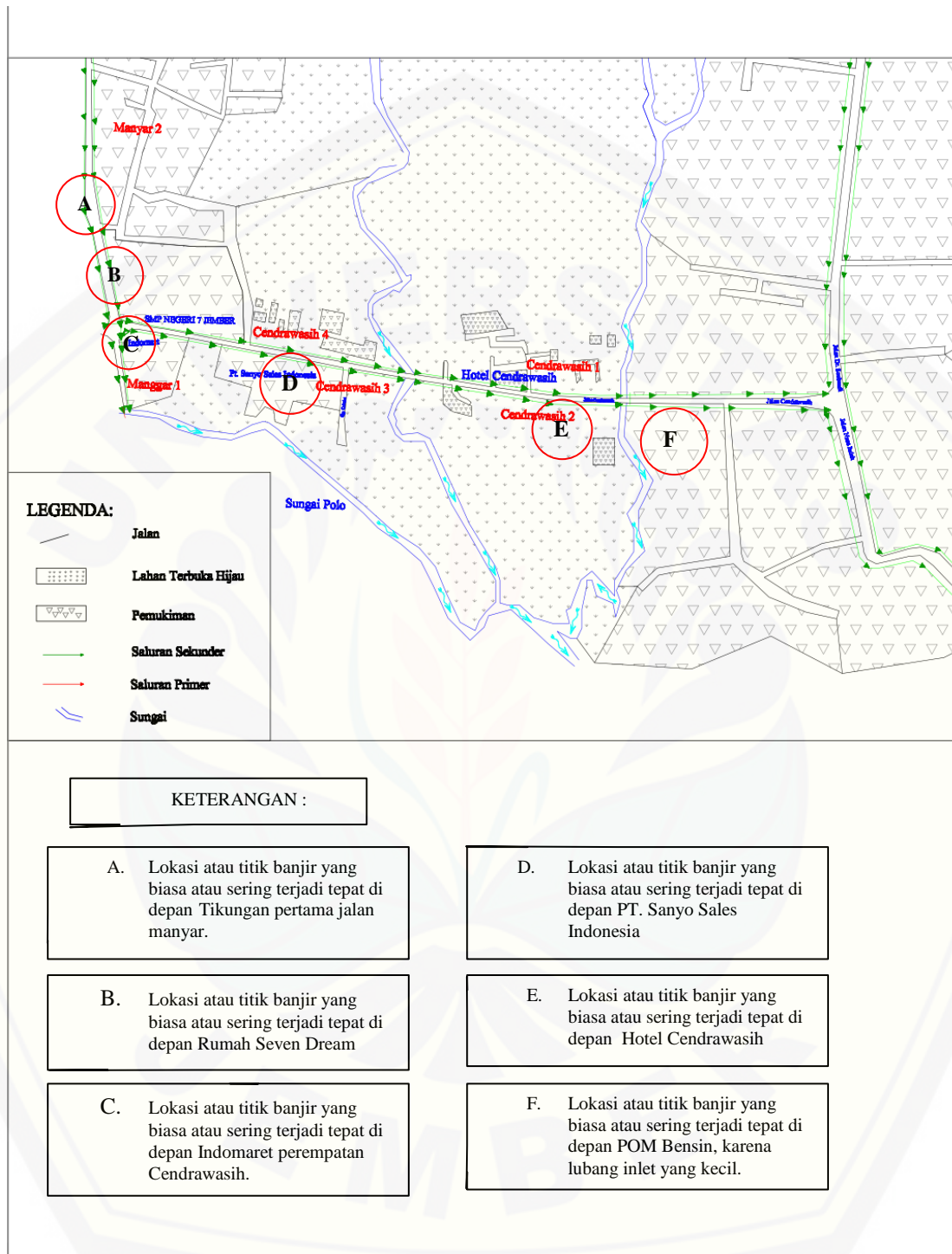
4.2.1.1 Situasi Topografi Jalan Cendrawasih

. Tabel 4.11 Situasi Topografi

situasi topografi	Titik 0.000 - 0.650	Titik 0.650 - 1150
Potongan memanjang JL. Cendrawasih	0.01%	0.02%
Potongan memanjang drainase kiri	0.02%	0.02%
Potongan memanjang drainase kanan	0.01%	0.02%

4.2.2. Potongan Memanjang

Potongan memanjang digunakan untuk elevasi – elevasi pada lokasi penelitian. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui sistem jaringan pada saluran. Data – data elevasi didapatkan dari survey lapangan dengan menggunakan *Total Station*. Untuk Long section Cendrawasih kiri Lihat pada gambar 4.3. Untuk Long section Cendrawasih Tengah lihat pada gambar 4.4. Untuk Long section Cendrawasih Kanan lihat pada gambar 4.5 . Semuanya bias dilihat pada Lampiran.



Gambar 4.13 Lokasi atau titik banjir yang sering terjadi di Jalan Cendrawasih.

4.2.3 Sistem Jaringan Jalan Cendrawasih

1. Sistem Jaringan Drainase Cendrawasih 1 – Cendrawasih 2

Sistem jaringan drainase ini berasal dari buangan air pemukiman warga di daerah samping Hotel Cendrawasih Jember dan dari irigasi sawah yang memanjang di jalan Cendrawasih, kemudian mengalir dan bermuara ke sungai Kemuning.

