



**STUDI EVALUASI SISTEM JARINGAN DRAINASE JALAN  
SLAMET RIYADI KECAMATAN PATRANG DENGAN  
MENGUNAKAN PROGRAM EPA-SWMM 5.0**

**SKRIPSI**

oleh

Nala Hakam Amrullah  
NIM 111910301095

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



**STUDI EVALUASI SISTEM JARINGAN DRAINASE JALAN  
SLAMET RIYADI KECAMATAN PATRANG DENGAN  
MENGUNAKAN PROGRAM EPA-SWMM 5.0**

**SKRIPSI**

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

oleh

Nala Hakam Amrullah  
NIM 111910301095

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

**PERSEMBAHAN**

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

1. Allah SWT yang Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Ibunda, Sumilah dan Ayah, Sunaryo atas kasih sayang, pengorbanan dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Adik-adik yang aku sayangi, Nadiela Three A Rahma dan Aliefian Yonastira Amrullah
4. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember Angkatan 2011.

**MOTTO**

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

(Qs. Al Insyrah 6-8)

“Winners are not those who never fail, but those who never quit.”

(Banksy)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Nala Hakam Amrullah

NIM : 111910301095

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ”Studi Evaluasi Sistem Drainase Jalan Slamet Riyadi Kecamatan Patrang dengan Menggunakan Program *EPA-SWMM 5.0*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 19 September 2015

Yang menyatakan,

Nala Hakam Amrullah

NIM 111910301095

**SKRIPSI**

**STUDI EVALUASI SISTEM DRAINASE JALAN SLAMET RIYADI  
KECAMATAN PATRANG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM  
EPA-SWMM 5.0**

Oleh

Nala Hakam Amrullah  
NIM 111910301095

Pembimbing

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Studi Evaluasi Sistem Drainase Jalan Slamet Riyadi Kecamatan Patrang dengan Menggunakan Program *EPA-SWMM 5.0*” telah diuji dan disahkan pada :  
hari, tanggal :  
tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

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

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

Penguji I,

Penguji II,

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

Januar Fery Irawan S.T., M.Eng  
NIP. 19760111 200012 1 002

Mengesahkan  
Dekan,

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



## RINGKASAN

**Studi Evaluasi Sistem Drainase Jalan Slamet Riyadi Kecamatan Patrang dengan Menggunakan Program *EPA-SWMM 5.0***; Nala Hakam Amrullah, 111910301095; 2015: 62 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sistem drainase merupakan salah satu bagian yang penting dalam perencanaan pembangunan suatu kawasan pemukiman. Sistem drainase yang baik harus dapat menampung dan mengalirkan air semaksimal mungkin sehingga tidak terjadi genangan air dan banjir pada saat hujan turun.

Pada umumnya, untuk mendapati kondisi saluran drainase yang baik di kota Jember tidaklah mudah, Pada saat musim penghujan, beberapa ruas Jalan di kota Jember sering didapati terjadinya genangan bahkan banjir. Salah satunya, di daerah Kecamatan Patrang, yaitu Jalan Slamet Riyadi yang menjadi jalur utama penghubung kendaraan dari arah Bondowoso menuju Jember kota. Pada saat terjadi hujan dengan intensitas besar dan cukup lama, genangan dan banjir terjadi di beberapa titik. Hal ini disebabkan oleh kurang efisiennya fungsi saluran drainase di kawasan tersebut. Selain itu, saluran yang ada pada jalan tersebut tidak memiliki kapasitas tampungan air yang cukup. Sehingga perlu dilakukan adanya evaluasi saluran drainase guna mengatasi genangan dan banjir pada Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang. Proses evaluasi saluran drainase ini dilakukan berdasarkan kondisi eksisting saluran drainase dan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir, menggunakan pemodelan yang memanfaatkan *software* EPA SWMM 5.0.

Berdasarkan hasil *running EPA-SWMM 5.0* yang telah dilakukan dengan menggunakan berbagai kala ulang yaitu 1, 2 dan 5 tahun, didapatkan beberapa titik banjir yang terjadi pada Jalan Slamet Riyadi Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Pada kala ulang 1 tahun terdapat 2 titik banjir, pada kala ulang 2 dan 5 tahun titik banjir yang terjadi semakin bertambah menjadi 9 dan 14 titik banjir.



Dalam menanggulangi permasalahan banjir yang terjadi di lokasi penelitian, maka dilakukan perencanaan ulang saluran drainase untuk mendapatkan kondisi saluran yang dapat menampung debit air yang masuk ke dalam saluran, sehingga tidak terjadi permasalahan genangan air dan banjir di lokasi penelitian. Perencanaan ulang ini menggunakan *software EPA-SWMM 5.0* dengan kala ulang 5 tahun, dilakukan dengan merubah parameter untuk data *input* pada *software EPA-SWMM 5.0*, meliputi perencanaan ulang dimensi saluran, melakukan pengerukan sedimen dan melakukan perubahan elevasi dasar saluran.

Pemeliharaan saluran drainase merupakan tanggung jawab bersama bagi seluruh masyarakat dan instansi pemerintahan yang berada pada suatu wilayah tertentu. Instansi pemerintah yang terkait harus berperan aktif dalam menjaga dan memberikan pelayanan terbaik kepada masyarakat dengan melakukan perawatan saluran drainase secara berkala pada kurun waktu tertentu. Dengan baiknya perilaku masyarakat dan instansi pemerintah dalam menjaga saluran drainase, akan membuat wilayah tersebut terbebas dari genangan air dan banjir yang bisa merugikan masyarakat pada wilayah itu sendiri.

## SUMMARY

**Drainage System Evaluation of Slamet Riyadi Road, Sub-District Patrang Using EPA-SWMM 5.0** ; Nala Hakam Amrullah; 111910301095; 2015: 62 pages; Civil Engineering Departement, Faculty of Engineering, University of Jember.

Drainage system is one of an important part for residential area development planning. A good drainage system must be able to accommodate and drain a huge amount of water, so there is no ponding and flooding when the rains come.

Commonly, to get a good condition of drainage system in Jember city isn't easy. During the rainy season, some stretches of road in the city of Jember often found ponding even flooding. One of them is Slamet Riyadi Road, in Patrang District. This road is a main road that connected Bondowoso and Jember city. In the event of rain with high intensity and long periode, ponding and flooding occurred at some point on that street. This is caused by the inefficient functioning drainage channels in the region. Beside that, the existing channels on that road does not have enough water storage capacity. So that should be an evaluation of drainage system to overcome ponding and flooding on Slamet Riyadi Road, Patrang Sub-District. This drainage system evaluation process carried out by the existing condition of the drainage channel and the factors that influence the occurrence of floods, using EPA-SWMM 5.0 modeling software.

Based on the results of running the EPA-SWMM 5.0 was done by using various return period 1, 2 and 5 years, gained some point of flooding that occurred on Slamet Riyadi Road, Sub-District Patrang. At 1 year return period, there is 2 node of flooding, at 2 and 5 years return period there is an increasing node flooding to 9 and 14 node flooding.

In overcoming the problem of flooding that occurred in the study site, then the

re-planning of drainage channels to obtain channel conditions that can accommodate the flow of water into the channel, so there is no problem of ponding and flooding at the sites. This re-planning using EPA-SWMM 5.0 software with a return period of 5 years, is done by changing the parameters for the data input in EPA-SWMM 5.0 software, includes the redesign of channel dimensions, dredging of sediment and changing the elevation at the bottom of channel.

