



**PENGARUH PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP
BANJIR DI KAMPUS UNIVERSITAS JEMBER**

SKRIPSI

Oleh :

Intan Pujowati

141910301015

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PENGARUH PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP
BANJIR DI KAMPUS UNIVERSITAS JEMBER**

SKRIPSI

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

Oleh :

Intan Pujowati

141910301015

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Akhirnya dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih dan penyayang, karya ini dipersembahkan sebagai wujud terima kasih bakti kepada:

1. Bapak Asnan, Ibu Mistri, Ayahanda Anwar dan Ibunda Sulinah yang telah mendoakan, memberikan kasih sayang dan dukungan serta pengorbanan yang teramat besar yang tak mungkin bisa dibalas dengan apapun.
2. Segenap keluarga besar yang selalu mendukung, memberi semangat serta berbagai bantuan, motivasi, dan do'a.
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi, yang sudah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran.
4. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

MOTTO

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri, dan jika kamu berbuat jahat, maka kejahatan itu untuk dirimu sendiri.”

(Q.S Al-Isra': 7)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Pujowati

NIM : 141910301015

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Banjir Di Kampus Universitas Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab 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, 27 Desember 2018
Yang menyatakan,

Intan Pujowati
141910301015

SKRIPSI

**PENGARUH PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP
BANJIR DI KAMPUS UNIVERSITAS JEMBER**

Oleh

Intan Pujowati

NIM 141910301015

Pembimbing :

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

Dosen Pembimbing Anggota : Retno Utami Agung W.,ST.,M. Eng, Ph.D

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Banjir Di Kampus Universitas Jember” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : 27 Desember 2018

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

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

Dosen Pembimbing Anggota

Retno Utami A.W., ST., M. Eng, Ph.D
NRP. 760017219

Dosen Penguji I,

Sri Sukmawati, S.T., M.T
NIP. 19650622 199803 2 001

Dosen Penguji II,

Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T
NIP. 19710804 199803 1 002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik



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

RINGKASAN

Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Banjir Di Kampus Universitas Jember; Intan Pujowati, 141910301015; 2018, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Peningkatan jumlah mahasiswa di Kampus Universitas Jember menyebabkan bertambahnya pembangunan infrastruktur sebagai fasilitas untuk memenuhi kebutuhan. Hal ini mengakibatkan berkurangnya lahan terbuka hijau, sehingga limpasan permukaan air tanah semakin meningkat dan mengakibatkan banjir. Perhitungan limpasan air pada penelitian ini menggunakan *software* SWMM (*Storm Water Management Model*) untuk menghasilkan data yang lebih akurat. Dalam proses *running software* SWMM dibutuhkan data curah hujan, dimensi saluran, elevasi dan luas area.

Dari hasil analisis SWMM yang dilakukan terhadap kinerja jaringan drainase lingkungan kampus Universitas Jember dapat disimpulkan bahwa, penambahan penggunaan lahan pada *master plan* menyebabkan peningkatan jumlah limpasan air yang mengakibatkan ketinggian muka air saluran menjadi meningkat. Limpasan air pada *existing* 1481,79 m³ pada kondisi *master plan* 1885,21 m³, hal ini menunjukkan bahwa limpasan air pada *master plan* meningkatkan sebesar 21% dari kondisi *existing*.

SUMMARY

The Influence Land Use Change Againsts Flood In University Of Jember;

Intan Pujowati, 141910301015; 2018, department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The increasing number of students at the University of Jember Campus has led to an increase in infrastructure development as a facility to meet needs. This results in reduced green open land, so that groundwater runoff increases and causes flooding. Calculation of water runoff in this study uses SWMM (Storm Water Management Model) software to produce more accurate data. In the process of running SWMM software it requires rainfall data, channel dimensions, elevation and area.

From the results of the SWMM analysis conducted on the performance of the University of Jember campus environmental drainage network it can be concluded that, the increase in land use in the master plan led to an increase in the amount of runoff that resulted in increasing channel water levels. Water runoff in the existing 1481.79 m³ at the master plan condition of 1885.21 m³, this shows that water runoff in the existing with the master plan does not differ much, with increased flooding amounting to 21%.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Banjir Di Kampus Universitas Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada mereka yang telah membantu dalam penyusunan proposal ini

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember, dosen pembimbing utama, dan dosen pembimbing akademik;
2. Ibu Retno Utami A.W., ST., M. Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing anggota;
3. Bapak Dr. Gusfan Halik, ST., MT dan Ibu Sri Sukmawati, ST., MT selaku dosen penguji;
4. Bapak Willy Kriswardhana, ST., MT., selaku komisi bimbingan;
5. Ibu Dr. Anik Ratnaningsih., ST., MT, selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Jember;
6. Bapak Ir. Hernu Suyoso, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
7. Seluruh dosen dan teknisi laboratorium teknik sipil, terimakasih atas semua jasa dan ilmunya;

Ucapan terimakasih juga diucapkan kepada orang terdekat penulis, yang telah memberi dukungan kepada penulis:

1. Mami Indah, Om Eko, Tante Puri, Om Hendra, Mbahkung Tasri, Tante Rozana, Tante Jumaiyah, Om Anto selaku keluarga besar.
2. Fido Sila Widana dan keluarga yang tak bosan memberikan semangat dan motivasi;
3. Sahabat yang selalu setia menemani dan berbagi tawa Soso, Oliv, Yudo, Ela, Riska, Trio, Maruf, Vian, Romi, dan Satrio;
4. Adel, Usamah, Ario, Ferry, Zamzam, dan Candra yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan skripsi dan pengambilan data;
5. Teman rantauan di Kos APS, Aflaha, Nindy, Arina, Dina, Nia, Mila, yang selalu membantu dan memberi dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini;
6. Para sahabat terkeren LindaNF, Ismaul, Rifkah dan Abidhasnal yang telah memberikan dukungan selama berlangsungnya pelaksanaan penelitian dan pengerjaan skripsi;
7. Teman-teman teknik sipil 2014 yang telah memberikan persaudaraan;

Pihak - pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis menerima berbagai masukan dari berbagai pihak guna membuat penulisan skripsi ini menjadi lebih sempurna. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Jember, 27 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	18
1.1 Latar Belakang	18
1.2 Rumusan Masalah.....	19
1.3 Tujuan Penelitian	19
1.4 Manfaat Penelitian	19
1.5 Batasan Masalah	19
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	20
2.1 Perubahan Tata Guna Lahan	20
2.2 Sistem Drainase	20
2.3 Analisis Hidrologi.....	4

2.3.1 Analisis Frekuensi.....	4
2.3.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang	5
2.3.3 Analisis Intensitas Hujan.....	6
2.3.4 Koefisien Pengaliran	7
2.4 Analisa Hidraulika	9
2.4.1 Penampang Saluran.....	9
2.4.2 Kekasaran Saluran.....	9
2.5 Pemodelan SWMM	11
2.5.1 Deskripsi Objek Spasial	12
2.6 Uji Keandalan Model.....	19
2.6.1 Nash	19
2.6.2 RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>)	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.1.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.1.2 Waktu Penelitian	23
3.2 Tahapan dan Prosedur Penelitian	23
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.3.1 Alat.....	24
3.3.2 Bahan	24
3.4 Metode Pelaksanaan	25
4.1 Analisis Hidrologi.....	29
4.1.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan	30
4.1.3 Uji Probabilitas	30
4.1.4 Perhitungan Distribusi Curah Hujan Analisis Frekuensi	32
4.1.5 Analisis Intensitas Hujan.....	32
4.2 Kondisi Tata Guna Lahan <i>Existing</i> dan <i>Master Plan</i>	34
4.3 Uji Keandalan Model.....	38
4.4 Pemodelan Sistem Saluran Drainase Universitas Jember	39
BAB 5. PENUTUP.....	61

