



STUDI EVALUASI DRAINASE PERKOTAAN KECAMATAN PATRANG
MENGUNAKAN SWMM

(Studi Kasus Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah)

SKRIPSI

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

Oleh :

Mochamad Fuat

NIM 111910301019

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini Saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda (alm) Basarudin dan Ibunda Darmi tercinta, atas kasih sayang dan dukungan serta pengorbanan yang teramat besar yang tak mungkin bisa dibalas dengan apapun;
2. Kedua adikku tersayang, Viana dan Lilin Mastian yang selalu membuatku tetap bersemangat;
3. Mbah Uti yang telah memberikan dukungan dan doa yang selalu menyertaiku;
4. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
5. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

MOTTO

“Wahai orang-orang yang beriman, bertakwalah kalian kepada Allah dan carilah jalan yang mendekatkan diri kepada-Nya (wasilah) dan berjihadlah pada jalan-Nya supaya kalian mendapat keberuntungan”

(Q.S Al Maidah : 5-35)

“Dunia itu seluas langkah kaki. Jelajahilah dan jangan pernah rasa takut melangkah. Hanya dengan itu kita bisa mengerti kehidupan dan meyat dengannya”

(Soe Hok Gie)

“Everybody is a genius. But, if you judge a fish by its ability to climb a tree, it will spend its whole life believing that it is stupid”

(Albert Einstein)

“If you're prepared to adapt, you can transform”

(Kingsman : The Secret Servive)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mochamad Fuat

NIM : 111910301019

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : *Studi Evaluasi Drainase Perkotaan Kecamatan Patrang Menggunakan SWMM (Studi Kasus Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah)* 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, Juni 2015

Yang menyatakan,

Mochamad Fuat

NIM 111910301019

SKRIPSI

**STUDI EVALUASI DRAINASE PERKOTAAN KECAMATAN PATRANG
MENGUNAKAN SWMM
(Studi Kasus Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah)**

Oleh

Mochamad Fuat

NIM 111910301019

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Ririn Endah B, S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil Universitas Jember pada :

Hari :

Tanggal :

Tempat :

Tim Penguji

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M

NIP. 19661215 199503 2 001

Ririn Endah B, ST., MT

NIP. 19720528 199802 2 001

Penguji I,

Penguji II,

Sri Wahyuni, ST.MT., Ph.D

NIP. 19711209 199803 2 001

Sri Sukmawati, ST., MT

NIP. 19650622 199803 2 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, MT

NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Studi Evaluasi Drainase Perkotaan Kecamatan Patrang Menggunakan SWMM (Studi Kasus Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah); Mochamad Fuat, 111910301019; 2015; 62 Halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Beberapa ruas jalan di Kota Jember hampir setiap tahunnya terjadi banjir maupun genangan. Salah satunya, di Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah. Banjir disebabkan oleh perubahan pada sistem tata guna lahan dan banyak saluran yang tidak berkerja secara optimal akibat penumpukan sampah dan sedimentasi di dalam saluran. Beberapa titik dan debit banjir yang melebihi kapasitas saluran direkomendasikan untuk mendesain ulang saluran drainase pada titik banjir tersebut.

Dalam penelitian ini, akan mengevaluasi saluran drainase pada Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah berdasarkan kondisi eksisting saluran drainase dan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir serta mencari solusi penanganan yang tepat untuk mengatasi banjir dan genangan air tersebut dengan menggunakan pemodelan yang memanfaatkan *software* EPA SWMM 5.0

Berdasarkan hasil pemodelan dengan *software* SWMM dengan curah hujan kala ulang 10 tahun, banyak saluran yang memiliki kinerja buruk. Saluran tersebut antara lain, jaringan drainase Nusa Indah 1; jaringan drainase Nusa Indah 2; jaringan drainase Nusa Indah 4; jaringan drainase Merpati 1; jaringan drainase Merpati 2; jaringan drainase Merpati 3; jaringan drainase Merpati 4; jaringan drainase Merpati 8.

Saluran yang memiliki kinerja buruk harus dilakukan normalisasi desain ulang dengan mengubah tinggi dan lebar saluran. Saluran terbesar terletak pada C41 dan C186 dengan $h = 1,2$ / $b = 0,9$ pada pertigaan Jalan Soebandi/Nusa Indah/Cendrawasih.

Kata kunci : Drainase, SWMM

SUMMARY

Evaluation Study of Urban Drainage District of Patrang Using SWMM (Case Study of Merpati and Nusa Indah Street); Mochamad Fuat, 111910301019; 2015; 62 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Several roads in Jember City almost every year flood and inundation. One of them, at Merpati and Nusa Indah Street. Floods caused by changes in land-use system and a lot of channels that are not working optimally due to accumulation of garbage and sediment in the channel. Some point and flood discharge exceeds the channel capacity is recommended to redesign the drainage channel at the flood point.

In this study, will evaluate the drainage channel at Merpati and Nusa Indah Street based on the existing condition of the drainage channel and the factors that influence the occurrence of flooding and to find solutions appropriate treatment to address flooding and water by using modeling software utilizing EPA SWMM 5.0

Based on the results of modeling with SWMM software with rainfall return period of 10 years, a lot of channels that have poor performance. Among other channels, drainage network Nusa Indah 1; drainage network Nusa Indah 2; drainage network Nusa Indah 4; drainage network Merpati 1; drainage network Merpati 2; drainage network Merpati 3; drainage network Merpati 4; drainage networks Merpati 8.

Channels that have poor performance should be normalized redesign by changing the height and width of the channel. The largest channel is located on the C41 and C186 with $h = 1.2$ / $b = 0.9$ at the fork in the Road Soebandi / Nusa Indah / Cendrawasih.

Keywords: Drainage, SWMM

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : *Studi Evaluasi Drainase Perkotaan Kecamatan Patrang Menggunakan SWMM (Studi Kasus Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah)*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari kendala-kendala yang ada, namun berkat dukungan dan arahan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Ririn Endah B, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing akademik;
4. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM dan Ririn Endah B, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing;
5. Sri Wahyuni, ST.MT., Ph.D dan Sri Sukmawati ST., MT selaku dosen penguji;
6. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang yang tak terhingga;
7. Team survey Drainase (Mas Ridwan, Mas Anas, Yohana, Erly, Yusi, Tina, Nala), terimakasih atas kerjasama dan kekompakan saat survey yang tak kenal lelah, survey dari malam sampai pagi hari;
8. Dulur-dulur kontrakan Sumber Alam C4 (Albar Hits, Feri, Rizal, Melinda, Risqy, Sabiq Levine, Yoga, Eka), keluarga baru di perantauan;
9. Paguyuban IMAKA “Ikatan Mahasiswa Kadiri” mempersatu mahasiswa asal Kediri dan tempat saling berbagi suka duka;
10. PSRM Sardulo Anorogo Universitas Jember, keluarga yang banyak mengajarkan untuk mencintai dan melestarikan kebudayaan tradisional;

11. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2011, kakak-kakak dan adik-adik angkatan, atas doa, perhatian, semangat, dan sarannya;

12. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih belum sempurna, untuk itu diperlukan masukan dari berbagai pihak untuk melengkapinya. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Jember, Mei 2015

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penulisan	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pengertian Drainase.....	3
2.2 Analisis Hidrologi	3
2.2.1 Analisis Frekuensi.....	3
2.2.2 Analisa Curah Hujan Rencna.....	4
2.2.3 Periode Ulang.....	5
2.2.4 Uji Kecocokan.....	5
2.2.5 Intensitas Hujan.....	6
2.3 Komponen dan Parameter SWMM	6
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Lokasi Studi Penelitian.....	14
3.2 Langkah-langkah Penelitian	14
3.2.1 Pengumpulan Data	14

a. Data Primer.....	14
b. Data Sekunder	15
3.2.2 Analisis Curah Hujan	15
3.2.3 Simulasi menggunakan SWMM	16
3.2 Hasil dan Pembahasan	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Kondisi Lokasi Penelitian	23
4.2 Analisa Hidrologi	24
4.2.1 Analisis Curah Hujan	24
4.2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan	25
4.2.3 Uji Probabilitas	27
4.2.4 Analisa Intensitas Hujan	28
4.3 Kondisi Topografi	29
4.3.1 Topografi Jalan Nusa Indah	29
4.3.2 Topografi Jalan Merpati	34
4.4 Sistem Jaringan Drainase	38
4.4.1 Sistem Jaringan Drainase Jalan Nusa Indah.....	38
4.4.2 Sistem Jaringan Drainase Jalan Merpati	39
4.5 Kalibrasi Pemodelan SWMM	40
4.6 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrologi	40
4.7 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrolik	41
4.7.1 Hasil <i>Running</i> SWMM Kala Ulang 1 Tahun	41
4.7.2 Hasil <i>Running</i> SWMM Kala Ulang 2 Tahun	44
4.7.3 Hasil <i>Running</i> SWMM Kala Ulang 5 Tahun	49
4.7.4 Hasil <i>Running</i> SWMM Kala Ulang 10 Tahun	55
4.8 Normalisasi Saluran Drainase	60
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

2.1. Kriteria Periode Kala Ulang.....	5
2.2. Harga Infiltrasi dari Berbagai Jenis Tanah.....	9
2.3. <i>Curve Number</i> Tutupan Lahan	9
2.4. Klarifikasi Besarnya Laju Infiltrasi.....	10
2.5. Koefisien Kekasaran <i>Manning</i>	12
4.1. Data Curah Hujan Rerata Stasiun Sembah dan Kasmaran.....	25
4.2. Perhitungan Besaran Statistik.....	26
4.3. Hasil Perhitungan Parameter Statistik Dasar untuk Penentuan Pola Distribusi Hujan.....	27
4.4. Pehitungan Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorof.....	27
4.5. Distribusi Intensitas Hujan.....	28
4.6. Grafik Intensitas Hujan Kala Ulang.....	29
4.7. Rekapitulasi Kalibrasi Pemodelan SWMM.....	40
4.8. <i>Node</i> Banjir hasil <i>running</i> SWMM kala ulang 1 tahun.....	41
4.9. <i>Node</i> Banjir hasil <i>running</i> SWMM kala ulang 2 tahun.....	44
4.10. <i>Node</i> Banjir hasil <i>running</i> SWMM kala ulang 5 tahun.....	49
4.11. <i>Node</i> Banjir hasil <i>running</i> SWMM kala ulang 10 tahun.....	55
4.12. Dimensi Saluran Lama dan Dimensi Saluran Baru Kala Ulang 10 Tahun	61

DAFTAR GAMBAR

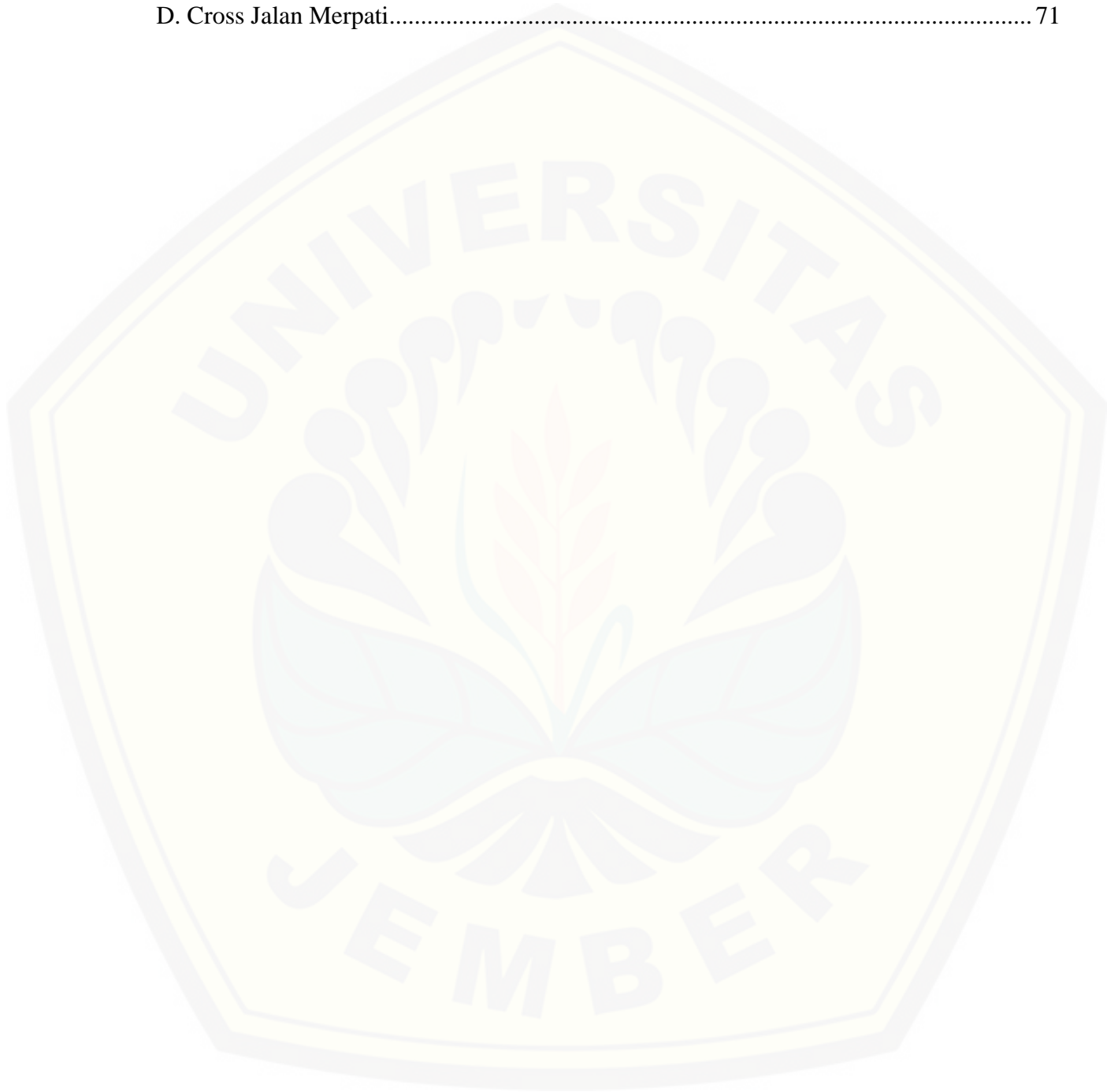
3.1. Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah (<i>Google Earth</i>).....	15
3.2. <i>Tap Input Backdrop</i>	16
3.3 <i>Tap Recize Backdrop</i>	17
3.4. Hasil Digitasi <i>Subcatchment</i> dan <i>Property Infiltration Editor</i>	17
3.5 Input data <i>Node, Conduit</i> , dan Dimensi Saluran.....	18
3.6. <i>Property Editor</i> Stasiun Hujan.....	18
3.7. <i>Time Series Editor</i>	19
3.8 Proses <i>Running</i>	20
3.9. Diagram Aliran Penelitian.....	21
3.10. Diagram Aliran Pemodelan SWMM.....	22
4.1. Banjir terjadi pada pertigaan jalan Nusa Indah	23
4.2. Banjir terjadi pada jalan Merpati.....	24
4.3. Potongan memanjang Jalan Nusa Indah	31
4.4. Potongan memanjang sisi kanan Jalan Nusa Indah	32
4.5. Potongan memanjang sisi kiri Jalan Nusa Indah.....	33
4.6. Potongan memanjang Jalan Merpati	35
4.7. Potongan memanjang sisi kanan Jalan Merpati	36
4.8. Potongan memanjang sisi kiri Jalan Merpati	37
4.9. Sistem Jaringan Drainase Jalan Nusa Indah.....	38
4.10. Sistem Jaringan Drainase Jalan Merpati	39
4.11. Grafik infiltrasi dan <i>runoff</i> periode kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun	41
4.12. <i>Running SWMM</i> Jaringan Drainase Nusa Indah 1 Kala Ulang 1 Tahun pada <i>Node J178, J180, J261, dan J11</i>	42
4.13. <i>Running SWMM</i> Jaringan Drainase Nusa Indah 2 Kala Ulang 1 Tahun pada <i>Node J315, J316, J2, dan J4</i>	42
4.14. <i>Running SWMM</i> Jaringan Drainase Nusa Indah 4 Kala Ulang 1 Tahun pada <i>Node J28 dan J378</i>	43
4.15. <i>Running SWMM</i> Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 1 Tahun pada <i>Node J183</i>	43

4.16. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 1 Kala Ulang 2 Tahun pada Node J178, J180, J261, dan J11	45
4.17. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 2 Kala Ulang 2 Tahun pada Node J315, J316, J2, dan J4	45
4.18. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 4 Kala Ulang 2 Tahun pada Node J28 dan J378	46
4.19. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 1 Kala Ulang 2 Tahun pada Node J192 dan J196.....	46
4.20. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 2 Tahun pada Node J183	47
4.21. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 2 Tahun pada Node J193 dan J195	47
4.22. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 3 Kala Ulang 2 Tahun pada Node J206	48
4.23. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 4 Kala Ulang 2 Tahun pada Node J203	48
4.24. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 1 Kala Ulang 5 Tahun pada Node J178, J180, J261, dan J11	50
4.25. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 2 Kala Ulang 5 Tahun pada Node J315, J316, J2, J4, dan J12.....	50
4.26. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 4 Kala Ulang 5 Tahun pada Node J28 dan J378	50
4.27. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 1 Kala Ulang 5 Tahun pada Node J192 dan J196.....	51
4.28. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 5 Tahun pada Node J183	52
4.29. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 5 Tahun pada Node J193 dan J195	52
4.30. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 3 Kala Ulang 5 Tahun pada Node J206	53
4.31. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 4 Kala Ulang 5 Tahun pada Node J203	53

4.32. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 8 Kala Ulang 5 Tahun pada <i>Node</i> J233	54
4.33. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 1 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J178, J180, J261, dan J11	56
4.34. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 2 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J315, J316, J2, J4, dan J12.....	56
4.35. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 4 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J28, J30, dan J378.....	57
4.36. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 1 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J192 dan J196.....	57
4.37. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J183	58
4.38. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J193 dan J195.....	58
4.39. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 3 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J206	59
4.40. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 4 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J203	59
4.41. <i>Running</i> SWMM Jaringan Drainase Merpati 4 Kala Ulang 10 Tahun pada <i>Node</i> J233	60

DAFTAR LAMPIRAN

A. Peta Kecamatan Patrang.....	64
B. Pematas Sungai Rembangan dan Sungai Kemuning.....	65
C. Cross Jalan Nusa Indah	66
D. Cross Jalan Merpati.....	71



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Drainase merupakan sarana dan prasarana dasar suatu kota yang sangat penting berfungsi untuk proses mengalirkan air hujan. Sistem kerja drainase yang tidak layak akan membawa dampak negatif bagi aktifitas kehidupan kota tersebut. Pengembangan permukiman yang begitu pesat menyebabkan semakin berkurangnya daerah resapan hujan dan mengakibatkan meluapnya air akibat berkurangnya debit air yang dapat disalurkan dan ditampung oleh drainase.

Beberapa ruas jalan di Kota Jember hampir setiap tahunnya terjadi banjir maupun genangan. Salah satunya, di Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah. Banjir disebabkan oleh perubahan pada sistem tata guna lahan dan banyak saluran yang tidak berkerja secara optimal akibat penumpukan sampah dan sedimentasi di dalam saluran.

Berdasarkan hasil survei diketahui bahwa ditemukan beberapa titik dan debit banjir yang melebihi kapasitas saluran sehingga direkomendasikan untuk mendesain ulang saluran drainase pada titik banjir tersebut.

Solusi dan rencana pencegahan yang tepat dan cepat terhadap banjir yang terjadi dinilai sangat perlu untuk memberikan kenyamanan warga sekitar dan pengguna jalan. Dalam penelitian ini, akan mengevaluasi saluran drainase pada Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah berdasarkan kondisi eksisting saluran drainase dan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir serta mencari solusi penanganan yang tepat untuk mengatasi banjir dan genangan air tersebut dengan menggunakan pemodelan yang memanfaatkan *software* EPA SWMM 5.0. Menurut Rossman (2010:1), *Software* ini mampu mensimulasi kejadian tunggal atau kejadian terus-menerus dengan kuantitas dan kualitas limpasan dari luas perkotaan yang diteliti. Hal ini telah dibuktikan oleh peneliti terdahulu yaitu Miftah (2011), Septian (2014), Fikri (2014), Yohana (2015), Yohanes (2015), Eka Kurniawan (2015) dengan mengkaji ulang perencanaan drainase menggunakan SWMM. Kelebihan *software* ini adalah kondisi yang terjadi dilapangan dapat

dimodelkan dengan memasukkan parameter yang tercatat pada kondisi yang sesungguhnya. Oleh karena itu pada penelitian dalam mengevaluasi jaringan drainase di Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah yang terjadi banjir di wilayah Kota Jember akan disimulasikan dengan *software* EPA SWMM 5.0.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas maka dapat disusun beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah kinerja saluran drainase pada saat ini yang menyebabkan banjir dan genangan pada Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah disimulasikan dengan menggunakan model *software* EPA SWMM 5.0 ?
2. Bagaimana solusi agar jalan di daerah tersebut bebas dari banjir dan genangan?

1.3 Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengevaluasi kinerja saluran drainase Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah pada saat ini dengan menggunakan model *software* EPA SWMM 5.0
2. Merancang saluran drainase yang terbebas dari banjir dan genangan

1.4 Manfaat Penulisan

Dengan penelitian ini berguna untuk menormalisasi kinerja saluran drainase yang mengalami kelebihan kapasitas debit banjir serta tersedianya perencanaan tepat dalam pengambilan keputusan penanganan banjir. Dan juga penelitian ini sebagai masukan untuk pengelola sistem drainase kawasan Kecamatan Patrang.

1.5 Batasan Masalah

Pemodelan ini hanya memfokuskan pada simulasi kuantitas limpasan permukaan saja pada daerah patus sungai Rembangan dan sungai Kemuning.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Drainase

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, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu (Suripin, 2004:7). Pola sistem jaringan drainase terdiri dari beberapa saluran yang saling berhubungan sehingga membentuk pola jaringan (Wesli, 2008:9).

Drainase yang dirancang haruslah memenuhi semua aspek persyaratan hidrologi, hidrolika, dan statistika drainase sebagai prediksi rerata umur sistem drainase. Sehingga sistem drainase dapat bekerja secara maksimal sebagai penanggulangan genangan ataupun banjir.

2.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi menitik beratkan pada perhitungan debit air hujan rencana menggunakan analisis statistik berdasarkan data curah hujan yang telah ada sebelumnya.

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Triadmodjo, 2008:202).

2.2.1 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang (Rosdiana, 2011:7).

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

- a. Rata-rata

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

b. Standar Deviasi

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

c. Koefisien Kepencengan

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

Syarat yang harus digunakan untuk distribusi adalah

1. Apabila harga $C_s =$ bebas, $C_k =$ bebas, maka distribusi yang dipakai adalah distribusi Log Pearson III
2. Apabila harga koefisien Asimetri mendekati tiga kali lebih besar variasi ($C_s - 3$ kali C_v) maka distribusi yang dipakai adalah distribusi Log Normal
3. Apabila harga $C_s = 1,1369$, $C_k = 5,4002$, maka distribusi yang dipakai adalah distribusi Gumbel

2.2.2 Analisa Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi disuatu daerah pada periode ulang tertentu yang dipakai sebagai dasar perhitungan perencanaan.

Metode yang dapat digunakan untuk menghitung hujan rencana antara lain, Metode Distribusi Normal, Metode Gumbel, Metode Log Pearson III.

1. Metode Distribusi Normal

Distribusi Normal digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan dan debit rata-rata tahunan. "Distribusi tipe normal, mempunyai koefisien kemencengan atau $C_s \approx 0$ dan $C_k \approx 3$ " (Soemarto, 2008)

2. Metode Distribusi Gumbel

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

3. Distribusi Log Pearson III

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

2.2.3 Periode Ulang

Kala ulang merupakan hipotesa terhadap hujan dengan besaran tertentu akan terulang kembali dengan besaran yang sama maupun besaran yang mungkin terlampaui (Suripin, 2004:32). Dalam perencanaan saluran drainase periode kala ulang yang digunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan. Beberapa kriteria dapat dilihat pada table 2.1

Tabel 2.1 Kriteria Periode Kala Ulang (Notodihardjo, 1998)

No	Jenis Lahan / Guna Lahan	Periode Ulang
1	Jalan Tol	10 tahun
2	Jalan Arteri	10 tahun
3	Jalan Kolektor	10 tahun
4	Jalan Biasa	10 tahun
5	Perumahan	2 - 5 tahun
6	Pusat Perdagangan	2 - 10 tahun
7	Pusat Bisnis	2 - 10 tahun
8	Landasan Terbang	5 tahun

Sesuai peraturan menteri PU : *Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd. T-02-2006-B*, periode kala ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun disesuaikan dengan peruntukannya.

2.2.4 Uji Kecocokan

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Sri Harto, 1991).

1) Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang di analisis.

2) Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji Smirnov-Kolmogorof juga disebut uji kecocokan non parametik karena pengujiannya tidak menggunakan distribusi tertentu, namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas.

2.2.5 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (*IDF = Intensity-Duration-Frequency Curve* (Suripin, 2004:66). Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus Mononobe (Suripin, 2004:67) :

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_{c1}} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

I_t = Intensitas Hujan (mm/jam)

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

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

2.3 Komponen dan Parameter SWMM

SWMM (*Strom Water Management Model*) adalah *software* untuk model simulasi hujan limpasan (*rainfall-runoff*) yang digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan dari daerah perkotaan (Rossman, 2010:1).

Pemilihan *software* SWMM dalam penelitian ini karena *software* ini mampu mensimulasikan antara hidrologi dan hidrolika dalam sekali running. *Software* yang setara hanya mampu mensimulasikan satu komponen saja, hidrologi atau hidrolika.

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

a. *Subcatchment*

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

1. Luas (*Area*)
2. Lebar (*Width*)
3. Kemiringan (*% slope*)
4. % Kedap air (*% Imperviousness*)
5. Manning kedap air (*N-Impre*)
6. Manning tidak kedap air (*N-Perviousnes.*)
7. *Dstore-Imperviousness*
8. *Dstore-Perviousness*
9. % Kedap Air Absolut (*% Zero-Imperviousness*)
10. *Infiltration Model*

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

$$D_I = D_t + R_t \dots \dots \dots (2.5)$$

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

dengan :

D_I : kedalaman air setelah terjadi hujan (mm)

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

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

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

$$F_p = F_c + (F_o - F_c) e^{-kt} \dots \dots \dots (2.6)$$

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

dengan :

F_p : angka infiltrasi dalam tanah (mm/jam)

F_c : angka infiltrasi minimum (mm/jam)

F_o : angka infiltrasi maksimum (mm/jam)

t : lama hujan (det)

k : koefisien penurunan head (1/sec)

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

$$v = 1/n D_2^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Q = vBD_2 \dots\dots\dots(2.8)$$

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

dimana :

v : kecepatan (m/s)

n : koefisien Manning

S : kemiringan lahan

B : lebar lahan/panjang pengaliran (m)

Q : debit (m³/s)

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk memperhitungkan harga infiltrasi dalam simulasi menggunakan metode SCS_Curve Number. Metode ini mengasumsikan bahwa infiltrasi tanah yang terjadi didapatkan melalui pemilihan jenis tata guna lahan. Tabel 2.2 menjelaskan pemilihan tanah berdasarkan kelompok dan tabel 2.3 menerangkan total kapasitas infiltrasi pada tanah.