Maintenance of the drainage channel is a responsibility for the whole part of public community and government agencies there are in that certain area. Relevant government agencies should play an active role in maintaining and providing the best service to the community by performing regular maintenance of drainage channel at a certain time. With good behavior of the public and government agencies in maintaining the drainage channel, will make the region free from puddles and floods that could harm the public in the area itself.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Evaluasi Sistem Drainase Jalan Slamet Riyadi Kecamatan Patrang dengan Menggunakan Program *EPA-SWMM 5.0*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM, selaku Dosen Pembimbing Utama;
3. Wiwik Yunarni S, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. M. Farid Ma'ruf, ST., MT., Ph.D, selaku Dosen PengujiUtama;
5. Januar Fery Irawan S.T., M.Eng, selaku Dosen Penguji Anggota;
6. Kedua orang tua dan kedua saudaraku yang telah memberikan dukungan moril dan materiil selama penyusunan skripsi ini;
7. Keluarga besar Fanani Kos yang telah menjadi sahabat setia selama saya mengerjakan tugas akhir ini.
8. Yohana Kristanti, Rusydina T, Ayu Prativi, Agustina C.N, Eko Erly W, Moch Fuat dan M. Riduwan yang telah membantu dalam melakukan pengambilan data;
9. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember Angkatan 2011 atas dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi ini;

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

Jember, 19 September 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMBUTAN</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Hidrologi</b> .....	4
2.1.1 Siklus Hidrologi .....	4
2.1.2 Tahapan Siklus Hidrologi.....	4
<b>2.2 Drainase</b> .....	6

2.2.1	Komponen Drainase .....	6
2.2.2	Drainase Perkotaan .....	7
2.2.3	Pola Jaringan Drainase .....	8
<b>2.3</b>	<b>Analisis Hidrologi</b> .....	<b>10</b>
2.3.1	Analisis Frekuensi Hujan .....	11
2.3.2	Analisis Periode Kala Ulang Curah Hujan .....	13
2.3.3	Uji Kecocokan .....	13
2.3.4	Analisis Intensitas Hujan .....	14
2.3.5	Koefisien Pengaliran .....	15
2.3.6	Tinggi Jagaan .....	16
<b>2.4</b>	<b>EPA-SWMM 5.0 Model</b> .....	<b>17</b>
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Lokasi Penelitian</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Data &amp; Alat</b> .....	<b>24</b>
3.2.1	Data .....	24
3.2.2	Alat .....	24
<b>3.3</b>	<b>Metodologi Pelaksanaan</b> .....	<b>25</b>
3.3.1	Survey Lapangan .....	25
3.3.2	Proses Pemodelan EPA-SWMM 5.0 .....	27
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Analisi Hidrologi</b> .....	<b>31</b>
4.1.1	Data Curah Hujan .....	31
4.1.2	Analisis Frekuensi Hujan .....	32
4.1.3	Distribusi Hujan .....	34
4.1.4	Uji Probabilitas .....	35
4.1.5	Curah Hujan Rencana .....	36
4.1.6	Analisis Intensitas Hujan .....	37
<b>4.2</b>	<b>Kondisi Topografi Jalan Slamet Riyadi</b> .....	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>Sistem Jaringan Drainase</b> .....	<b>40</b>



4.3.1 Sistem Jaringan Drainase Riyadi 1 dan 2 .....	41
4.3.2 Sistem Jaringan Drainase Riyadi 3 dan 4 .....	42
4.3.3 Sistem Jaringan Drainase Riyadi 5 dan 6 .....	43
<b>4.4 Kalibrasi Pemodelan <i>EPA-SWMM 5.0</i> .....</b>	<b>44</b>
<b>4.5 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrologi .....</b>	<b>45</b>
<b>4.6 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrolika Saluran .....</b>	<b>46</b>
<b>4.7 Titik Banjir .....</b>	<b>46</b>
4.7.1 Titik Banjir Pada Kala Ulang 1 Tahun .....	46
4.7.2 Titik Banjir Pada Kala Ulang 2 Tahun .....	48
4.7.3 Titik Banjir Pada Kala Ulang 5 Tahun .....	51
4.7.4 Rekapitulasi Titik Banjir .....	55
<b>4.8 Perencanaan Saluran Drainase pada Jalan Slamet Riyadi...</b>	<b>56</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>62</b>
5.1 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nilai k untuk Distribusi Log-Person III .....	12
2.2 Penentuan Kala Ulang .....	13
2.3 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna Lahan.....	16
2.4 Harga Infiltrasi dari Berbagai Jenis Tanah.....	19
2.5 <i>Curve Number</i> Tutupan Lahan .....	19
4.1 Data Curah Hujan Stasiun Hujan Kasmaran dan Sembah .....	32
4.2 Perhitungan Besaran Statistik Dasar X, Si, Cs dan Ck Debit Maksimum.....	33
4.3 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Dasar untuk Penentuan Pola Distribusi Hujan .....	34
4.4 Perhitungan Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov .....	35
4.5 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person III.....	36
4.6 Perhitungan Intensitas Hujan Jam-Jaman untuk Kala Ulang Tertentu .....	37
4.7 Kemiringan Saluran Drainase Jalan Slamet Riyadi Sisi Kanan.....	39
4.8 Kemiringan Saluran Drainase Jalan Slamet Riyadi Sisi Kiri.....	40
4.9 Kalibrasi Pemodelan <i>EPA-SWMM 5.0</i> .....	45
4.10 Rekapitulasi Lokasi Banjir Hasil <i>Running EPA-SWMM 5.0</i> .....	55
4.11 Hasil rekapitulasi perencanaan ulang dimensi saluran dengan menggunakan <i>software EPA-SWMM 5.0</i> .....	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Konsep Siklus Hidrologi .....	5
2.2 Pola jaringan Drainase Siku .....	8
2.3 Pola jaringan Drainase Paralel .....	9
2.4 Pola Jaringan Grid Ion.....	9
2.5 Pola Jaringan Alamiah .....	10
2.6 Pola Jaringan Radial.....	10
2.7 Pola Jaringan Jaring-jaring.....	10
2.8 Grafik Lengkung Intensitas Curah Hujan .....	15
3.1 Peta Lokasi Penelitian, Jalan Slamet Riyadi Patrang Jember .....	23
3.2 Diagram alir pekerjaan survey lapangan .....	26
3.3 Diagram pengolahan data menggunakan <i>software</i> EPA-SWMM 5.0 ...	30
4.1 Kurva Intensitas Hujan Jam-jaman .....	38
4.2 Sistem Jaringan Drainase Riyadi 1 dan Riyadi 2 .....	41
4.3 Sistem Jaringan Drainase Riyadi 3 dan Riyadi 4 .....	42
4.4 Sistem Jaringan Drainase Riyadi 5 dan Riyadi 6 .....	43
4.5 Grafik perbandingan nilai presipitasi, infiltrasi dan <i>runoff</i> dengan periode kala ulang 1, 2 dan 5 tahun.....	45
4.6 Titik banjir pada saluran C44 (Riyadi 5) pada kala ulang 1 tahun.....	47
4.7 Titik banjir pada saluran C54 (Riyadi 5) pada kala ulang 1 tahun.....	47
4.8 Titik banjir pada saluran C10 (Riyadi 5) pada kala ulang 2 tahun.....	48
4.9 Titik banjir pada saluran C13 (Riyadi 6) pada kala ulang 2 tahun.....	49
4.10 Titik banjir pada saluran C40, C42, C44, C48, C50 dan C54 (Riyadi 5) pada kala ulang 2 tahun.....	50
4.11 Titik banjir pada saluran C51 (Riyadi 5) pada kala ulang 2 tahun.....	51
4.12 Titik banjir pada saluran C10 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun.....	52

4.13	Titik banjir pada saluran C13 (Riyadi 6) pada kala ulang 5 tahun.....	52
4.14	Titik banjir pada saluran C28, C32, C36, C38, C40, C42 dan C44 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun.....	53
4.15	Titik banjir pada saluran C48, C50 dan C54 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun .....	54
4.16	Titik banjir pada saluran C51 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun.....	55
4.17	Hasil perencanaan ulang saluran C10 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun.....	58
4.18	Hasil perencanaan ulang saluran C13 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun.....	58
4.19	Hasil perencanaan ulang saluran C28, C32, C36, C38, C40, C42 dan C44 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun .....	59
4.20	Hasil perencanaan ulang saluran C48, C50 dan C54 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun .....	60
4.21	Hasil perencanaan ulang saluran C51 (Riyadi 5) pada kala ulang 5 tahun.....	61

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Potongan Memanjang Drainase Sisi Kanan Jalan Slamet Riyadi
Lampiran 2	Potongan Memanjang Drainase Sisi Kiri Jalan Slamet Riyadi
Lampiran 3	Peta Arah Aliran Air Jalan Slamet Riyadi
Lampiran 4	Tabel Hasil Pengamatan Saluran Eksisting



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

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

Pada umumnya, untuk mendapati kondisi saluran drainase yang baik di kota Jember tidaklah mudah, Pada saat musim penghujan, beberapa ruas Jalan di kota Jember sering didapati terjadinya genangan bahkan banjir. Salah satunya, di daerah Kecamatan Patrang, yaitu Jalan Slamet Riyadi yang menjadi jalur utama penghubung kendaraan dari arah Bondowoso menuju Jember kota. Pada saat terjadi hujan dengan intensitas besar dan cukup lama, banjir terjadi di beberapa titik.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, diketahui bahwa di sisi jalan Kecamatan Patrang terdapat saluran drainase dan di beberapa tempat salurannya tertutup oleh bangunan pemukiman penduduk. Hal ini mengakibatkan kondisi di saluran drainase sulit untuk di ketahui. Akibatnya, sedimen dan material di dalam saluran tersebut sulit di pantau. Selain itu, banjir dan genangan ditengarai akibat dari kondisi lubang inlet menuju saluran kualitas buruk bahkan di beberapa titik tertutup oleh bangunan permanen maupun semi-permanen, sehingga menyebabkan sulitnya air masuk kedalam saluran drainase.