5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Statistik Analisis Frekuensi	5
Tabel 2.2 Periode Ulang Saluran Drainase	6
Tabel 2. 3 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna Lahan.....	8
Tabel 2.4 Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran	9
Tabel 2.5 Nilai koefisien Kekasaran Manning (n)	9
Tabel 2.6 Nilai <i>Depression Storage Depth</i>	17
Tabel 2.7 Harga Infiltrasi Maksimum dari Berbagai Kondisi Tanah.....	18
Tabel 2.8 Harga Infiltrasi Minimum dari Berbagai Jenis Tanah	18
Tabel 2. 9 Karakteristik Jenis Tanah.....	19
Tabel 4.1 Data Curah Hujan.....	29
Tabel 4.2 Perhitungan Besaran Statistik	30
Tabel 4. 3 Perhitungan Uji Probabilitas Chi Square	31
Tabel 4. 4 Perhitungan Uji Probabilitas Smirnov-Kolmogorov.....	31
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Analisis Frekuensi	32
Tabel 4. 6 Intensitas Hujan Jam-Jaman untuk Kala Ulang Tertentu.....	33
Tabel 4. 7 Perbandingan kondisi tata guna lahan <i>existing</i> dan <i>master plan</i>	35
Tabel 4. 8 Hasil Kalibrasi Model Peneliti Terdahulu	38
Tabel 4.9 Hasil Limpasan Model SWMM pada kondisi <i>existing</i>	45
Tabel 4.10 Hasil Limpasan Model SWMM pada kondisi <i>master plan</i>	47
Tabel 4.11 Perbandingan Koefisien Limpasan Antara Peneliti terdahulu (2013), <i>Existing</i> , dan <i>Master Plan</i>	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Lengkung Intensitas Curah Hujan	7
Gambar 2.2 Deskripsi Sistem dan Objek Spasial	12
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	24
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.3 Diagram Alir Modeling dengan SWMM	29
Gambar 4. 1 Kurva <i>Intensity Duration Frequency (IDF)</i>	33
Gambar 4. 2 Rencana <i>Master Plan</i> Universitas Jember	34
Gambar 4.3 Penampang Profil Saluran dari Masjid Unej menuju ke Rusunawa pada <i>existing</i> kala ulang 1 tahun.	39
Gambar 4.4 Penampang Profil Saluran dari Masjid Unej menuju ke Rusunawa pada <i>master plan</i> kala ulang 5 tahun.....	40
Gambar 4.5 Penampang Profil Saluran dari PSIK menuju ke Rusunawa pada <i>existing</i> kala ulang 1 tahun.....	40
Gambar 4.6 Penampang Profil Saluran dari PSIK menuju ke Rusunawa pada <i>master plan</i> kala ulang 5 tahun.	41
Gambar 4.7 Penampang Profil Saluran dari sebelah gedung Soerahman menuju ke sebelah Lapangan Unej pada <i>existing</i> kala ulang 1 tahun.....	42
Gambar 4.8 Penampang Profil Saluran dari sebelah gedung Soerahman menuju ke sebelah Lapangan Unej pada <i>master plan</i> kala ulang 5 tahun.	42
Gambar 4.9 Penampang Profil Saluran dari depan rusunawi menuju ke depan hukum pada <i>existing</i> kala ulang 1 tahun.	43
Gambar 4.10 Penampang Profil Saluran dari depan rusunawi menuju ke depan hukum pada <i>master plan</i> kala ulang 5 tahun.....	43
Gambar 4.11 Simulasi Saluran Drainase Universitas Jember pada <i>Existing</i> kala ulang 1 tahun.....	44
Gambar 4. 12 Simulasi Saluran Drainase Universitas Jember pada <i>Master Plan</i> kala ulang 5 tahun	46
Gambar 4. 13 <i>Master Plan</i> PSIK	50
Gambar 4. 14 <i>Master Plan</i> FKG	50
Gambar 4. 15 <i>Master Plan</i> Fakultas Kedokteran.....	51

Gambar 4. 16 <i>Master Plan</i> Zona Pengembangan	52
Gambar 4. 17 <i>Master Plan</i> Fakultas Teknik	52
Gambar 4. 18 <i>Master Plan</i> FTP	53
Gambar 4. 19 <i>Master Plan</i> Fakultas Farmasi.....	54
Gambar 4. 20 <i>Master Plan</i> Fakultas Pertanian	54
Gambar 4. 21 <i>Master Plan</i> FKM	55
Gambar 4. 22 <i>Master Plan</i> FMIPA.....	56
Gambar 4. 23 <i>Master Plan</i> Kantor Pusat	56
Gambar 4. 24 <i>Master Plan</i> FKIP	57
Gambar 4. 25 <i>Master Plan</i> UPT Bahasa	58
Gambar 4. 26 <i>Master Plan</i> FISIP	58
Gambar 4. 27 <i>Master Plan</i> Fakultas Hukum	59
Gambar 4. 28 <i>Master Plan</i> Fakultas Ekonomi.....	60

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Drainase merupakan pengaliran air secara alami atau buatan dari permukaan atau bawah permukaan tanah. Drainase dikatakan baik jika air di permukaan mampu meresap ke dalam tanah, sehingga air dapat tersimpan dan tidak menjadi limpasan ke sungai atau ke laut. Tingginya limpasan dipengaruhi oleh penggunaan lahan, yaitu perubahan lahan yang semula terbuka hijau berubah menjadi infrastruktur yang baru.

Berdasarkan data Biro Administrasi Akademik dan Kemahasiswaan (BAAK) Universitas Jember, pertumbuhan jumlah mahasiswa cenderung meningkat sekitar 7,1% setiap tahunnya.

Peningkatan jumlah mahasiswa menyebabkan bertambahnya pembangunan infrastruktur sebagai fasilitas untuk memenuhi kebutuhan. Hal ini mengakibatkan berkurangnya lahan terbuka hijau, sehingga limpasan permukaan air tanah semakin meningkat, untuk menghitung limpasan air ada beberapa *software* yang dapat digunakan antara lain, HEC-HMS, HEC-RAS, SWMM dan lain lain, sedangkan pada penelitian ini digunakan *software* SWMM (*Storm Water Management Model*) untuk menghasilkan data yang lebih akurat. (Rossmann, 2004)

SWMM (*Storm Water Management Model*) adalah model yang digunakan untuk merencanakan, menganalisis dan mendesain suatu model yang berhubungan dengan limpasan air hujan dan sistem drainase pada area perkotaan. Menurut Rossmann (2004), SWMM adalah model simulasi dinamis hubungan antara curah hujan dan limpasan (*rainfall-runoff*). Model ini digunakan untuk mensimulasikan kejadian hujan tunggal atau berkelanjutan dalam waktu lama, baik berupa volume limpasan maupun kualitas air, terutama pada suatu daerah perkotaan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

Berapakah peningkatan debit banjir akibat pengaruh perubahan penggunaan lahan di Kampus Universitas Jember pada saat ini dengan *Master Plan* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

Untuk mengetahui peningkatan banjir akibat pengaruh perubahan penggunaan lahan di Kampus Universitas Jember dengan *Master Plan*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

Memberikan informasi data kepada Kampus Universitas Jember, untuk mendukung kebijakan yang akan diambil dalam pengembangan pembangunan gedung di Kampus Universitas Jember.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

Penelitian ini tidak menggunakan perencanaan saluran baru.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perubahan Tata Guna Lahan

Perubahan tata guna lahan adalah berubahnya fungsi lahan dari fungsi tertentu ke penggunaan lainnya, diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya atau berubahnya fungsi lahan suatu daerah pada kurun waktu yang berbeda. Perubahan fungsi tutupan lahan dari kawasan konservasi (lahan hijau) menjadi kawasan terbangun (pemukiman) akan memperberat tekanan terhadap kondisi lingkungan antara lain pengaruhi besarnya laju erosi dan sedimentasi diwilayah hulu, menimbulkan banjir dan genangan diwilayah hilir, serta tanah longsor dan kekeringan.

2.2 Sistem Drainase

Sistem drainase adalah cara pengalihan aliran air secara alamiah atau buatan dari permukaan tanah atau bawah tanah bagi suatu area atau daerah untuk menghindari genangan air disuatu tempat atau kawasan, yaitu dengan cara menangani kelebihan air sebelum masuk ke saluran atau sungai. Sedangkan sistem drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan, sehingga kawasan tersebut dapat difungsikan secara optimal. Sistem drainase merupakan bagian dari infrastruktur perkotaan yang sangat penting, sehingga sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air hujan, sehingga tidak boleh diabaikan dalam suatu perencanaan.

