

**STUDI ALTERNATIF PENANGGULANGAN GENANGAN
BERBASIS KONSERVASI DI SISTEM DRAINASE
OESAPA-LASIANA KOTA KUPANG**

TESIS

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK PENGAI'RAN
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



**MAULUDDIN JAMAL BALAK SEBANDAR
NIM. 156060400011024**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

**STUDI ALTERNATIF PENANGGULANGAN GENANGAN
BERBASIS KONSERVASI DI SISTEM DRAINASE
OESAPA - LASIANA KOTA KUPANG**

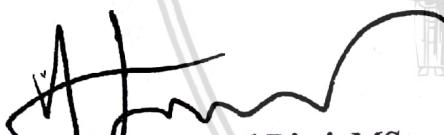
**MAULUDDIN JAMAL BALAK SEBANDAR
NIM. 156060400011024**

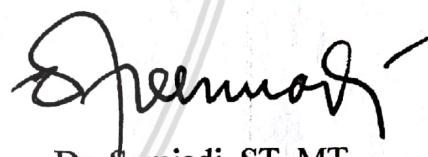
telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 17 Juli 2018
dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Komisi Pembimbing,

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS
NIP. 19581126 198609 1 001


Dr. Sumiadi, ST, MT
NIP. 19731001 200003 1 001

Malang, Juli 2018

Universitas Brawijaya
Fakultas Teknik Jurusan Pengairan
Ketua Program Magister Teknik Pengairan



IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL TESIS :

STUDI ALTERNATIF PENANGGULANGAN GENANGAN BERBASIS KONSERVASI DI SISTEM DRAINASE OESAPA – LASIANA KOTA KUPANG

Nama Mahasiswa : Mauluddin Jamal Balak Sebandar
NIM : 156060400011024
Program Studi : Teknik Pengairan
Minat : Manajemen Sumber Daya Air

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS
Anggota : Dr. Sumiadi, ST, MT

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Ussy Andawayanty, MS
Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Andre Primantyo Hendrawan, ST., MT

Tanggal Ujian Tesis : 17 Juli 2018
SK Penguji : Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya Nomor : 1521 Tahun 2018

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip di dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, Juli 2018

Mahasiswa



Mauluddin Jamal Balak Sebandar
NIM : 156060400011024



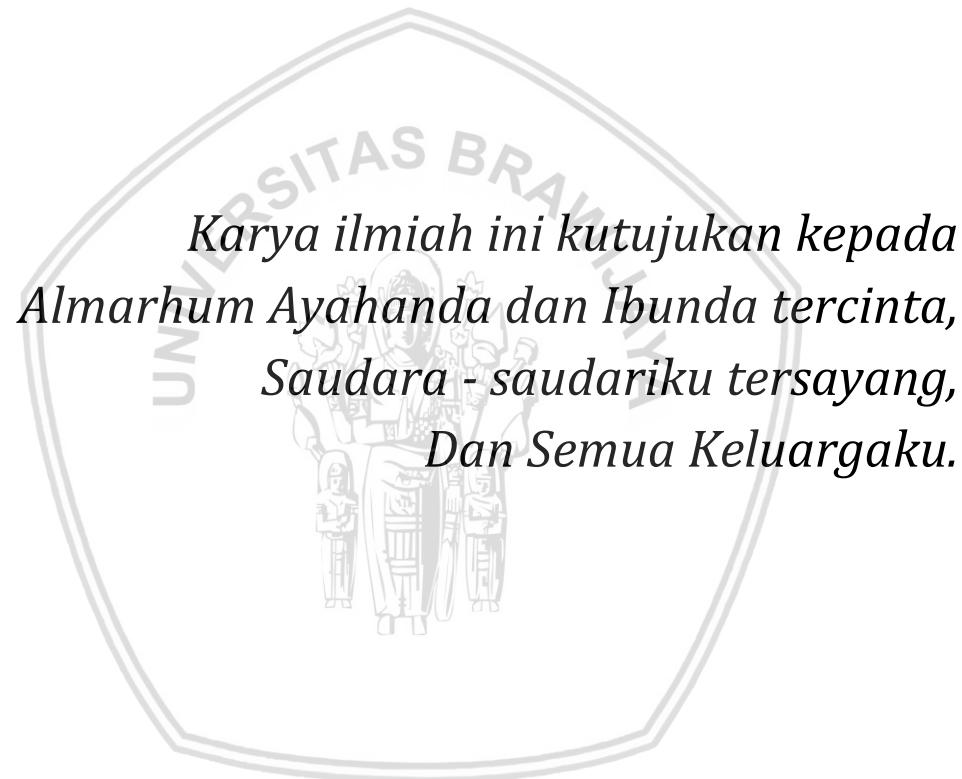
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Mauluddin J.B. Sebandar. lahir di kota Kupang pada tanggal 02 Maret 1979, anak kedua dari Alm. Bapak Moh. Djafar Sebandar, SH dan Ibu Djainab Nuryani Kalake, menempuh pendidikan SD sampai SMU di kota Kupang, lulus SMU Tahun 1997, pada tahun 1997 melanjutkan studi di Jurusan Teknik Sipil Akademi Teknik Kupang. Sementara kuliah tahun 2001 diterima sebagai PNSD di lingkup kota Kupang. Sambil bekerja sebagai PNS di Dinas Pekerjaan Umum kota Kupang, melanjutkan pendidikan jenjang D-IV di Politeknik Negeri Kupang dan menamatkannya pada tahun 2013. Pada tahun 2016 melanjutkan studi Magister Teknik Pengairan Minat Manajemen Sumber Daya Air di Universitas Brawijaya dan lulus tahun 2018.