Solusi dan rencana pencegahan yang tepat terhadap banjir yang terjadi sangat diperlukan untuk memberi kenyamanan warga setempat dan lalulintas kendaraan yang melintasi kawasan tersebut. Perencanaan saluran drainase yang baik menjadi sebuah hal penting demi terciptanya lingkungan yang terbebas dari genangan air dan banjir.

Penelitian Tugas Akhir (TA) ini, akan mengevaluasi banjir pada Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang berdasarkan kondisi eksisting saluran drainase dan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir, menggunakan pemodelan yang memanfaatkan *software* EPA SWMM 5.0. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Kristanti (2014) dengan wilayah studi meliputi Jalan Letjend Suprpto dan Jalan Basuki Rahmat. Dari hasil pemodelan EPA-SWMM 5.0 pada jalan tersebut sering terjadi banjir disebabkan oleh sedimentasi pada saluran yang ditinjau, sehingga perlu dilakukan pengerukan sedimen. Selain itu penelitian yang dilakukan di Jalan Srikoyo Kecamatan Patrang oleh Tamimi (2015) juga mendapati beberapa titik banjir di jalan tersebut. Menurut hasil pemodelan EPA-SWMM 5.0 hal tersebut disebabkan oleh dimensi saluran yang kecil, sehingga saluran tidak mampu menampung air hujan yang masuk ke dalam saluran tersebut. Rosdiana (2011) pada penelitian di wilayah Kampus Tegal Boto Universitas Jember juga menggunakan *software* EPA-SWMM 5.0 yang memberikan hasil bahwa perlu di buat saluran baru untuk mengatasi permasalahan banjir yang terjadi di wilayah penelitian tersebut.

Penggunaan *software* EPA SWMM 5.0 ini cocok digunakan pada wilayah penelitian karena wilayah penelitian berada di daerah kota. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pemodelan *software* ini mampu dipertanggung jawabkan keabsahannya, selain itu output yang dihasilkan dapat di gunakan sebagai bahan acuan perencanaan saluran drainase dan di harapkan mampu mengatasi permasalahan luapan air dari saluran yang menyebabkan permasalahan banjir.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah seperti yang telah di jelaskan sebelumnya, maka di rumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah kondisi saluran drainase Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang pada saat ini?
2. Bagaimana solusi agar Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang bebas dari banjir?



### 1.3 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis banjir dan genangan air yang terjadi di Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang.
2. Menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan air di Jalan Slamet Riyadi.

### 1.4 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan :

1. Mampu mendeteksi titik banjir yang terjadi di Jalan Slamet Riyadi pada saat intensitas hujan tinggi.
2. Dapat memberikan solusi yang tepat supaya masalah banjir dapat segera teratasi terutama pada Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang, sehingga masyarakat dan pengguna jalan merasa aman dan nyaman untuk melintasi jalan tersebut. Selain itu, agar perkerasan Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang akan mencapai umur rencana karena banjir yang sudah teratasi.
3. Mampu mengoperasikan program pemodelan EPA – SWMM 5.0

### 1.5 Batasan Masalah

Daerah tangkapan hanya pada daerah yang ditinjau yaitu pada Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang dan cakupan wilayah yang mempengaruhinya dengan kemungkinan limpasan akan mengalir pada saluran yang ditinjau. Simulasi ini hanya menggunakan *software EPA-SWMM 5.0*.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Hidrologi

Menurut Harto (1993) hidrologi adalah ilmu yang mempelajari seluk beluk, kejadian dan distribusinya, sifat alami dan sifat kimianya, serta reaksinya terhadap manusia dari sebuah siklus hidrologi. Secara umum ilmu hidrologi dapat diartikan sebagai ilmu yang menyangkut permasalahan kuantitas dan kualitas sumber air di bumi, dimana bisa dikategorikan menjadi 2 yaitu, hidrologi pemeliharaan (menyangkut data-data operasional dan peralatan teknisnya) dan hidrologi terapan (menyangkut analisis hidrologi).

#### 2.1.1 Siklus Hidrologi

Siklus Hidrologi merupakan sebuah alur yang tidak akan pernah bisa terputus selama komponen yang ada di dalamnya masih tersedia di bumi ini. Siklus ini membawa air dari bumi untuk di bawa ke atmosfer bumi mealui proses penguapan (evaporasi) oleh cahaya matahari. Proses evaporasi bisa berasal dari air yang ada di danau, sungai, laut maupun tanaman. Setelah uap air dibawa ke atmosfer, uap air tersebut mengalami tahapan proses selanjutnya yaitu kondensasi.

Kondensasi atau pengembunan terjadi akibat uap air mengalami perubahan wujud dari uap menjadi cair akibat pegaruh suhu. Setelah mengalami proses kondensasi, jumlah air yang dibawa oleh angin akan semakin banyak dan pada suatu waktu akan menyebabkan turunnya hujan (Presipitasi). Proses presipitasi atau yang pada umumnya dikenal sebagai hujan, membawa partikel air dalam bentuk cair (air hujan) maupun padat (salju dan hujan es).

#### 2.1.2 Tahapan Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi berawal dari hujan yang jatuh ke bumi. Setelah mencapai bumi, siklus hidrologi terus bergerak secara berulang, melalui tiga tahapan proses, yaitu :

- Evaporasi dan Evapotranspirasi, dimana seluruh sumber daya air yang berada di bumi mengalami penguapan, baik dari danau, sungai, laut dan lahan basah lainnya, serta dari tanaman.
- Infiltrasi dan perkolasi, merupakan proses masuknya air ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air yang berada di dalam tanah ini dapat bergerak secara vertikal (infiltrasi) dan horizontal (aliran air dalam tanah) hingga air tersebut memasuki sistem air permukaan kembali.
- Aliran air permukaan (runoff), air ini bergerak diatas permukaan tanah sebagai hasil dari limpasan air hujan yang tidak mampu mengalami proses infiltrasi. Semakin landai lahan yang ada dan semakin sedikit pori-pori tanahnya, maka aliran permukaan akan semakin besar. Hal tersebut banyak di temui di kota-kota besar dengan tingkat pembangunan yang tinggi, dimana lahan yang bersifat impervious semakin tinggi kuantitasnya.

Siklus hidrologi akan selalu menyertai kehidupan kita di bumi selama cahaya matahari masih mampu untuk menguapkan air yang ada di bumi. Meninjau apa yang telah disebutkan diatas, siklus hidrologi menyangkut pemahaman mengenai proses transformasi dari sebuah hasil masukan menjadi hasil pengeluaran, yang bisa di gambarkan secara sederhana oleh gambar 2.2.



**Gambar 2.1** Konsep Siklus Hidrologi

Sumber : Hamsar (2002)

Masukan adalah jumlah air yang masuk dalam suatu sistem DAS, sedangkan keluaran adalah jumlah air yang keluar/di buang oleh suatu sistem DAS. Pada akhirnya keluaran ini akan mencapai sungai dan atau laut.

## 2.2 Drainase

Drainase adalah suatu sistem saluran pembuangan limbah atau kelebihan air dari limbah pemukiman maupun industri, pertanian, air hujan, dan berbagai sumber yang lainnya. Sejak jaman Romawi, manusia mulai menggunakan dan mengembangkan system drainase tersebut. Sistem drainase pertama digunakan oleh bangsa Romawi dengan menggunakan tumpukan batu dan bata. Seiring berjalannya waktu manusia semakin mengembangkan perencanaan system drainase ini, bahkan sampai saat ini.

### 2.2.1 Komponen Drainase

Sebuah sistem drainase yang baik merupakan salah satu penunjang kenyamanan bagi penduduk yang berada di suatu wilayah tertentu. Sistem drainase yang baik adalah dimana komponen-komponen dalam sebuah sistem tersebut telah ada dan bekerja sesuai dengan fungsinya. Berikut ini adalah komponen-komponen sistem drainase :

- a. Saluran Terbuka (primer dan sekunder), adalah saluran yang menerima air hujan dari kumpulan saluran di sebelah hulu dan membuangnya ke badan air penerima. Ukuran penampang saluran tidak dapat di standarisasi karena tergantung pada luas daerah pengalirannya, periode ulang hujan (*return period*), intensitas curah hujan, tata guna lahan, dan topografi daerah pengalirannya.
- b. Saluran terbuka tersier, adalah saluran yang menerima aliran air dari rumah-rumah sekitar saluran kemudian mengalirkannya ke dalam saluran sekunder. Ukuran saluran ini dapat di standardisasi dengan ukuran, tergantung dari pengaliran saluran/jalan.