Menurut Suripin (2004), drainase yang berasal dari bahasa inggris *drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang sipil drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan tidak terganggu.

2.3 Analisis Hidrologi

Menurut Rusli (2013) analisis hidrologi dilakukan terhadap data hujan untuk mendapatkan besarnya intensitas curah hujan sebagai dasar perhitungan debit banjir rencana pada daerah yang direncanakan untuk dibuat bangunan drainase. Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variabel desain seperti: keterkaitan dengan tata guna lahan, keterkaitan dengan master plan drainase dan lain-lain.

Analisis hidrologi yang dilakukan meliputi kegiatan :

- a. Pengumpulan data hidrologi (data curah hujan)
- b. Analisis data yang dilakukan dengan maksud agar data siap untuk dianalisis selanjutnya.
- c. Analisis frekwensi dilakukan terhadap data yang siap untuk mendapatkan hasil, yaitu intensitas curah hujan.

2.3.1 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi 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.

Jenis distribusi yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan analisis frekuensi. Salah satu contoh dari distribusi tersebut digunakan distribusi Log Person III.

Berikut ini langkah – langkah penggunaan distribusi Log-Person Tipe III (Suripin, 2004:42)

- a. Hitung harga rata – rata, seperti pada rumus 2.1

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

b. Simpangan baku (standart deviasi), seperti pada rumus 2.2

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

c. Hitung koefisien kemiringan, seperti pada rumus 2.3

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

Keterangan : n : jumlah tahun

Parameter satatistik analisis frekuensi, dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Parameter Statistik Analisis Frekuensi

Parameter/ Statisitik	Sampel
Rata-rata	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Simpangan Baku	$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$
Koefisien variasi	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$
Koefisien <i>skewness</i>	$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$
Kurtosis	$K = \alpha_4 = \frac{1 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{n s^4}$

2.3.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang

Curah hujan rencana ini dihitung dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Untuk menentukan tinggi curah hujan rencana periode ulang 2 - 10 tahun digunakan analisis frekuensi dengan memakai metode Log – Pearson Tipe III, karena nilai penyimpangannya paling kecil dari metode Gumbel dan Normal. Dari hasil analisis frekuensi dapat dilakukan perhitungan debit banjir rencana dengan memakai metode Rasional karena metode ini dinilai cukup akurat untuk kawasan pemukiman dengan luas DAS < 500 ha. (Andri Cahyono, abstrak 2008).

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang akan dikeringkan.

Hitung logaritma hujan atau banjir dari distribusi Log Person dengan periode ulang T dengan rumus 2.4 (Suripin, 2004:42):

$$\log X_T = \log \bar{X} + K.Si \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

X_T : curah hujan rancangan kala ulang T tahun.

\bar{X} : rata – rata hitung data hujan

K : variabel standart untuk x yang besarnya tergantung koefisien kemencengan (*Koefisien skewnes*) (lihat pada Lampiran I).

Si : harga simpangan baku atau standar deviasi

Selanjutnya hitung hujan atau banjir kala ulang T dengan menghitung antilog dari Log X_T . Periode ulang saluran drainase dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Periode Ulang Saluran Drainase

No.	Jenis kawasan	Periode Ulang		
		Saluran primer	Saluran sekunder	Saluran tersier
1	Permukiman			
	a) Kota sedang	10 - 20 tahun	5 – 10 tahun	2 – 5 tahun
	b) Kota kecil	5 - 10 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun
2	Industri	2 - 5 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun
3	Perumahan	5 - 20 tahun	2 – 5 tahun	2 - 5 tahun

Sumber: Alfa (<http://www.indoskripsi.com/kumpulan-skripsi%20drainase.htm>) (2008)

2.3.3 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman hujan persatuan waktu. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka data hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe, seperti pada rumus 2.5 (Suripin, 2004:67).

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

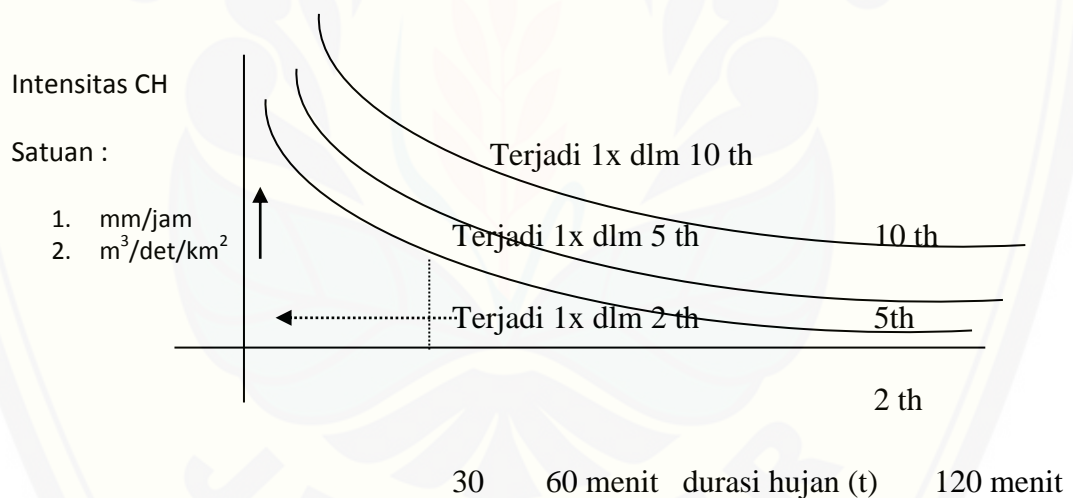
I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

Menentukan lengkung intensitas curah hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas curah hujan (I) dengan durasi hujan t, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk lengkung intensitas curah hujan untuk kala ulang tertentu.

Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004:66). Seperti pada gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Grafik Lengkung Intensitas Curah Hujan

2.3.4 Koefisien Pengaliran

Koefisien aliran permukaan (C) adalah nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya koefisien aliran permukaan (C) adalah kemiringan lahan, intensitas hujan, tanaman penutup tanah, laju infiltrasi tanah. (Suripin, 2004:81).

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran suatu daerah terdapat beberapa jenis tata guna lahan yang dapat ditentukan dengan mengambil harga rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan, yaitu dengan memperhitungkan bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakili (Suhardjono,1984:23), dengan menggunakan rumus 2.7

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

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 2.3 berikut ini :

Tabel 2. 3 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna Lahan

Deskripsi	Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
Bisnis		
a	Bisnis	0,70-0,79
b	Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan		
a	Rumah tunggal	0,30-0,50
b	Multiunit terpisah, terpisah	0,40-0,60
c	Multiunit, tergabung	0,60-0,75
d	Perkampungan	0,25-0,40
Deskripsi	Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
e	Apartemen	0,50-0,70
Industri		
a	Ringan	0,50-0,80
b	Berat	0,60-0,90
Perkerasan		
a	Aspal dan beton	0,70-0,95
b	Batu bata, paving	0,50-0,70
Atap		
Halaman, tanah berpasir		
a	Datar 2%	0,05-0,10
b	Rata-rata 2-7%	0,10-0,15
c	Curam 7%	0,15-0,20
Halaman, tanah berat		



a	Datar 2%	0,13-0,17
b	Rata-rata 2-7%	0,18-0,22
c	Curam 7%	0,25-0,35
Halaman kereta api		0,10-0,35
Taman tempat bermain		0,20-0,35
Taman, pekuburan		0,10-0,25
Hutan		
a	Datar 0-5%	0,10-0,40
b	Bergelombang 5-10%	0,25-0,50
c	Berbukit 10-30%	0,30-0,60

2.4 Analisa Hidraulika

2.4.1 Penampang Saluran

Merencanakan dimensi saluran, rumus-rumus yang di gunakan seperti pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran

Bentuk Penampang	Luas (A)	Jari-jari Hidrolis (P)	Lebar puncak (T)	Kedalaman hidrolis (D)	Faktor penampang (Z)
	$A = b \cdot h$	$R = \frac{b-h}{b+2h}$	$T = b$	$D = h$	$Z = b \cdot h^{1,5}$
	$A = (b+z \cdot h) \cdot h$	$R = \frac{(b+z \cdot h) \cdot h}{b+2 \cdot h \sqrt{1+z^2}}$	$T = b+2 \cdot z \cdot h$	$D = \frac{(b+z \cdot h) - h}{b = 2hz}$	$Z = \frac{[(b+z \cdot h) \cdot h]^{0,5}}{\sqrt{b = 2 \cdot z \cdot h}}$