Tabel 2.2 Harga Infiltrasi dari Berbagai Jenis Tanah

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

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

Tabel 2.3 Curve Number Tutupan Lahan

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

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

Laju Infiltrasi mempunyai klarifikasi tertentu dalam penentuan besarnya laju infiltrasi. Penentuan kelas infiltrasi dapat dilihat pada tabel 2.4 (U.S Soil Convertation)

Tabel 2.4 Klarifikasi Besarnya Laju Infiltrasi

Kelas	Klasifikasi	Laju Infiltrasi (mm/jam)
0	Sangat Lambat	< 1
1	Lambat	1- 5
2	Agak Lambat	5 - 20
3	Sedang	20 – 63
4	Agak Cepat	63 - 127
5	Cepat	127 - 254
6	Sangat Cepat	➤ 254

b. *Juction/Node*

Juction/node adalah unit yang dimodelkan sebagai penerima *inflow* dan limpasan dari *subcatchment*. Parameter yang diinputkan pada *junction/node* adalah sebagai berikut.

1. *Node Invert*
2. *Node Max Depth*
3. *Node Pounded Area*
4. *Conduit Length*
5. *Conduit Geometry*
6. *Conduit Roughness*
7. *Flow Units*
8. *Link Offset*
9. *Routing Method*

c. *Conduit/Links*

Conduit merupakan saluran yang menghubungkan antara *junction* satu dengan *junction* lainya atau dari *junction* ke *outfall*. Parameter yang dimasukkan adalah

1. Bentuk saluran
2. Kedalaman maksimum saluran
3. Panjang saluran

4. Angka kekasaran atau angka *Manning*. Besarnya angka manning tergantung dari jenis bahan yang digunakan pada saluran.

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

$$Q_{in} = \Sigma Q_{oi} + \Sigma Q_{gi} \dots \dots \dots (2.9)$$

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

Conduit dengan sistem gravitasi menggunakan persamaan *Manning*:

$$Q = 1.0 * \frac{S^{1/2} * R^{2/3} * A}{n} \dots \dots \dots (2.10)$$

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

dimana:

Q : *outflowsubcatchment* (m^3 /detik)

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

A_x : luas *cross section* (m^2)

S : kemiringan

n : koefisien kekasaran *manning* dapat dilihat pada tabel 2.5

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

menjadi W .

Tabel 2.5 Koefisien Kekasaran *Manning*

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

Sumber : Van Te Chow, 1985.

d. Rain Gage

SWMM menggunakan objek *rain gage* untuk menampilkan input data ke sistem. *Rain gage* menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subtachment* area pada studi wilayah. Parameter yang dimasukkan adalah

1. *Rain Format*
2. *Rain Interval*
3. *Data Source*

e. *Outfall Node*

Outfall Node adalah titik pemberhentian dari sistem drainase yang menentukan batas hilir. *Outfall* ini hanya dihubungkan oleh satu link. Parameter yang dimasukkan adalah

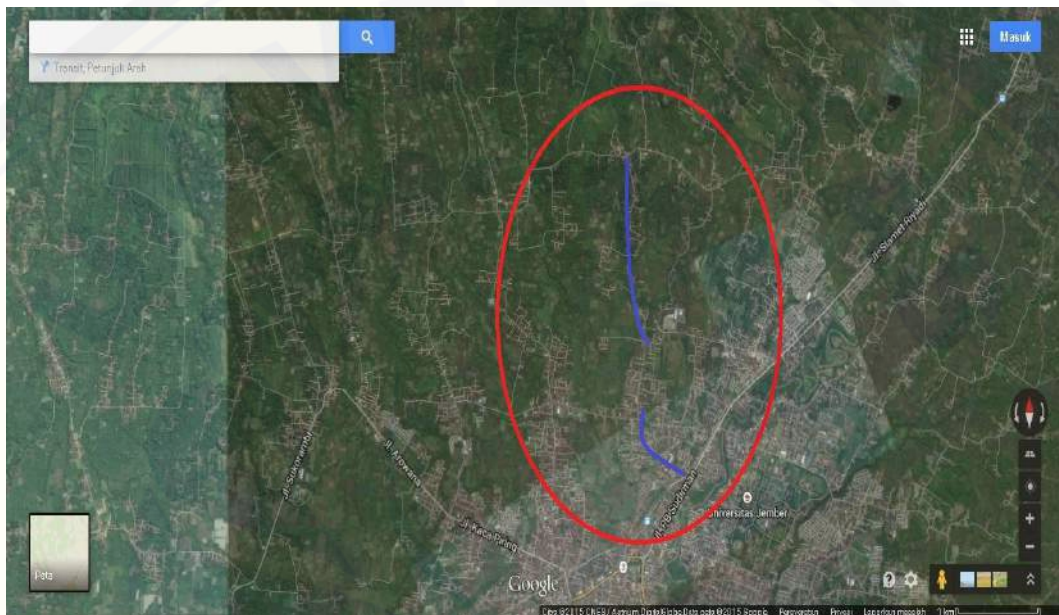
1. *Invert Elevation*
2. *Tide Gate*
3. *Fixed Stage*



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Studi Penelitian

Studi penelitian dilakukan di Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Lokasi. Studi penelitian dimulai sejak bulan Oktober 2014 sampai selesai penyusunan tugas akhir ini. Lokasi studi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah (*Google Earth*)

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian merupakan rangkaian kegiatan dari awal studi penelitian sampai pengolahan data untuk mengetahui masalah dan menyelesaikan masalah. Adapun langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut dan dapat dilihat pada gambar 3.9

3.2.1 Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data geometri saluran dan data tata guna lahan.

1. Data Geometri Saluran

Data geometri saluran merupakan data fisik yang diperoleh dari hasil survei lapangan menggunakan *Total Station*, yaitu lebar, tinggi, dan beda tinggi dasar saluran.

Tahapan pengukuran geometri saluran :

- a. *Total Station* ditembak pada prisma rambu ukur yang berada pada jarak tiap 50 meter dan pada perubahan bentuk penampang.
- b. Pengukuran tersebut hanya dilakukan pada *long section* (pengukuran kemiringan dasar saluran).

Pengukuran *cross section* dilakukan dengan roll meter meliputi lebar bawah saluran, kedalaman saluran lebar atas saluran, dan kemiringan dinding saluran jika berbentuk trapesium.

2. Data Tata Guna Lahan

Tataguna lahan dilakukan untuk mendapatkan hasil besaran prosentase luas daerah survey yang mengalami kedap air dan infiltrasi.

b. Data Sekunder

1. Data Hujan

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

2. Peta Situasi

Peta diambil dari *Google Earth* dan *Google Map* kemudian digambarkan pada AutoCad.

3.2.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan bertujuan untuk menghitung hujan rancangan. Dalam analisisnya menggunakan metode Log Pearson III untuk menentukan tinggi curah hujan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun

3.2.3 Simulasi menggunakan SWMM

Sebelum simulasi model ini akan dimulai dengan kalibrasi model terlebih dahulu untuk mendapatkan parameter yang sesuai, selanjutnya dilakukan simulasi model dengan input data hujan sesuai pemodelan yang dilakukan.

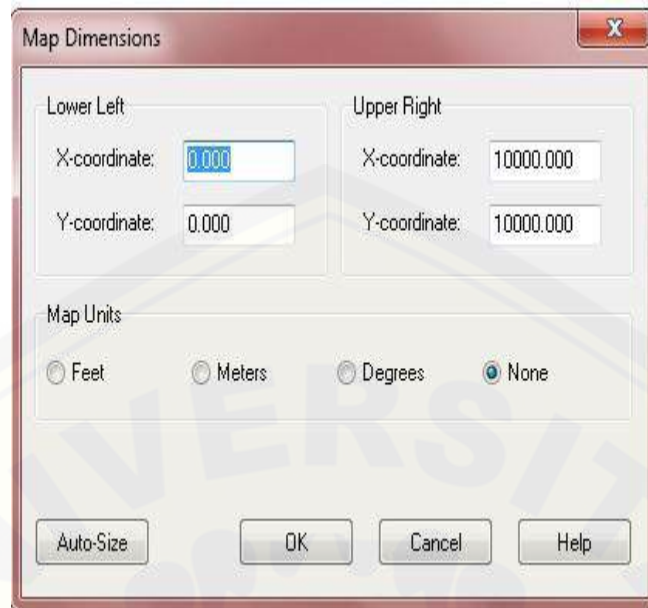
Tahapan simulasi menggunakan software SWMM ini adalah sebagai berikut dan dapat dilihat pada gambar 3.4

a. Digitasi *Subscatchment Area*

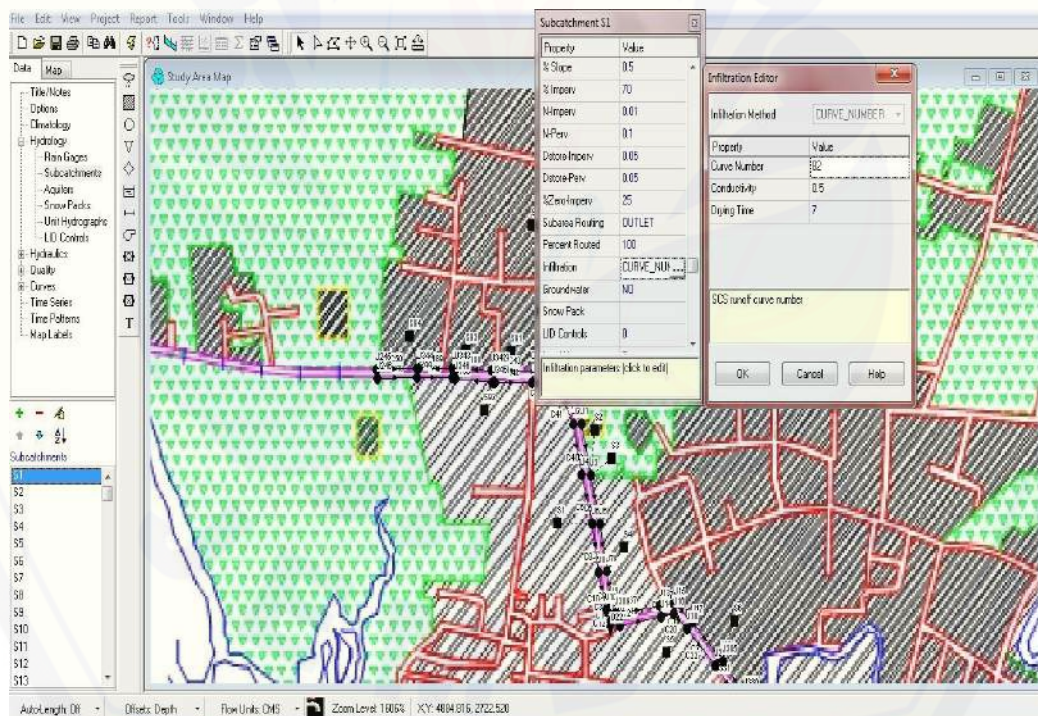
Menggunakan *tool subscatchment* pada *object toolbar*. Gunakan *backdrop* untuk mempermudah digitasi. Kemudian *editing property* pada masing-masing *subscatchment* sesuai data.



Gambar 3.2 Tap Input Backdrop



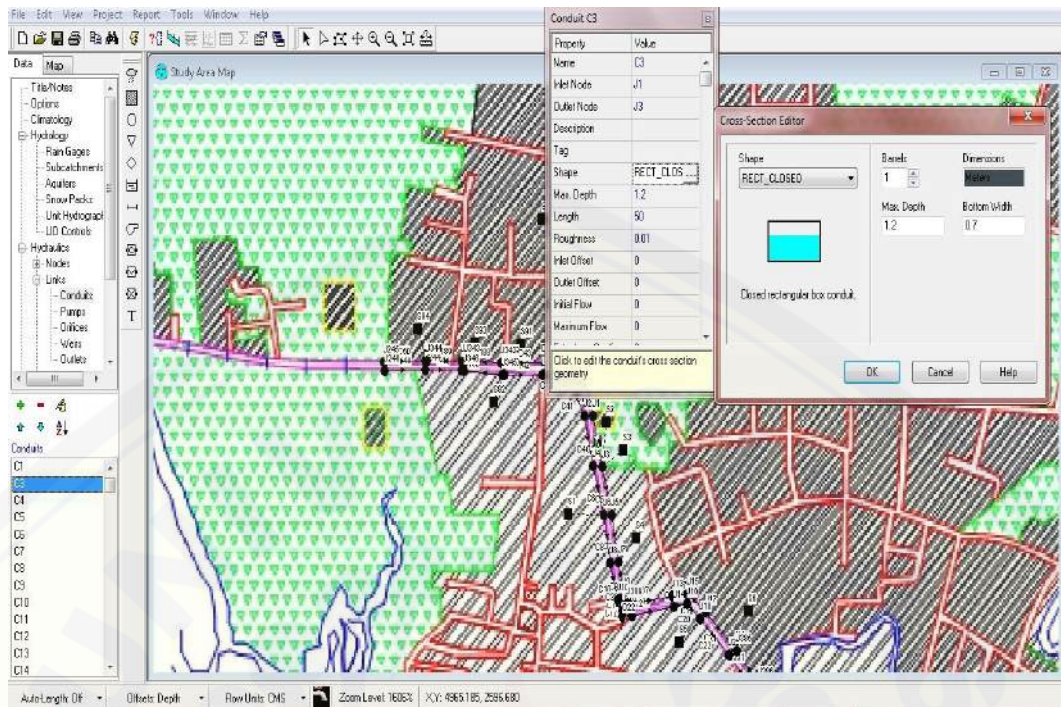
Gambar 3.3 Tap Recize Backdrop



Gambar 3.4 Hasil Digitasi Subcatchment dan Property Infiltration Editor

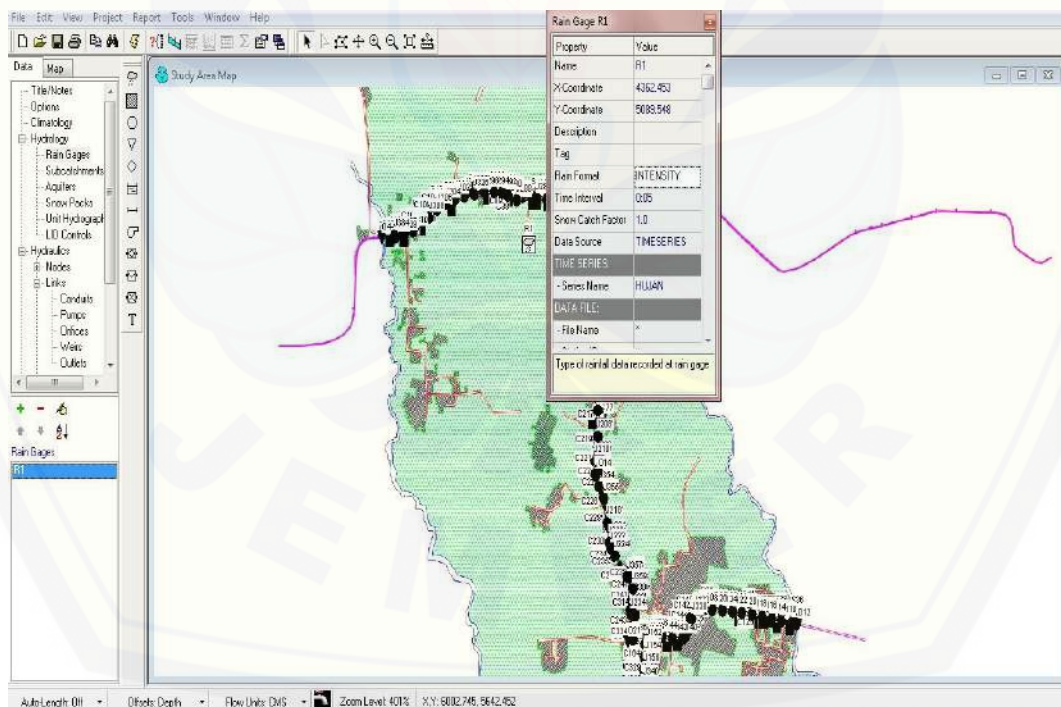
b. *Input Node dan Conduid*

Pada proses *input node*, data elevasi dan dimensi saluran harus disiapkan.

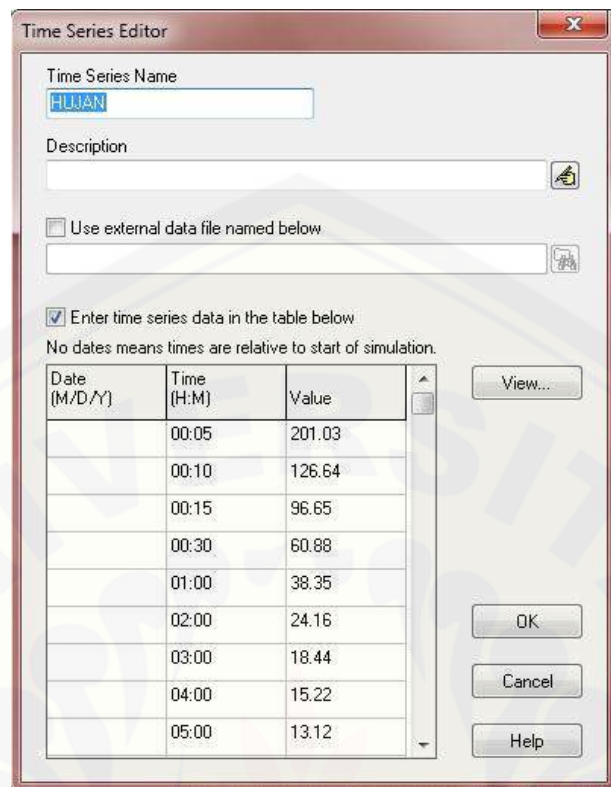


Gambar 3.5 Input data *Node*, *Conduit*, dan Dimensi Saluran

c. Input Data Hujan



Gambar 3.6 *Property Editor* Stasiun Hujan



Time Series Editor

Time Series Name
HUJAN

Description

Use external data file named below

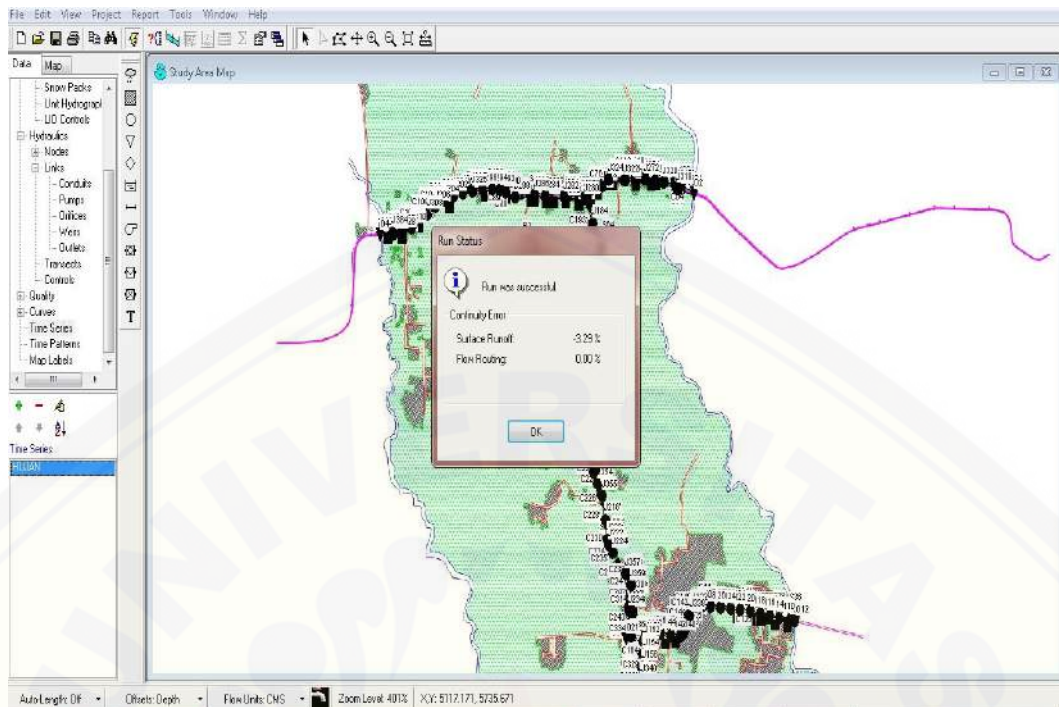
Enter time series data in the table below
No dates means times are relative to start of simulation.

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	00:05	201.03
	00:10	126.64
	00:15	96.65
	00:30	60.88
	01:00	38.35
	02:00	24.16
	03:00	18.44
	04:00	15.22
	05:00	13.12

View...
OK
Cancel
Help

Gambar 3.7 Time Series Editor

- d. Setting Parameter
- e. Kalibrasi Model
- f. *Running* program SWMM

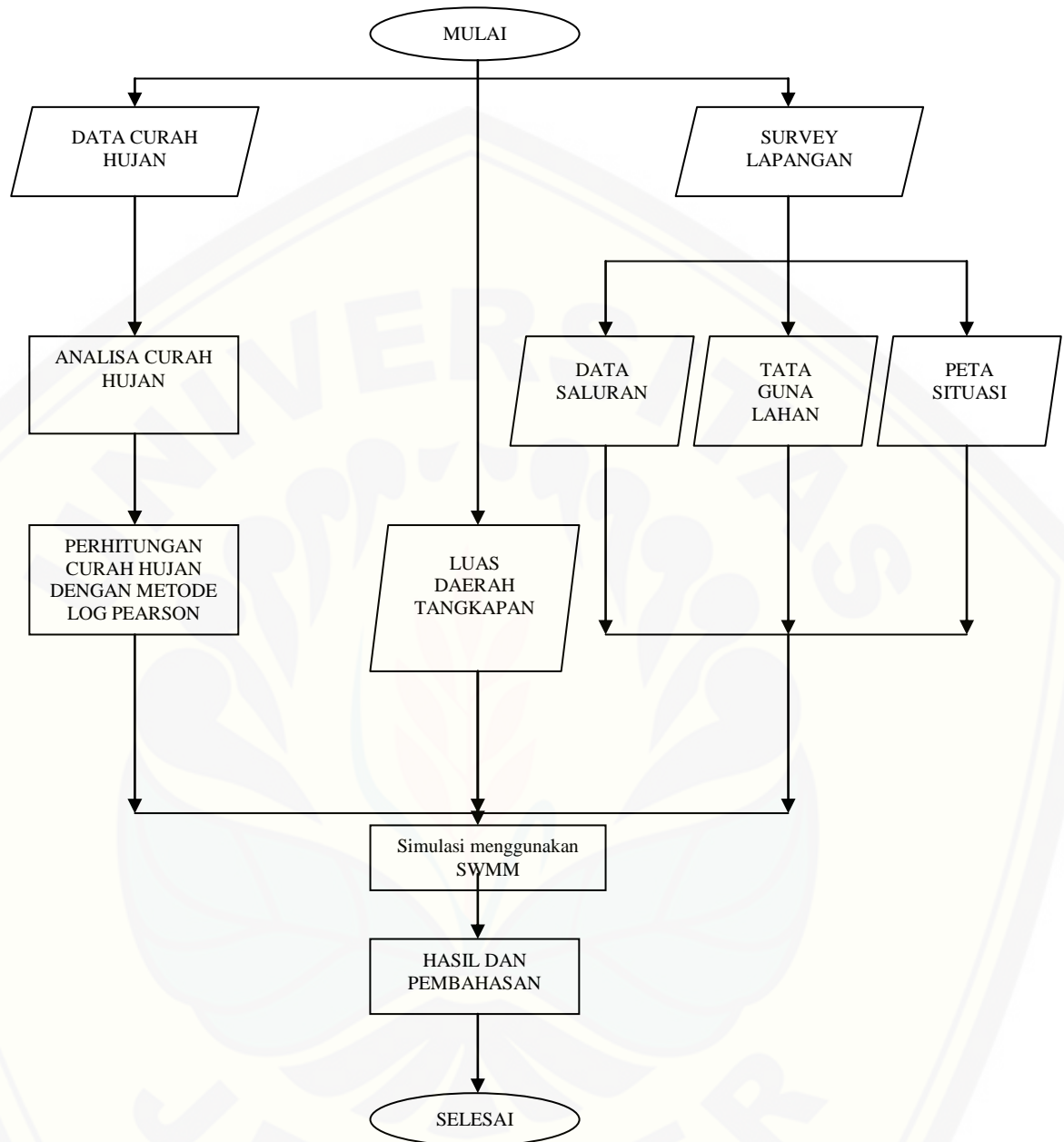


Gambar 3.8 Proses *Running*

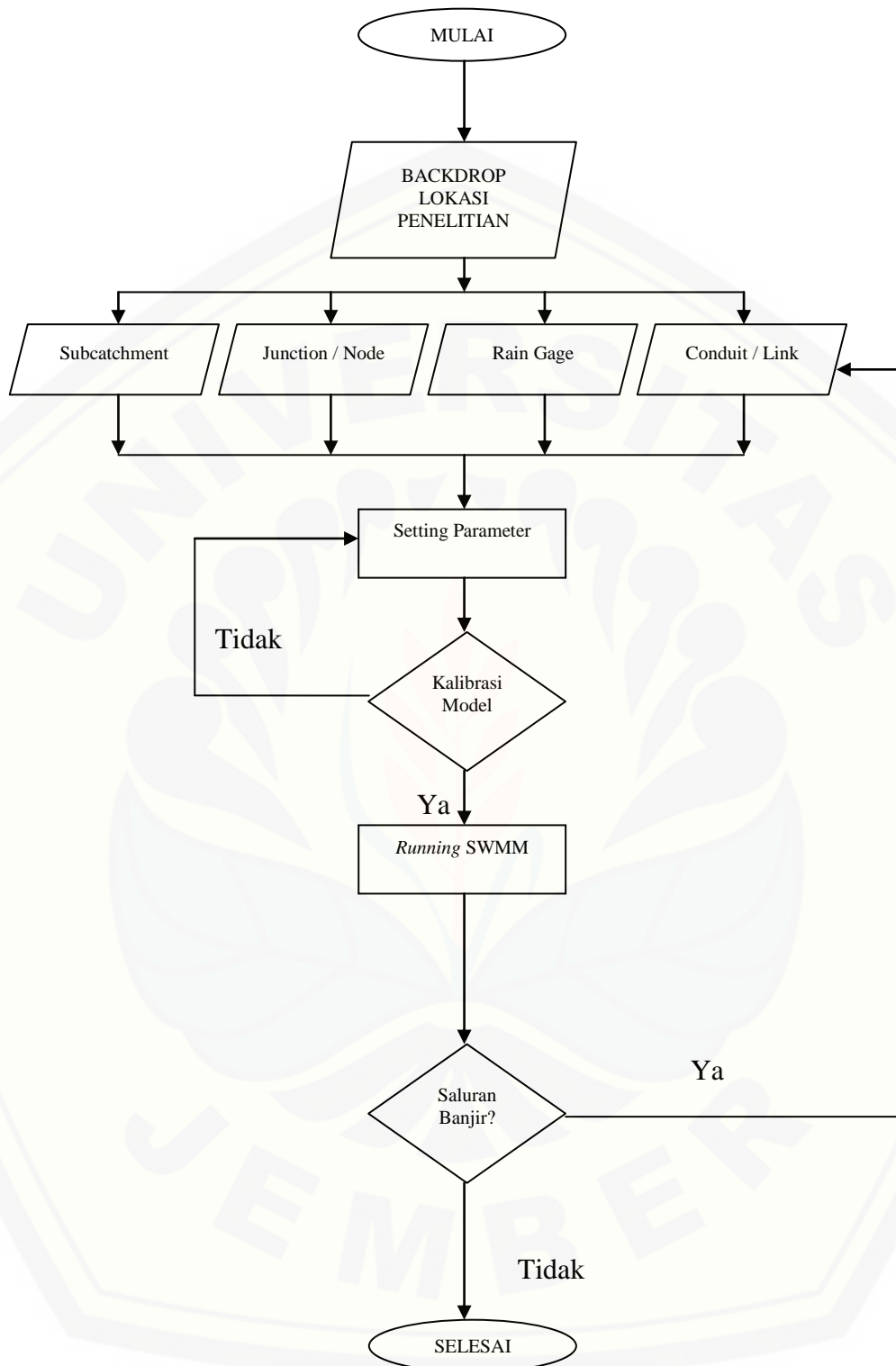
3.3 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dapat dilakukan dengan mengamati titik banjir dan *output* dari simulasi *software* SWMM. Berdasarkan hasil simulasi, ada beberapa titik saluran yang perlu dilakukan pelebaran saluran agar tidak banjir pada hujan kala ulang 10 tahun.