- c. Saluran tertutup adalah saluran sistem drainase pada suatu daerah tertentu dimana tanah permukaannya tidak memungkinkan untuk di buat saluran terbuka.
- d. Waduk/situ/kolam retensi, berfungsi untuk mengurangi debit runoff di saluran dan mengurangi potensi terjadinya banjir pada saat intensitas hujan tinggi.
- e. Pintu air, merupakan bangunan pelengkap dari saluran atau bangunan persilangan, kolam retensi dan bangunan bagi.
- f. Pompa air, dipakai untuk memindahkan air pada saluran atau kolam retensi ke badan air yang tidak mungkin mengalir secara gravitasi.
- g. Bangunan persilangan, terdiri dari bangunan gorong-gorong dan siphon. Bangunan ini untuk saluran drainase perkotaan, dimana harus di lengkapi saringan sampah di mulut saluran, pintu air di inlet, saluran penenang hulu (outlet), kolam penenang hilir dan papan duga air.

## 2.2.2 Drainase Perkotaan

Drainase adalah ilmu yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteksi pemanfaatan tertentu (Hamsar, 2002). Fungsi utama drainase adalah mengalirkan air permukaan menuju badan air atau bangunan resapan buatan. Badan air penerima disini berupa sistem jaringan drainase, sedangkan untuk bangunan resapan buatan memiliki bentuk yang beragam dengan fungsinya masing-masing.

Drainase Perkotaan adalah ilmu drainase yang khusus mengkaji kawasan perkotaan dan memiliki hubungan erat dengan beberapa faktor seperti kondisi fisik wilayah, lingkungan sosial dan budaya, perilaku keseharian masyarakatnya, dan tata guna lahannya. Sistem Drainase Perkotaan ini hanya mencakup wilayah administrasi kota dan daerah perkotaan tersebut. Fungsinya untuk mengendalikan, mengalirkan, dan mengeringkan kelebihan air permukaan di daerah pemukiman. Kelebihan air berasal dari hujan lokal, air buangan rumah warga, dan limbah industry.

Menurut Suripin (2004) , konsep dasar pembangunan sistem drainase perkotaan berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan

kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa konsep drainase perkotaan yang sesuai untuk di terapkan pada masa kini adalah berasas konservasi air yang terpadu dengan penganggulan kelebihan air permukaan, yaitu pembangunan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan (Eco-drain).

Drainase yang dirancang haruslah memenuhi seluruh aspek yang mempengaruhinya, persyaratan hidrologi, hidrolika dan kelayakan drainase untuk dibangun, serta prediksi umur pakai drainase. Sehingga, drainase dapat bekerja secara maksimal dan dapat menanggulangi banjir yang terjadi.

### 2.2.3 Pola Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase terdiri dari beberapa saluran yang saling berhubungan sehingga membentuk suatu pola jaringan. Ada beberapa bentuk pola jaringan drainase yakni :

#### a. Pola Siku

Suatu pola dengan saluran cabang yang membentuk siku-siku pada saluran utama. Pola Jaringan ini dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari sungai, sehingga sungai yang berada di tengah kota dijadikan sebagai saluran pembuangan akhir.



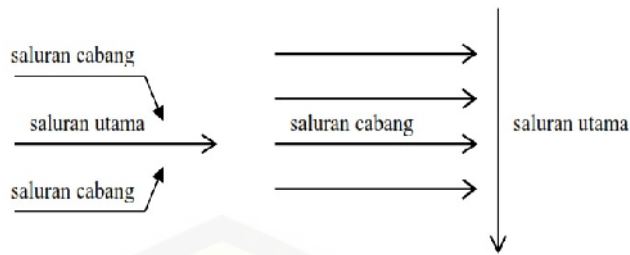
**Gambar 2.2** Pola jaringan Drainase Siku

Sumber : Hamsar (2002)

#### b. Pola Paralel

Pada jaringan paralel, saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Apabila terjadi perkembangan kota, saluran tersebut akan dapat menyesuaikan diri.



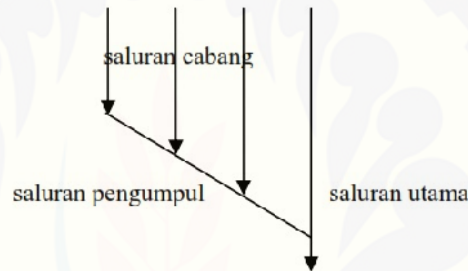


**Gambar 2.3** Pola jaringan Drainase Paralel

Sumber : Hamsar (2002)

c. Pola Grid Iron

Pola jaringan *grid iron* untuk daerah sungai yang terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dahulu pada saluran pengumpul.

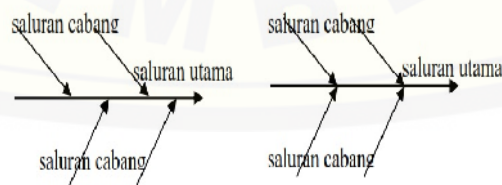


**Gambar 2.4** Pola Jaringan Grid Ion

Sumber : Hamsar (2002)

d. Pola Alamiah

Pola jaringan ini dibuat pada daerah yang memiliki topografi sedikit lebih tinggi dari sungai dan beban sungai pada pola jaringan alamiah lebih besar. Sungai yang berada di tengah kota dijadikan sebagai saluran pembuang akhir.

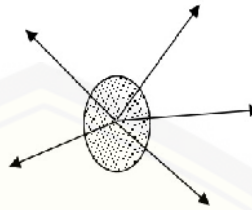


**Gambar 2.5** Pola Jaringan Alamiah

Sumber : Hamsar (2002)

e. Pola Radial

Pola radial ini sering di jumpai pada daerah yang berbukit, sehingga pola saluran tersebut memencar ke segala arah.

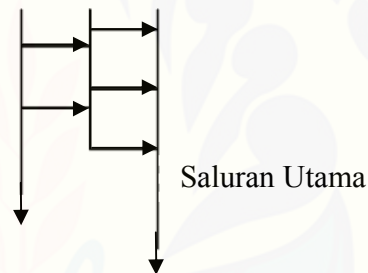


**Gambar 2.6** Pola Jaringan Radial

Sumber : Hamsar (2002)

f. Pola Jaringan

Pola jaringan yang mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya, sehingga cocok untuk daerah dengan topografi datar.



**Gambar 2.7** Pola Jaringan Jaring-jaring

Sumber : Hamsar (2002)

### 2.3 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan guna mendapatkan besarnya intensitas curah hujan, sebagai dasar perhitungan debit rencana pada suatu daerah untuk perencanaan pembangunan sistem drainase. Analisis hidrologi selanjutnya digunakan untuk menentukan ukuran dan karakter, sifat dan besaran hidroliknya. Dengan mengetahui unsur-unsur tersebut diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan, baik dalam struktural maupun fungsional sesuai dengan jangka waktu yang telah direncanakan (Harto, 1993:1).

Dalam analisis hidrologi kegiatan yang dilakukan meliputi :

1. Pengumpulan data hidrologi yakni data curah hujan



2. Analisis frekuensi hujan
3. Analisis periode kala ulang curah hujan
4. Analisis intensitas dan waktu hujan

### 2.3.1 Analisis Frekuensi Hujan

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Analisis frekuensi hujan berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan.

Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu (Suripin, 2004:32). Metode yang digunakan dalam analisis frekuensi hujan ini 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

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

- Standar deviasi

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

- Koefisien kepencengan.

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

dalam hal ini :

$n$  = jumlah tahun

$s_i$  = standart deviasi

$G$  = koefisien kepengangan

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 ( <i>periode ulang</i> )							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Presentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,922	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,171
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-3,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,807
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber: Suripin, (2004:43)

### 2.3.2 Analisis Periode Kala Ulang Curah Hujan

Dalam menganalisis intensitas hujan harus menghitung periode kala ulang (return period) curah hujan terlebih dahulu. 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 rencana bangunan serta luasan dan keadaan daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan.