Malang, Juli 2018

Penulis





RINGKASAN

Mauluddin Jamal Balak Sebandar, Jurusan Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, “*Studi Alternatif Penanggulangan Genangan Berbasis Konservasi Di Sistem Drainase Oesapa – Lasiana Kota Kupang*”, Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS, dan Dr. Sumiadi, ST, MT.

Pengembangan pemukiman akibat bertambahnya jumlah penduduk dan pertumbuhan infrastruktur bangunan akibat kegiatan perekonomian di wilayah kota Kupang justru makin mengurangi daerah resapan air sehingga mengakibatkan banjir/genangan. Salah satu daerah yang cukup parah mengalami banjir yaitu di kawasan Oesapa-Lasiana kota Kupang. Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka perlu dilakukan studi penanggulangan genangan di sistem drainase Oesapa-Lasiana kota Kupang.

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui kapasitas sistem drainase eksisting serta mengetahui alternatif penanggulangan banjir/genangan yang berbasis konservasi dengan menerapkan kolam retensi dan sumur resapan. Sedangkan peningkatan kapasitas saluran drainase eksisting menjadi alternatif terakhir dalam menanggulangi banjir/genangan di lokasi studi. Untuk menganalisa, dilakukan pemodelan limpasan hujan kala ulang 5 tahun menggunakan *software* SWMM versi 5.1. Analisa ini membandingkan kondisi jaringan drainase eksisting dan sesudah penerapan kolam retensi, sumur resapan serta peningkatan kapasitas saluran eksisting.

Untuk simulasi hujan rancangan, menggunakan data curah hujan jam-jaman yang diperoleh dari stasiun hujan Lasiana dan Penfui selama 16 tahun (2001 – 2016). Perhitungan intensitas hujan menggunakan metode *Mononobe* sedangkan *hyetograph* hujan rancangan menggunakan *Alternating Block Method* (ABM). Untuk kalibrasi model, menggunakan metode RMSE diperoleh nilai sebesar 0.061405 (sudah mendekati angka nol). Hasil simulasi menunjukkan kapasitas saluran drainase eksisting tidak mampu menampung hujan kala ulang 5 tahun, mengakibatkan genangan di 18 titik. Hasil simulasi selanjutnya untuk menanggulangi banjir/genangan di lokasi studi perlu menerapkan 1 unit kolam retensi ukuran 160 m x 100 m x 3 m, 587 unit sumur resapan berdiameter 1 m dan kedalaman 3 m serta melebarkan dimensi saluran drainase eksisting menjadi 1.60 m x 0.80 m sepanjang 706 m.