3.3 Flow Chart



Gambar 3.9 Diagram Aliran Penelitian



Gambar 3.10 Diagram Alir Pemodelan SWMM

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil survei lokasi yang dilakukan di lapangan, ditemukan beberapa titik banjir di beberapa saluran pada sistem jaringan drainase di jalan Merpati dan Nusa Indah. Di bawah ini adalah foto banjir yang di ambil pada bulan Februari 2015.



Gambar 4.1 Banjir terjadi pada pertigaan jalan Nusa Indah dikarenakan lubang inlet ke saluran drainase tertutup oleh lapak yang berada di atas saluran



Gambar 4.2 Banjir terjadi pada jalan Merpati akibat kapasitas saluran kecil dan banyak sampah

4.2 Analisis Hidrologi

4.2.1 Analisis Curah Hujan

Penelitian ini menggunakan data curah hujan selama tujuh belas tahun tercatat mulai dari tahun 1998 sampai dengan 2014 pada stasiun penakar Kasmaran dan Sembah. Seperti pada tabel 4.1, hujan rata-rata tertinggi terjadi pada tahun 2006 dengan intensitas 160 mm pada stasiun penakar Sembah dan hujan rata-rata tertinggi pada stasiun penakar Kasmaran terjadi pada tahun 2003 dengan intensitas 137 mm. Dan rata-rata hujan tertinggi gabungan dari dua penakar stasiun terjadi pada tahun 2006 dengan intensitas 135 mm.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Rerata Stasiun Sembah dan Kasmaran

No	Tahun	STA Kasmaran	STA Sembah	Rata-rata (mm)
1	1998	97	89	93
2	1999	95	62	79
3	2000	95	97	96
4	2001	95	68	82
5	2002	95	85	90
6	2003	137	90	114
7	2004	84	60	72
8	2005	77	90	84
9	2006	110	160	135
10	2007	68	90	79
11	2008	87	60	74
12	2009	87	60	74
13	2010	87	64	76
14	2011	68	60	64
15	2012	67	40	54
16	2013	105	105	105
17	2014	87	40	64

Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Jember

4.2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Ada berbagai macam distribusi yang digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan. Distribusi yang sering digunakan adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson III. Parameter yang dapat digunakan adalah nilai rerata, standar deviasi, koefisien skewness, koefisien kurtosis, koefisien variasi, dan nilai tengah. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Perhitungan Besaran Statistik

M	P = m/(N+1)	Tahun	Data Hujan (mm)	Ln Data Hujan (mm)
1	0.056	2006	135.000	4.905
2	0.111	2003	113.500	4.732
3	0.167	2013	105.000	4.654
4	0.222	2000	96.000	4.564
5	0.278	1998	93.000	4.533
6	0.333	2002	90.000	4.500
7	0.389	2005	83.500	4.425
8	0.444	2001	81.500	4.401
9	0.500	2007	79.000	4.369
10	0.556	1999	78.500	4.363
11	0.611	2010	75.500	4.324
12	0.667	2008	73.500	4.297
13	0.722	2009	73.500	4.297
14	0.778	2004	72.000	4.277
15	0.833	2011	64.000	4.159
16	0.889	2014	63.500	4.151
17	0.944	2012	53.500	3.980

Jumlah Data	17	17
Nilai Rerata (Mean)	84.147	4.408
Standar Deviasi	20.034	0.227
Koefisien Skewness	1.035	0.377
Koefisien Kurtosis	1.391	0.428
Koefisien Variasi	0.238	0.052
Nilai Tengah	79.000	4.369

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimana:

Nilai Rerata (Mean) : X

Standar Deviasi : S_i

Koefisien Skewness : C_s

Koefisien Kurtosis : C_k

Koefisien Variasi : C_v

Dari tabel 4.2 didapat $X = 84,147$; $S_i = 20,034$; $C_s = 1,035$; $C_k = 1,391$; $C_v=0,238$; Nilai tengah = 79,000. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk perhitungan analisis frekuensi data hujan.

Setelah melakukan perhitungan analisis statistik dasar, dilakukan penentuan pola distribusi hujan dengan menganalisis data curah hujan harian maksimum dengan menggunakan data-data dari perhitungan statistik dasar, yaitu:

nilai rata-rata/mean (\bar{x}), simpangan baku (SD), koefisien variasi (Cv), koefisien skewness (Cs), koefisien kurtosis (Ck). Penentuan jenis distribusi dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dasar dengan menghitung parameter-parameter pada tabel 4.2 kemudian dibandingkan dengan syarat masing-masing jenis distribusi yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Dasar untuk Penentuan Pola Distribusi Hujan (Sri Harto, 2010)

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

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

4.2.3 Uji Probabilitas

Tabel 4.4 Perhitungan Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorof

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

Sumber: Hasil Perhitungan, 2015

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

4.2.4 Analisis Intensitas Hujan

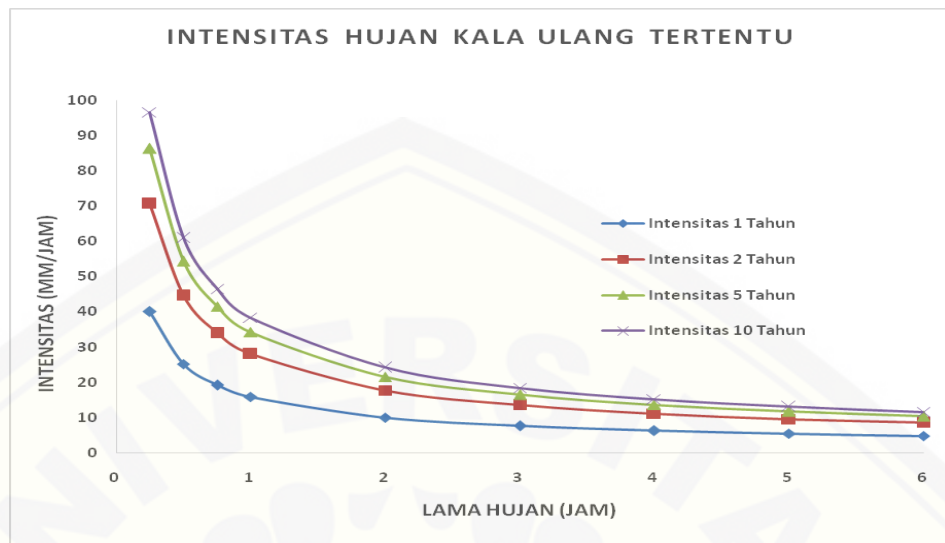
Untuk analisis intensitas hujan diperlukan distribusi intensitas hujan selama 360 menit. Dengan durasi mulai dari 5 menit sampai 360 menit dan dengan periode ulang 1 tahun sampai 20 tahun. Tabel distribusi intensitas hujan dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Distribusi Intensitas Hujan

Durasi Menit	Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20
5	83.22	147.04	179.58	201.03	221.66
10	52.42	92.63	113.13	126.64	139.64
15	40.01	70.69	86.33	96.65	106.56
20	33.02	58.35	71.27	79.78	87.96
25	28.46	50.29	61.41	68.75	75.81
30	25.20	44.53	54.39	60.88	67.13
35	22.74	40.18	49.07	54.94	60.57
40	20.80	36.76	44.89	50.26	55.41
45	19.23	33.98	41.50	46.46	51.23
50	17.93	31.68	38.69	43.31	47.75
55	16.82	29.73	36.31	40.64	44.81
60	15.88	28.05	34.26	38.35	42.29
120	10.00	17.67	21.58	24.16	26.64
180	7.63	13.49	16.47	18.44	20.33
240	6.30	11.13	13.60	15.22	16.78
300	5.43	9.59	11.72	13.12	14.46
360	4.81	8.50	10.38	11.62	12.81

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 Grafik Intesitas Hujan Kala Ulang



Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.6 dijelaskan bahwa intensitas lama curah hujan antara nol sampai tiga jam terjadi penurunan yang sangat drastis. Intensitas hujan kala ulang 1 tahun yang dari 40.01 mm/jam turun menjadi 7.63 mm/jam. Intensitas hujan kala ulang 2 tahun yang dari 70.69 mm/jam turun menjadi 13.49 mm/jam. Intensitas hujan kala ulang 5 tahun yang dari 86.33 mm/jam turun menjadi 16.47 mm/jam. Intensitas hujan kala ulang 10 tahun yang dari 96.65 mm/jam turun menjadi 18.44 mm/jam. Dan intensitas lama curah hujan antara tiga sampai enam jam penurunan lambat karena intensitas semakin stabil. Intensitas hujan kala ulang 1 tahun penurunan intensitas hanya sebesar 2.82 mm/jam. Intensitas hujan kala ulang 2 tahun penurunan intensitas hanya sebesar 4.99 mm/jam. Intensitas hujan kala ulang 5 tahun penurunan intensitas hanya sebesar 6.09 mm/jam. Intensitas hujan kala ulang 10 tahun penurunan intensitas hanya sebesar 6.82 mm/jam.

4.3 Kondisi Topografi

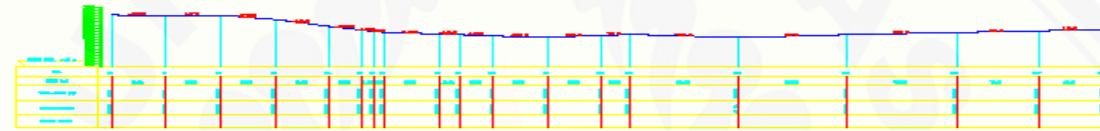
4.3.1 Kondisi Topografi Jalan Nusa Indah

Gambar 4.3 merupakan gambar potongan memanjang jalan Nusa Indah Untuk potongan memanjang drainase jalan Nusa Indah sisi kanan dapat dilihat pada gambar 4.4 dan untuk potongan memanjang drainase jalan Nusa Indah sisi kiri dapat dilihat pada gambar 4.5.

Potongan memanjang jalan Nusa Indah titik 0.00 dimulai dari pertigaan jalan Nusa Indah/Soebandi/Cendrawasih sampai titik 0.575 tepat di jembatan sungai Rembangan mempunyai kemiringan sebesar 0.01 %. Titik 0.575 sampai titik 0.970 tepat di pertigaan lampu merah Bhayangkara mempunyai kemiringan 0.004 %.

Potongan memanjang drainase jalan Nusa Indah sisi kanan pada titik 0.00 sampai titik 0.575 memiliki kemiringan sebesar 0.014 %. Dan titik 0.575 sampai titik 0.970 memiliki kemiringan sebesar 0.0087 %.

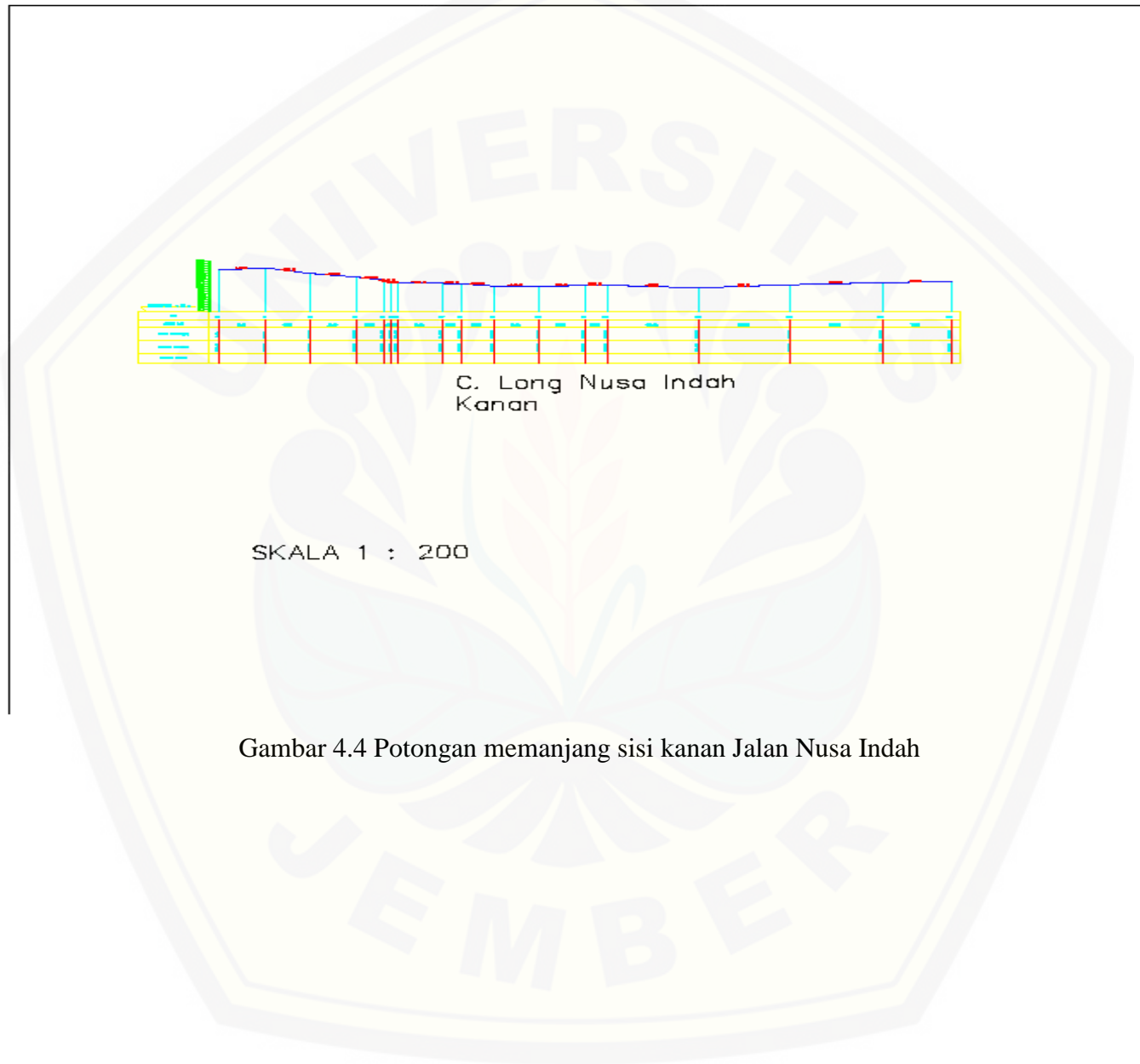
Potongan memanjang drainase jalan Nusa Indah sisi kiri pada titik 0.00 sampai titik 0.575 memiliki kemiringan 0.018 %. Dan titik 0.575 sampai titik 0.970 memiliki kemiringan sebesar 0.0089 %.



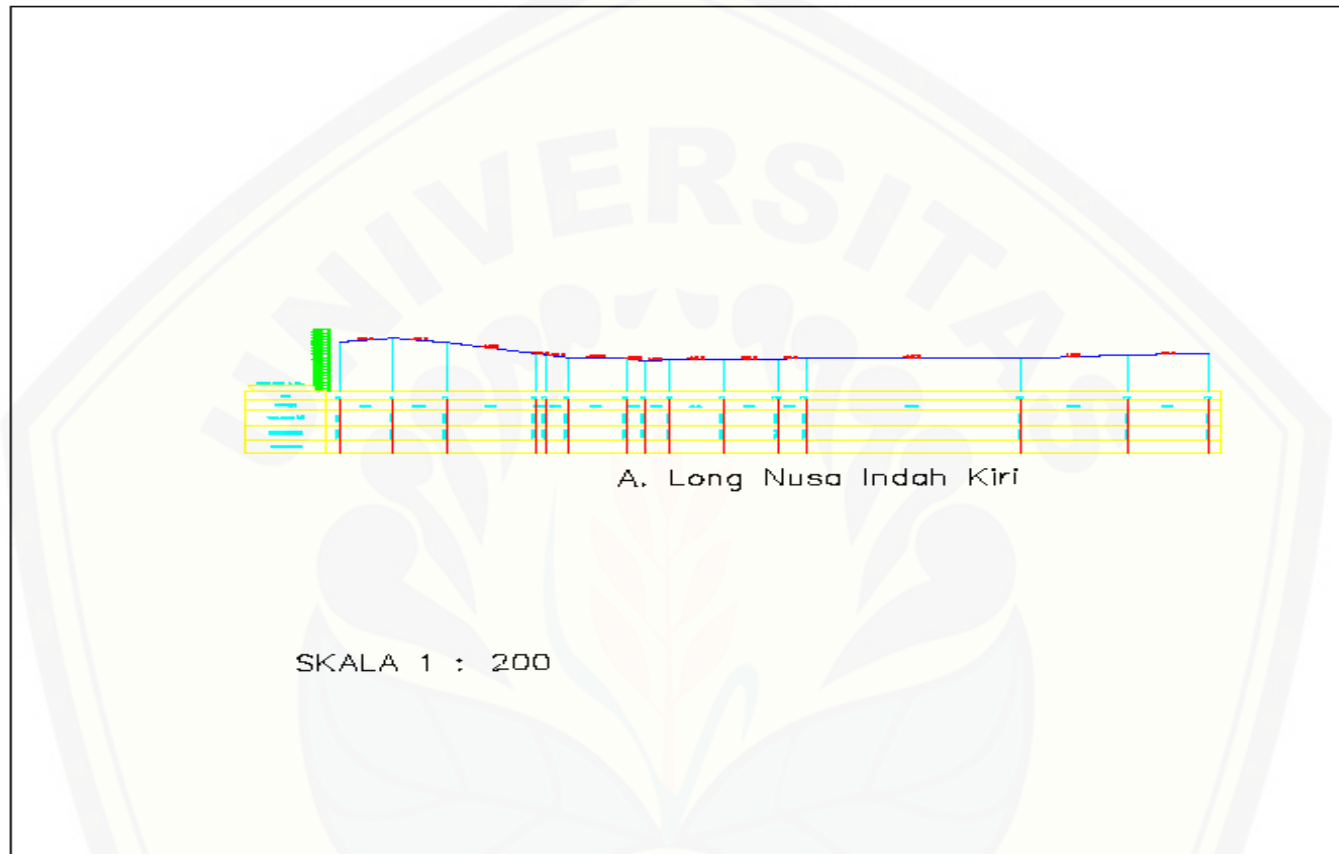
B. Long Nusa Indah Tengah

SKALA 1 : 200

Gambar 4.3 Potongan memanjang Jalan Nusa Indah



Gambar 4.4 Potongan memanjang sisi kanan Jalan Nusa Indah



Gambar 4.5 Potongan memanjang sisi kiri Jalan Nusa Indah

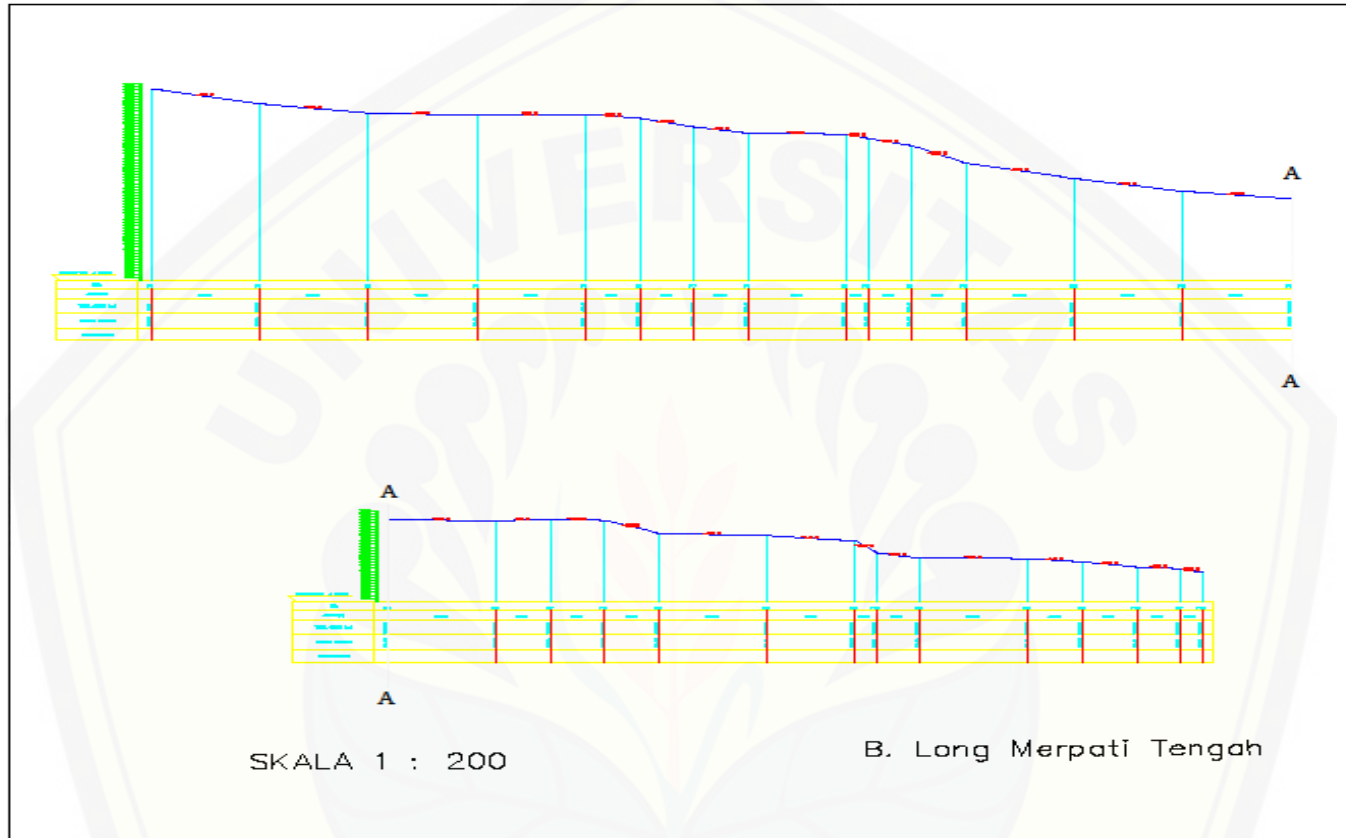
4.3.2 Kondisi Topografi Jalan Merpati

Gambar 4.6 merupakan gambar potongan memanjang jalan Merpati Untuk potongan memanjang drainase jalan Merpati sisi kanan dapat dilihat pada gambar 4.7 dan untuk pptiongan memanjang drainase jalan Merpati sisi kiri dapat dilihat pada gambar 4.8.

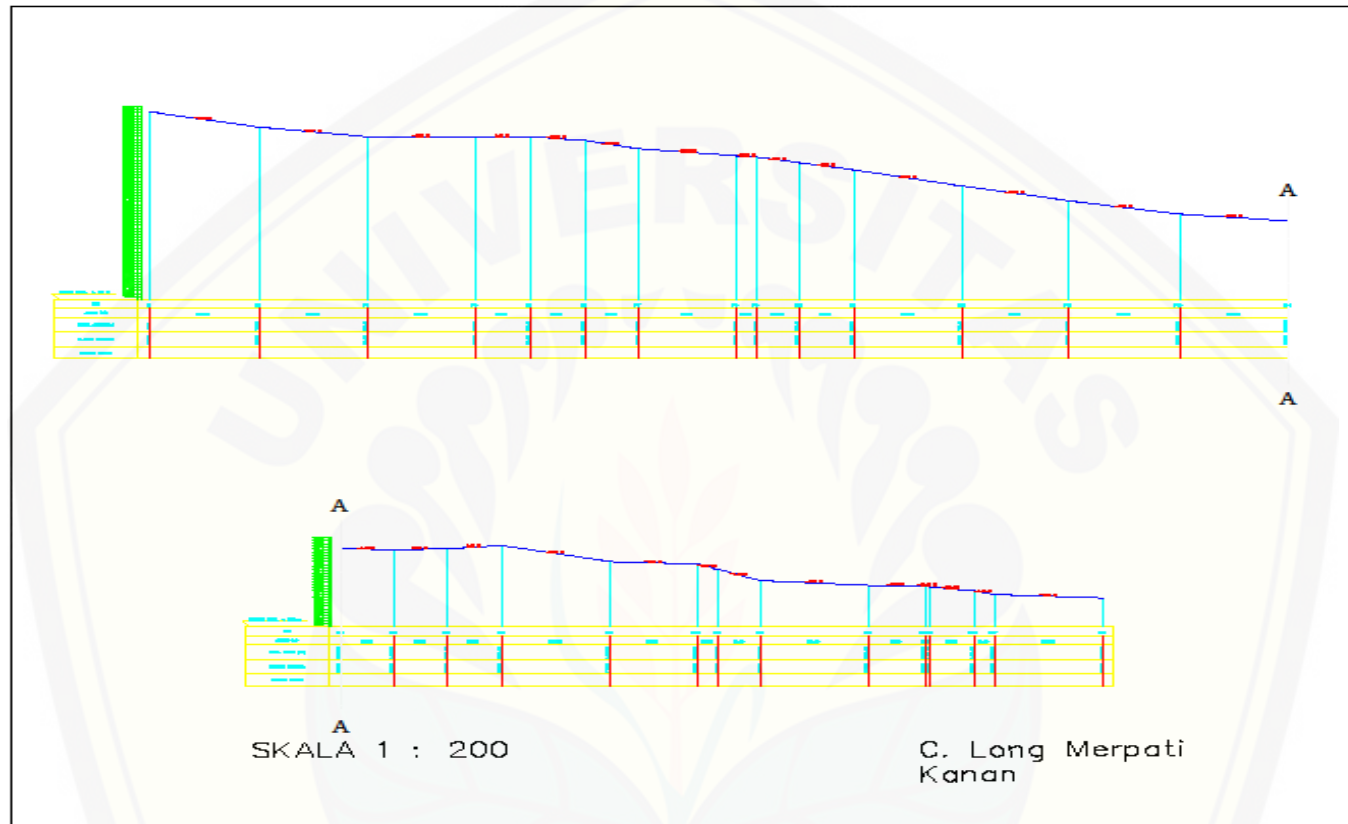
Potongan memanjang jalan Merpati titik 0.00 dimulai dari pertigaan jalan Merpati/Branjangan sampai titik 0.560 mempunyai kemiringan 0.026 %. Titik 0.560 sampai titik 0.950 mempunyai kemiringan 0.023 %. Dan titik 1.590 sampai titik 1.800 mempunyai kemiringan 0.042 %.