2.4.2 Kekasaran Saluran

Kekasaran permukaan ditandai dengan ukuran dan bentuk butiran bahan yang membentuk luas basah dan menimbulkan efek hambatan terhadap aliran (Ven TeChow, 1997:92). Koefisien kekerasan 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. Nilai koefisien Kekasaran Manning dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 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	0,014	0,017	0,020
4. Tidak dipoles	0,015	0,017	0,020
5. Adukan semprot, penampang rata	0,016	0,019	0,023
6. Adukan semprot, penampang bergelombang	0,108	0,022	0,025
7. Pada galian batu yang teratur	0,017	0,020	
8. Pada galian batu yang tidak 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, dipleser	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. Dasar 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
Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maximum
h. Batu potong, diatur	0,013	0,015	0,017
i. Aspal			
1. Halus	0,013	0,013	
2. Kasar	0,016	0,016	
j. Lapisan dari tanaman	0,030		0,500

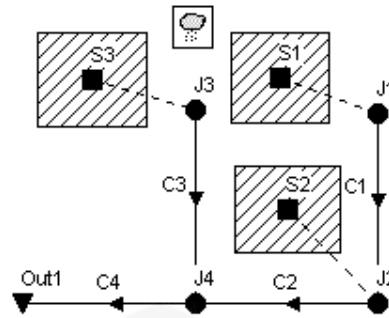
sumber: Ven The Chow, (1992, 100).

2.5 Pemodelan SWMM

SWMM (*Storm Water Management Model*) adalah model simulasi dinamis hubungan antara curah hujan dan limpasan (*rainfall-runoff*). Model ini digunakan untuk mensimulasikan kejadian tunggal atau yang berkelanjutan dalam waktu lama, baik berupa volume limpasan maupun kualitas air, terutama pada suatu daerah perkotaan. Analisis limpasan dalam SWMM adalah dari kumpulan sub daerah tangkapan air yang menerima curah hujan kemudian memprosesnya menjadi limpasan dan angkutan polutan. Analisis Routing limpasan dapat dilakukan pada berbagai macam media penyaluran, seperti : sistem perpipaan, jaringan saluran terbuka, tampungan atau instalasi pengolahan, pompa dan pengatur. SWMM menghasilkan volume dan kualitas limpasan yang di-*generate* dari masing-masing *subcatchment*, dengan kecepatan alirannya, kedalaman aliran, dan kualitas air pada masing-masing pipa dan saluran selama periode simulasi yang terdiri dari berbagai tahapan waktu.

SWMM menghitung berbagai proses hidrologis yang menciptakan limpasan dari daerah perkotaan, yaitu : curah hujan dengan variasi waktu, evaporasi dari permukaan air, akumulasi salju dan mencairnya, curah hujan yang tertampung di daerah tampungan, infiltrasi dari curah hujan yang masuk ke lapisan tanah tidak jenuh air, perkolasi dan infiltrasi ke dalam lapisan air tanah, aliran bawah antara air tanah dan sistem drainasi, routing waduk non linier dari aliran di daratan.

Aplikasi model SWMM adalah : perencanaan dan dimensi jaringan pembuang untuk pengendalian banjir, perencanaan daerah penahan (penampung) sementara untuk pengendalian banjir seperti retarding basin, pemetaan daerah genangan banjir dari jaringan pembuang alamiah, perencanaan strategi pengaturan untuk meminimalkan pengaliran dari gabungan sistem pembuangan, evaluasi pengaruh dari inflow dan infiltrasi pada debit aliran dari sistem pembuangan, menggenerasi sumber sebaran angkutan polutan untuk studi alokasi pembuangan, evaluasi terhadap efektivitas dari BMP untuk mengurangi angkutan polutan. Deskripsi sistem dan objek spasial dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Deskripsi Sistem dan Objek Spasial

2.5.1 Deskripsi Objek Spasial

a. Rain Gage

Rain Gage menyediakan data hujan untuk satu atau lebih *subcatchment area* di daerah studi. Data hujan dapat berupa *time series* yang didefinisikan oleh *user* sendiri ataupun dari *file external*.

Pada objek *rain gage* parameter yang diinput adalah:

- 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 unit hidrologi lahan berupa elemen topografi dan sistem drainase yang mengalirkan langsung aliran permukaan menuju suatu titik aliran *outlet*.

Pada objek *subcatchment* parameter yang di *input* adalah :

- 1) *Rain gage* : nama *rain gage* yang berkaitan dengan *subcatchment*
- 2) *Outlet* : nama *node* yang menerima *runoff subcatchment*
- 3) *Area* : luas *subcatchment*
- 4) *Width* : panjang pengaliran
- 5) *% Slope* : persentase kemiringan *subcatchment*
- 6) *% Imperv* : persentase area tanah yang *impervious*
- 7) *N-Imperv* : nilai *n* manning untuk aliran permukaan di daerah *impervious*

- 8) *N-Perv* : nilai *n* manning untuk aliran permukaan di daerah *pervious*
- 9) *%Zero imperv* : persentase dari *impervious* area tanpa *depression storage*
- 10) *Infiltration*: pilihan untuk metode perhitungan infiltrasi dan parameternya

Pada EPA SWMM tinggi genangan atau limpasan hujan pada masing-masing *subcatchment* menggunakan konsep yang ditunjukkan pada persamaan 2.8 :

$$D_1 = D_t + R_{t,t} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

D_1 : kedalaman air setelah terjadi hujan 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, persamaan 2.9

$$F_p = F_c + (F_o - F_c) e^{-kt} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

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:

$$v = 1/n D_2^{2/3} S^{1/2} \quad (2.8)$$

$$Q = vBD_2 \quad (2.9)$$

Keterangan :

v : kecepatan (m/s)

n : koefisien Manning

- S : kemiringan lahan
 B : lebar lahan/panjang pengaliran (m)
 Q : debit (m³/s)

c. Conduit

Conduit adalah pipa atau saluran yang menyalurkan air dari satu node ke node yang lain. Bentuk melintang dari saluran dapat dipilih dari beberapa macam bentuk standar yang telah disediakan SWMM.

Debit yang masuk ke dalam saluran dihitung dengan menambahkan debit dari lahan (Q_{oi}) dengan debit dari hulu saluran (Q_{gi}), seperti pada rumus 2.10

$$Q_{in} = \Sigma Q_{oi} + \Sigma Q_{gi} \dots\dots\dots(2.10)$$

1) *Conduit* dengan sistem gravitasi

Conduit dengan sistem gravitasi menggunakan persamaan *Manning*, persamaan 2.11

$$Q = 1.0 * \frac{S^{1/2} * R^{2/3} * A}{n} \quad (2.11)$$

Keterangan :

Q : *outflow subcatchment* (m³/detik)

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

A_x : luas *cross section* (m²)

S : kemiringan

n : koefisien kekasaran manning

R : jari – jari hidrolis = $\frac{Ax}{W+2dx}$ = d_x dengan 2d_x dapat diabaikan menjadi W.

2) *Conduit* dengan sistem tekan

Pada saluran tertutup dengan aliran bertekanan menggunakan persamaan *Bernoulli* (*Manual Book of SWMM*), seperti persamaan 2.12

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f + h_m \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

$\frac{p_1}{\gamma}$: *pressure head* di hulu

$\frac{v_1^2}{2g}$: *velocity head* di hulu

z_1 : elevasi di hulu

$\frac{p_2}{\gamma}$: *pressure head* di hilir

$\frac{v_2^2}{2g}$: *velocity head* di hilir

z_2 : elevasi di hilir

h_f : sistem *friction loss*

h_m : sistem *junction loss*

Pada link SWMM diperhitungkan 3 aliran sebagai berikut :

- 1) Aliran menggunakan metode *ID St.Venant* :

Aliran ini terjadi ketika saluran didominasi oleh backwater dan debit tambahan. Persamaan *ID St.Venant* persamaan 2.13 (*Manual Book of SWMM*)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + g \cdot A \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + g \cdot A \cdot S_f + \frac{\partial Q^2}{\partial x} = 0 \quad (2.13)$$

Keterangan : ∂x adalah panjang saluran.