Kata kunci: konservasi, drainase, genangan, kalibrasi, SWMM.

SUMMARY

Mauluddin Jamal Balak Sebandar, *Master of Water Resources Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2018, "Alternative Study on the Conservation-Based Management of Inundation in the Drainage System of Oesapa-Lasiana, City of Kupang.", Academic Supervisor : Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS, and Dr. Sumiadi, ST, MT.*

Settlement development due to the increase in population and the growth of building infrastructure due to economic activities in the city area of Kupang further reduces the water catchment area, resulting in flooding / inundation. One area that is quite severe has experienced flooding in the Kupang Oesapa-Lasiana area. Based on the problems that occur, it is necessary to carry out inundation studies in the Kupang Oesapa-Lasiana drainage system.

The purpose of this study is to determine the capacity of the existing drainage system and to find out the alternatives for flood / inundation-based conservation by applying retention ponds and infiltration wells. While increasing the capacity of the existing drainage channel is the last alternative in tackling floods / inundation at the study location. To analyze it, a runoff model of 5-year runoff was done using SWMM software version 5.1. This analysis compares the condition of the existing drainage network and after the application of retention ponds, infiltration wells and an increase in the existing channel capacity.

For the design rain simulation, using hourly rainfall data obtained from the Lasiana and Penfui rain stations for 16 years (2001 - 2016). The calculation of rain intensity uses the Mononobe method while the rain hyetograph is designed using Alternating Block Method (ABM). For model calibration, using the RMSE method is obtained a value of 0.061405 (near zero). The simulation results show that the capacity of the existing drainage channel is not able to accommodate rain during the 5-year return period, resulting in inundation at 18 points. Subsequent simulation results to overcome floods / puddles in the study locations need to apply 1 unit of retention ponds measuring 160 m x 100 m x 3 m, 587 infiltration wells with a diameter of 1 m and a depth of 3 m and widen the dimensions of existing drainage channels to 1.60 m x 0.80 m along 706 m .

Keywords: conservation, drainage, inundation, calibration, SWMM.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis ini dapat terselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa untuk menyelesaikan tesis ini, telah melibatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS dan Bapak Dr. Sumiadi, ST, MT selaku Komisi Pembimbing, yang telah berkenan membimbing, mengarahkan serta memberikan motivasi yang sangat berharga dalam menyelesaikan Tesis ini.
2. Ibu Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS dan Bapak Dr. Eng. Andre Primantyo H, ST.MT selaku Dosen Pengaji yang sudah memberikan masukan serta arahan yang sangat bermanfaat dalam menyelesaikan Tesis ini.
3. Bapak Dr. Eng. Donny Harisuseno,ST.MT selaku Ketua Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya beserta jajaran staf/karyawan jurusan Teknik Pengairan.
4. Bapak Kepala Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Kupang yang sudah berkenan memberikan ijin untuk melakukan Tugas Belajar di Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.
5. Teman - teman kuliah dan teman kerja yang telah banyak memberikan masukan, informasi dan membantu penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi masalah	3
1.3. Rumusan Masalah.....	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Tujuan dan Manfaat	4
1.6. Penelitian Terdahulu	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Analisa Hidrologi	7
2.1.1. Data Hujan	7
2.1.2. Uji Konsistensi Data Hujan.....	7
2.1.2.1. <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i>	8
2.1.3. Curah Hujan Rerata Daerah	9
2.1.4. Curah Hujan Rancangan	10
2.1.5. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi.....	13
2.1.5.1. Uji Smirnov Kolmogorov	13
2.1.5.2. Uji <i>Chi Square</i>	15
2.1.6. Debit Banjir Rancangan	18
2.1.6.1. Metode Rasional	18
2.1.7. Koefisien Pengaliran	19
2.1.8. Intensitas Hujan	20
2.1.9. <i>Hyetograph</i> Hujan Rancangan	21
2.1.9.1. <i>Alternating Block Method (ABM)</i>	21
2.1.10 Luas Daerah Pengaliran	22
2.1.11. Waktu Tiba Banjir atau Waktu Konsentrasi (t_e)	22
2.1.11.1. Waktu Limpasan di Permukaan (t_o)	23
2.1.11.2. Waktu Aliran Dalam Saluran (tsal)	24
2.1.12. Kecepatan Aliran.....	24
2.2. Penelusuran Banjir	25
2.2.1. Persamaan Kontinuitas (Hukum Konservasi Massa)	25
2.2.2. Metode <i>Saint Venant</i>	27
2.3. Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase	28
2.3.1. Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting	28
2.3.2. Perhitungan Debit Genangan	30
2.4. Tanah	30
2.4.1. Jenis-jenis Tanah	31
2.4.2. Permeabilitas Tanah	31
2.4.3. Drainase Ramah Lingkungan.....	33
2.5. Kolam Retensi	34
2.5.1. Pengertian Kolam Retensi	34