Potongan memanjang drainase jalan Merpati sisi kanan pada titik 0.00 sampai titik 0.560 memiliki kemiringan sebesar 0.03 %. Titik 0.560 sampai titik 0.950 memiliki kemiringan sebesar 0.044 %. Titik 0.950 sampai titik 1.590 memiliki kemiringan 0.021 %. Dan titik 1.950 sampai titik 1.800 memiliki kemiringan 0.02 %.

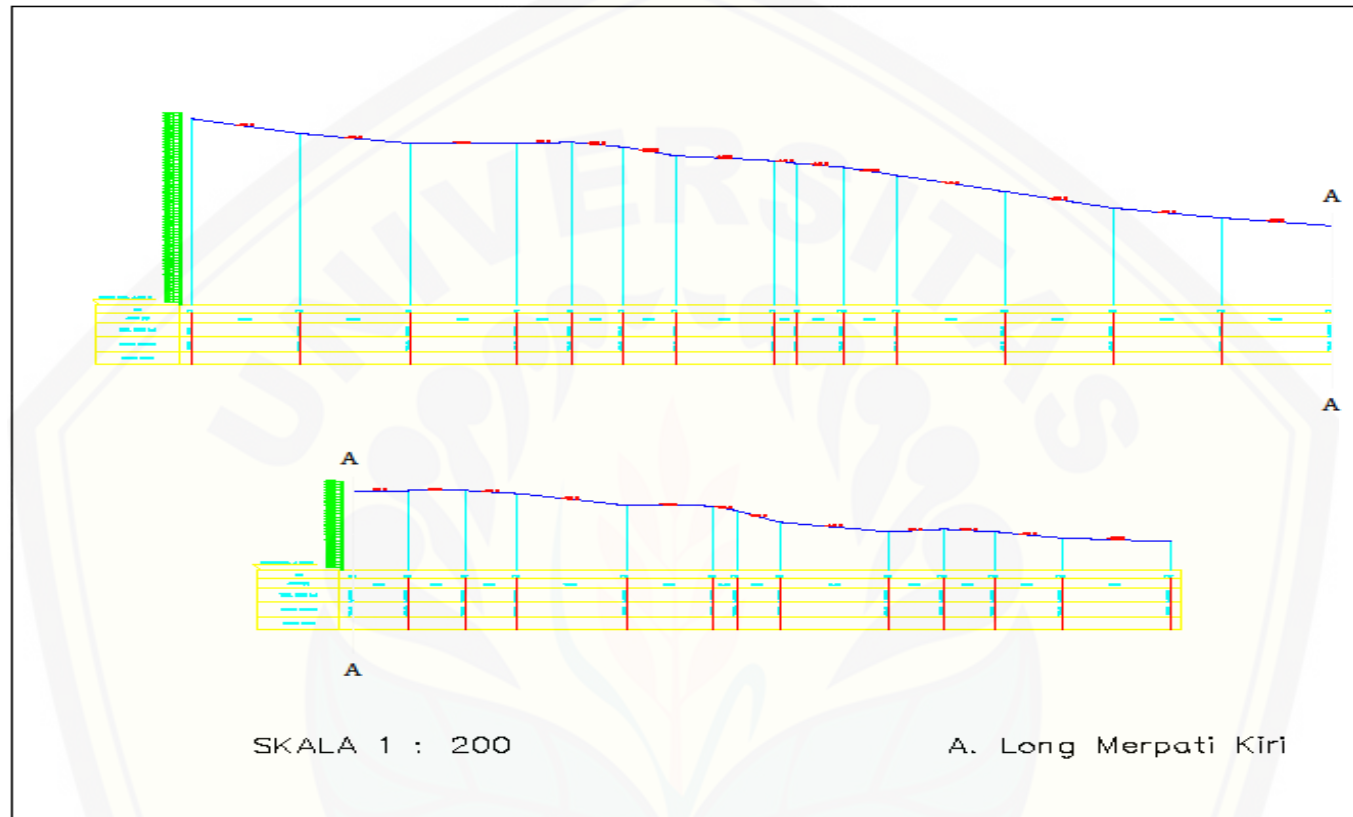
Potongan memanjang drainase jalan Merpati sisi kiri pada titik 0.00 sampai titik 0.560 memiliki kemiringan sebesar 0.029 %. Titik 0.560 sampai titik 0.950 memiliki kemiringan sebesar 0.045 %. Titik 0.950 sampai titik 1.590 memiliki kemiringan 0.022 %. Dan titik 1.950 sampai titik 1.800 memiliki kemiringan 0.019 %.



Gambar 4.6 Potongan memanjang Jalan Merpati



Gambar 4.7 Potongan memanjang sisi kanan Jalan Merpati



Gambar 4.8 Potongan memanjang sisi kiri Jalan Merpati

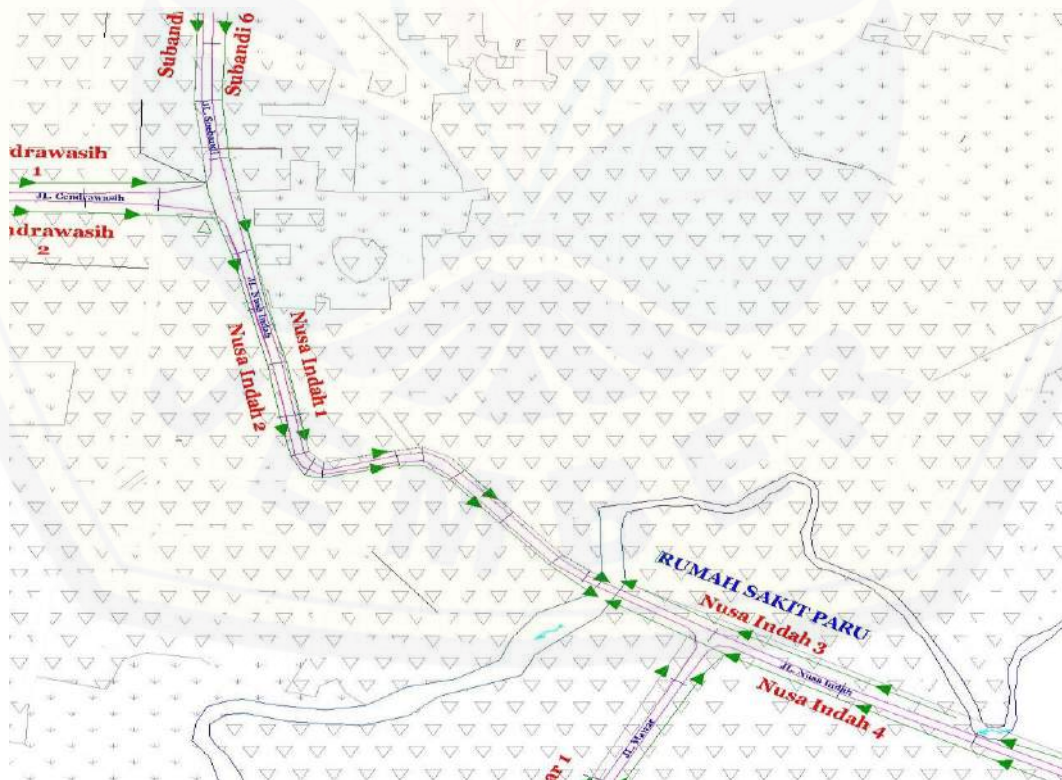
4.4 Sistem Jaringan Drainase

4.4.1 Sistem Jaringan Drainase Jalan Nusa Indah

Sistem jaringan drainase jalan Nusa Indah terbagi atas 4 yaitu :

1. Sistem Jaringan Drainase Nusa Indah 1
2. Sistem Jaringan Drainase Nusa Indah 2
3. Sistem Jaringan Drainase Nusa Indah 3
4. Sistem Jaringan Drainase Nusa Indah 4

Sistem jaringan drainase ini menerima limpasan dari saluran jaringan drainase jalan Soebandi masuk ke jaringan drainase Nusa Indah 1 dan jaringan drainase Nusa Indah 2 mengalir ke bawah menuju sungai Rembangan. Pada jaringan drainase inilah sering terjadi banjir pada kala ulang 1 tahun, tepatnya pada pertigaan jalan Nusa Indah/Soebandi/Cendrawasih. Sedangkan jaringan drainase Nusa Indah 3 dan Nusa Indah 4 dimulai dari SMPN 4 Jember mengalir menuju sungai Rembangan. Pada jaringan drainase ini, tepatnya di depan pertigaan RS PARU terjadi banjir akibat adanya limpasan air dari jaringan drainase jalan Mawar.



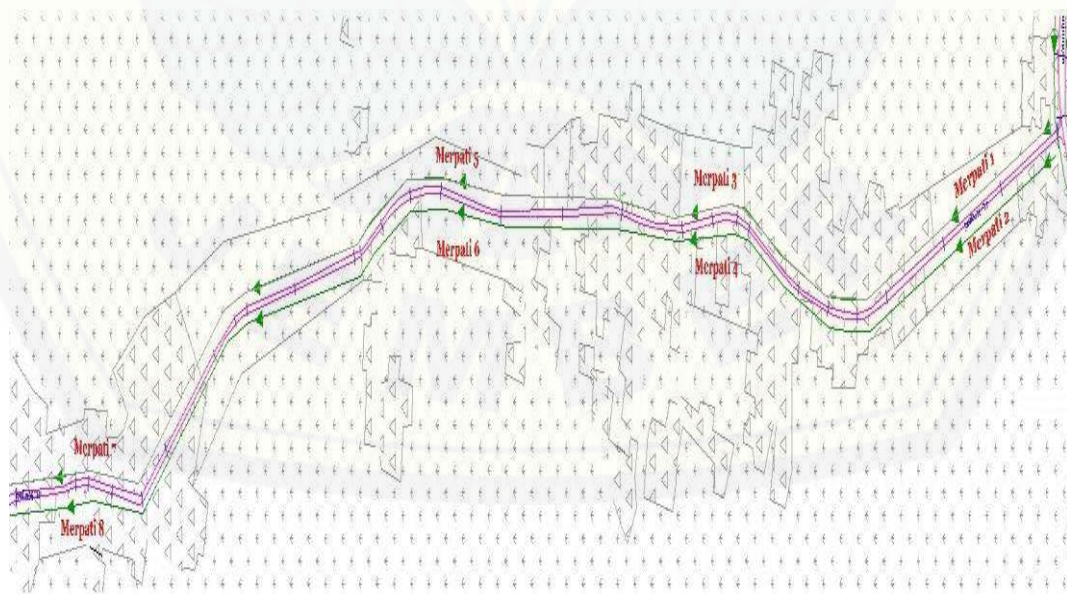
Gambar 4.9 Sistem Jaringan Drainase Jalan Nusa Indah

4.4.2 Sistem Jaringan Drainase Jalan Merpati

Sistem jaringan drainase jalan Merpati terbagi atas 8 yaitu :

1. Sistem Jaringan Drainase Merpati 1
2. Sistem Jaringan Drainase Merpati 2
3. Sistem Jaringan Drainase Merpati 3
4. Sistem Jaringan Drainase Merpati 4
5. Sistem Jaringan Drainase Merpati 5
6. Sistem Jaringan Drainase Merpati 6
7. Sistem Jaringan Drainase Merpati 7
8. Sistem Jaringan Drainase Merpati 8

Sistem jaringan drainase Merpati 1 dan Merpati 2 mengalir dari pertigaan jalan Merpati/Branjangan mengalir ke bawah sampai depan kantor NU cabang Patrang. Pada jaringan drainase Merpati 1 dan Merpati 2 banyak saluran yang ukurannya relatif kecil sehingga tidak dapat menampung limpasan air. Jaringan drainase Merpati 3 dan Merpati 4 berawal dari kantor NU cabang Patrang mengalir turun ke bawah sampai bidan Afita. Jaringan drainase Merpati 5 dan Merpati 6 dimulai dari bidan Afita mengalir sampai depan masjid Al Hidayah. Dan jaringan drainase Merpati 7 dan Merpati 8 berawal dari masjid Al Hidayah sampai ke akhir jalan Merpati yang mengalir ke sungai dibelakang jalan Merpati.



Gambar 4.10 Sistem Jaringan Drainase Jalan Merpati

4.5 Kalibrasi Pemodelan SWMM

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan tinggi muka air dilapangan dengan hasil simulasi *software* SWMM. Tinggi air yang digunakan sebagai data perbandingan kalibrasi adalah data tinggi air dilapangan pada survei dengan curah hujan sebesar 38 mm pada tanggal 28 Maret 2015.

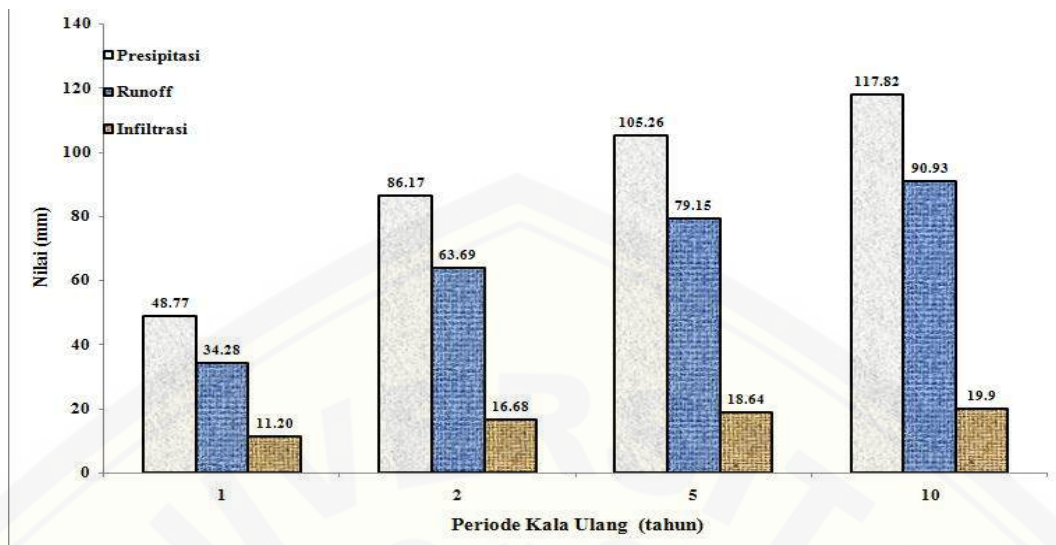
Tabel 4.7 Tabel Rekapitulasi Kalibrasi Pemodelan SWMM

Conduit	Tinggi SWMM	Tinggi Lapangan	Error
C34	38.96	39	0.099

Berdasarkan tabel 4.7 Untuk conduit C34 yang terletak di depan RS PARU didapatkan hasil tinggi SWMM 38.96 cm dan tinggi lapangan 39 cm dengan tingkat error sebesar 0.099 (9.9%).

4.6 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrologi

Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrologi digunakan untuk mengetahui nilai dari infiltrasi dan *runoff* pada Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah. Nilai infiltrasi dan *runoff* didapatkan dari hasil simulasi *software* SWMM dengan kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun. Berdasarkan gambar 4.11 diketahui bahwa nilai *runoff* lebih tinggi dari nilai infiltrasi. Kala ulang 1 tahun mempunyai nilai *runoff* sebesar 34.28 mm dan nilai infiltrasi sebesar 11.20 mm. Kala ulang 2 tahun mempunyai nilai *runoff* sebesar 63.69 mm dan nilai infiltrasi 16.68 mm. Kala ulang 5 tahun mempunyai nilai *runoff* sebesar 79.18 mm dan nilai infiltrasi sebesar 18.64 mm. Kala ulang 10 tahun mempunyai nilai *runoff* sebesar 90.93 mm dan nilai infiltrasi sebesar 19.9 mm. Sehingga bisa diketahui bahwa Jalan Merpati dan Jalan Nusa Indah memiliki daerah impervious yang lebih besar daripada pervious.



Gambar 4.11 Grafik infiltrasi dan *runoff* periode kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun

4.7 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrolik

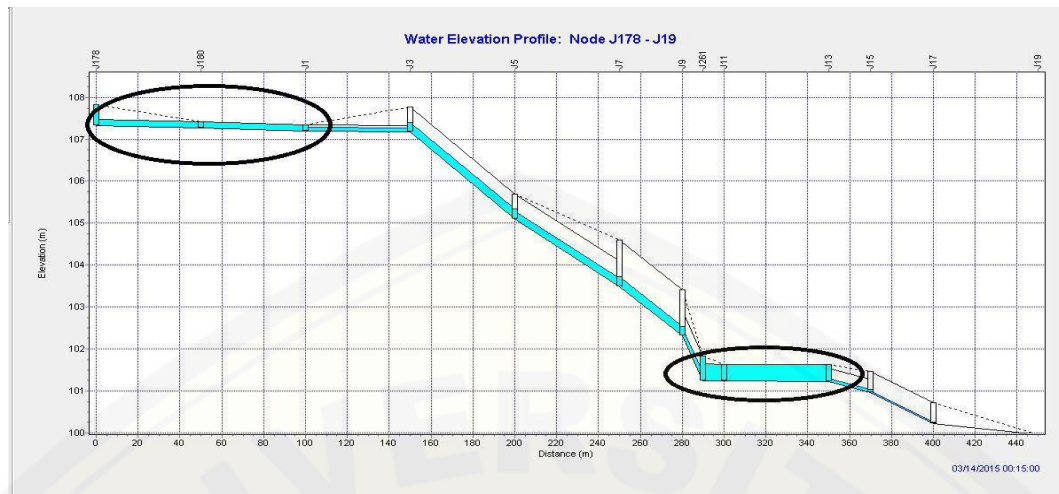
Evaluasi kondisi Eksisting jaringan drainase bertujuan untuk mengamati wilayah yang tergenang banjir. Evaluasi ini dilakukan dengan menggunakan *software* SWMM yang dikalibrasi dengan hasil pengamatan lapangan.

4.6.1 Hasil *Running* SWMM Kala Ulang 1 Tahun

Tabel 4.8 Tabel *Node* Banjir hasil *running* SWMM kala ulang I tahun

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Poned Volume 1000 m3
J2	0.38	0.415	0 00:13	0.361	0.000
J4	0.81	0.143	0 00:07	0.275	0.000
J11	0.54	0.013	0 00:07	0.022	0.000
J28	0.30	0.160	0 00:15	0.115	0.000
J36	0.62	0.107	0 00:15	0.102	0.000
J39	0.61	0.099	0 00:15	0.094	0.000
J41	0.17	0.038	0 00:20	0.015	0.000
J45	0.45	0.060	0 00:13	0.056	0.000
J178	1.47	0.619	0 00:10	0.708	0.000
J180	3.21	0.018	0 00:06	0.131	0.000
J183	0.17	0.009	0 00:10	0.003	0.000
J261	0.42	0.184	0 00:10	0.149	0.000
J315	0.17	0.080	0 00:15	0.033	0.000
J316	0.12	0.006	0 00:15	0.001	0.000
J378	0.49	0.142	0 00:10	0.137	0.000

Sumber : Hasil *Running* SWMM



Gambar 4.12 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 1 Kala Ulang 1 Tahun pada *Node* J178, J180, J261, dan J11

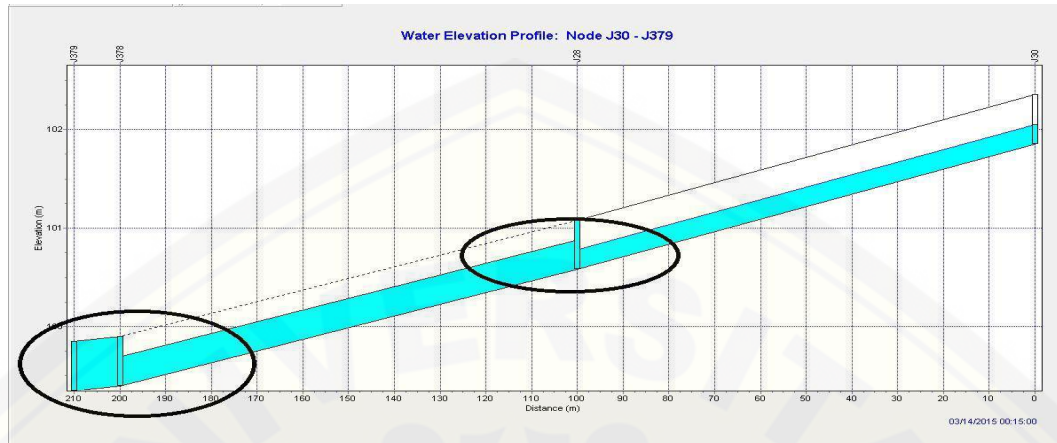
Dari gambar 4.12 terlihat bahwa pada *node* J178, J180, J261, dan J11 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 1 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil dan terdapat sedimentasi berupa pasir dan sampah. Limpasan air melewati bahu jalan karena inlet yang menuju saluran tertutup oleh bangunan lapak pedagang kaki lima diatas saluran.



Gambar 4.13 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 2 Kala Ulang 1 Tahun pada *Node* J315, J316, J2, dan J4

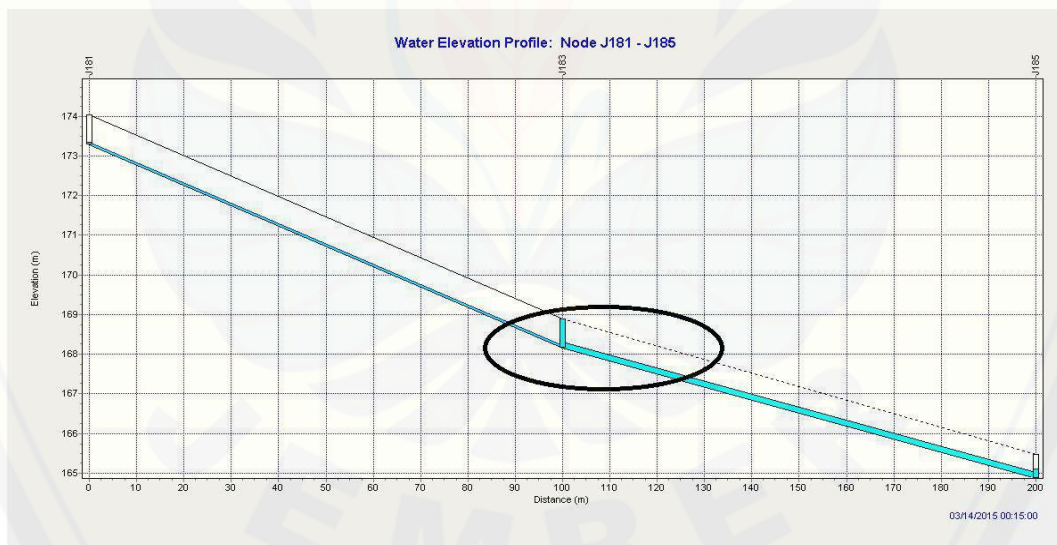
Dari gambar 4.13 terlihat bahwa pada *node* J315, J316, J2, dan J4 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 1 tahun. Hal ini terjadi karena

kemiringan saluran terlalu landai dan menerima limpasan air dari saluran drainase jalan Soebandi.



Gambar 4.14 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 4 Kala Ulang 1 Tahun pada *Node* J28 dan J378

Dari gambar 4.14 dapat terlihat bahwa pada *node* J28 dan J378 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 1 tahun. Hal ini terjadi karena pendangkalan saluran akibat sedimentasi.



Gambar 4.15 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 1 Tahun pada *Node* J183

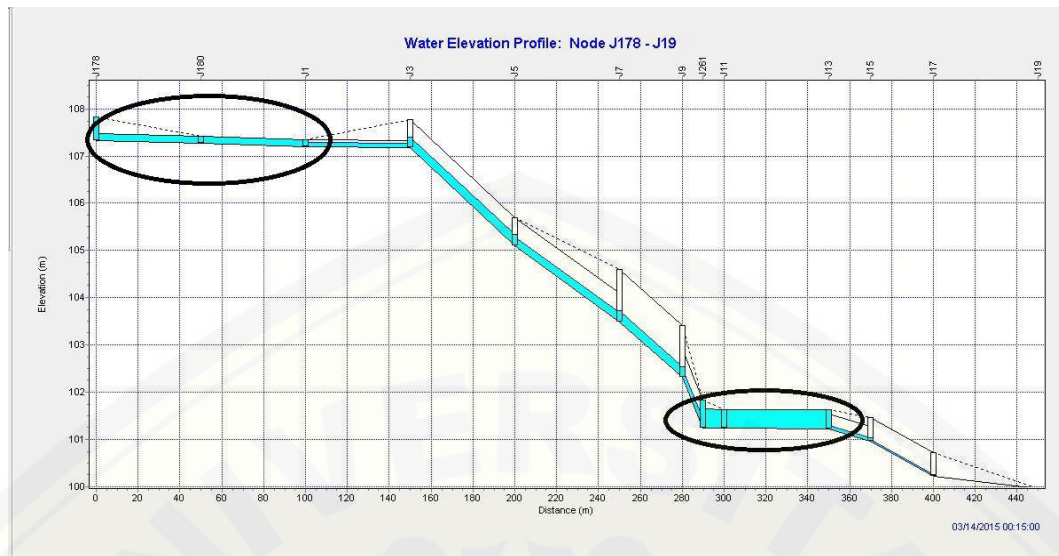
Dari gambar 4.15 dapat terlihat bahwa pada *node* J183 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 1 tahun. Hal ini terjadi karena kapasitas

saluran kurang besar dan banyaknya sampah sehingga air meluber tidak tertampung.