2. Sistem Jaringan Drainase Cendrawasih 3 – Cendrawasih 4

Sistem jaringan drainase ini berasal pemukiman samping SMPN 7 Jember dan dari pemukiman samping PT. Sanyo Sales Indonesia yang memanjang di jalan Cendrawasih, kemudian mengalir ke sungai Antrokan. Sistem jaringan drainase Cendrawasih 4 menerima buangan dari Manyar 2.

Sistem jaringan Jalan Cendrawasih pada gambar 4.6 menunjukkan arah aliran. Tanda panah hijau merupakan arah aliran dari saluran sekunder, sementara yang berwarna biru merupakan saluran primer. Jalan Cendrawasih mendapat buangan dari limpasan dari Jalan Manyar yang terus memanjang ke arah sungau kemuning dan berakhir di sungai tersebut. Namun aliran yang setelah jembatan POM bensin itu mengarah ke pertigaan Jalan Dr.Soebandi Dan Jalan Nusa Indah, sehingga disana terjadi genangan yang cukup lumayan parah dan mengganggu lalulintas pengendara.

4.2.4 Kalibrasi Pemodelan SWMM

Kalibrasi ini dilakukan untuk menyesuaikan hasil fakta dilokasi penelitian dan hasil simulasi SWMM dengan membandingkan tinggi air pada saluran. Tinggi air yang digunakan sebagai data fakta di lokasi penelitian adalah pada tanggal 28 Maret 2015, data tinggi air pada saat survey dengan curah hujan 38 mm.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Kalibrasi Pemodelan SWMM

Conduit	Tinggi SWMM	Tinggi Dilokasi	%Error
C146	16 cm	17 cm	6,25%
C152	20 cm	21 cm	5,00%

Sumber : Hasil Survey Lapangan dan Perhitungan

$$\text{Contoh perhitungan \%Error} = \frac{\text{Tinggi Lokasi} - \text{Tinggi SWMM}}{\text{Tinggi SWMM}} \times 100\%$$

$$\frac{17 - 16}{16} \times 100\% = 6,25\%$$

Berdasarkan tabel 4.11 di atas bahwa pemodelan dikatan baik. Kalibrasi dengan kesalahan tertentu dapat disesuaikan dengan mengubah parameter nilai *%impervious* pada pemodelan SWMM.

4.2.5 Evaluasi Saluran Drainase

Pemodelan drainase dilakukan untuk mensimulasikan limpasan hujan yang dilokasikan penelitian. Pemodelan terdiri dari sistem jaringan, hidrologi, dan hidrolika saluran. Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang digunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan. Pemodelan SWMM yang dibuat penelitian ini menggunakan kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun.

4.2.5.1 Evaluasi Drainase

Ada saluran yang tidak mampu menampung limpasan yang terjadi pada simulasi SWMM. Berikut ini adalah hasil *running* SWMM kondisi eksisting. Pada Hasil simulasi SWMM ini mengambil penelitian pada kala ulang terbesar yaitu pada kala ulang 10 tahun. Karena tiap kala ulang gambar nya sama namun volumenya saja yang berbeda.

Tabel 4.13 Node Banjir Hasil *Running* SWMM Kala Ulang 10 Tahun

```

*****
Node Flooding Summary
*****

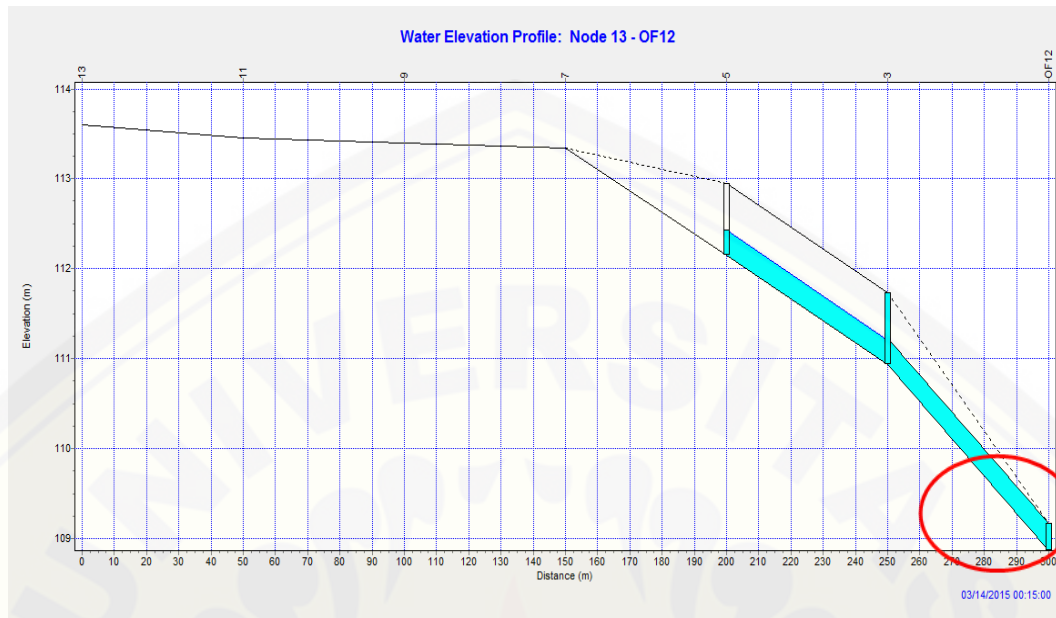
Flooding refers to all water that overflows a node, whether it ponds or not.
-----