Hitung logaritma hujan atau banjir dengan priode ulang T dengan rumus: (Suripin, 2004:42)

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

dalam hal ini:

- $X_T$  = Curah hujan rancangan kala ulang T tahun
- $\bar{X}$  = 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

**Tabel 2.2** Penentuan Kala Ulang

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

### 2.3.3 Uji Kecocokan

Diperlukan penguji parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi perwakilan tersebut (Suripin, 2004:57). Ada dua parameter yang sering digunakan adalah :

1). Uji Chi-Kuadrat

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

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots 2.5$$

dalam hal ini :

- $X^2$  = parameter chi-kuadrat terhitung
- n = jumlah sub kelompok
- Of = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke f
- Ef = 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 :

- Mengurutkan data (Xi) dari yang besar ke kecil atau sebaliknya
- Menentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut dengan menggunakan rumus.
- Menentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurut berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih.
- Menghitung selisih (Do) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut.

2.3.4 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas Hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin, 2004:67).

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

dalam hal ini :

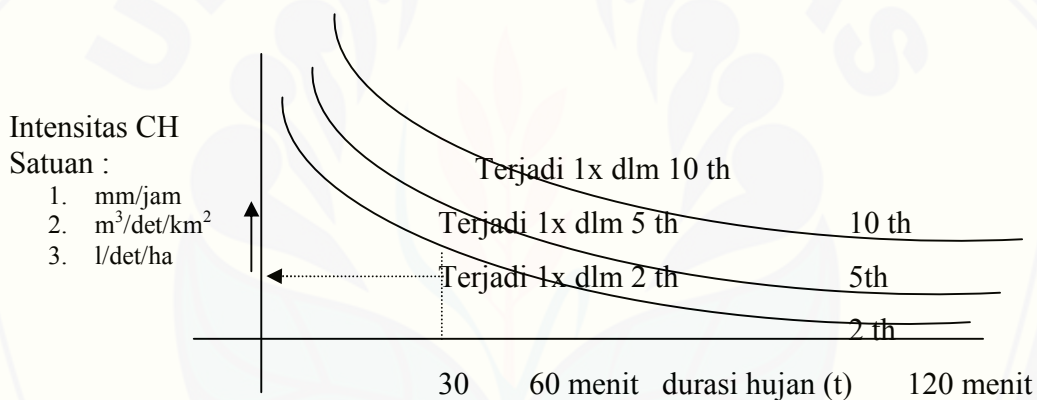
$I_t$  = Intesitas hujan untuk lama hujan  $t$  (mm/jam)

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum 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 bawah ini :



**Gambar 2.8** Grafik Lengkung Intensitas Curah Hujan

### 2.3.5 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) :

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

dalam hal ini :

- A<sub>i</sub> = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i
- C<sub>i</sub> = 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 2.3** Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna

Lahan			
<i>Surface</i>	<b>n</b>	<i>Surface</i>	<b>n</b>
<i>Smooth asphalt</i>	0.011	<i>Residue cover &gt; 20%</i>	0.17
<i>Smooth concrete</i>	0.012	<i>Range (natural)</i>	0.13
<i>Ordinary concrete lining</i>	0.013	<i>Grass</i>	
<i>Good wood</i>	0.014	<i>Short, prairie</i>	0.15
<i>Brick with cement mortar</i>	0.014	<i>Dense</i>	0.24
<i>Vitrified clay</i>	0.015	<i>Bermuda grass</i>	0.41
<i>Cast Iron</i>	0.015	<i>Woods</i>	
<i>Corraguted metal pipes</i>	0.024	<i>Light undrebrush</i>	0.40
<i>Cement rubble surface</i>	0.024	<i>Dense underbrush</i>	0.80
<i>Fallow soils (no residu)</i>	0.05		
<i>Cultivated soils</i>			
<i>Residue cover &lt; 20%</i>	0.06		

*Sumber : SWMM User's Manual Version 5.0 (2008)*

### 2.3.6 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan atau freeboard adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi debit rencana. Tinggi Jagaan atau freeboard pada saluran

drainase berfungsi untuk mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ke tepi saluran. Pada umumnya semakin besar debit yang diangkut, semakin besar pula tinggi jagaan atau freeboard yang harus disediakan.

$$f = \sqrt{\frac{h}{2}} \dots\dots\dots 2.8$$

dalam hal ini :

f = Tinggi Jagaan atau freeboard saluran drainase

h = Tinggi muka air

#### 2.4 EPA-SWMM 5.0 MODEL

SWMM (*Storm Water Management Model*) digunakan para *engineer* pada perencanaan hampir di seluruh dunia. Pemodelan ini merupakan sebuah model simulasi dinamis hubungan antara curah hujan dan limpasan (*rainfall-runoff*) yang digunakan untuk mensimulasikan hujan tunggal atau yang berkelanjutan dalam waktu lama, baik berupa volume limpasan maupun kualitas air, terutama pada suatu daerah perkotaan (*SWMM User's Manual Version 5.0, 2008*). Meskipun banyak aplikasi lain untuk merencanakan sitem drainase pada daerah perkotaan, aplikasi pemodelan SWMM ini merupakan suatu pemodelan yang paling cocok di gunakan pada perencanaan sistem drainase perkotaan. Komponen limpasan pada operasi SWMM merupakan hasil dari air hujan yang ditangkap oleh area tangkapan hujan dan pada akhirnya menghasilkan limpasan air dan limbah. Konsep simulasi SWMM ini menggunakan Hidrograf Satuan.

Kemampuan SWMM yaitu mampu menghitung berbagai proses hidrologis yang menciptakan limpasan dari daerah perkotaan, yaitu: curah hujan dengan variasi waktu, evaporasi dari permukaan air, 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 system drainasi, routing waduk non linier dari aliran di daratan. SWMM



menghasilkan volume dan kualitas limpasan yang di-generate dari masing-masing subcatchment, dengan kecepatan alirannya, kedalaman aliran, dll. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a) *Rain gage*

*Rain gage* digunakan sebagai penyuplai data presipitasi untuk semua *subctchment* dalam satu wilayah penelitian. Data yang diperlukan adalah data curah hujan baik itu berupa data curah hujan harian, waktu interval (5 menit maupun jam-jaman) dan intensitas. 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*

b) *Subcatchment*

*Subcatchment* merupakan daerah (luasan area) yang mempengaruhi sistem drainase disekitarnya. Pada objek *subcatchment* parameter yang diinput adalah :

1. *Rain gage* : nama rain gage yang berkaitan dengan *subcatchment*
2. *Outlet* : nama node yang menerima *runoff subcathment*
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

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk memperhitungkan harga infiltrasi dalam simulasi menggunakan metode SCS\_Curve Number. Metode ini mangamsusikan bahwa infiltrasi tanah yang terjadi didapatkan melalui pemilihan

jenis tata guna lahan dan di publikasikan oleh *USDA Natural Resources Conservation Service* dalam bentuk tabel 2.4.

$$Q = \frac{(P - I)^2}{P - I + S} \dots\dots\dots 2.9$$

dalam hal ini :

- Q = Debit limpasan
- P = Curah hujan
- I = Infiltrasi tanah
- S = Kadar air maksimum tanah

**Tabel 2.4** Harga Infiltrasi dari Berbagai Jenis Tanah

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

Sumber: *SWMM User's Manual Book*

**Tabel 2.5** *Curve Number* Tutupan Lahan

Deskripsi Tutupan Lahan		Curve Number Kelompok Tanah			
		A	B	C	D
- Lahan Terbuka					
Tutupan rumput	< 50%	68	79	86	89

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

Sumber: SWMM *User's Manual Book*

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

$$v = \frac{1}{n} D_2^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots 2.10$$

$$Q = vBD_2 \dots\dots\dots 2.11$$

dalam hal ini :

- v : kecepatan (m/s)
- n : koefisien Manning
- S : kemiringan lahan
- B : lebar lahan/panjang pengaliran (m)
- D<sub>2</sub> : Jari-jari hidrolis
- Q : debit (m<sup>3</sup>/s)

c) *Conduit*

*Conduit* adalah pipa atau saluran yang menghubungkan satu node ke node lain. Pada objek conduit parameter yang diinput adalah :

1. *Inlet node* : nama node yang terletak pada inlet saluran
2. *Outlet node* : nama node yang terletak pada outlet saluran
3. *Shape* : bentuk geometri penampang melintang saluran
4. *Max depth* : kedalaman maksimum melintang saluran
5. *Length* : panjang saluran