4.7.2 Hasil *Running* SWMM Kala Ulang 2 Tahun

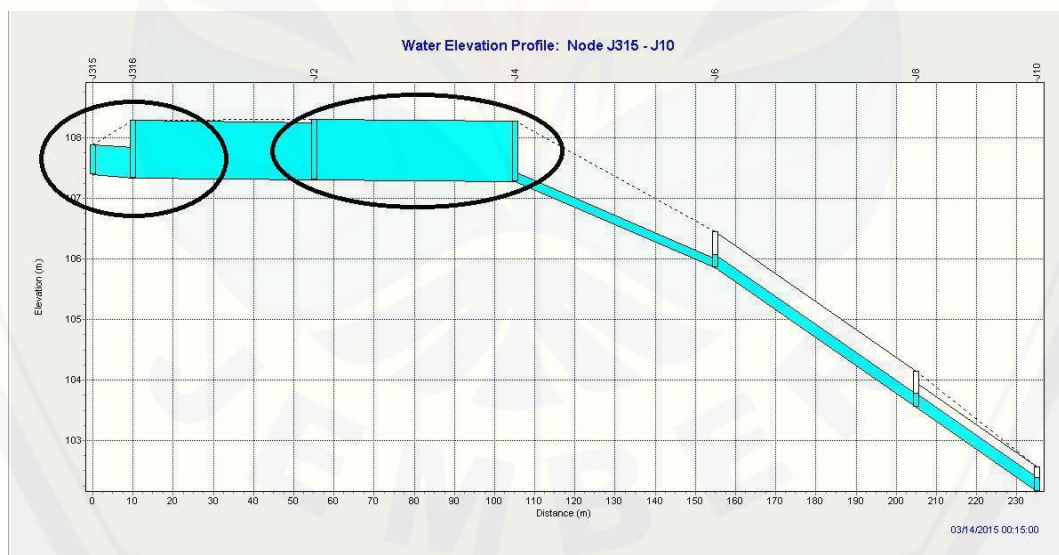
Tabel 4.9 Tabel *Node* Banjir hasil *running* SWMM kala ulang 2 tahun

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Flood Volume 10 ⁶ ltr	Ponded Volume 1000 m ³
J1	0.06	0.001	0 00:10	0.000	0.000
J2	0.57	0.415	0 00:08	0.529	0.000
J4	1.15	0.143	0 00:06	0.391	0.000
J11	0.79	0.013	0 00:06	0.034	0.000
J28	0.52	0.408	0 00:15	0.361	0.000
J35	0.11	0.010	0 00:10	0.003	0.000
J36	0.87	0.229	0 00:15	0.240	0.000
J39	0.87	0.134	0 00:09	0.176	0.000
J41	0.38	0.203	0 00:15	0.152	0.000
J45	0.63	0.060	0 00:08	0.108	0.000
J77	0.24	0.193	0 00:15	0.119	0.000
J116	0.07	0.029	0 00:10	0.004	0.000
J152	0.23	0.181	0 00:10	0.108	0.000
J153	0.25	0.217	0 00:10	0.131	0.000
J156	0.26	0.068	0 00:10	0.052	0.000
J175	0.26	0.350	0 00:10	0.237	0.000
J176	0.05	0.045	0 00:10	0.004	0.000
J177	0.22	0.026	0 00:10	0.010	0.000
J178	2.40	0.999	0 00:10	1.318	0.000
J180	4.55	0.018	0 00:06	0.199	0.000
J183	0.28	0.050	0 00:10	0.028	0.000
J192	0.19	0.075	0 00:15	0.033	0.000
J193	0.04	0.019	0 00:10	0.001	0.000
J195	0.09	0.037	0 00:10	0.007	0.000
J196	0.24	0.098	0 00:10	0.073	0.000
J203	0.15	0.130	0 00:10	0.037	0.000
J206	0.23	0.132	0 00:10	0.068	0.000
J261	0.68	0.441	0 00:10	0.378	0.000
J279	0.04	0.014	0 00:10	0.001	0.000
J315	0.28	0.154	0 00:10	0.117	0.000
J316	0.28	0.080	0 00:15	0.056	0.000
J362	0.23	0.078	0 00:15	0.046	0.000
J378	0.71	0.287	0 00:10	0.296	0.000



Gambar 4.16 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 1 Kala Ulang 2 Tahun pada *Node* J178, J180, J261, dan J11

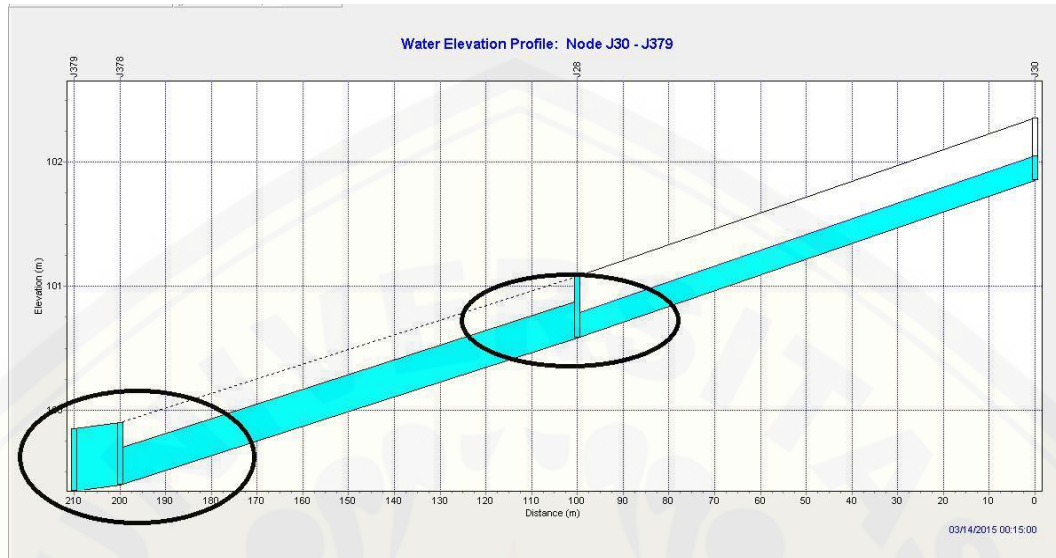
Dari gambar 4.16 terlihat bahwa pada *node* J178, J180, J261, dan J11 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kurang besar dan terdapat sedimentasi berupa pasir dan sampah sehingga terjadi banjir pada pertigaan Jalan Nusa Indah/Cendrawasih/Soebandi.



Gambar 4.17 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 2 Kala Ulang 2 Tahun pada *Node* J315, J316, J2, dan J4

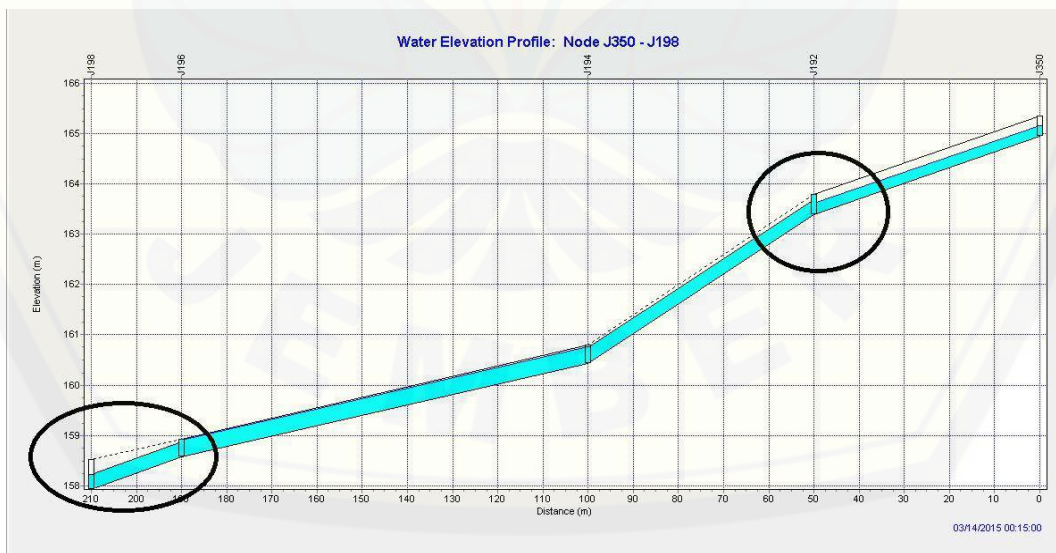
Dari gambar 4.17 terlihat bahwa pada *node* J315, J316, J2, dan J4 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena

kemiringan saluran terlalu landai dan menerima limpasan air dari saluran drainase jalan Soebandi sehingga air meluber dan menggenangi jalan.



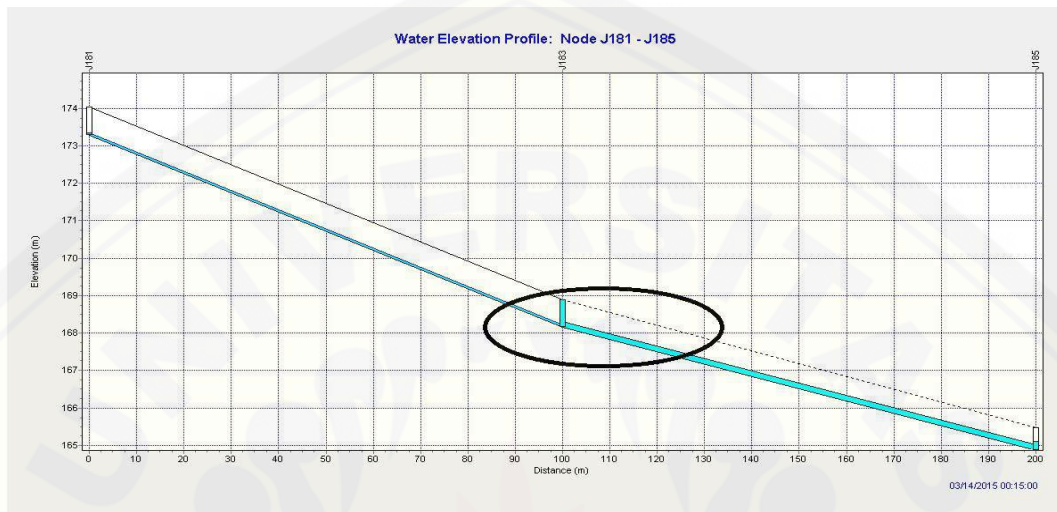
Gambar 4.18 Gambar *Running SWMM* Jaringan Drainase Nusa Indah 4 Kala Ulang 2 Tahun pada *Node* J28 dan J378

Dari gambar 4.18 dapat terlihat bahwa pada *node* J28 dan J378 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena kapasitas saluran kecil dan adanya sedimentasi berupa lumpur sehingga menggenangi pertigaan Jalan Nusa Indah/Mawar tepat di depan RS PARU.



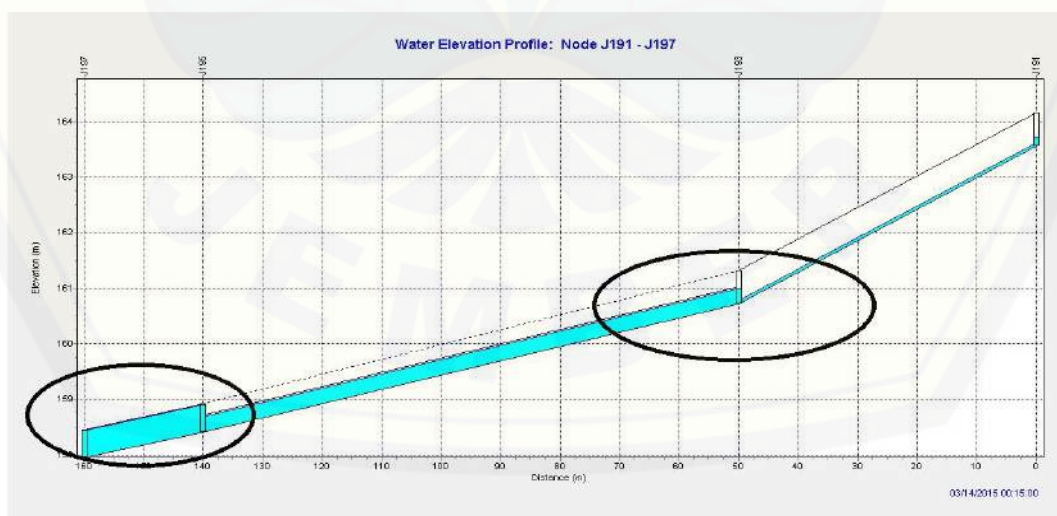
Gambar 4.19 Gambar *Running SWMM* Jaringan Drainase Merpati 1 Kala Ulang 2 Tahun pada *Node* J192 dan J196

Dari gambar 4.19 dapat terlihat bahwa pada *node* J192 dan J196 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena saluran kurang besar dan banyaknya sampah sehingga air meluber tidak tertampung.



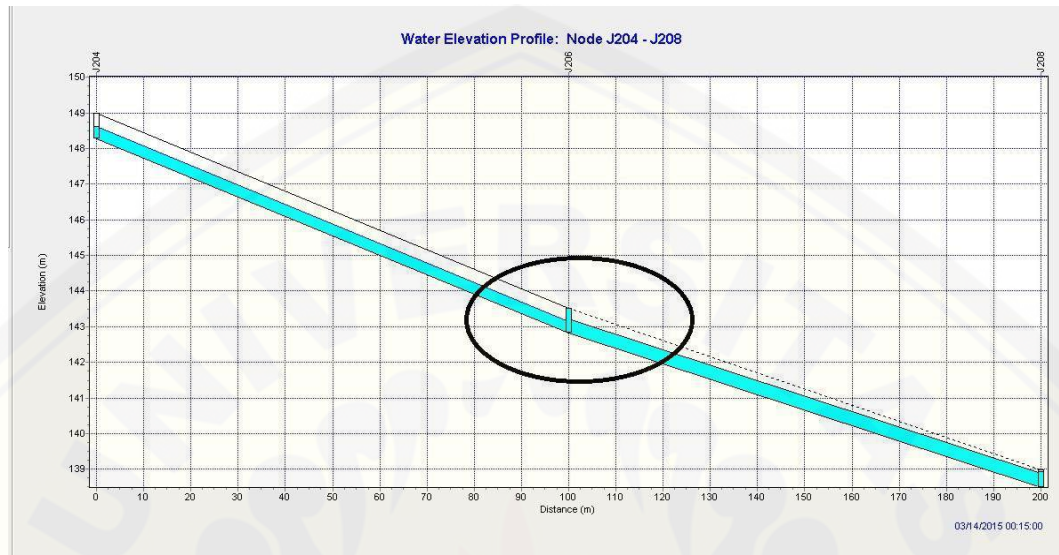
Gambar 4.20 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 2 Tahun pada *Node* J183

Dari gambar 4.20 dapat terlihat bahwa pada *node* J183 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena banyaknya sedimentasi yang mengakibatkan saluran dangkal dan adanya limpasan air drainase dari sawah disekitar saluran.



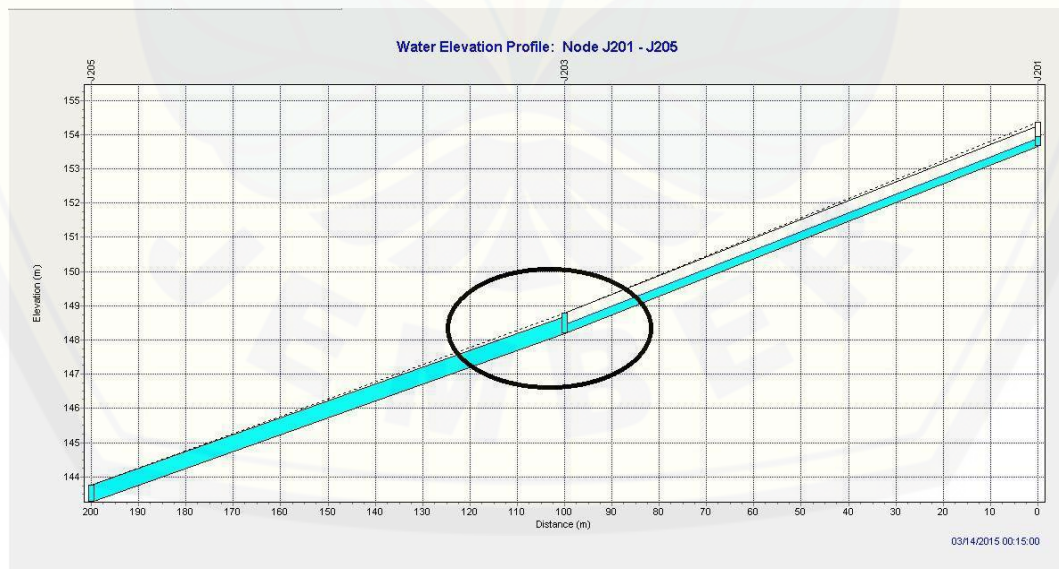
Gambar 4.21 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 2 Tahun pada *Node* J193 dan J195

Dari gambar 4.21 dapat terlihat bahwa pada *node* J193 dan J195 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil akibatnya air tidak tertampung dan meluber ke jalan.



Gambar 4.22 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 3 Kala Ulang 2 Tahun pada *Node* J206

Dari gambar 4.22 dapat terlihat bahwa pada *node* J206 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil dan adanya limpasan air drainase dari sawah disekitar saluran.



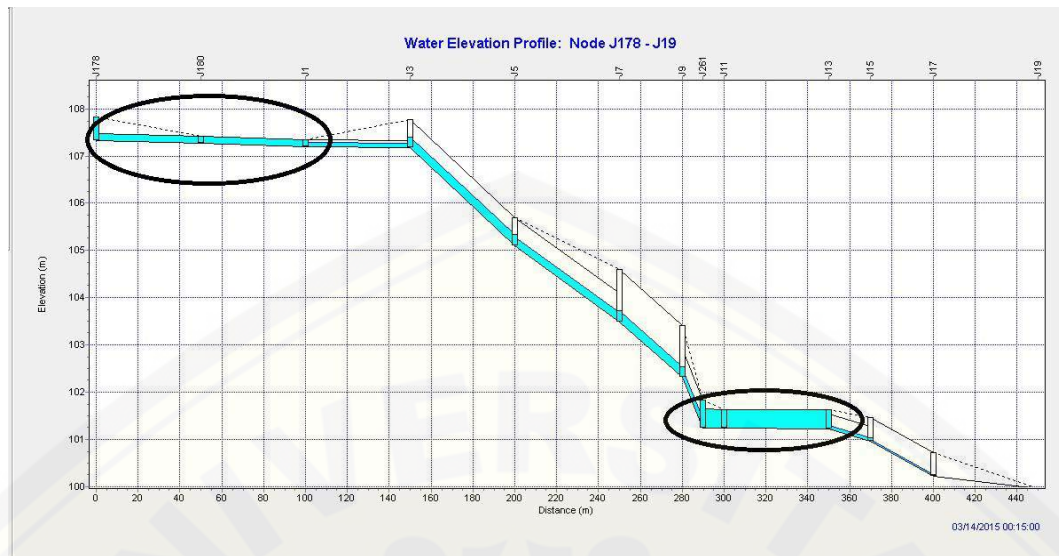
Gambar 4.23 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 4 Kala Ulang 2 Tahun pada *Node* J203

Dari gambar 4.23 dapat terlihat bahwa pada *node* J203 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena saluran dimensi saluran kecil dan adanya sedimentasi pasir.

4.7.3 Hasil *Running* SWMM Kala Ulang 5 Tahun

Tabel 4.10 Tabel *Node* Banjir hasil *running* SWMM kala ulang 5 tahun

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Ponded Volume 1000 m ³
J1	0.13	0.005	0 00:10	0.001	0.000
J2	0.68	0.415	0 00:07	0.620	0.000
J4	1.40	0.143	0 00:06	0.455	0.000
J11	0.96	0.013	0 00:06	0.040	0.000
J12	0.10	0.007	0 00:10	0.002	0.000
J28	0.62	0.541	0 00:15	0.508	0.000
J35	0.21	0.070	0 00:10	0.033	0.000
J36	1.01	0.294	0 00:15	0.321	0.000
J39	0.99	0.134	0 00:08	0.203	0.000
J41	0.49	0.299	0 00:15	0.247	0.000
J45	0.70	0.060	0 00:07	0.124	0.000
J77	0.27	0.330	0 00:15	0.230	0.000
J107	0.17	0.149	0 00:10	0.057	0.000
J110	0.03	0.007	0 00:10	0.000	0.000
J116	0.20	0.117	0 00:10	0.040	0.000
J152	0.27	0.288	0 00:10	0.182	0.000
J153	0.28	0.343	0 00:10	0.221	0.000
J156	0.28	0.077	0 00:10	0.064	0.000
J170	0.02	0.001	0 00:10	0.000	0.000
J172	0.04	0.033	0 00:10	0.003	0.000
J175	0.29	0.560	0 00:10	0.391	0.000
J176	0.16	0.169	0 00:10	0.050	0.000
J177	0.25	0.044	0 00:10	0.021	0.000
J178	2.69	1.054	0 00:10	1.599	0.000
J180	4.87	0.018	0 00:06	0.219	0.000
J183	0.31	0.071	0 00:10	0.043	0.000
J192	0.23	0.193	0 00:15	0.117	0.000
J193	0.15	0.129	0 00:10	0.033	0.000
J195	0.20	0.037	0 00:09	0.022	0.000
J196	0.27	0.098	0 00:09	0.085	0.000
J203	0.23	0.204	0 00:10	0.091	0.000
J206	0.26	0.230	0 00:10	0.134	0.000
J233	0.03	0.002	0 00:10	0.000	0.000
J261	0.78	0.579	0 00:10	0.518	0.000
J279	0.19	0.130	0 00:10	0.044	0.000
J315	0.29	0.180	0 00:10	0.142	0.000
J316	0.29	0.120	0 00:10	0.090	0.000
J338	0.20	0.061	0 00:15	0.030	0.000
J362	0.26	0.139	0 00:15	0.094	0.000
J378	0.79	0.313	0 00:10	0.360	0.000



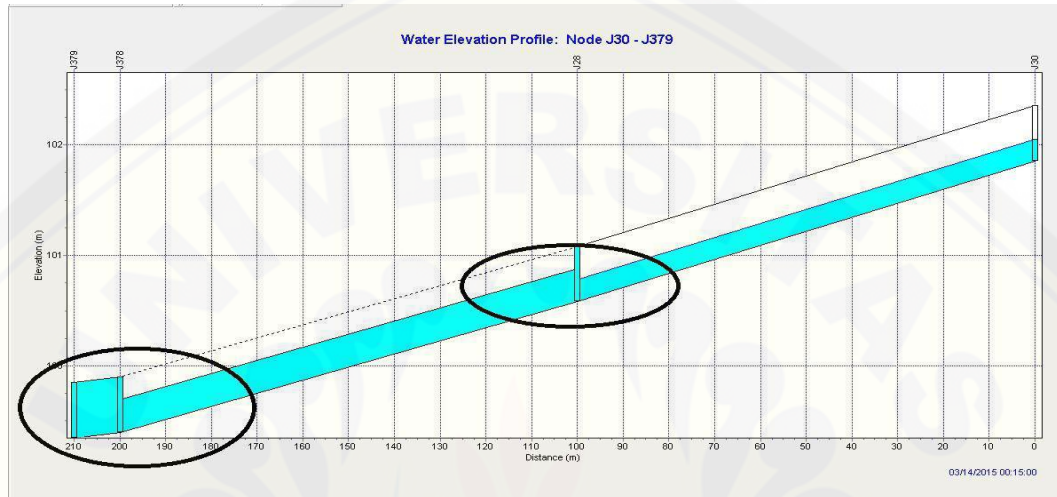
Gambar 4.24 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 1 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J178, J180, J 261, dan J11

Dari gambar 4.24 terlihat bahwa pada saluran *node* J178, J180, J261, dan J11 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 5 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kurang besar dan terdapat sedimentasi berupa pasir dan sampah sehingga terjadi banjir pada pertigaan Jalan Nusa Indah/Cendrawasih/Soebandi.



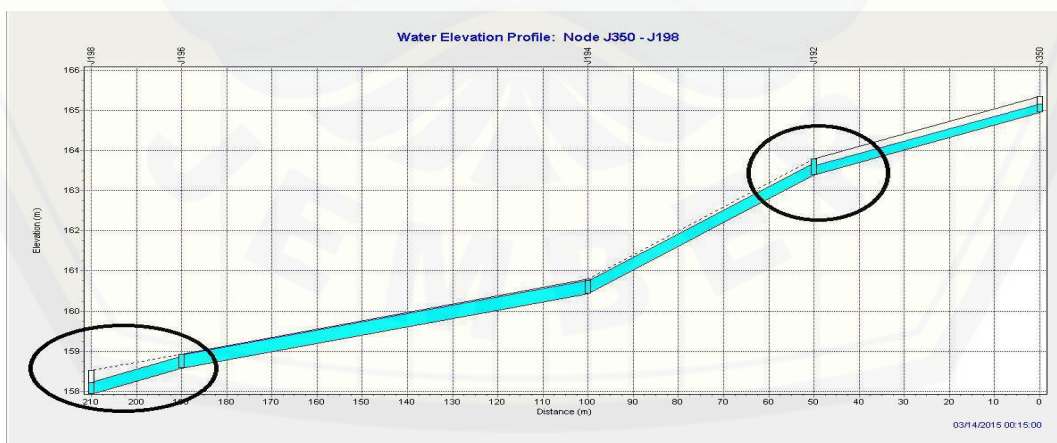
Gambar 4.25 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 2 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J315, J316, J2, J4, dan J12

Dari gambar 4.25 terlihat bahwa pada *node* J315, J316, J2, dan J4 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 2 tahun. Hal ini terjadi karena menerima limpasan air dari saluran drainase jalan Soebandi sehingga air meluber dan menggenangi jalan dan kemiringan saluran terlalu landai. Untuk *node* J12 saluran terdapat sedimentasi dan sampah.



Gambar 4.26 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 4 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J28 dan J378

Dari gambar 4.26 dapat terlihat bahwa pada *node* J28 dan J378 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 5 tahun. Hal ini terjadi karena kapasitas saluran kecil dan adanya sedimentasi berupa lumpur sehingga menggenangi pertigaan Jalan Nusa Indah/Mawar tepat di depan RS PARU.