```

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Poned Volume 1000 m3
3	0.28	0.214	0 00:10	0.128	0.000
10	0.15	0.011	0 00:10	0.003	0.000
26	0.04	0.024	0 00:10	0.002	0.000
55	0.23	0.328	0 00:10	0.182	0.000
57	0.07	0.121	0 00:10	0.015	0.000
71	0.37	1.201	0 00:10	0.797	0.000

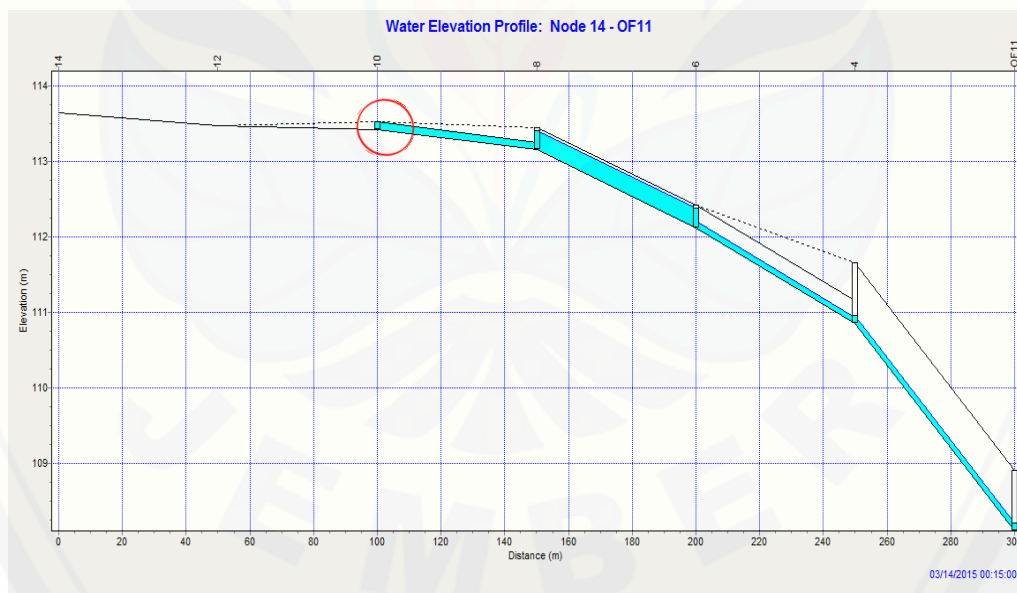
Sumber : Hasil *Running* SWMM

Berdasarkan tabel 4.13 hasil *running* SWMM kala ulang 10 tahun, terdapat 6 titik banjir di saluran. Dimana volume total banjir terbesar di J71 1,201 m³/s dan terkecil di J10 0,011 m³/s.



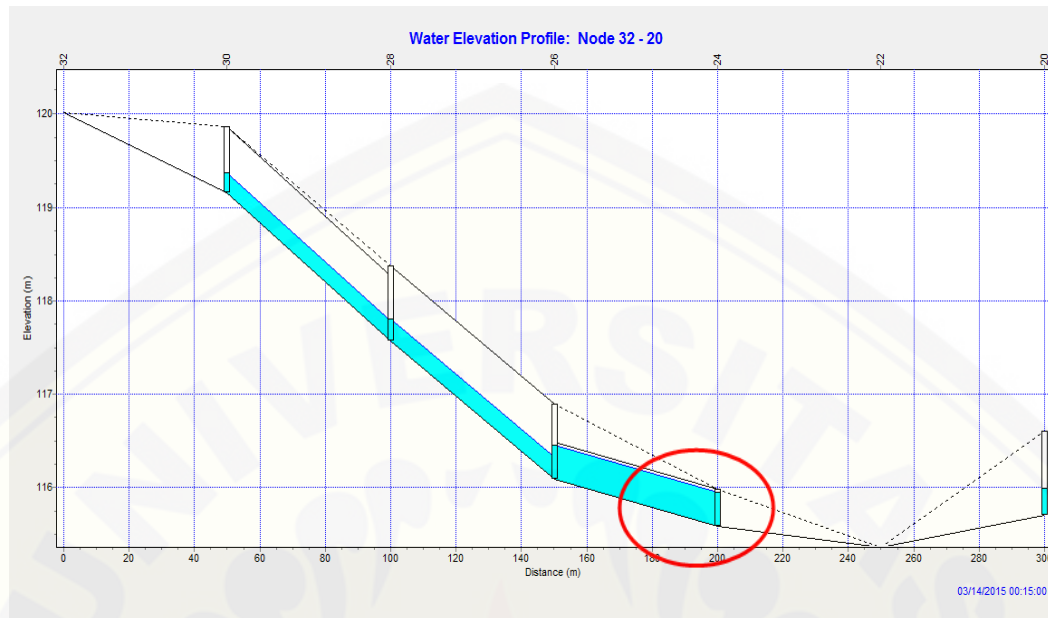
Gambar 4.2 Potongan Melintang Aliran J13 – OF12

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa saluran J3 penuh, hal ini disebabkan karena adanya sedimentasi yang terjadi antara J13 dan OF12.