6. *Roughness* : koefisien kekasaran manning
7. *Inlet offset* : kedalaman atau elevasi invert saluran diatas *node invert* pada daerah hulu (*upstream*) saluran
8. *Outlet offset* : kedalaman saluran diatas *node invert* pada daerah hilir

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

$$Q_{in} = \Sigma Q_{oi} + \Sigma Q_{gi} \dots\dots\dots 2.12$$

Conduit dengan sistem gravitasi menggunakan persamaan *Manning*:

$$Q = 1.0 * \frac{S^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot A}{n} \dots\dots\dots 2.13$$

dalam hal ini:

- Q : outflow *subcatchment* (m<sup>3</sup>/detik)
- V : kecepatan *cross section* (m/detik)
- A<sub>x</sub> : luas *cross section* (m<sup>2</sup>)
- S : kemiringan
- n : koefisien kekasaran manning
- R : jari – jari hidrolis =  $\frac{Ax}{W+2dx} = d_x$  dengan 2d<sub>x</sub> dapat diabaikan menjadi W.

d) *Junction*

*Junction* merupakan saluran penghubung antara saluran satu dengan saluran lain. Selain itu, *junction* yang mewakili pertemuan saluran permukaan alam, lubang got dari sistem pembuangan. 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) *Outfalls*

*Outfalls* merupakan titik pemberhentian dari sistem drainase yang digunakan sebagai batas hilir berupa akhir sistem drainase ataupun sungai. 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

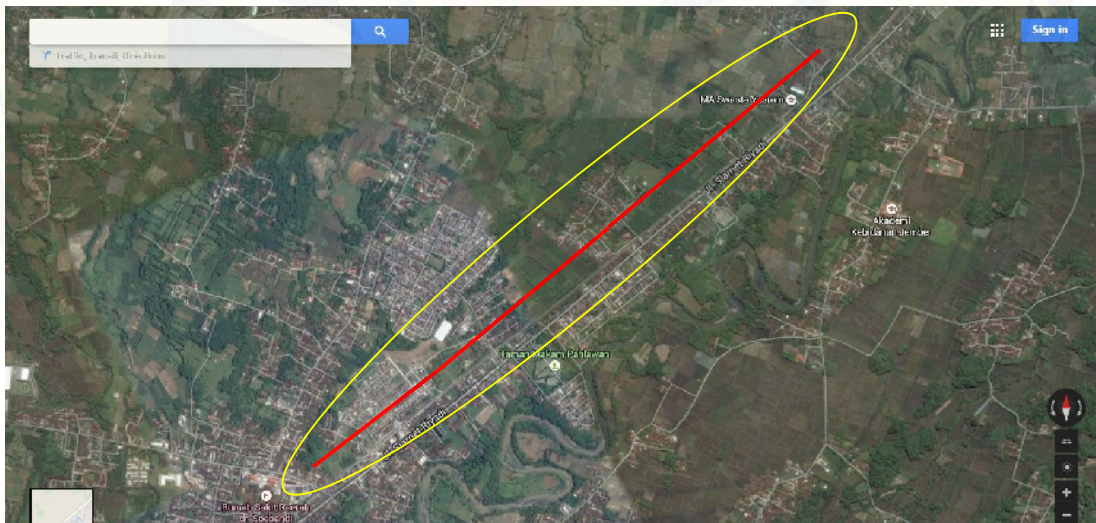


### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan sebuah hasil kesimpulan dari suatu permasalahan, maka di perlukan data-data untuk menunjang penelitian. Data-data tersebut kemudian di olah dengan tahapan pengolahan yang telah ditentukan. Metodologi penelitian adalah sautu pembahasan yang berisi tentang penjelasan mengenai langkah-langkah sistematika penelitian yang dimulai dari pengolahan data hingga penyelesaian.

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dalam penelitian ini adalah di Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Lokasi penelitian tersebut dipilih karena Jalan Slamet Riyadi merupakan jalan utama penghubung antara Kabupaten Jember dan Kabupaten Bondowoso, dimana arus kendaraan yang melewati jalan tersebut terbilang cukup padat. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Peta Lokasi Penelitian, Jalan Slamet Riyadi Patrang Jember  
(Sumber : Google Map)



## 3.2 Data & Alat

### 3.2.1 Data

Data merupakan komponen penting dalam melakukan suatu penelitian maupun kajian. Data didapatkan dari survey lapangan dan pihak-pihak maupun instansi-instansi terkait. Berikut ini adalah data-data yang di perlukan dalam penelitian ini :

1. Dimensi Saluran

Data dimensi saluran diperoleh dari hasil survey lapangan pada lokasi penelitian. Selain dimensi saluran, data lain yang di perlukan adalah data *long section* dan *cross section*. Data survey ini didapat dengan menggunakan *GPS* dan *Total Station*.

2. Data Curah Hujan

Data curah hujan didapat dari hasil rekam stasiun hujan yang berada pada wilayah lokasi penelitian. Data ini diperoleh dari instansi terkait yakni Dinas Pengairan Kabupaten Jember. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian yang terjadi selama 17 tahun terakhir yaitu tahun 1998-2014.

3. Peta Topografi

Peta topografi diambil dari *google map dan google earth*, kemudian di gambarkan pada program AutoCAD sesuai skala yang sebenarnya.

### 3.2.2 Alat

Penelitian ini menggunakan beberapa alat bantu untuk mendapatkan data-data yang diinginkan. Adapun alat yang diperlukan meliputi :

1. Total Station

Total Station adalah instrumen opti/elektronik yang digunakan dalam pemetaan dan konstruksi. Alat ini digunakan untuk mengukur beda tinggi dan elevasi pada titik yang ditentukan. Pengukuran ini dilakukan dengan profil memanjang (*long section*) dan melintang (*cross section*)

## 2. Rambu Ukur

Rambu ukur ini adalah alat bantu dalam pengukuran menggunakan Total Station. Dalam pelaksanaannya Total Station dan rambu ukur merupakan satu set alat dalam melakukan setiap pengukuran. Rambu ukur ini berupa prisma dengan notasi angka dalam skala cm yang menerima sinyal dari Total Station untuk dikembalikan lagi ke Total Station untuk diterima sebagai data koordinat dan elevasi titik yang di tinjau. Rambu ukur yang digunakan adalah rambu ukur yang terbuat dari plat aluminium dan berbentuk penampang segi empat yang berukuran panjang  $\pm 20-25$  cm, lebar  $\pm 15-20$  cm, panjang  $\pm 220$  cm.

## 3. Rol meter

Alat ini digunakan untuk mengukur jarak dan/atau panjang bentang pada saluran yang di tinjau. Rol meter yang digunakan dalam penelitian ini adalah rol meter yang terbuat dari *fiberglass* dengan panjang 50 meter dan 100 meter.

## 4. GPS

GPS adalah alat yang digunakan untuk menentukan koordinat titik awal dalam penelitian ini. Titik koordinat tersebut digunakan sebagai datum atau referensi local dan untuk mengetahui koordinat (x,y)