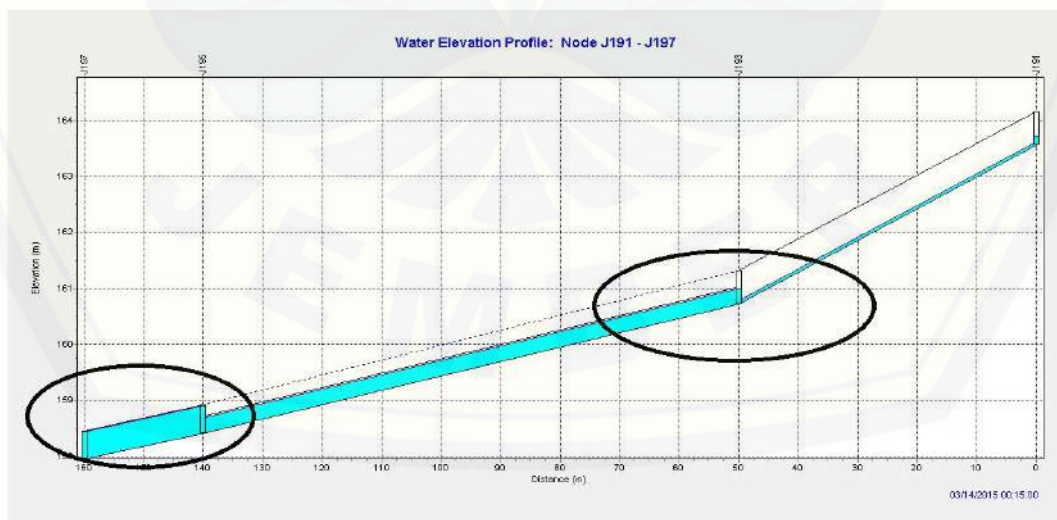
Gambar 4.27 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 1 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J192 dan J196

Dari gambar 4.27 dapat terlihat bahwa pada *node* J192 dan J196 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 5 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil dan banyaknya sampah sehingga air meluber tidak tertampung.



Gambar 4.28 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J183

Dari gambar 4.28 dapat terlihat bahwa pada *node* J183 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 5 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil akibatnya air tidak tertampung dan meluber ke jalan.



Gambar 4.29 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J193 dan J195

Dari gambar 4.29 dapat terlihat bahwa pada *node* J193 dan J195 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 5 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil dan adanya limpasan air drainase dari sawah disekitar saluran sehingga air meluber ke jalan.



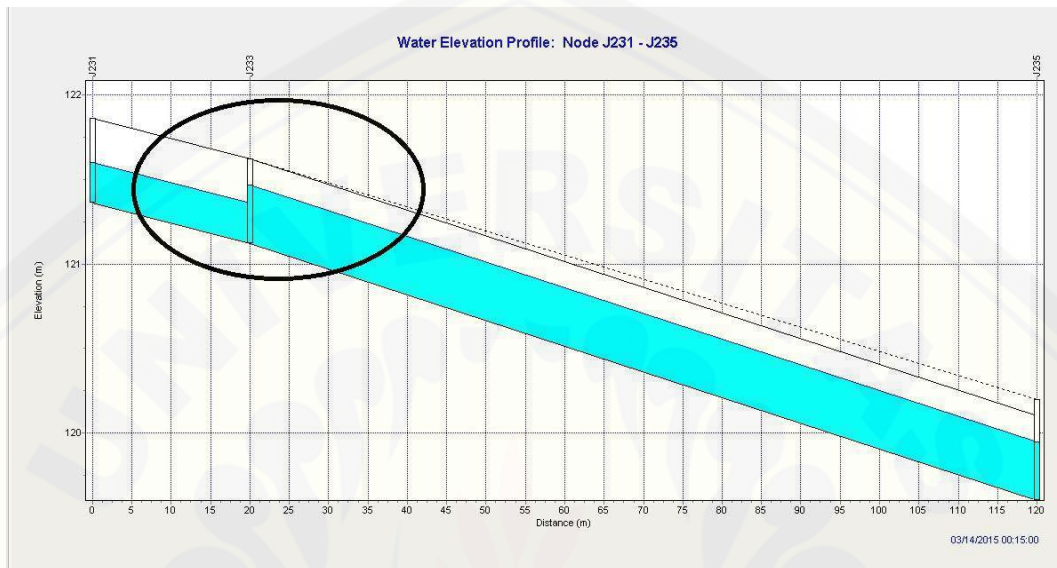
Gambar 4.30 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 3 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J206

Dari gambar 4.30 dapat terlihat bahwa pada *node* J206 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 5 tahun. Hal ini terjadi karena saluran dimensi saluran kecil dan adanya sedimentasi berupa pasir.



Gambar 4.31 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 4 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J203

Dari gambar 4.31 dapat terlihat bahwa pada *node* J203 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 5 tahun. Hal ini terjadi karena adanya limpasan air irigasi masuk ke saluran dan terdapat sedimentasi serta dimensi saluran kecil.



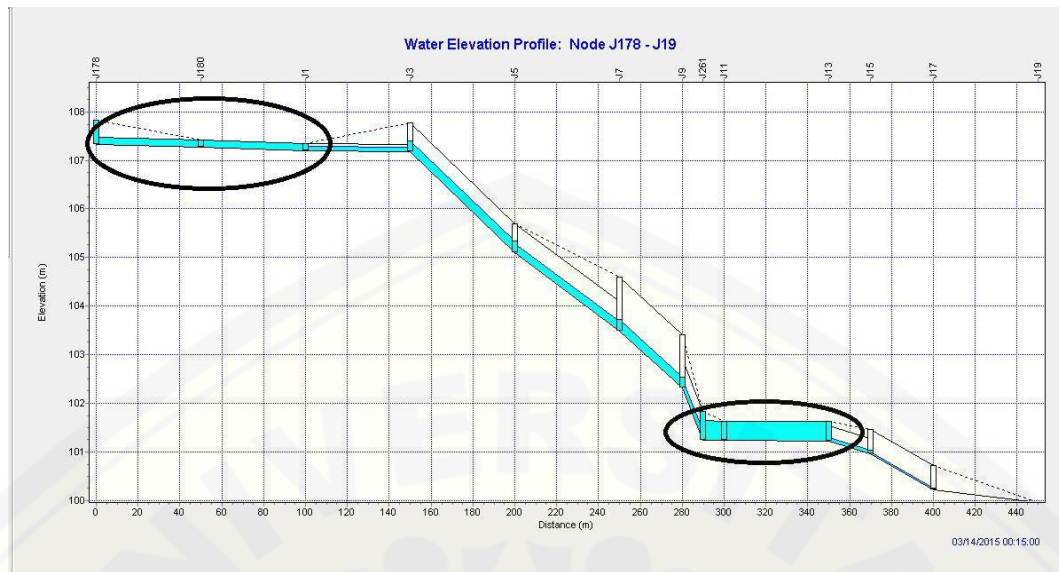
Gambar 4.32 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 8 Kala Ulang 5 Tahun pada *Node* J233

Dari gambar 4.32 dapat terlihat bahwa pada *node* J233 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 5 tahun. Hal ini terjadi karena saluran terdapat sedimentasi dan limpasan air di sekitar saluran yang cukup besar.

4.7.4 Hasil *Running* SWMM Kala Ulang 10 TahunTabel 4.11 Tabel *Node* Banjir hasil *running* SWMM kala ulang 10 tahun

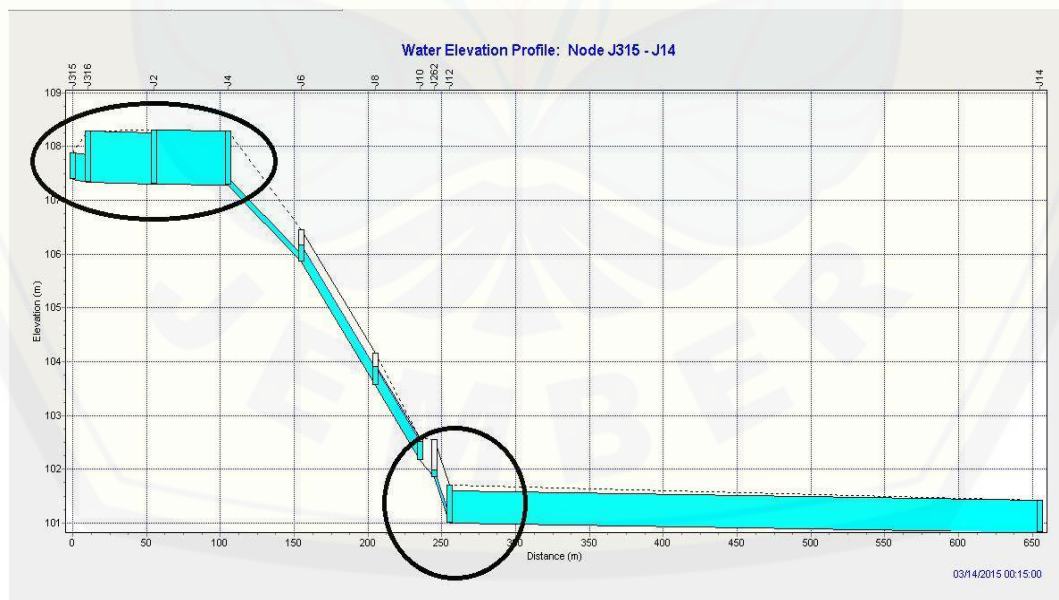
 Flooding refers to all water that overflows a node, whether it ponds or not.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Ponded Volume 1000 m3
J1	0.17	0.007	0 00:10	0.002	0.000
J2	0.73	0.415	0 00:07	0.683	0.000
J4	1.55	0.143	0 00:06	0.496	0.000
J11	1.04	0.013	0 00:06	0.045	0.000
J12	0.17	0.072	0 00:10	0.029	0.000
J28	0.68	0.607	0 00:10	0.603	0.000
J30	0.12	0.024	0 00:15	0.008	0.000
J35	0.23	0.111	0 00:10	0.058	0.000
J36	1.11	0.341	0 00:10	0.377	0.000
J39	1.09	0.134	0 00:08	0.220	0.000
J41	0.53	0.364	0 00:15	0.316	0.000
J45	0.79	0.060	0 00:07	0.133	0.000
J77	0.28	0.422	0 00:15	0.309	0.000
J107	0.21	0.303	0 00:10	0.146	0.000
J110	0.07	0.039	0 00:10	0.005	0.000
J116	0.22	0.177	0 00:10	0.076	0.000
J141	0.12	0.021	0 00:10	0.007	0.000
J152	0.28	0.341	0 00:10	0.226	0.000
J153	0.29	0.385	0 00:10	0.275	0.000
J156	0.31	0.084	0 00:10	0.071	0.000
J166	0.02	0.002	0 00:10	0.000	0.000
J169	0.15	0.115	0 00:10	0.038	0.000
J170	0.07	0.074	0 00:10	0.009	0.000
J172	0.10	0.038	0 00:10	0.010	0.000
J174	0.07	0.024	0 00:10	0.003	0.000
J175	0.29	0.589	0 00:10	0.461	0.000
J176	0.21	0.172	0 00:10	0.089	0.000
J177	0.26	0.056	0 00:10	0.029	0.000
J178	2.87	1.091	0 00:10	1.763	0.000
J180	5.03	0.018	0 00:06	0.230	0.000
J183	0.34	0.086	0 00:10	0.054	0.000
J192	0.25	0.275	0 00:10	0.180	0.000
J193	0.21	0.203	0 00:10	0.071	0.000
J195	0.23	0.037	0 00:09	0.027	0.000
J196	0.28	0.098	0 00:08	0.091	0.000
J203	0.23	0.253	0 00:10	0.123	0.000
J206	0.27	0.297	0 00:10	0.182	0.000
J233	0.07	0.026	0 00:10	0.003	0.000
J261	0.88	0.673	0 00:10	0.615	0.000
J279	0.22	0.209	0 00:10	0.091	0.000
J309	0.10	0.023	0 00:10	0.004	0.000
J315	0.35	0.197	0 00:10	0.161	0.000
J316	0.32	0.151	0 00:10	0.113	0.000
J338	0.23	0.104	0 00:15	0.060	0.000
J362	0.28	0.182	0 00:10	0.129	0.000
J378	0.83	0.329	0 00:10	0.397	0.000



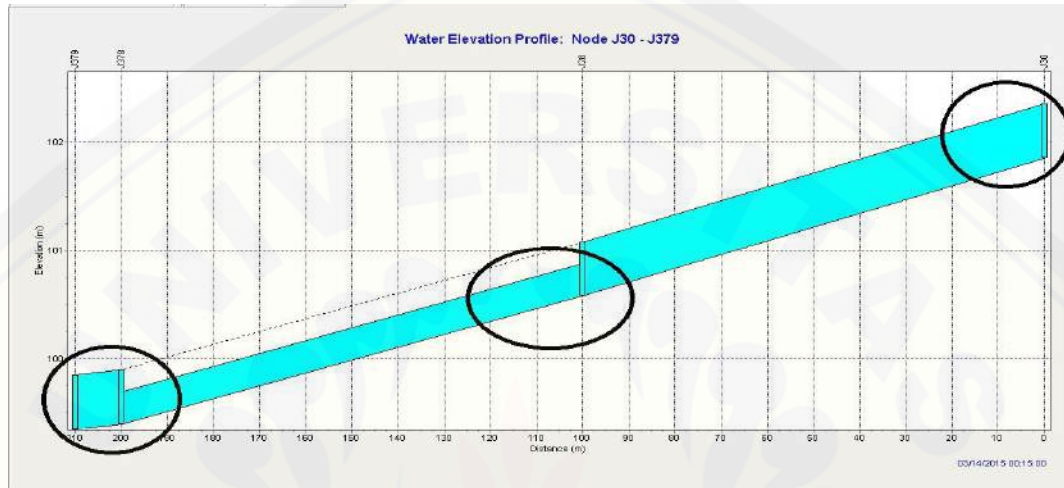
Gambar 4.33 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 1 Kala Ulang 10 Tahun pada *Node* J178, J180, J261, dan J11

Dari gambar 4.33 terlihat bahwa pada saluran *node* J178, J180, J261, dan J11 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kurang besar dan terdapat sedimentasi berupa pasir dan sampah sehingga terjadi banjir pada pertigaan Jalan Nusa Indah/Cendrawasih/Soebandi.



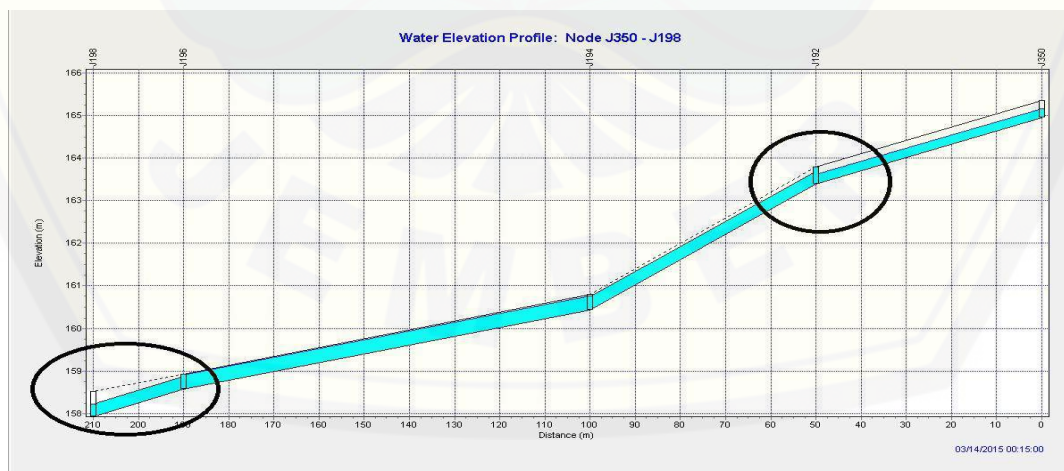
Gambar 4.34 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 2 Kala Ulang 10 Tahun pada *Node* J315, J316, J2, J4 dan J12

Dari gambar 4.34 terlihat bahwa pada J315, J316, J2, J4, dan J12 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena menerima limpasan air dari saluran drainase jalan Soebandi sehingga air meluber dan menggenangi jalan dan kemiringan saluran terlalu landai. Untuk *node* J12 saluran terdapat sedimentasi dan sampah.



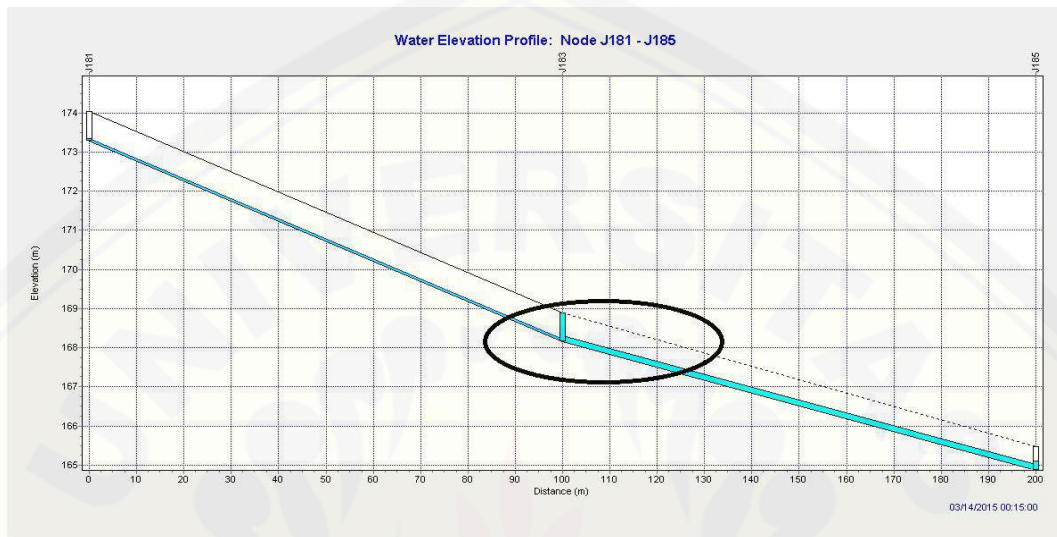
Gambar 4.35 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Nusa Indah 4 Kala Ulang 10 Tahun pada *Node* J28, J30, dan J378

Dari gambar 4.35 dapat terlihat bahwa pada *node* J28, J30, dan J378 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena kapasitas saluran kecil dan adanya sedimentasi berupa lumpur sehingga menggenangi pertigaan Jalan Nusa Indah/Mawar tepat di depan RS PARU.



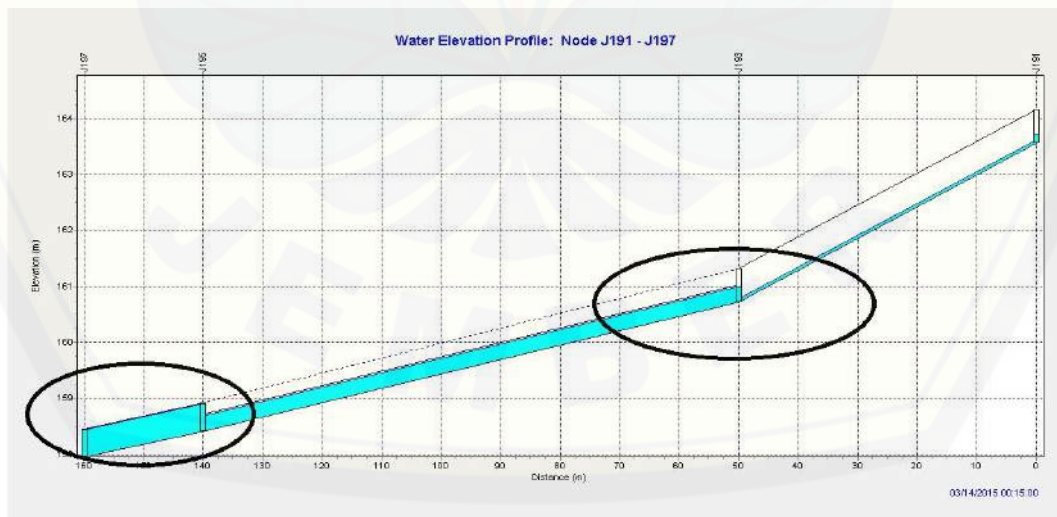
Gambar 4.36 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 1 Kala Ulang 10 Tahun pada *Node* J192 dan J196

Dari gambar 4.36 dapat terlihat bahwa pada *node* J192 dan J196 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil dan banyaknya sampah sehingga air meluber tidak tertampung.



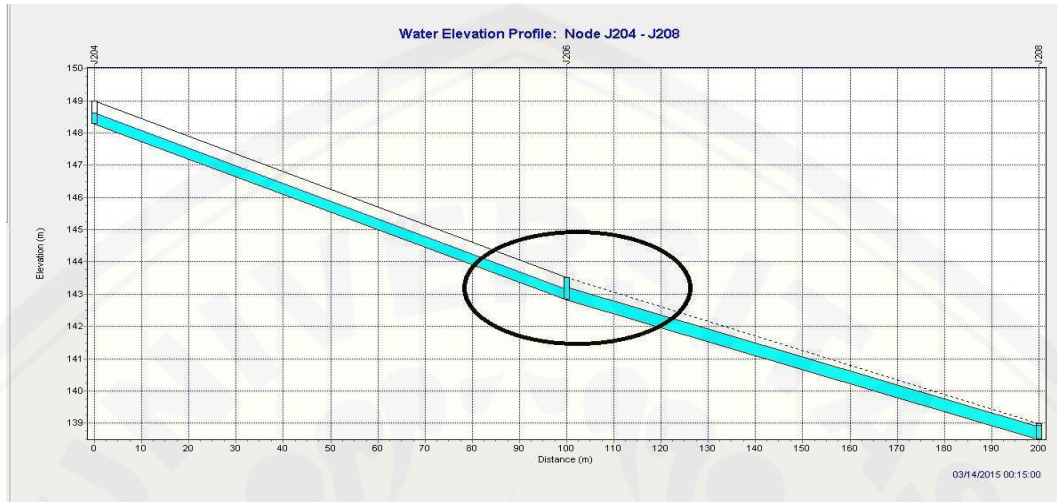
Gambar 4.37 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 10 Tahun *Node* J183

Dari gambar 4.37 dapat terlihat bahwa pada *node* J183 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil akibatnya air tidak tertampung dan meluber ke jalan.



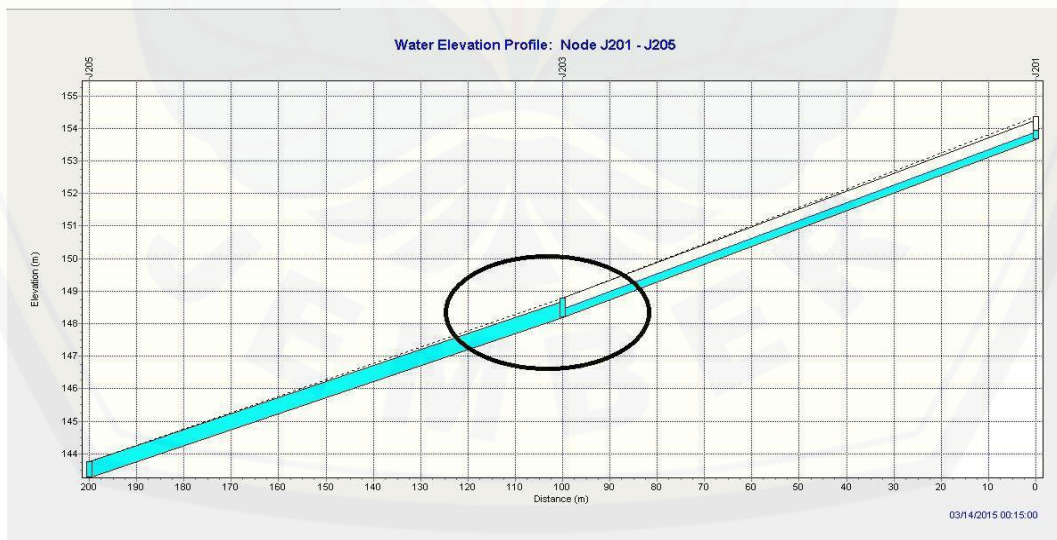
Gambar 4.38 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 2 Kala Ulang 10 Tahun pada *Node* J193 dan J195

Dari gambar 4.38 dapat terlihat bahwa pada node J193 dan J195 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil sehingga air meluber ke jalan.



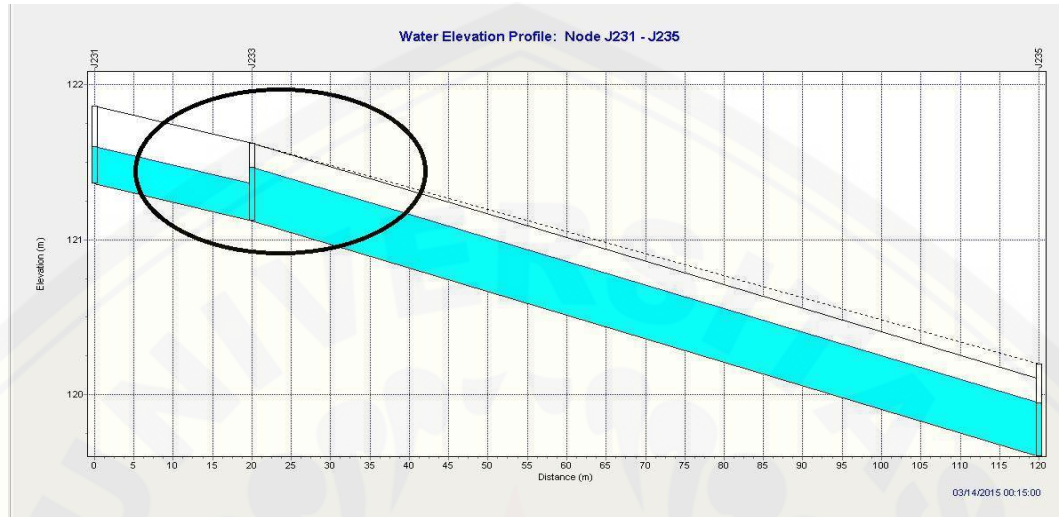
Gambar 4.39 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 3 Kala Ulang 10 Tahun pada *Node* J206

Dari gambar 4.39 dapat terlihat bahwa pada *node* J206 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena menerima limpasan air irigasi dari sawah di sekitar saluran dan dimensi saluran kecil.



Gambar 4.40 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 4 Kala Ulang 10 Tahun pada *Node* J203

Dari gambar 4.40 dapat terlihat bahwa pada *node* J203 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena dimensi saluran kecil dan terdapat endapan lumpur.



Gambar 4.41 Gambar *Running* SWMM Jaringan Drainase Merpati 8 Kala Ulang 10 Tahun pada *Node* J233

Dari gambar 4.41 dapat terlihat bahwa pada *node* J233 air tidak dapat tertampung oleh saluran pada kala ulang 10 tahun. Hal ini terjadi karena saluran terdapat sedimentasi dan limpasan air di sekitar saluran yang cukup besar.

4.8 Normalisasi Saluran Drainase

Setelah diketahui lokasi banjir berdasarkan *running* SWMM, maka dilakukan normalisasi terhadap saluran yang mengalami banjir. Normalisasi dilakukan dengan merubah dimensi saluran pada program *running* SWMM hingga diperoleh dimensi saluran yang mampu menampung debit banjir pada kala ulang 10 tahun.

Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh data dimensi saluran yang mampu menampung debit banjir pada sistem jaringan drainase jalan Nusa Indah dan jalan Merpati ditunjukkan pada tabel 4.9

Tabel 4.12 Tabel Dimensi Saluran Lama dan Saluran Baru Kala Ulang 10 Tahun

Nama Saluran	Bentuk Saluran Saluran	Dimensi Lama		Dimensi Baru		Lokasi Saluran
		h	b	h	b	
C192	Trapeسيوم	0.75	0.5	0.8	0.6	Merpati 2
C195	Trapeسيوم	0.15	0.2	0.6	0.6	Merpati 2
C200	Rect Open	0.4	0.5	0.6	0.5	Merpati 1
C203	Trapeسيوم	0.3	0.5	0.5	0.5	Merpati 1
C205	Trapeسيوم	0.35	0.7	0.6	0.7	Merpati 1
C207	Trapeسيوم	0.3	0.5	0.5	0.5	Merpati 1
C202	Trapeسيوم	0.6	0.5	0.7	0.6	Merpati 2
C204	Trapeسيوم	0.3	0.7	0.7	0.7	Merpati 2
C206	Rect Open	0.5	0.5	0.7	0.55	Merpati 2
C212	Trapeسيوم	0.6	0.7	0.7	0.7	Merpati 4
C214	Rect Open	0.5	0.5	0.9	0.6	Merpati 4
C216	Trapeسيوم	0.4	1	0.7	1	Merpati 4
C218	Trapeسيوم	0.6	0.7	0.7	0.7	Merpati 4
C215	Trapeسيوم	0.7	0.55	0.8	0.7	Merpati 3
C217	Trapeسيوم	0.4	0.4	0.7	0.6	Merpati 3
C219	Trapeسيوم	0.5	0.6	0.8	0.6	Merpati 3
C314	Rect Close	0.4	0.4	0.6	0.4	Merpati 8
C315	Rect Close	0.4	0.4	0.6	0.4	Merpati 8
C14	Trapeسيوم	0.7	0.5	0.9	0.6	Nusa Indah 2
C13	Trapeسيوم	0.4	0.5	0.8	0.6	Nusa Indah 1
C11	Trapeسيوم	0.6	0.4	0.9	0.6	Nusa Indah 1
C12	Rect Close	0.4	0.5	0.7	0.6	Nusa Indah 2
C15	Rect Close	0.4	0.6	0.7	0.6	Nusa Indah 1
C17	Rect Close	0.3	0.4	0.7	0.6	Nusa Indah 1
C32	Trapeسيوم	0.5	0.5	0.6	0.5	Nusa Indah 4
C34	Trapeسيوم	0.3	0.3	1	0.7	Nusa Indah 4
C322	Rect Close	0.5	0.4	0.7	0.6	Nusa Indah 4
C187	Rect Close	0.5	0.6	0.9	0.7	Nusa Indah 2
C191	Rect Close	0.15	0.4	1.2	0.7	Nusa Indah 1
C316	Rect Close	0.5	0.6	0.9	0.7	Nusa Indah 2
C1	Rect Close	0.15	0.4	1.2	0.7	Nusa Indah 1
C41	Trapeسيوم	0.95	0.4	1.2	0.9	Nusa Indah 2
C4	Rect Close	1	0.4	1.2	0.7	Nusa Indah 2
C185	Rect Close	0.5	0.6	0.9	0.7	Soebandi 7
C186	Rect Close	0.5	0.6	1.2	0.9	Soebandi 8
C3	Rect Close	0.15	0.4	1.2	0.7	Nusa Indah 1
C5	Trapeسيوم	0.6	0.3	1.2	0.7	Nusa Indah 1
C6	Trapeسيوم	0.15	0.45	0.9	0.7	Nusa Indah 2
C8	Trapeسيوم	0.6	0.5	0.9	0.7	Nusa Indah 2
C10	Trapeسيوم	0.4	0.5	0.9	0.6	Nusa Indah 2

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.12 didapat data saluran lama yang awalnya mengalami *overload* dan data saluran baru yang mampu menampung debit dan aman dari banjir.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan dalam evaluasi kinerja jaringan drainase di jalan Nusa Indah dan jalan Merpati, dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil pemodelan dengan *software* SWMM dengan curah hujan kala ulang 10 tahun, banyak saluran yang memiliki kinerja buruk dikarenakan dimensi saluran kecil dan adanya sedimentasi berupa pasir serta banyaknya sampah pada saluran . Saluran tersebut antara lain, jaringan drainase Nusa Indah 1; jaringan drainase Nusa Indah 2; jaringan drainase Nusa Indah 4; jaringan drainase Merpati 1; jaringan drainase Merpati 2; jaringan drainase Merpati 3; jaringan drainase Merpati 4; jaringan drainase Merpati 8.
2. Saluran yang memiliki kinerja buruk harus dilakukan normalisasi desain ulang dengan mengubah tinggi dan lebar saluran. Saluran terbesar terletak pada C41 dan C186 dengan $h = 1,2$ / $b = 0,9$ pada pertigaan Jalan Soebandi/Nusa Indah/Cendrawasih.

5.2 Saran

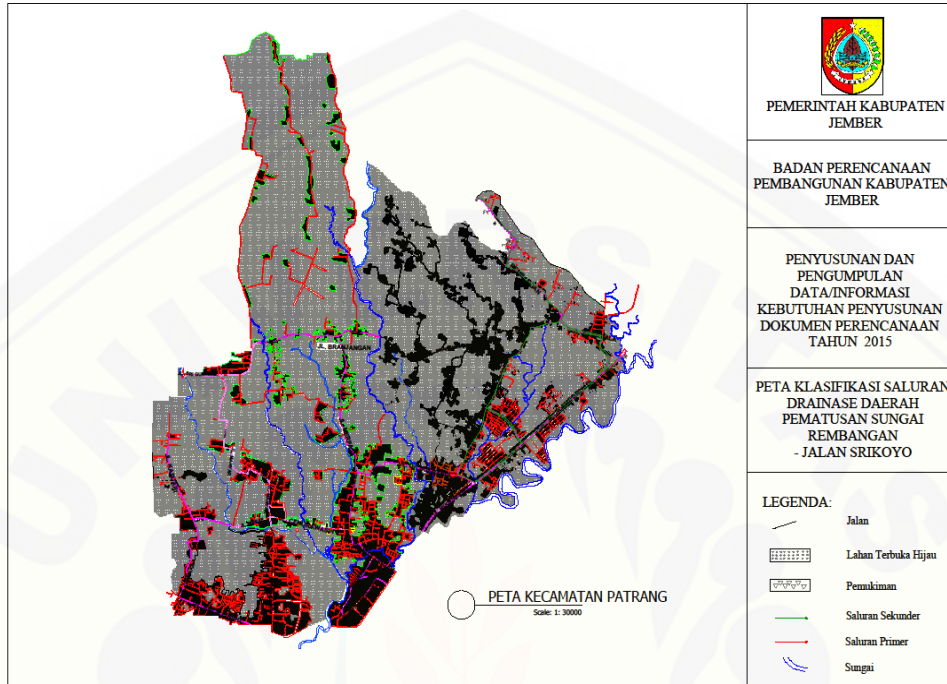
Perlu adanya pembersihan saluran drainase secara berkala pada setiap titik yang mengalami genangan dan banjir. Untuk penelitian selanjutnya dapat memasukkan sedimentasi sebagai masalah penyebab banjir. Dan untuk *running* program dapat menggunakan *software* lain guna sebagai pembanding *software* SWMM.

DAFTAR PUSTAKA

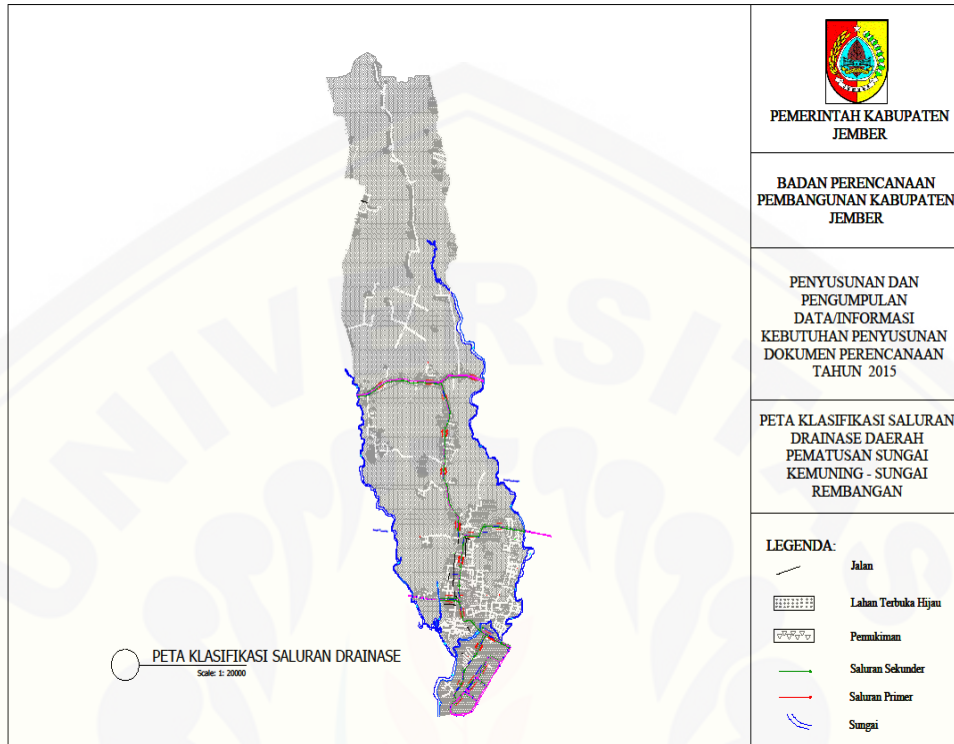
- Chow, V.T. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Chanel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga.
- Rossman, Lewis. 2004. *Strom Water Management Model User's Mnual Version 5.0*. Cincinnati: EPA united states environmental protection agency. Pdf [25 Mei 2015]
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Suripin. 2004. *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rosdiana, Muharrom. 2011. *Studi Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember Menggunakan Model SWMM*. Universitas Jember.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

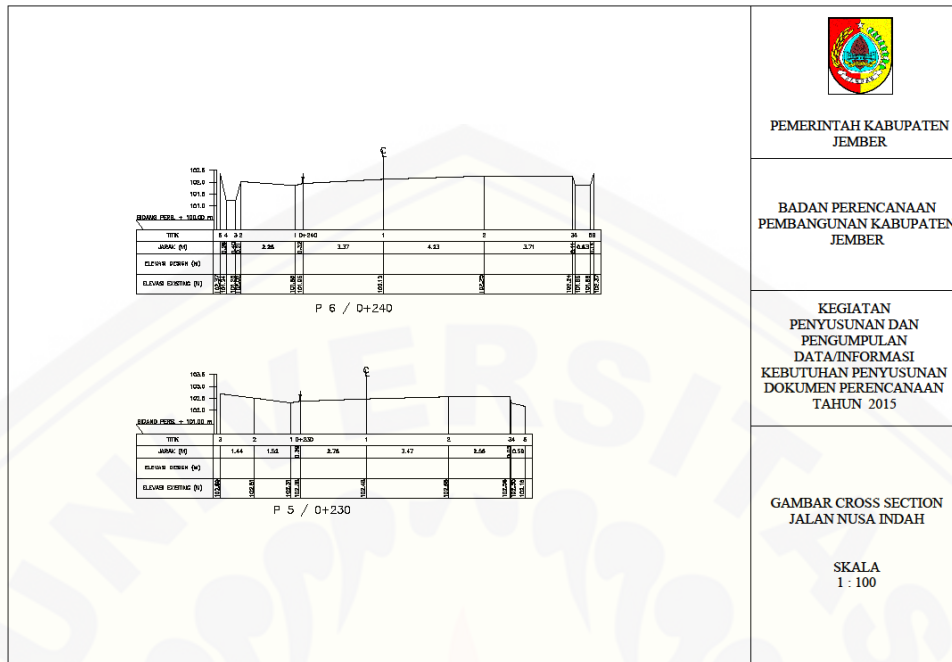
LAMPIRAN

A. Peta Kecamatan Patrang



B. Pematu Sungai Rembangan dan Sungai Kemuning





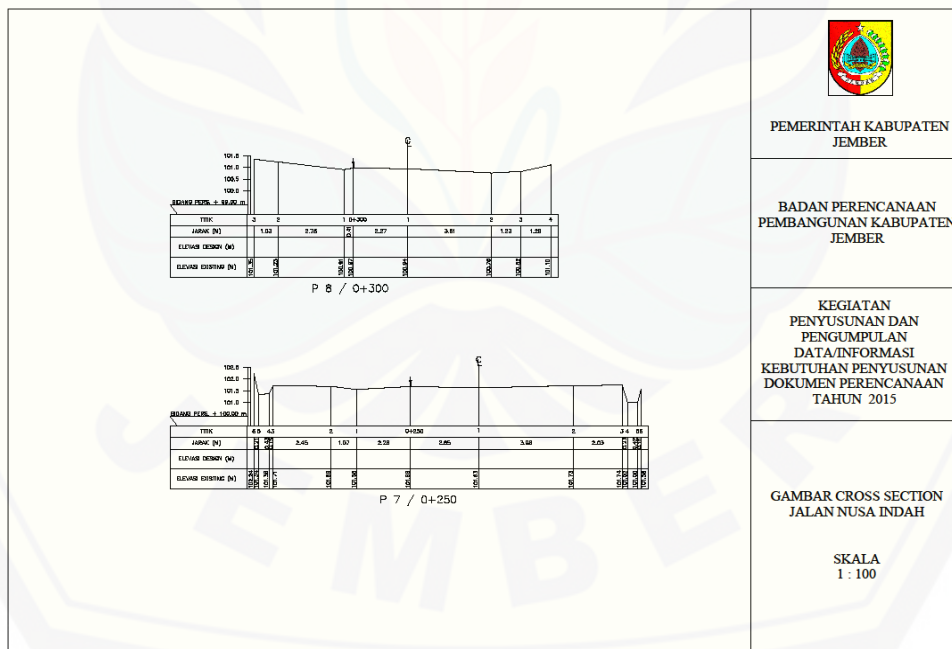
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN NUSA INDAH

SKALA
1 : 100



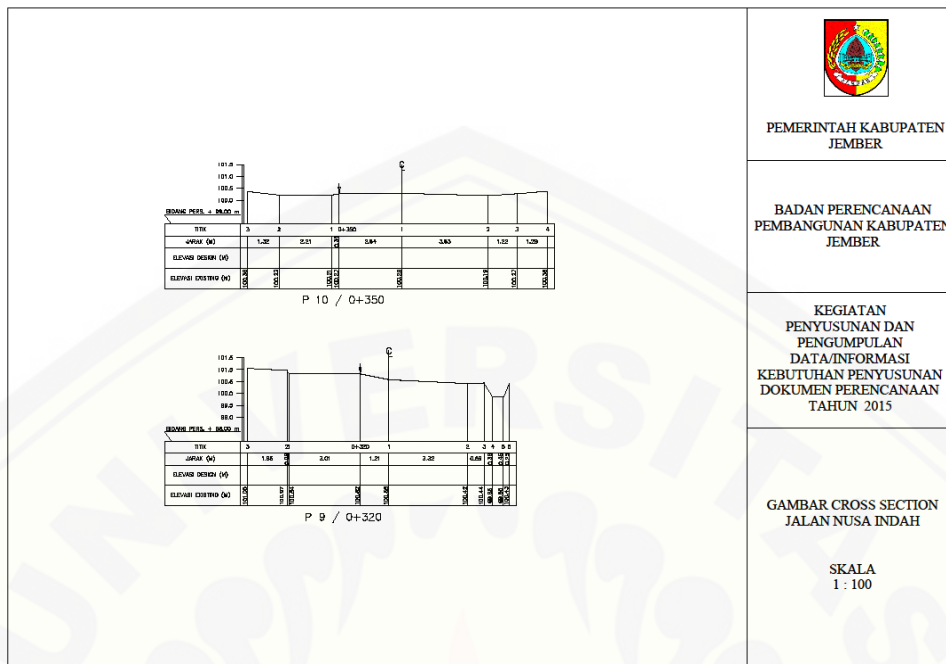
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN NUSA INDAH

SKALA
1 : 100



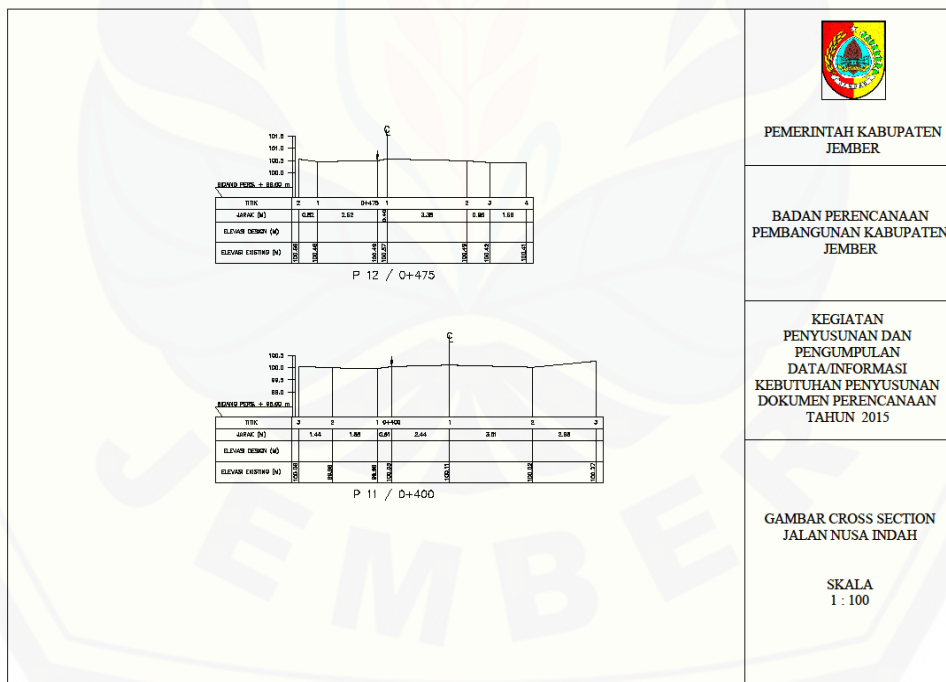
PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER

BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN KABUPATEN JEMBER

KEGIATAN PENYUSUNAN DAN PENGUMPULAN DATA/INFORMASI KEBUTUHAN PENYUSUNAN DOKUMEN PERENCANAAN TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION JALAN NUSA INDAH

SKALA 1 : 100



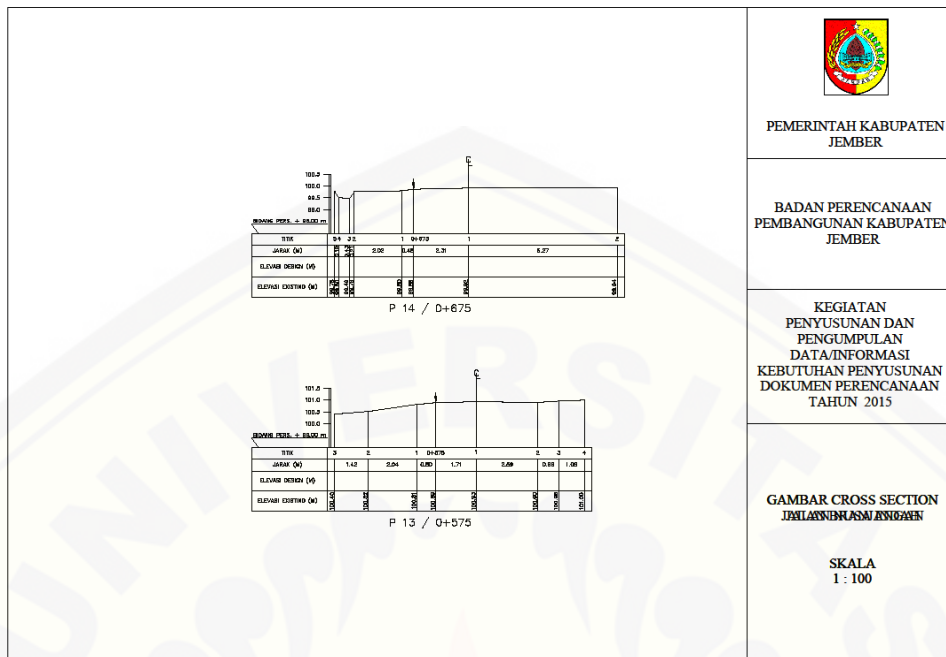
PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER

BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN KABUPATEN JEMBER

KEGIATAN PENYUSUNAN DAN PENGUMPULAN DATA/INFORMASI KEBUTUHAN PENYUSUNAN DOKUMEN PERENCANAAN TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION JALAN NUSA INDAH

SKALA 1 : 100



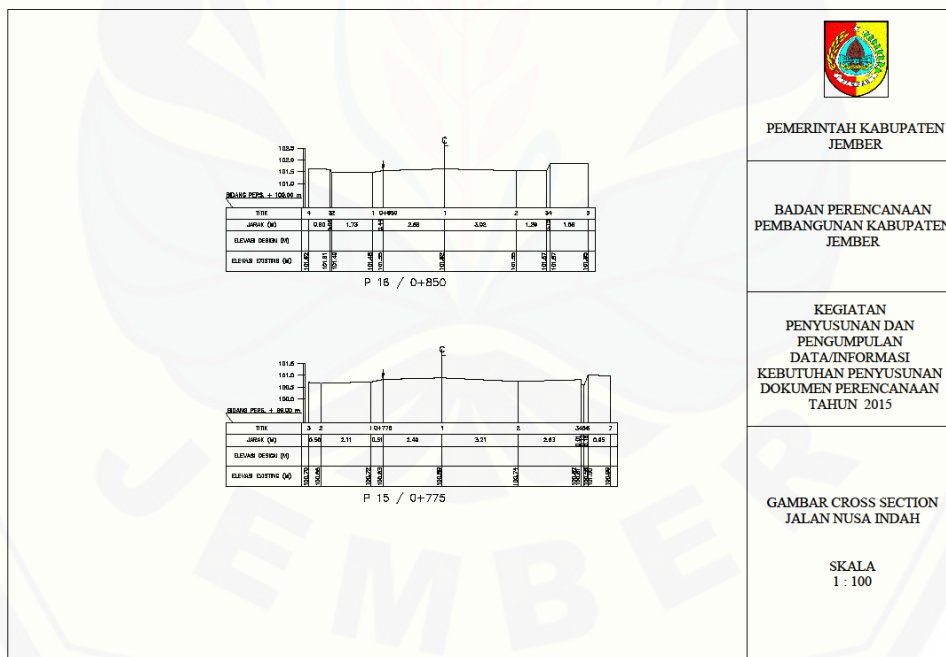
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN NUSA INDAH

SKALA
1 : 100



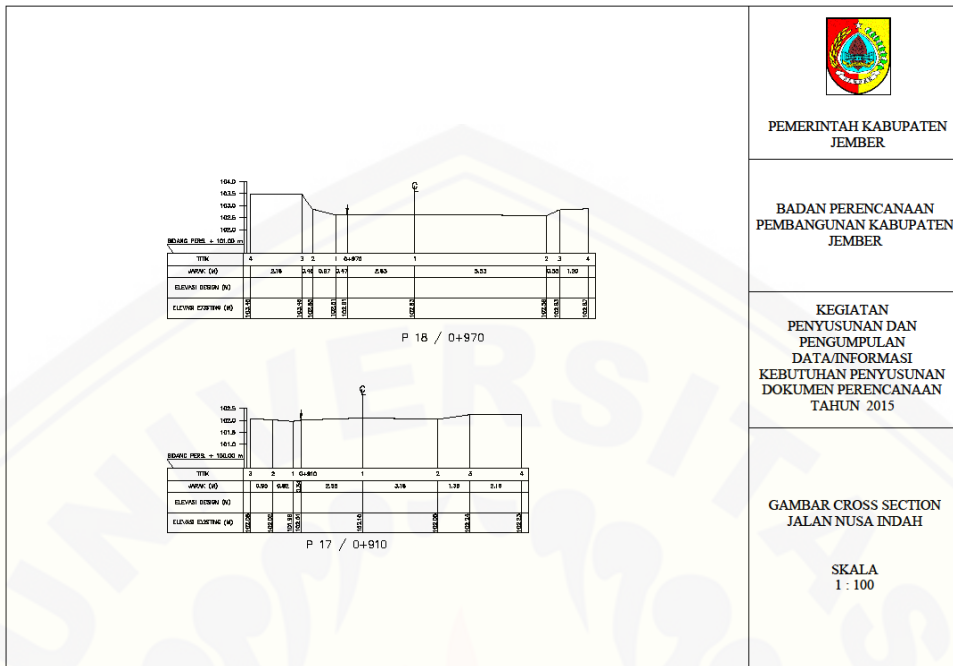
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN NUSA INDAH

SKALA
1 : 100



PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

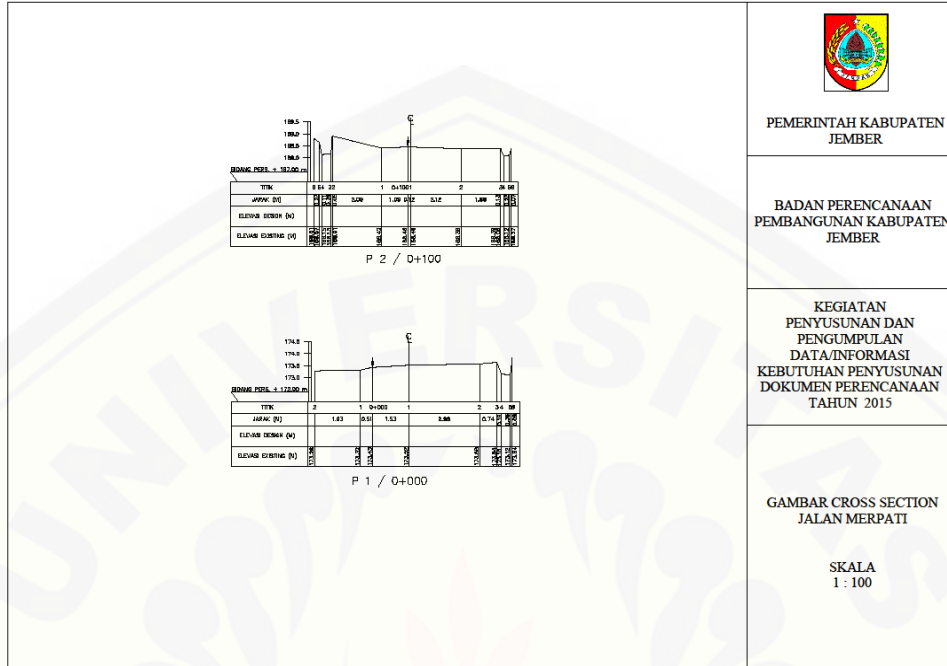
BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN NUSA INDAH