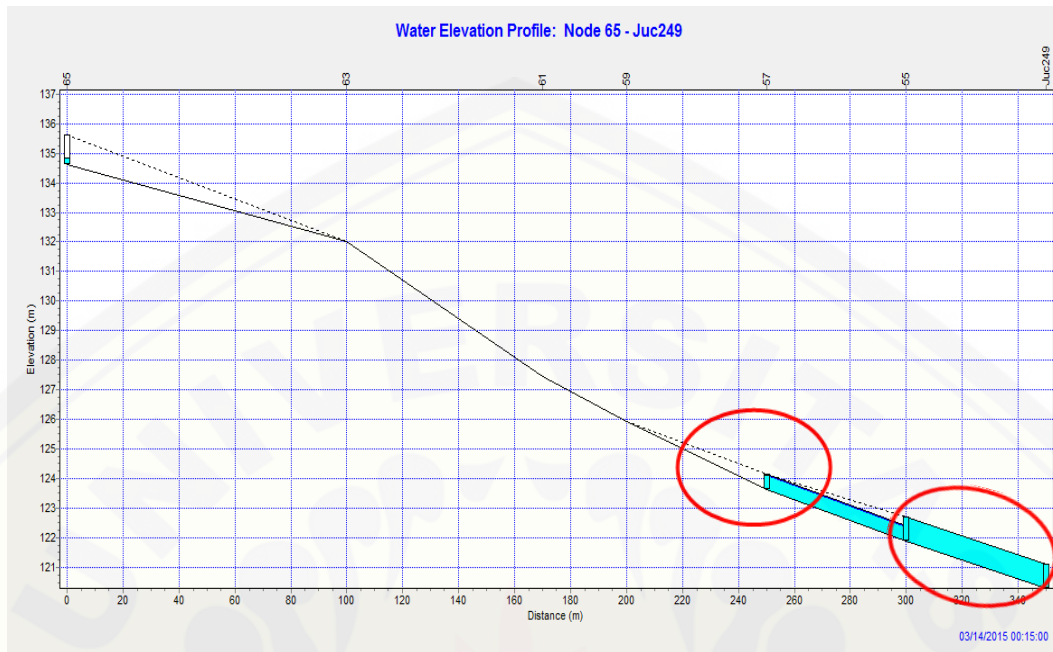
Gambar 4.3 Potongan Melintang Aliran J14 – OF11

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa saluran J10 berisi debit air, yang debit salurannya melebihi kapasitas tampung saluran. Dikarenakan kontur saluran yang kurang landai.



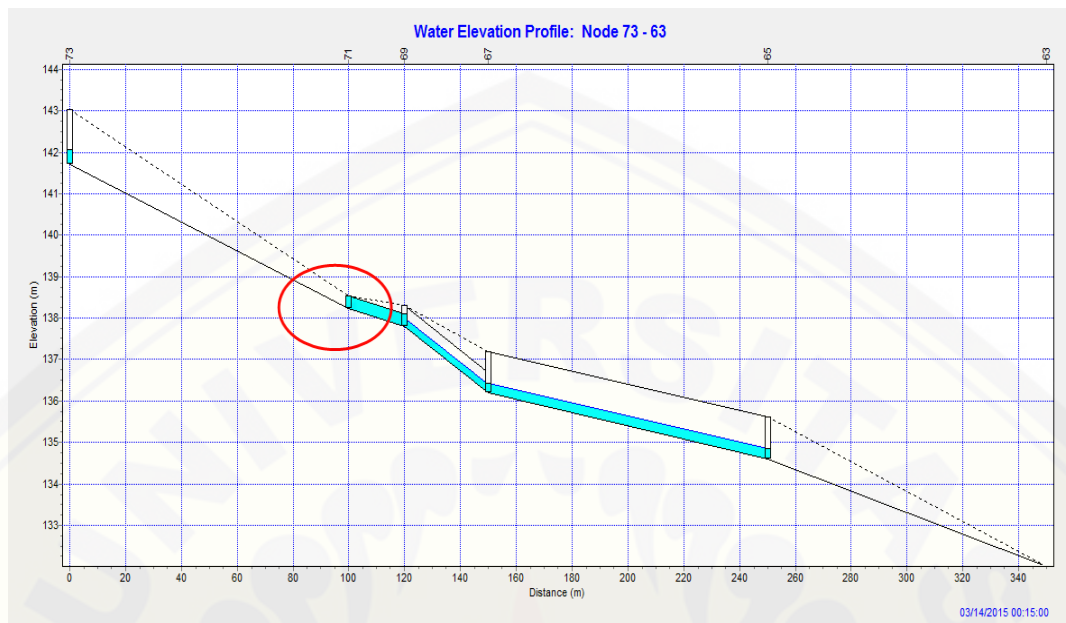
Gambar 4.4 Potongan Melintang Aliran J32 – J20

Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa saluran J24 berisi debit air, yang debit salurannya melebihi kapasitas tampung saluran. Dikarenakan kontur saluran yang kurang landai. Serta tertutupnya lubang outlet sehingga air memenuhi saluran.



Gambar 4.5 Potongan Melintang Aliran J65 – Juc249

Pada gambar 4.5 terlihat pada debit penuh pada J57 dan J55. Hal ini disebabkan sebelumnya tidak ada saluran, sehingga air langsung masuk pada saluran J57 dan J55 serta terdapat Batu – batu yang mendangkalan saluran.