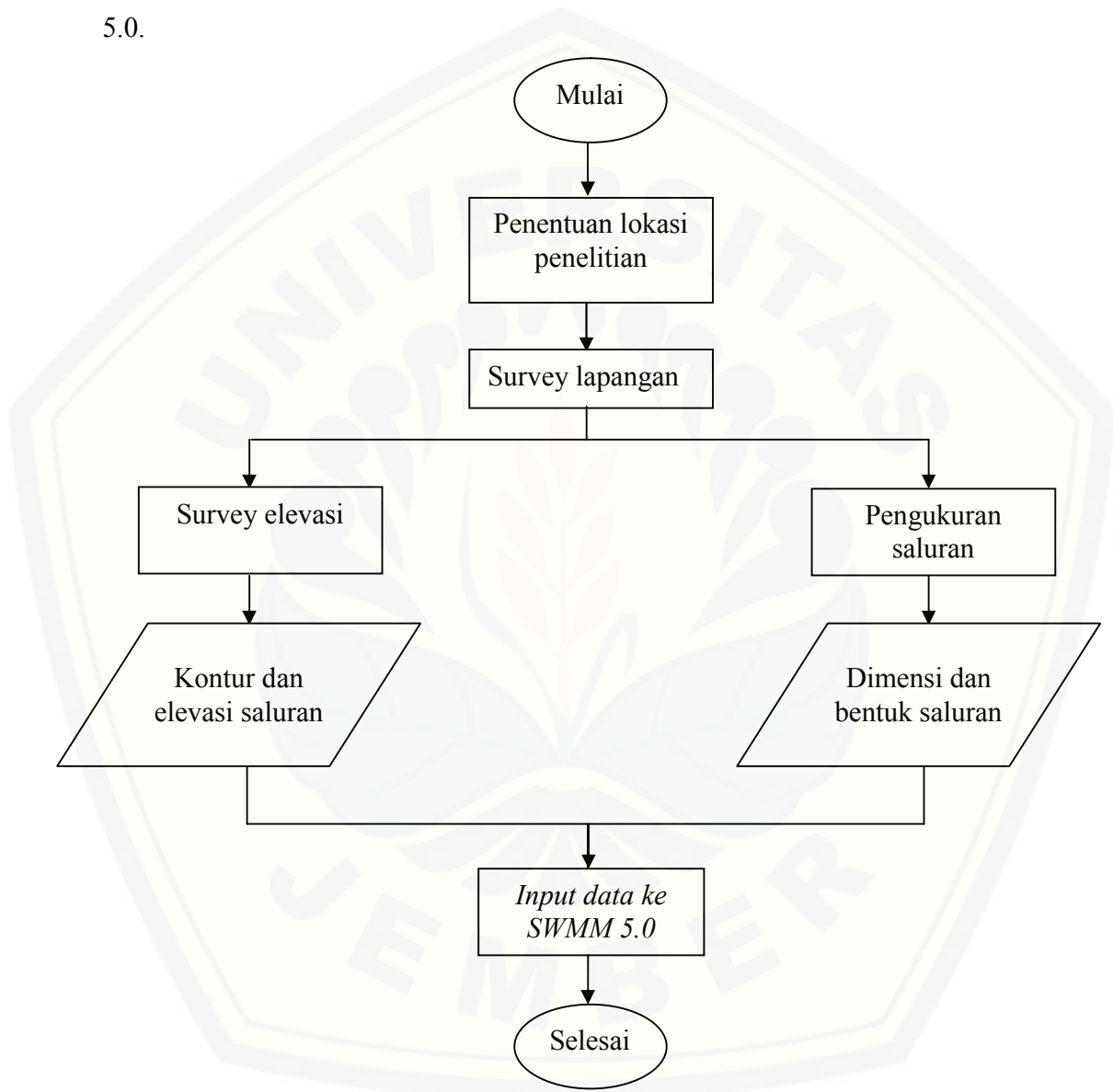
### 3.3 Metodologi Pelaksanaan

#### 3.3.1 Survei Lapangan

Dimensi saluran diperoleh langsung dari hasil survei. Didapatkan dengan melakukan pengukuran *long section* (profil memanjang) dan *cross section* (profil melintang), menjadikan titik pertama (ujung) sebagai datum atau referensi lokal jika ternyata di lokasi penelitian tidak ada BM yang terdekat. Pengukuran profil memanjang (*long section*) dilakukan sepanjang  $\pm 1,6$  km dengan pengukuran pada jalur lurus setiap 100 m dengan menggunakan alat ukur *total station*. Pengukuran profil melintang (*cross section*) meliputi: beda tinggi dasar saluran, kedalaman saluran, bentuk dan karakteristik saluran, lebar saluran dan kondisi saluran. Kondisi

saluran yang dimaksud adalah mengenai baik atau buruknya saluran tersebut dalam mengalirkan air serta cek mengenai adanya sedimentasi dalam saluran tersebut.

Gambar 3.3 adalah diagram alir pekerjaan survey lapangan yang dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam pemodelan software EPA-SWMM 5.0.



**Gambar 3.2** Diagram alir pekerjaan survey lapangan

## 3.3.2 Proses pemodelan EPA-SWMM 5.0

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

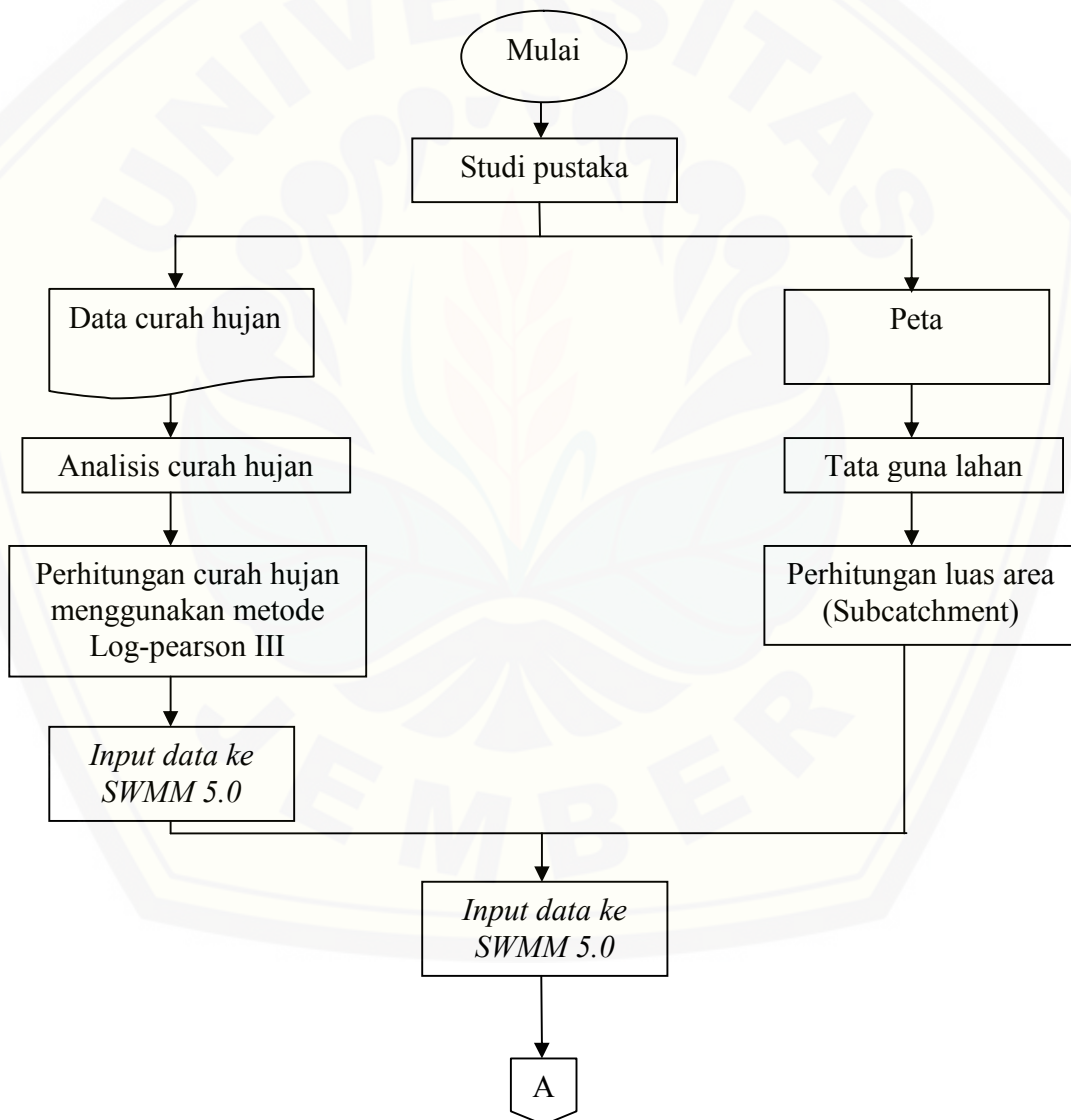
Langkah-langkah pengerjaan pembuatan model dengan menggunakan *software* SWMM, antara lain sebagai berikut :