SKALA
1 : 100

D. Cross Jalan Merpati



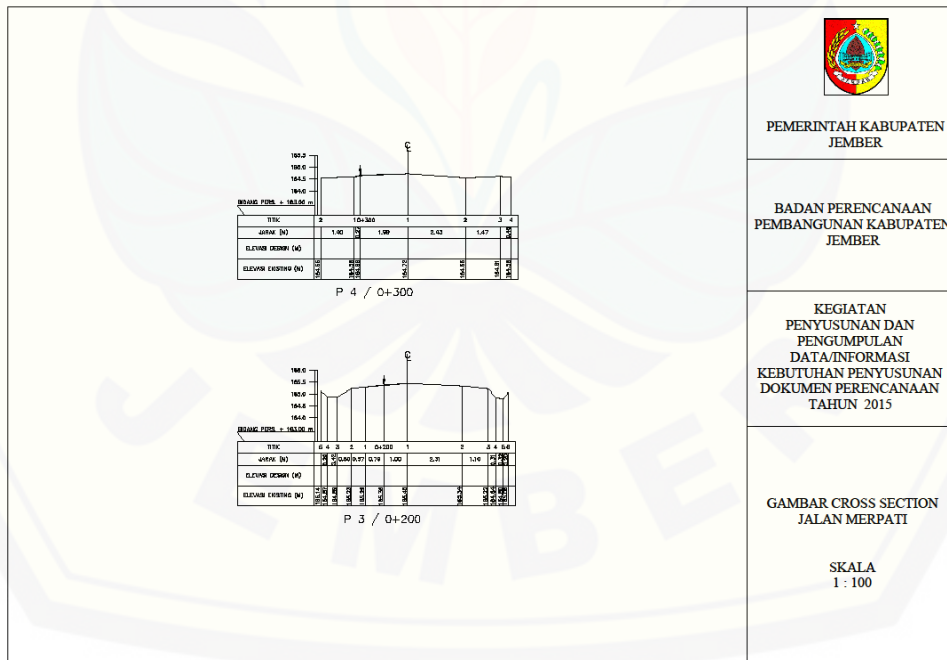
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



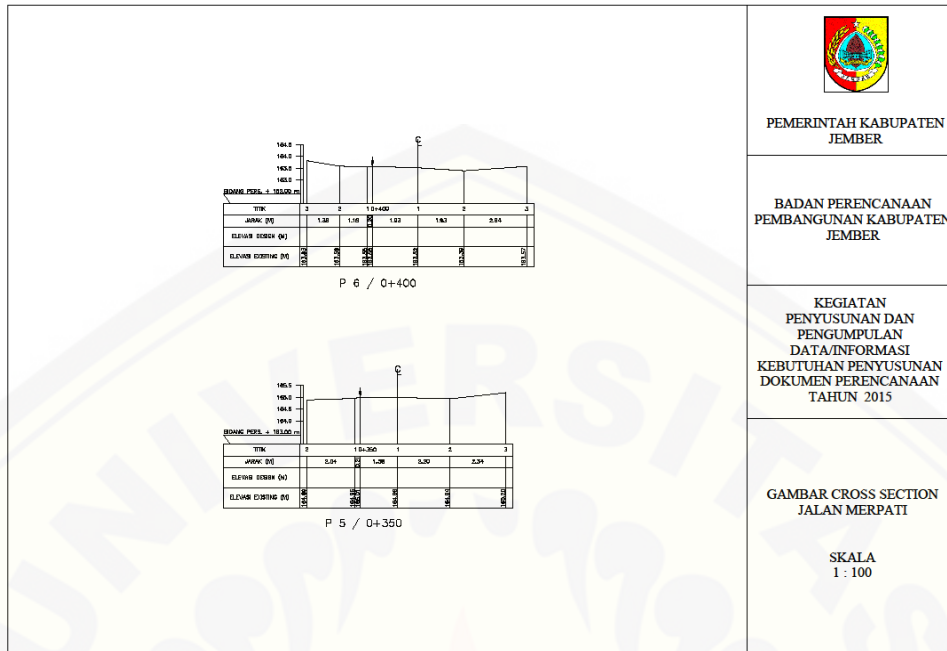
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



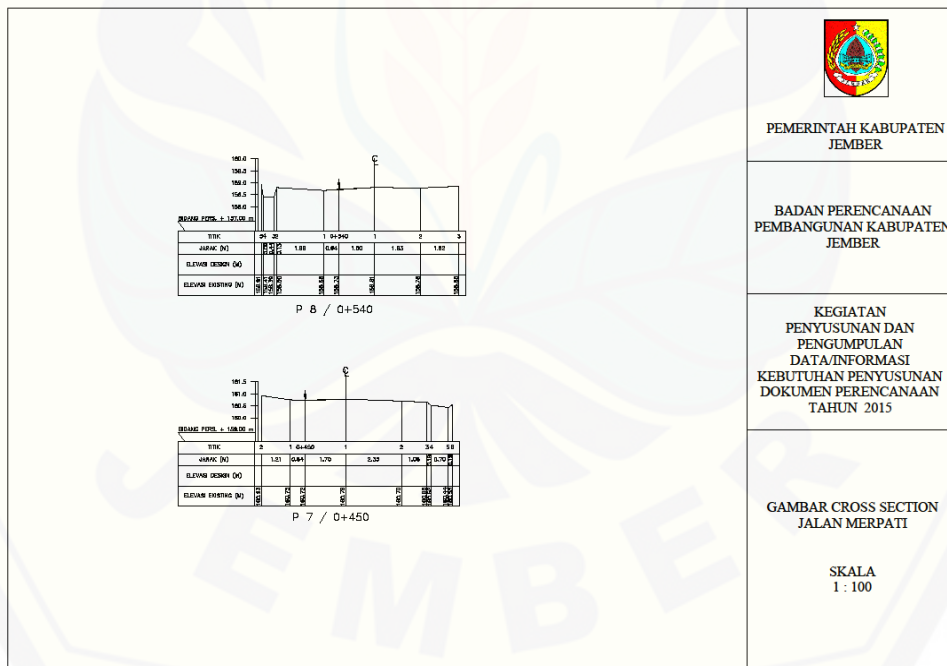
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



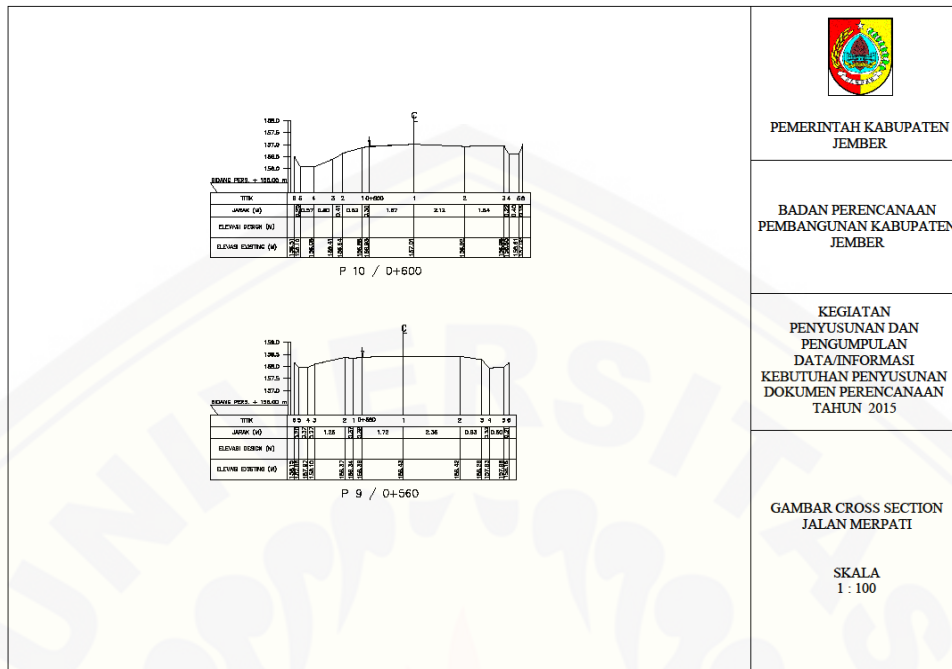
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



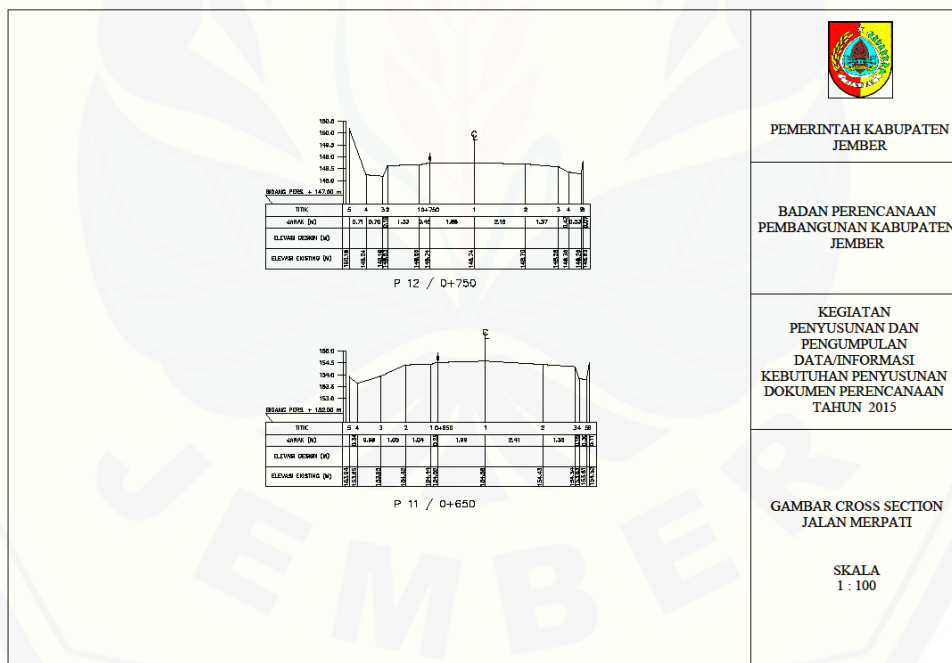
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



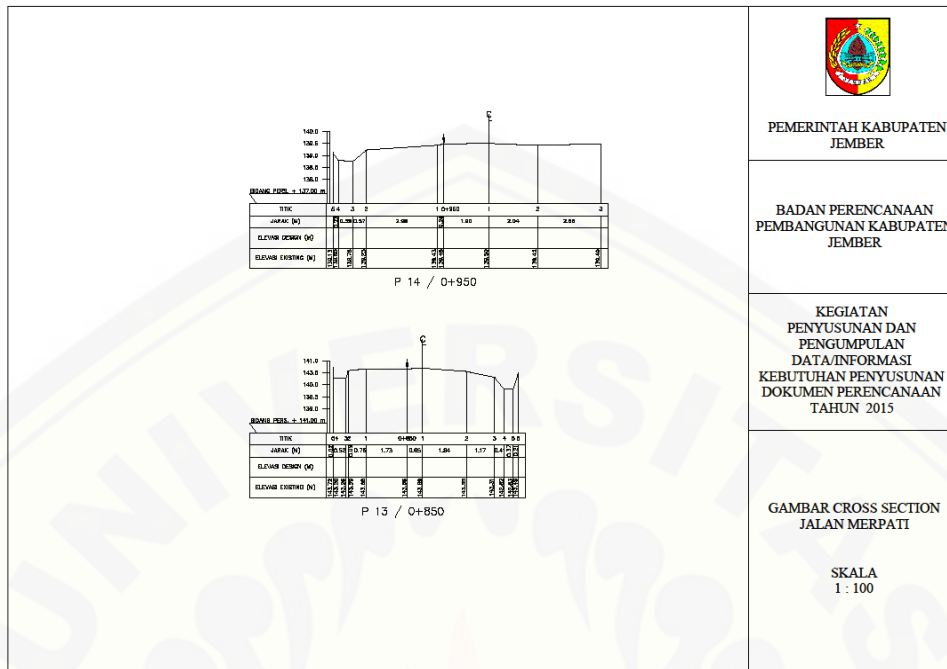
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



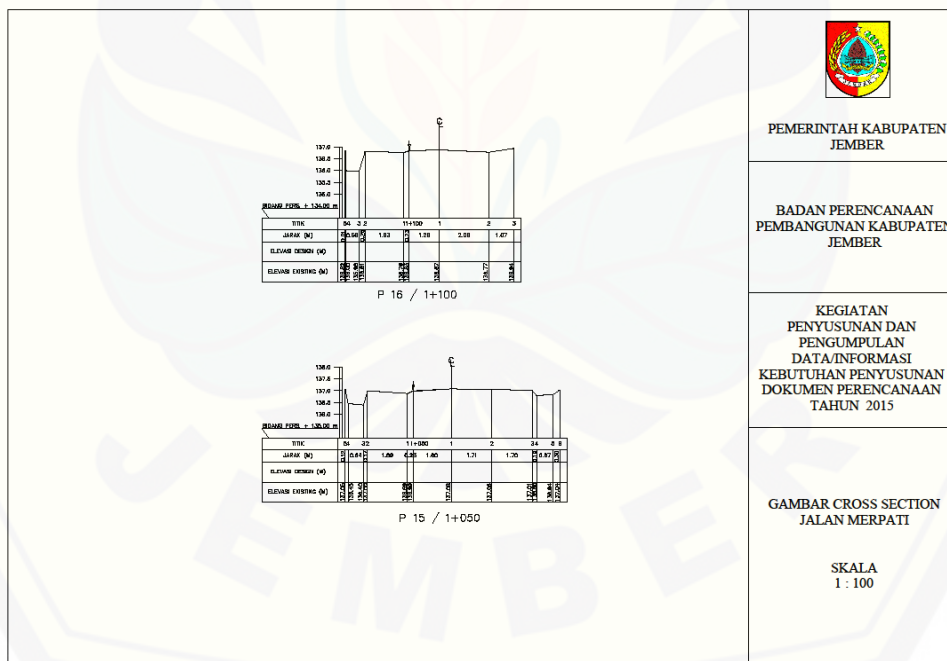
PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER

BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN KABUPATEN JEMBER

KEGIATAN PENYUSUNAN DAN PENGUMPULAN DATA/INFORMASI KEBUTUHAN PENYUSUNAN DOKUMEN PERENCANAAN TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION JALAN MERPATI

SKALA 1 : 100



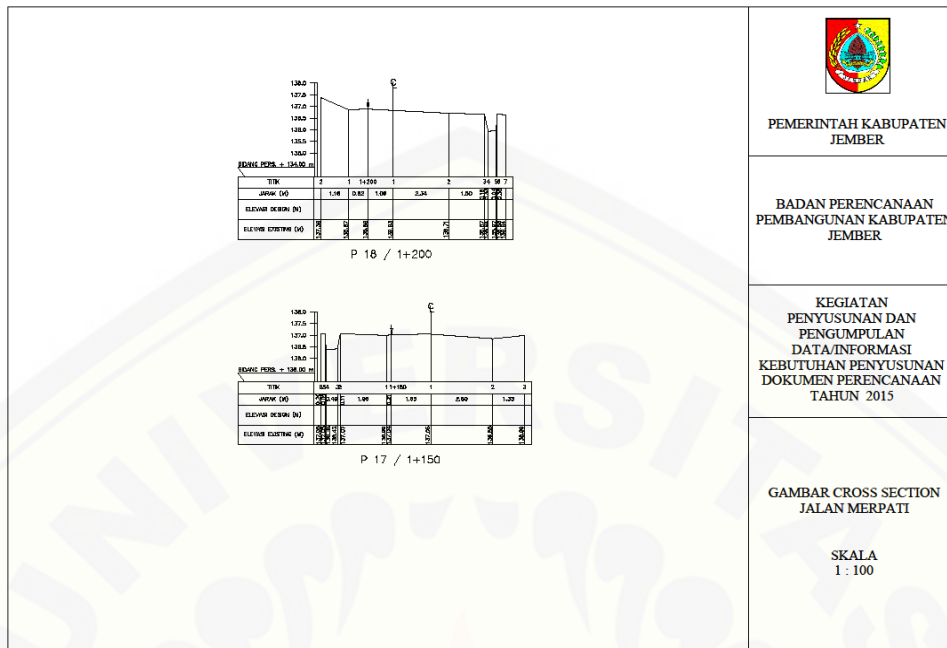
PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER

BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN KABUPATEN JEMBER

KEGIATAN PENYUSUNAN DAN PENGUMPULAN DATA/INFORMASI KEBUTUHAN PENYUSUNAN DOKUMEN PERENCANAAN TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION JALAN MERPATI

SKALA 1 : 100



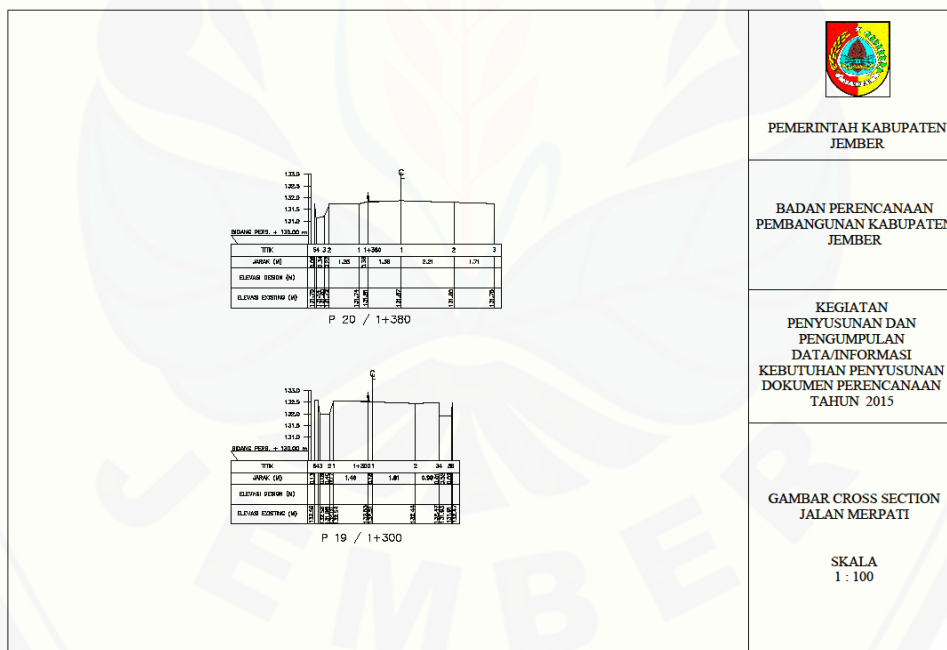
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



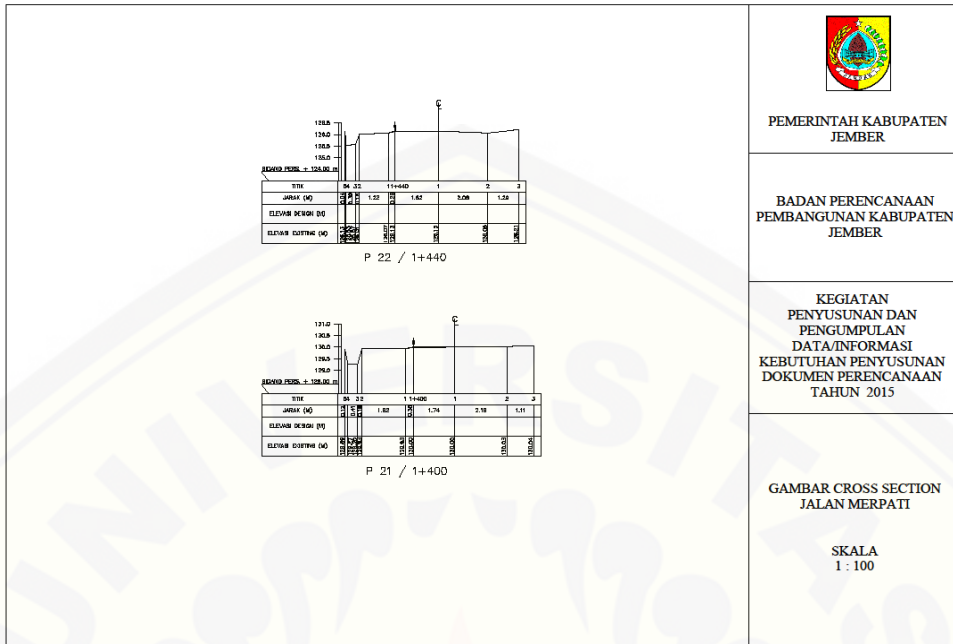
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



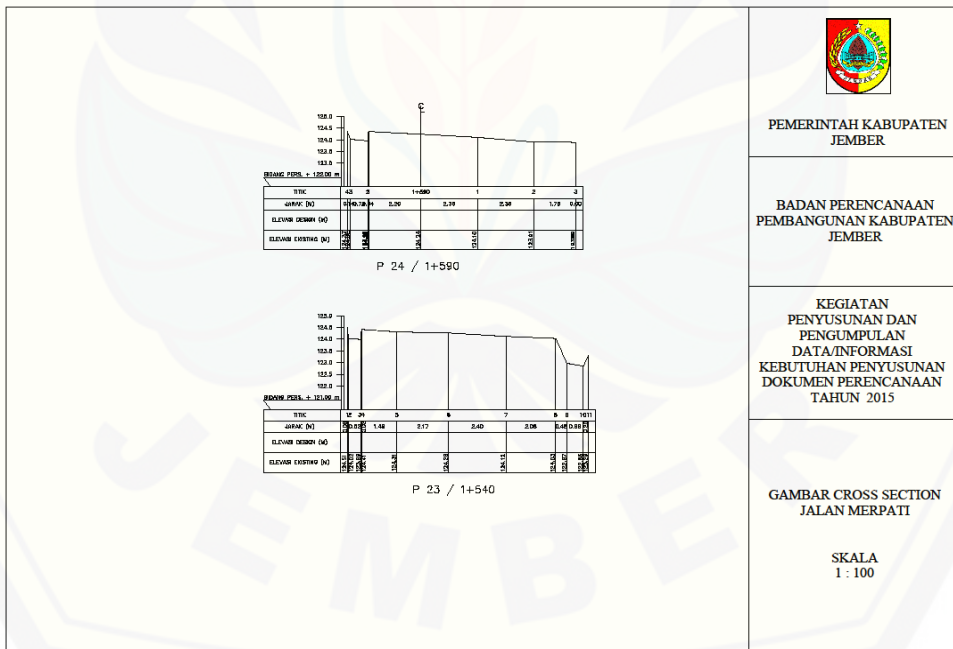
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



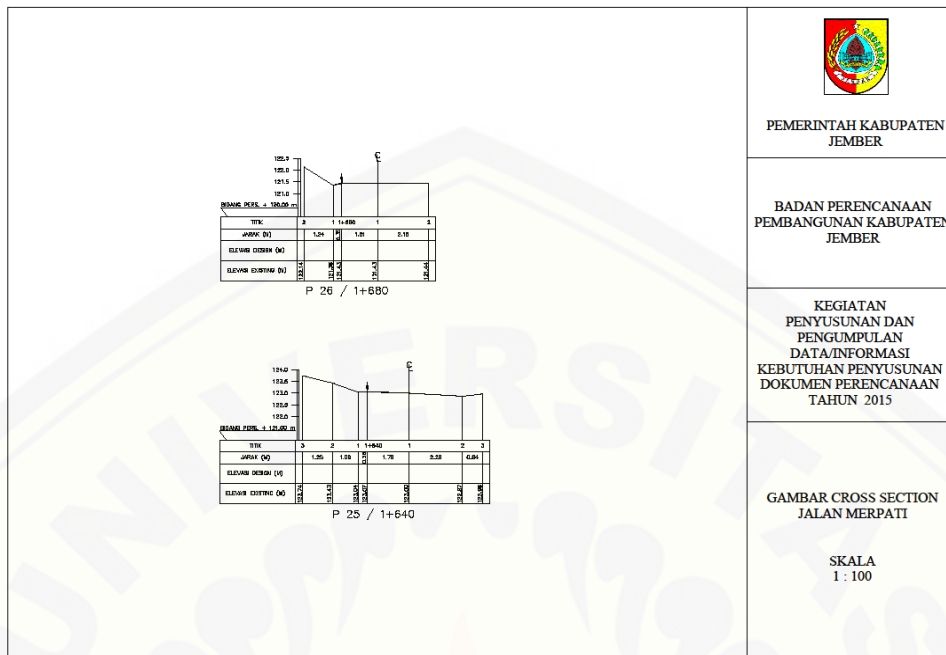
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



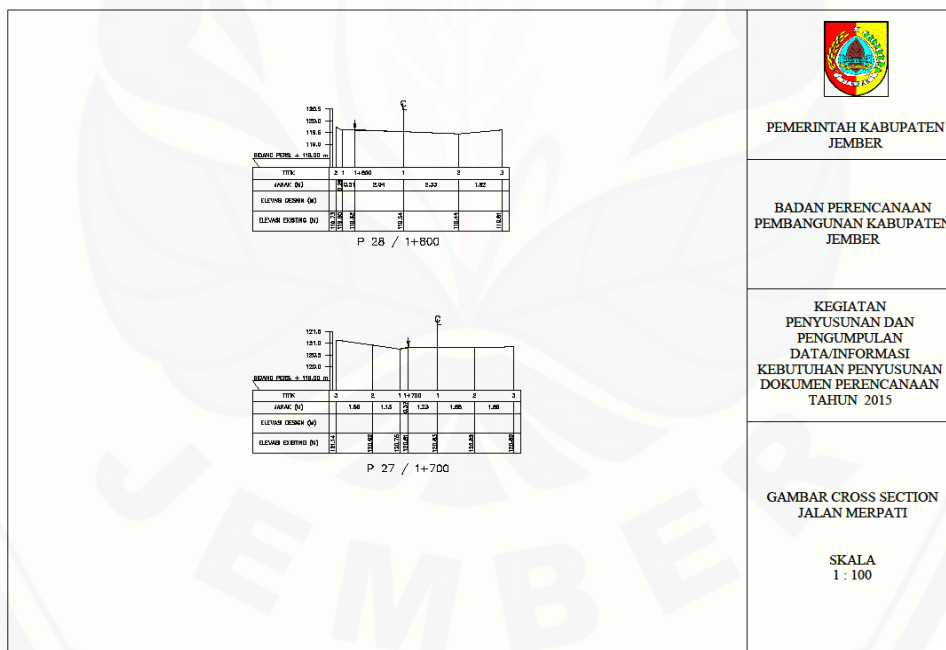
PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100



PEMERINTAH KABUPATEN
JEMBER

BADAN PERENCANAAN
PEMBANGUNAN KABUPATEN
JEMBER

KEGIATAN
PENYUSUNAN DAN
PENGUMPULAN
DATA/INFORMASI
KEBUTUHAN PENYUSUNAN
DOKUMEN PERENCANAAN
TAHUN 2015

GAMBAR CROSS SECTION
JALAN MERPATI

SKALA
1 : 100