- 2) Aliran menggunakan *The Upstream Normal Flow Manning's equation* :

Persamaan yang digunakan sama dengan persamaan 2.11.

- 3) Aliran yang menggunakan *ID St.Venant equation* atau *The Upstream Normal Flow Manning's equation*

Pada objek *conduit* parameter yang diinput adalah :

- a) *Inlet node* : nama *node* yang terletak pada *inlet* saluran
- b) *Outlet node* : nama *node* yang terletak pada *outlet* saluran
- c) *Shape* : bentuk geometri penampang melintang saluran
- d) *Max depth* : kedalaman maksimum melintang saluran
- e) *Length* : panjang saluran
- f) *Roughness* : koefisien kekasaran manning
- g) *Inlet offset* : kedalaman atau elevasi *invert* saluran diatas *node invert* pada daerah hulu (upstream) saluran

h) *Outlet offset* : kedalaman saluran diatas *node invert* pada daerah hilir

d. *Junction Node*

Junction adalah *node-node* sistem drainase yang berfungsi untuk menggabungkan satu saluran dengan saluran yang lain. Secara fisik dapat menunjukkan pertemuan dua saluran atau sambungan pipa.

Pada objek *junction node* parameter yang diinput adalah :

- 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.

e. *Outfall Node*

Outfall nodes adalah titik pemberhentian dari sistem drainase yang digunakan untuk menentukan batas hilir (*down stream*). *Outfall* ini hanya dihubungkan oleh satu link.

Pada objek *outfall node* parameter yang diinput adalah :

- 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

f. *Storage Units*

Storage Units adalah *node-node* sistem drainase yang dapat menyimpan isi (air). Secara fisik, *storage units* dapat berupa fasilitas penyimpanan yang sekecil sumur resapan atau sebesar danau.

Pada *storage units node* parameter yang diinput adalah :

- 1) *Invert elevation* : elevasi *invert storage units*
- 2) *Maximum depth* : kedalaman maksimal
- 3) *Depth-surface area data* : tinggi permukaan daerah data
- 4) *Evaporation potential* : evaporasi potensial

5) *Ponded surface area when flooded* (optional) : luas permukaan kolam saat banjir

6) *External inflow data* (optional) : aliran masuk dari luar data (daerah)

g. Kemampuan Model SWMM

SWMM menghitung berbagai proses hidrologis yang menciptakan limpasan dari daerah perkotaan, yaitu : curah hujan dengan variasi waktu, evaporasi dari permukaan air, akumulasi salju dan mencairnya, curah hujan yang tertampung di daerah tampungan, infiltrasi dari curah hujan yang masuk ke lapisan tanah tidak jenuh air, perkolasi dan infiltrasi ke dalam lapisan air tanah, aliran bawah antara air tanah dan sistem drainasi, routing waduk non linier dari aliran di daratan.

Pada bukan daerah resapan terdiri dari 2 daerah yaitu *depression storage* dan *non depression storage*. Sedangkan pada daerah resapan terdapat infiltrasi dalam hal ini SWMM menggunakan persamaan Horton untuk analisis infiltrasi. Persamaan Horton dijabarkan sebagai persamaan 2.14 (*Manual Book of SWMM*):

$$F_p = F_c + (F_o - F_c) e^{-kt} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan : 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)

Nilai Depression Storage Depth dapat dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Nilai *Depression Storage Depth*

<i>Impervious surface</i>	0,05 - 0,10 inch
Lawns	0,10 - 0,20 inch
Pasture	0,20 inch
Forest litter	0,30 inch

Sumber : *Manual Book of SWMM*

Harga infiltrasi maksimum dari berbagai kondisi tanah dapat dilihat pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Harga Infiltrasi Maksimum dari Berbagai Kondisi Tanah

No	Kondisi Tanah	Jenis Tanah	Harga Infiltrasi
1	Kering dengan sedikit atau tidak ada tumbuhan	Sandy Soils	5 mm/jam
		Loam Soils	3 mm/jam
		Clay Soils	1 mm/jam
2	Kering dengan banyak tumbuhan	Sandy Soils	10 mm/jam
		Loam Soils	6 mm/jam
		Clay Soils	2 mm/jam
3	Tanah Lembab	Sandy Soils	1,25 mm/jam
		Loam Soils	1 mm/jam
		Clay Soils	0,33 mm/jam

Sumber : *Manual Book of SWMM*

Harga infiltrasi minimum dari berbagai kondisi tanah dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Harga Infiltrasi Minimum dari Berbagai Kondisi 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/tengah2 ketika tergenang dan mempunyai tingkat kedalaman genangan medium ke dalam, pengeringan dengan keadaan biasa ke baik didapat dari moderately fine 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. tanah mempunyai tingkat infiltrasi rendah ketika tergenang tanah lempung dengan potensi sweeling yang tinggi, tanah dengan ketinggian air tanah yang tinggi, tanh dengan lapisan lempung dekat dengan permukaan dan shalow soil yang berdekatan dengan material yang kedap air.	0,05 - 0,00

Sumber : *Manual Book of SWMM*

Tabel 2. 9 Karakteristik Jenis Tanah

Tekstur Tanah	K	Ψ	φ	FC	WP
Sand	4,74	1,93	0,437	0,062	0,024
Loamy Sand	1,18	2,40	0,437	0,105	0,047
Sandy Loam	0,43	4,33	0,453	0,190	0,805
Loam	0,13	3,50	0,463	0,232	0,116
Silt Loam	0,26	6,69	0,501	0,284	0,135
Sandy Clay Loam	0,06	8,66	0,398	0,244	0,136
Clay Loam	0,04	8,27	0,464	0,310	0,187
Silty Clay Loam	0,04	10,63	0,471	0,342	0,210
Sandy Clay	0,02	9,45	0,430	0,321	0,221
Silty Clay	0,02	11,42	0,479	0,371	0,251
Clay	0,01	12,60	0,475	0,378	0,265

Sumber : *Manual Book of SWMM*

2.6 Uji Keandalan Model

Uji keandalan model dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan output model yang dihasilkan terhadap data pengamatan. Uji keandalan model dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode NASH dan metode RMSE

2.6.1 Nash (Anwar, dkk: 5), seperti persamaan 2.15

$$\text{Nash} = 1 - \frac{\sum (Q_{sim} - Q_{obs})^2}{\sum (Q_{obs} - \overline{Q_{obs}})^2} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan : Q_{sim} : debit hasil simulasi
 Q_{obs} : debit hasil pengamatan di lapangan
 $\overline{Q_{obs}}$: rata-rata pengamatan lapangan

2.6.2 RMSE (Root Mean Square Error) (Anwar, dkk: 5), seperti persamaan 2.16

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan : Q_{sim} : Data Simulasi
 Q_{obs} : Data lapangan
 n : Jumlah Data