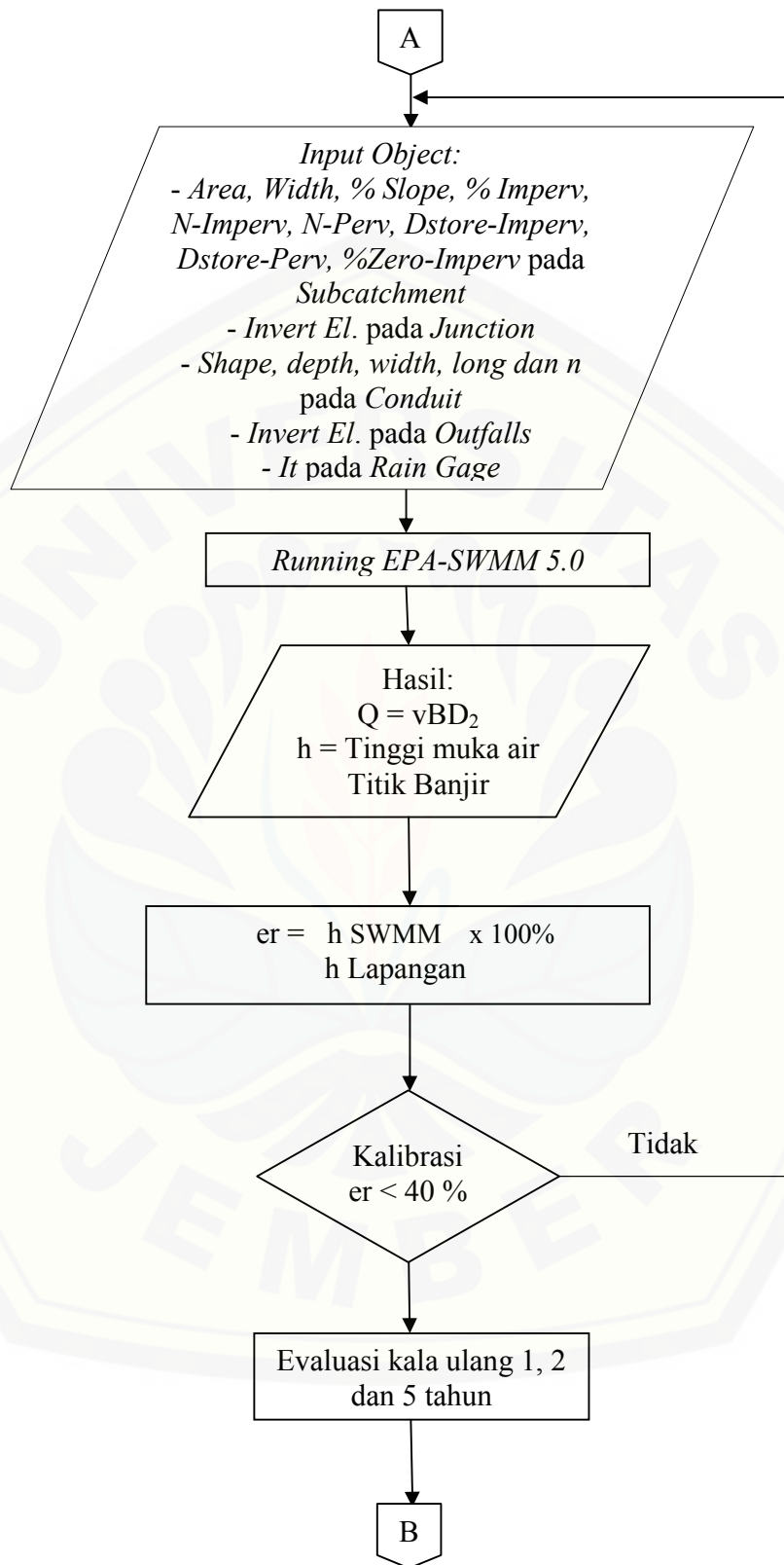
1. Memasukkan data (gambar objek lokasi penelitian) melalui menu *view (backdrop)*
2. Pengaturan *Project Setup Default*, yang berguna mempermudah dalam memasukkan data untuk setiap objek dalam sistem.
3. Penggambaran objek, yaitu *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *divider*, dan *outfalls*.
4. Menginputkan data pada *subcatchment*, *junction* dan *conduit* Pada *subcatchment* data yang dimasukkan adalah data luasan lokasi (A) yang diteliti dengan skala 1:1, *width*, *% slope*, *% imperv*, . Pada *junction* data yang dimasukkan adalah data elevasi (Invert El). Sedangkan pada *conduit* data yang dimasukkan adalah bentuk saluran (*shape*), kedalaman saluran (*depth*), lebar saluran (*width*), panjang saluran (*long*), dan koefisien kekasaran (n).
5. Data curah hujan yang berupa intensitas jam-jaman (It) diinputkan sebagai *Rain Gage* pada *time series*.
6. 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 banjir (Lg) dan tinggi muka air (ta).

Hasil simulasi SWMM tersebut digunakan untuk kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan tinggi muka air hasil simulasi SWMM dengan

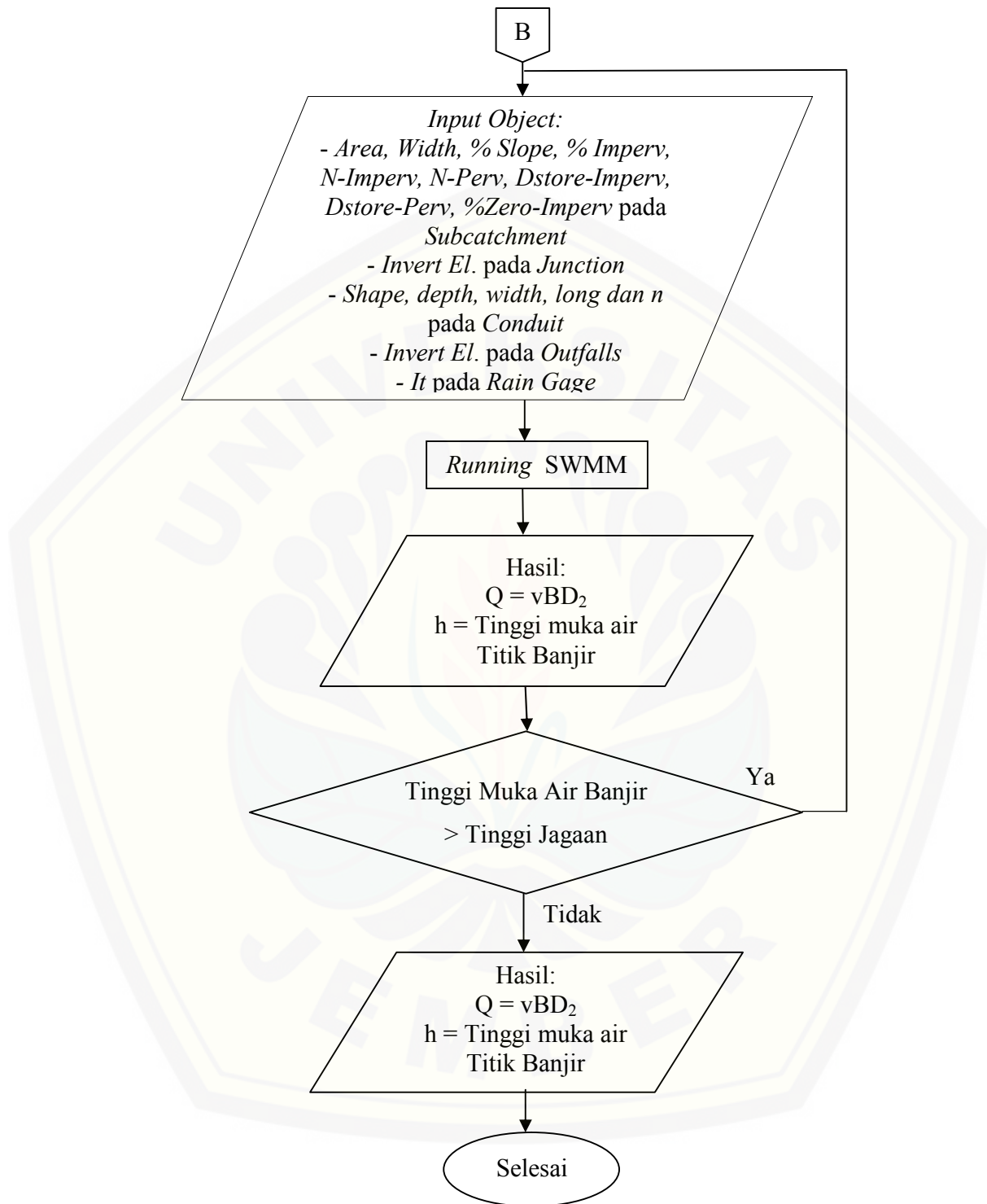
kenyataan di lapangan. Apabila hasil simulasi SWMM dengan dilapangan mencapai error ( $er$ )  $> 40\%$  maka perlu mengubah parameter nilai *%impervious*.

Mengevaluasi berdasarkan kala ulang 1, 2 dan 5 tahun menggunakan pemodelan SWMM. Kemudian memasukkan semua paramater (subcatchment, junction, conduit dan outfall) untuk *dirunning* sehingga menghasilkan lokasi banjir ( $L_g$ ), 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.









**Gambar 3.3** Diagram pengolahan data menggunakan *software EPA-SWMM 5.0*