Gambar 4.6 Potongan Melintang Aliran J73 – J63

Pada gambar 4.6 terlihat pada debit penuh pada J71. Hal ini dikarenakan sebelumnya tidak ada saluran, sehingga air langsung masuk pada saluran J71 serta terdapat Batu – batu yang mendangkalkan saluran.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Saluran Banjir Jalan Cendrawasih

Aliran	Junction yang terjadi banjir	Terjadi pada kala ulang				Volume tiap kala ulang 10 ⁶ ltr			
		1 Tahun	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	1 Tahun	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun
J13 - OF12	J3	-	√	√	√	-	0.052	0.097	0.128
J14 - OF11	J10	-	-	√	√	-	-	0.001	0.003
J32 - J20	J26	-	-	-	√	-	-	-	0.002
J65 - Juc249	J55	-	√	√	√	-	0.034	0.124	0.182
	J57	-	-	√	√	-	-	0.001	0.015
J73 - J63	J71	√	√	√	√	0.074	0.429	0.643	0.797

Sumber : Hasil Running SWMM dan analisa lapangan

Dari tabel 4.16 di atas dapat diketahui bahwa titik saluran banjir ada 6 titik yang berada di Jalan Cendrawasih.

4.3 Solusi Rencana Saluran Drainase Jalan Cendrawasih

4.3.1 Perubahan Dimensi Saluran

Hasil running dengan data saluran eksisting untuk kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun memiliki kemiripan, dimana lokasi saluran yang tidak mampu menampung limpasan terjadi pada conduit-conduit yang sama. Meskipun terjadi pada titik yang sama, intensitas yang di inputkan berbeda.

Untuk acuan kala ulang perencanaan drainase dalam mengatasi banjir di Jalan Cendrawasih menggunakan tabel penentuan kala ulang di bawah ini.

Tabel 4.14 Tabel Penentuan Kala Ulang

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	< 10	10-100	100-500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
Kota Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

Sumber : "Department Pekerjaan Umum, (2014:14)

Berdasarkan tabel 4.17 penentuan kala ulang dimana lokasi penelitian Jalan Cendrawasih mempunyai luas daerah yang berpengaruh 5,71 Ha dan jenis Kota/Kabupaten Jember adalah Kota/Kabupaten sedang. Dengan demikian pemodelan drainase menggunakan kala ulang 2-5 tahun.

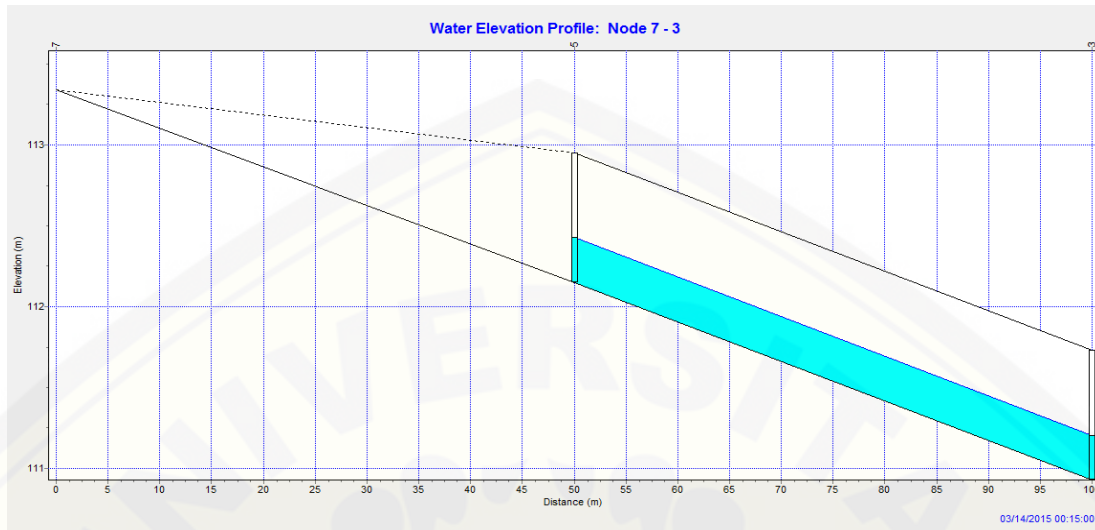
Berikut ini tabel rekapitulasi dimensi saluran banjir Jalan cendrawasih pada simulasi pemodelan SWMM.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Dimensi Saluran Yang Banjir

10 Tahun					
Junction	Conduit	b	h	Bentuk Saluran	Keadaan Saluran
J3	C76	0,3	0,3	Open Rectangular	Sedimen dan sampah Setinggi 30 cm
J10	C51	0,6	0,1	Open Trapezoidal	kontur saluran Kurang landai
J24	C175	0,6	0,4	Open Trapezoidal	outlet tertutup Sehingga air tdak Dapat mengalir
J55	C160	0,6	0,8	Closed Rectangular	outlet tertutup Sehingga air tdak Dapat mengalir
J57	C91	0,7	0,5	Open Trapezoidal	Terrdapat Bebatuan setinggi 30 cm
J71	C106	0,7	0,3	Open Trapezoidal	Terrdapat Bebatuan setinggi 10 cm