2.7 Penelitian Terdahulu

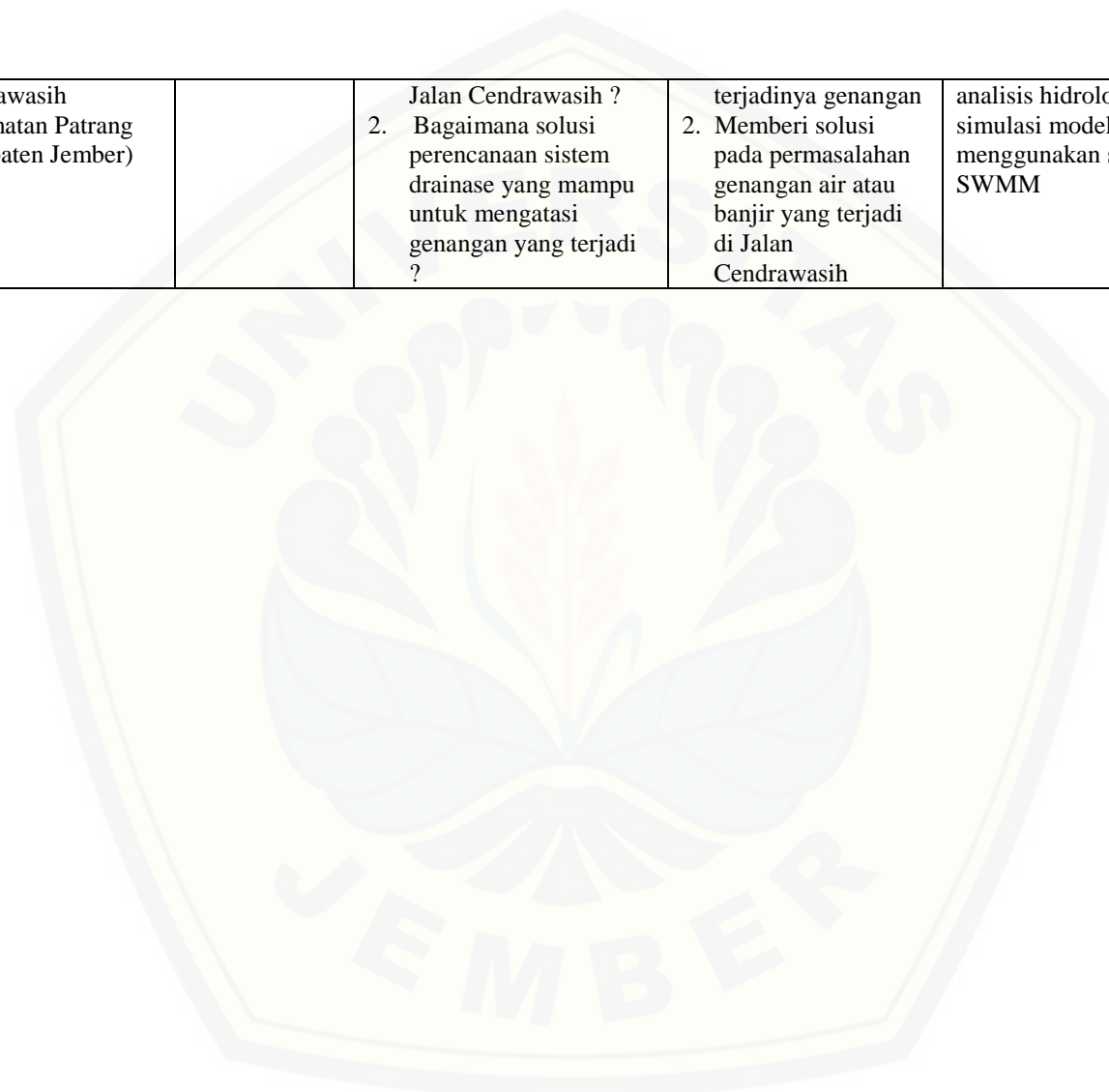
Penelitian terdahulu selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Tabel Penelitian Terdahulu

Penelitian	Judul	Penulis	Rumusan Masalah	Tujuan	Metode	Hasil
Penelitian 1	KONSERVASI AIR TANAH DI KAWASAN KAMPUS BUMI TEGAL BOTO UNIVERSITAS JEMBER MENGGUNAKAN KOLAM RESAPAN	Ahmad Iskandar Rusli	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berapa Limpasan air hujan yang terjadi di saluran drainase pada daerah Kampus Bumi Tegalboto Universitas Jember ? 2. Dimana lokasi dam berapakah dimensi kolam resapan yang tepat di kawasan Kampus Tegal Boto Universitas Jember yang dianalisa menggunakan Software SWMM ? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui besarnya limpasan air hujan yang terjadi di saluran drainase pada kawasan Kampus Bumi Tegalboto Universitas Jember 2. Mengetahui lokasi dan dimensi kolam resapan yang tepat dikawasan Kampus Tegal Boto Universitas Jember menggunakan software SWMM 	Pengumpulan data, analisis curah hujan, simulasi model menggunakan software SWMM, perencanaan kolam resapan.	Menghasilkan perencanaan kolam resapan
Penelitian 2	STUDI EVALUASI SISTEM JARINGAN DRAINASE KAMPUS TEGAL BOTO UNIVERSITAS JEMBER MENGGUNAKAN MODEL SWMM	Muharrom Rosdiana	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bagaimana kinerja sistem drainase di kawasan Kampus Tegal Boto yang disimulasikan dengan menggunakan model SWMM 2. Bagaimana normalisasi sistem jaringan drainase di kawasan Kampus Tegal Boto Universitas Jember berdasarkan luaran (output) model SWMM. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk mengetahui lokasi saluran yang mengalami banjir dikawasan Kampus Tegal Boto Universitas Jember dengan menggunakan model SWMM. 2. Untuk mengetahui normalisasi sistem jaringan drainase dikawasan Kampus Tegal Boto Univrsitas Jember 	Pengumpulan data, analisis curah hujan, simulasi model menggunakan software SWMM, kalibrasi.	Mengetahui saluran yang memiliki kinerja buruk, dan melakukan normalisasi

				dengan menggunakan model SWMM		
Penelitian 3	STUDI EVALUASI DRAINASE JALAN LETJEN SUPRAPTO-JALAN BASUKI RAHMAT SUMBERSARI JEMBER MENGGUNAKAN SOFTWARE SWMM	Yohana Kristanti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apakah kapasitas saluran yang ada mampu menampung limpasan hujan yang terjadi ? 2. Bagaimana perencanaan ulang drainase yang mampu mengatasi genangan (banjir) yang terjadi di jalan suprapto- jalan basuki rahmat ? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui kapasitas saluran yang mampu menampung limpasan hujan yang terjadi. 2. Merencanakan ulang drainase yang mampu mengatasi genangan (banjir) yang terjadi di Jalan Letjen Suprapto- Jalan Basuki Rahmat. 	Survei lapangan, analisis frekuensi, simulasi model menggunakan software SWMM, kalibrasi hasil simulasi, evaluasi kala ulang 1,2,5, dan 10 tahun menggunakan pemodelan SWMM.	Menghasilkan lokasi genangan debit inflow, debit outfall dan tinggi muka air. Apabila saluran banjir dilakukan perencanaan saluran dimensi dengan mengubah elevasi, dimensi, dan bentuk saluran.
Penelitian 4	STUDI EVALUASI DRAINASE PERKOTAAN KECAMATAN PATRANG MENGGUNAKAN SWMM (Studi Kasus Jalan Merpati Dan Jalan Nusa Indah)	Mochamad Fuat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bagaimana kinerja saluran drainase pada saat ini yang menyebabkan banjir dan genangan pada jalan nusa indah disimulasikan dengan menggunakan model software EPA SWMM 5.0 ? 2. Bagaimana solusi agar jalan didaerah tersebut bebas dari banjir dan genangan ? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengevaluasi kinerja saluran drainase jalan merpati dan jalan nusa indah disimulasikan dengan menggunakan model software EPA SWMM 5.0 2. Merancang saluran drainase yang terbebas dari banjir dan genangan 	Pengumpulan data, analisis curah hujan, simulasi model menggunakan software SWMM, kalibrasi.	Berdasarkan hasil simulasi terdapat beberapa titik saluran yang perlu pelebaran saluran agar tidak banjir pada hujan kala ulang 10 tahun.
Penelitian 5	KAJIAN EVALUASI SISTEM DRAINASE (Jalan	Eko Erly Wdyanarno	<ol style="list-style-type: none"> 1. Faktor apa yang menyebabkan terjadinya genangan di 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui faktorOfaktor yang menyebabkan 	Persiapan, pengumpulan data, survei lapangan,	Saluran banjir dievaluasi dengan dilakukan

	Cendrawasih Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)		Jalan Cendrawasih ? 2. Bagaimana solusi perencanaan sistem drainase yang mampu mengatasi genangan yang terjadi ?	terjadinya genangan 2. Memberi solusi pada permasalahan genangan air atau banjir yang terjadi di Jalan Cendrawasih	analisis hidrologi, simulasi model menggunakan software SWMM	pemodelan ulang yaitu mengubah dimensi langsung sampai saluran tidak banjir.
--	---	--	---	---	--	--