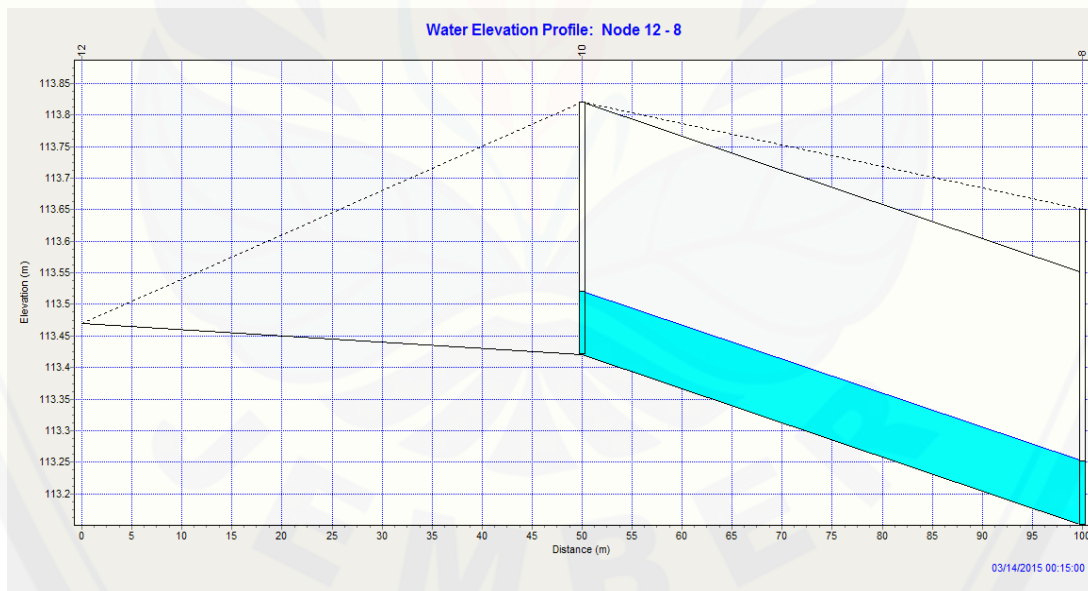
Sumber : Hasil Running SWMM dan anlisa lapangan

Tabel di atas menunjukkan bentuk dan dimensi pada saluran yang mengalami banjir pada simulasi SWMM. Perubahan dimensi saluran dilakukan dengan melakukan perubahan langsung pada simulasi SWMM. Perubahan dimensi dilakukan dengan cara running simulasi sampai tidak ada lagi banjir. dimana perubahan lebar saluran disesuaikan karena terbentur dengan pembebasan lahan. Maka perubahan diprioritaskan pada kedalaman saluran. Berikut ini saluran yang berubah agar tidak ada banjir di saluran.



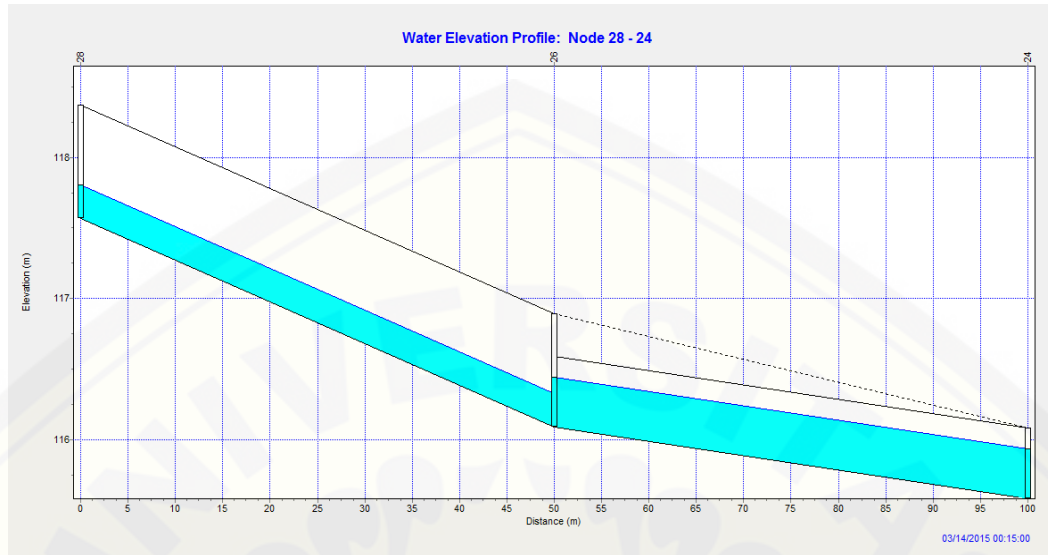
Gambar 4.7 Hasil *Running* Setelah Perubahan Dimensi Saluran *J7-J3*

Perubahan dimensi saluran dapat menyelesaikan masalah banjir pada *junction 3*. Perubahan dimensi ini bertujuan agar volume air yang datang tidak meluap yang mengakibatkan genangan pada jalan.



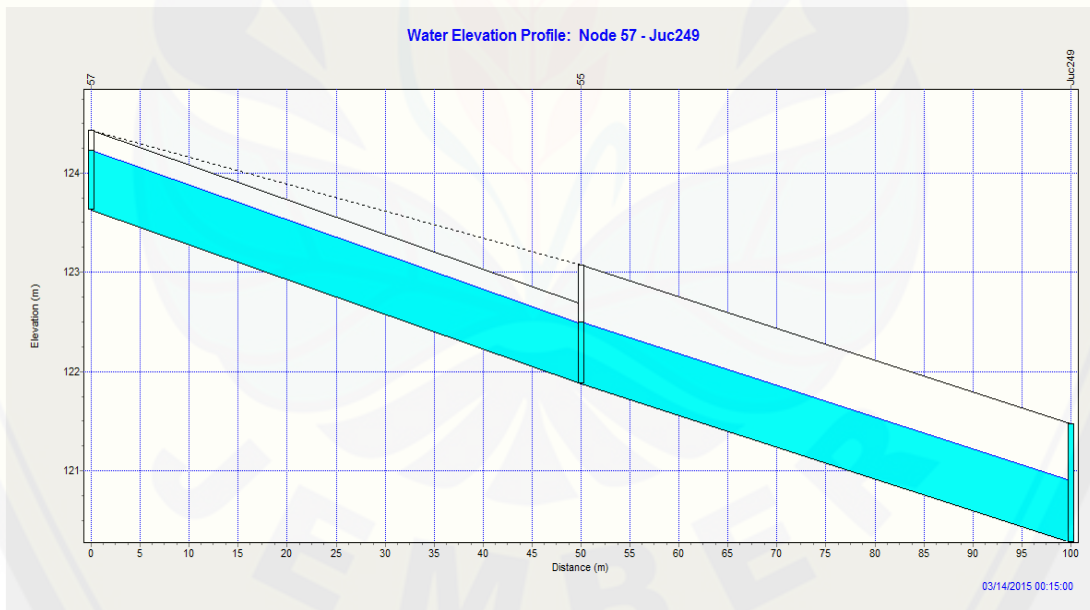
Gambar 4.8 Hasil *Running* Setelah Perubahan Dimensi Saluran *J12-J8*

Terbukti pada gambar *Junction 10* saluran tidak penuh ataupun banjir. Perubahan dimensi saluran terbukti bisa mengatasi banjir.



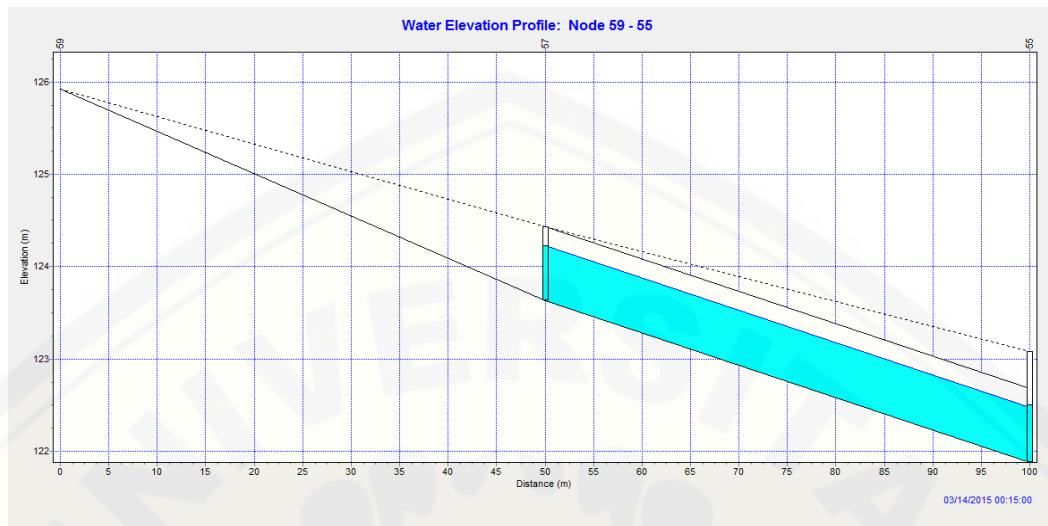
Gambar 4.9 Hasil *Running* Setelah Perubahan Dimensi Saluran J28-J24

Pada gambar di atas *junction* 24 yang sebelum perubahan dimensi saluran *junction* tersebut banjir, maka saat ini tidak penuh dan tidak banjir.



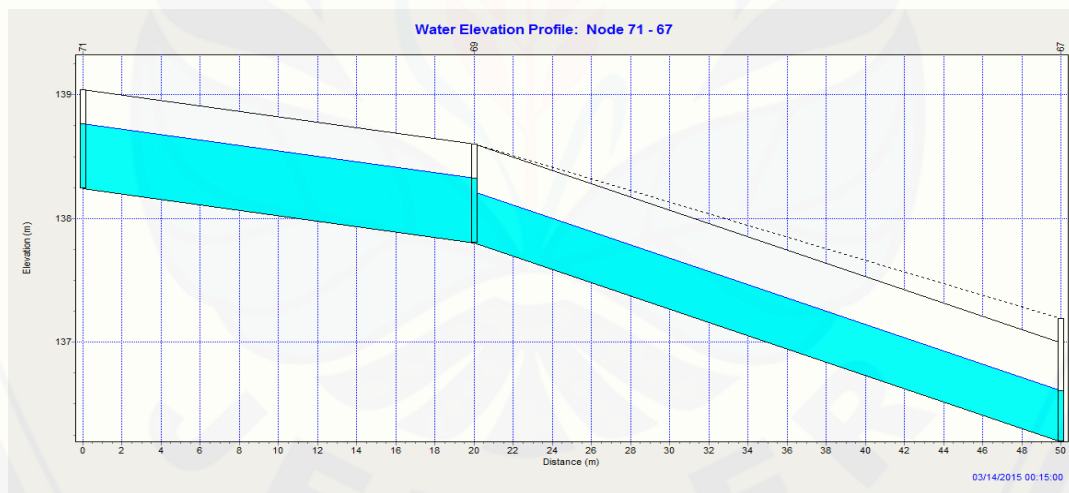
Gambar 4.10 Hasil *Running* Setelah Perubahan Dimensi Saluran J57-Juc249

Pada gambar di atas *junction* 55 yang sebelum perubahan dimensi saluran *junction* tersebut banjir, maka saat ini tidak penuh dan tidak banjir.