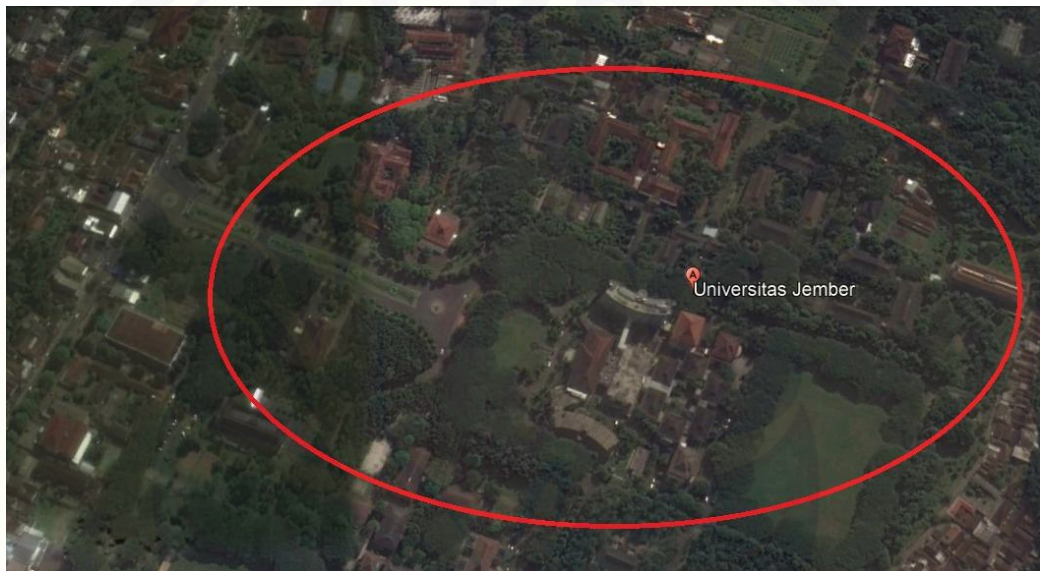


BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berada di Kampus Universitas Jember yang berlokasi di Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (*Google Earth, 2018*)

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan antara bulan Februari 2018-selesai.

3.2 Tahapan dan Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam penyusunan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

- a. Studi literatur dan kondisi lapangan
- b. Pengumpulan data penelitian
- c. Pengolahan data
- d. Analisis dan pembahasan
- e. Penarikan kesimpulan dan saran

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Adapun alat yang diperlukan, yakni:

a. *Total Station*

Digunakan untuk mengukur beda tinggi.

b. Rambu ukur

Digunakan untuk mempermudah atau membantu mengukur beda tinggi antara garis bidik dengan permukaan tanah.

c. Rol meter

Digunakan untuk mengukur jarak atau panjang bentang pada saluran.

d. GPS

Digunakan untuk menentukan titik pertama, dan untuk mengetahui titik koordinat (x,y).

3.3.2 Bahan

Untuk menganalisis suatu masalah diperlukan adanya data. Data yang digunakan digolongkan menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data primer

1) Dimensi Saluran

Data dimensi saluran diperoleh langsung dari hasil survei pada lokasi penelitian.

2) Data Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan dilakukan untuk mendapatkan hasil besaran presentase luas daerah survei yang mengalami kedap air dan infiltrasi

b. Data Sekunder

1) Data Curah Hujan

Data ini diperoleh dari instansi terkait yakni Dinas Pengairan Kabupaten Jember.

2) Peta pembangunan di Universitas Jember.

3.4 Metode Pelaksanaan

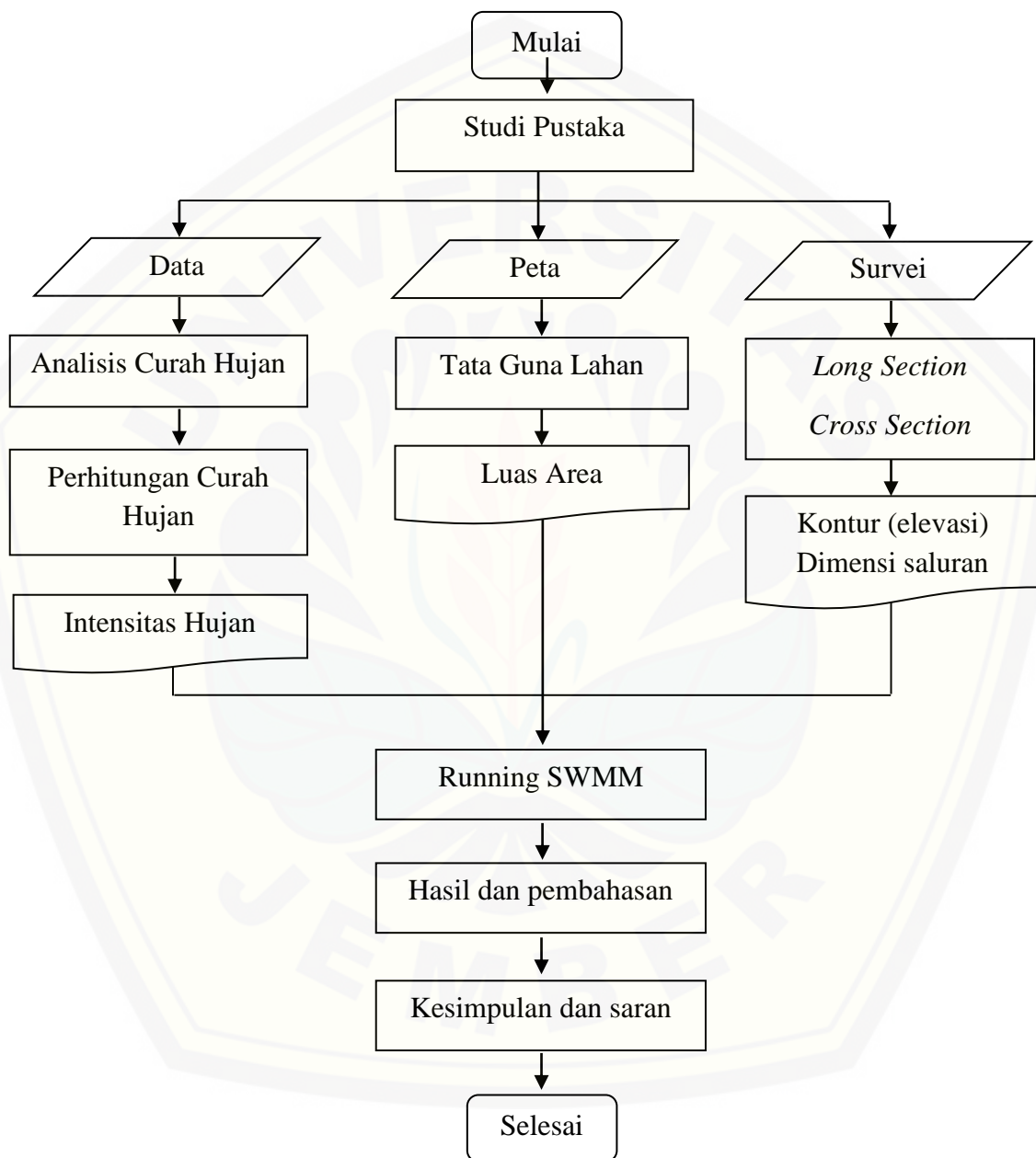
- a. Memperoleh dimensi saluran dari hasil survei, dengan melakukan pengukuran *long section* (profil memanjang) dan *cross section* (profil melintang). Untuk pengukuran profil melintang (*cross section*) meliputi: beda tinggi dasar saluran dan kedalaman saluran.
- b. Mengolah data curah hujan melalui analisis frekuensi. Kemudian di uji kecocokan dan menghitung intensitas curah hujan yang selanjutnya digunakan sebagai input *rain gage* pada *software* SWMM.
- c. Pengerjaan pembuatan model dengan menggunakan *software* SWMM, antara lain :
 - 1) Memasukan data (gambar objek lokasi penelitian)
 - 2) Pengaturan *Project Setup Default*, yang berguna mempermudah dalam memasukkan data untuk setiap objek dalam sistem.
 - 3) Penggambaran objek, yaitu *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *divider*, dan *outfalls*.
 - 4) Menginputkan data pada *subcatchment*, *junction* dan *conduit* pada *subcatchment* data yang dimasukkan adalah data luasan lokasi (A) yang diteliti dengan skala 1:1, *width* (b), % *slope* (s) dan % *imperv* (i). Pada *junction* data yang dimasukkan adalah data elevasi (EI). Sedangkan pada *conduit* data yang dimasukkan adalah bentuk saluran (bs), dimensi saluran (d), panjang saluran (p), dan koefisien kekasaran (n).
 - 5) Data curah hujan yang berupa intensitas jam-jaman (It) diinputkan sebagai *Rain Gage* pada *time series*. Setelah semua data dimasukkan, maka pemodelan dapat di *running* (menjalankan simulasi) melalui menu *Project* kemudian *Run Simulation*. Setelah proses *running* berhasil, simulasi dapat dilihat melalui menu *Report* kemudian Status. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan debit *inflow* (Qi), debit *outfall* (Qf), lokasi genangan (Lg) dan tinggi muka air (ta).
 - 6) Hasil simulasi SWMM tersebut digunakan untuk kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan tinggi muka air hasil simulasi

SWMM dengan kenyataan di lapangan. Apabila hasil simulasi SWMM dengan dilapangan mencapai *error* (er) . 40 % maka perlu mengubah parameter nilai % *impervious*.

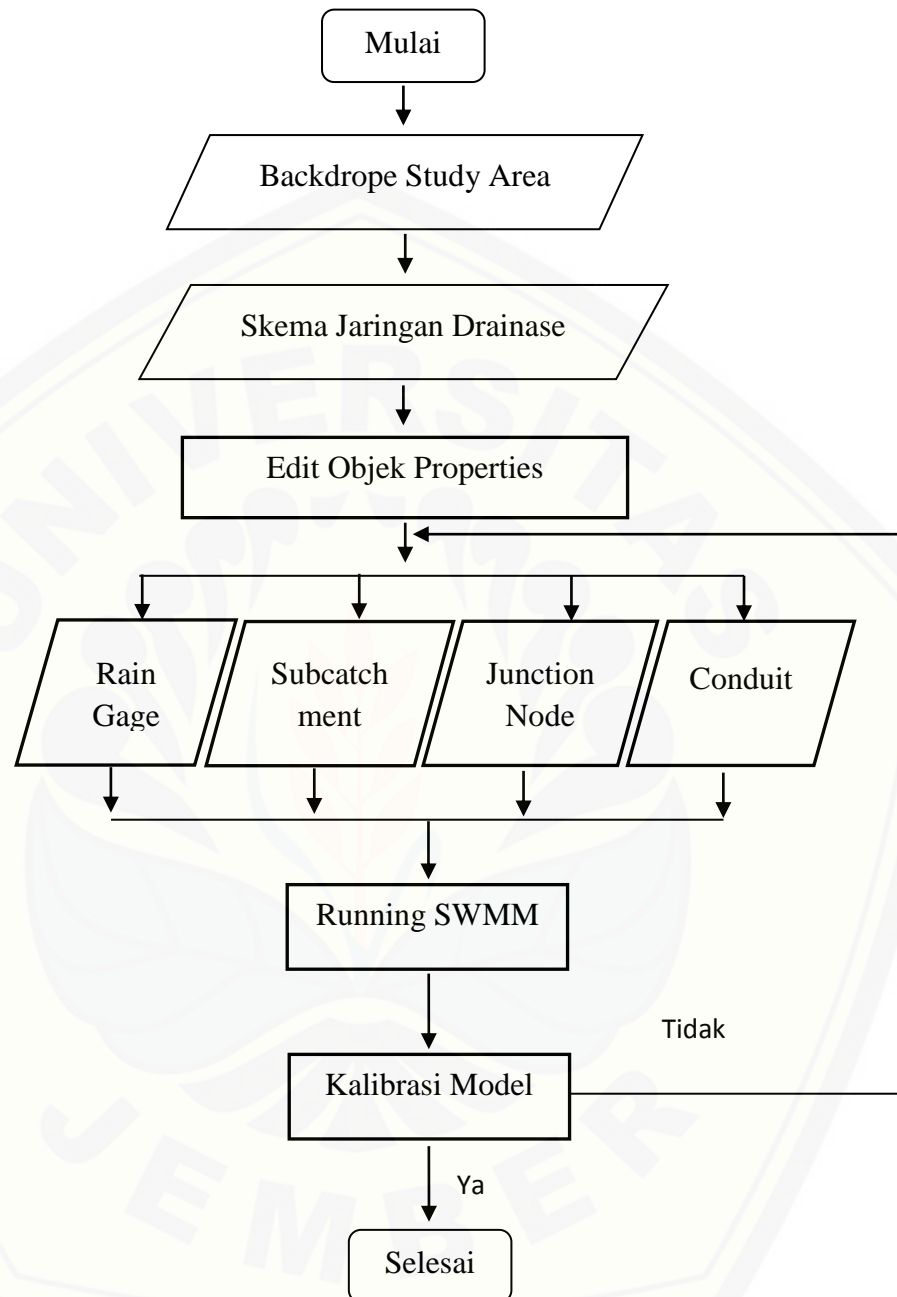
- 7) Mengevaluasi berdasarkan kala ulang 1, 2, 5 dan 10 tahun menggunakan pemodelan SWMM. Kemudian memasukkan semua parameter (*subcatchment, junction, conduit dan outfall*) untuk dirunning sehingga menghasilkan lokasi genangan (L_g), debit *inflow* (Q_i), debit *outfall* (Q_f) dan tinggi muka air (t_a). Apabila saluran banjir perlu dilakukan perencanaan saluran dimensi dengan mengubah elevasi, dimensi dan bentuk saluran.

3.5 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian ini selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.2 dan 3.3



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir *Modelling* dengan SWMM

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis SWMM yang dilakukan terhadap kinerja jaringan drainase lingkungan kampus Universitas Jember dapat disimpulkan bahwa, penambahan penggunaan lahan pada *master plan* menyebabkan peningkatan jumlah limpasan air yang mengakibatkan ketinggian muka air saluran menjadi meningkat. Limpasan air pada *existing* 1481,79 m³ pada kondisi *master plan* 1885,21 m³, hal ini menunjukkan bahwa limpasan air pada *existing* dengan *master plan* tidak berbeda jauh, dengan peningkatan banjir sebesar 21%. Sedangkan hasil dari perhitungan dengan menggunakan Metode Rasional diketahui meningkat sebesar 30%.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan adanya perencanaan drainase baru agar kondisi peningkatan banjir yang terjadi dapat teratasi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, E., 2015. *Evaluasi Saluran Drainase Dengan Model EPA SWMM 5.1 di Perumahan Griya Telaga Permai, Depok, Jawa Barat*. Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Pertanian Bogor.
- Deni, F., 2017. *Evaluasi Sistem Drainase Jalan Bumi Indah dan Jalan Balongsari Taman Kota Surabaya Menggunakan Software SWMM*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Universitas Jember.
- Fuat, M., 2015. *Studi Evaluasi Drainase Perkotaan Kecamatan Patrang Menggunakan SWMM (Studi Kasus Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah)*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Universitas Jember.
- Hidayah, E.dkk, 2015. *Floods Analysis In Jember Urban Drainage System. Makassar International Conference on Civil Engineering*. August 11-12, 2015.
- Kristanti, Y., 2014. *Studi Evaluasi Drainase Jalan Letjend Suprpto – Jalan Basuki Rahmat Sumbersari Jember Menggunakan Software SWMM*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Universitas Jember.
- Rossmann, L.A., 2009. *Storm Water Management Model User's Manual*. United States Environmental Protection Agency
- Rusli, A.I., 2013. *Konservasi Air Tanah di Kawasan Kampus Bumi Tegal Boto Universitas Jember Menggunakan Kolam Resapan*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Universitas Jember.
- Situmorang, R., 2015. *Penerapan Model EPA SWMM 5.1 Untuk Evaluasi Saluran Drainase di Darmawangsa Residence, Bekasi, Jawa Barat*. Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Pertanian Bogor.
- Sudarto., 2009. *Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Peningkatan Jumlah Aliran Permukaan (Studi Kasus pada DAS Kali*

Gatak di Surakarta, Jawa Tengah). Laporan Tugas Akhir Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Sebelas Maret.

Suripin. 2004. *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Widyanarko, E.E., 2015. *Kajian Evaluasi Sistem Drainase (Jalan Cendrawasih Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Universitas Jember.