Gambar 4.11 Hasil *Running* Setelah Perubahan Dimensi Saluran *J59-J55*

Perubahan dimensi saluran dapat menyelesaikan masalah banjir pada *junction* 57. Perubahan dimensi ini bertujuan agar volume air yang datang tidak meluap yang mengakibatkan genangan pada jalan.



Gambar 4.12 Hasil *Running* Setelah Perubahan Dimensi Saluran *J71-J67*

Pada gambar di atas *junction* 71 – *Junction* 69 dapat dilihat bahwa saluran sudah tidak penuh dan banjir.

Tabel 4.16 Perubahan Dimensi Saluran Hasil *Running*

Junction	Conduit	b (awal)	h (awal)	Masalah	Solusi	b (baru)	h (baru)
J3	C76	0.6	0.3	sedimen setinggi 30 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 30 cm	0.6	0.6
J10	C51	0.6	0.1	sedimen setinggi 30 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 30 cm	0.6	0.4
J24	C175	0.6	0.4	sedimen setinggi 10 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 10 cm	0.6	0.5
J55	C160	0.6	0.8	saluran kurang memadai	perlu dilebar dan didalamkan saluran	1.2	1.2
J57	C91	0.7	0.5	sedimen setinggi 30 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 30 cm	0.7	0.8
J71	C106	0.7	0.3	sedimen setinggi 10 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 10 cm	0.7	0.4

Sumber : Hasil Running SWMM

Tabel di atas menunjukkan perubahan dimensi saluran yang banjir setelah melakukan percobaan berulang kali pada *running* SWMM. Perubahan dimensi saluran disesuaikan dengan kondisi lapangan, dimana perubahan lebar saluran disesuaikan karena terbentur dengan pembebasan lahan. Maka perubahan diprioritaskan pada kedalaman saluran.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Faktor penyebab terjadinya banjir :
 - ✓ Lubang inlet yang terlalu kecil.
 - ✓ Di sepanjang jalan banyak yang tidak ada saluran, sehingga air menumpuk pada saluran yang ada.
 - ✓ Sedimentasi dan batuan kali sehingga menyebabkan terjadi pendangkalan.
2. Pada saluran yang banjir dilakukan perubahan dimensi, meliputi tinggi dan lebar saluran agar tidak banjir. Setelah dirunning dengan kala ulang 10 tahun.

Berikut hasil perubahan dimensi saluran :

-	C76	0,6	0,6	Open Rectangular	+110,93
-	C51	0,6	0,4	Open Trapezoidal	+113,42
-	C175	0,6	0,5	Open Trapezoidal	+116,09
-	C160	1,2	1,2	Closed Rectangular	+121,88
-	C91	0,7	0,8	Open Trapezoidal	+123,63
-	C106	0,7	0,4	Open Trapezoidal	+138,24

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya, untuk hasil running dari SWMM bisa di bandingkan dengan software sejenis

DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, Baitullah, 2009. *Diktat Drainase Perkotaan*. Jurusan Teknik Sipil, Palembang.
- Chow, V.T., 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Harto, S., 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Kamiana, I.M., 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Subarkah, I. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Banguna Air*. Bandung: Idea Dharma
- Suripin. 2004. *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor; 14/PRT/M/2010(25 Oktober 2010)
“Urban Drainage Guidelines and Technical Design Standards” dan Keputusan Direktur Jenderal Cipta Karya No; 07/KPTS/CK/ 1999 Tentang Petunjuk Teknis perencanaan, Pembangunan dan Pengelolaan Bidang Ke-Plp-an Perkotaan dan Perdesaan.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.

LAMPIRAN 1



LAMPIRAN 2

Kondisi di Lapangan





LAMPIRAN 3

Tabel Perubahan Dimensi Saluran Hasil *Running*

Junction	Conduit	b (awal)	h (awal)	Masalah	Solusi	b (baru)	h (baru)
J3	C76	0.6	0.3	sedimen setinggi 30 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 30 cm	0.6	0.6
J10	C51	0.6	0.1	sedimen setinggi 30 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 30 cm	0.6	0.4
J24	C175	0.6	0.4	sedimen setinggi 10 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 10 cm	0.6	0.5
J55	C160	0.6	0.8	saluran kurang memadai	perlu dilebar dan didalamkan saluran	1.2	1.2
J57	C91	0.7	0.5	sedimen setinggi 30 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 30 cm	0.7	0.8
J71	C106	0.7	0.3	sedimen setinggi 10 cm	perlu adanya pengerukan sedalam 10 cm	0.7	0.4

Sumber : Hasil Running SWMM