2.5.2. Fungsi Kolam Retensi	35
2.5.3. Tipe – Tipe Kolam Retensi	35
2.6. Sumur Resapan	36
2.6.1. Pengertian Sumur Resapan	36
2.6.2. Kegunaan Sumur Resapan	36
2.6.3. Jenis-jenis Sumur Resapan	37
2.6.4. Persyaratan Teknis Sumur Resapan	38
2.6.5. Perhitungan Sumur Resapan Air Hujan	38
2.7. <i>Storm Water Management Model (SWMM)</i>	40
2.7.1. Deskripsi SWMM	40
2.7.2. Kapabilitas SWMM	40
2.7.3. Tahapan Umum Simulasi SWMM	41
2.7.4. Komponen dan Objek SWMM	42
2.7.5. Metode Komputasi	46
2.8. Kalibrasi	49
2.9. Pengertian Rencana Anggaran Biaya	50
 BAB III METODE PENELITIAN	51
3.1. Lokasi Daerah Studi	51
3.2. Kondisi Lokasi Daerah Studi	53
3.2.1. Kondisi Topografi	53
3.2.2. Kondisi Geologi	53
3.2.3. Iklim	53
3.2.4. Jumlah dan Kepadatan Penduduk	53
3.2.5. Sistem dan Kondisi Jaringan Drainase Eksisting	54
3.2.6. Rencana Penanganan Genangan Yang Berbasis Konservasi	54
3.3. Data Yang Diperlukan	54
3.4. Skenario Pemodelan di SWMM	55
3.4.1. Menggambar Peta Wilayah Studi	55
3.4.2. Menjalankan Simulasi	56
3.5. Langkah-Langkah Pengerjaan Studi	58
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	63
4.1. Umum	63
4.2. Analisa Peta dan Jaringan Drainase Eksisting	65
4.3. Kalibrasi Model	70
4.4. Analisa Hidrologi	71
4.4.1. Penyiapan Data Curah Hujan	71
4.4.2. Uji Konsistensi Data Hujan	73
4.4.3. Perhitungan Curah Hujan Rerata	75
4.4.4. Analisa Distribusi Hujan	77
4.4.5. Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Log Person Type III	79
4.4.6. Uji Kesesuaian Distribusi	81
4.4.6.1. Uji Smirnov - Kolmogorof	81
4.4.6.2. Uji Chi - Square	83
4.5. Hubungan Intensitas Hujan - Waktu	85
4.6. <i>Hyetograph</i> Hujan Rancangan	86
4.7. Simulasi Kondisi Drainase Eksisting Dengan Hujan Kala Ulang 5 Tahun	87
4.7.1. Limpasan Permukaan (<i>Surface Run Off</i>)	87
4.7.2. Debit Limpasan Pada Saluran Drainase	89

4.8. Perencanaan Kolam Retensi, Sumur Resapan dan Peningkatan Kapasitas Saluran Eksiting	97
4.8.1. Uji Permeabilitas Tanah.....	97
4.8.2. Kolam Retensi.....	98
4.8.2.1. Skematisasi Penanggulangan Genangan Dengan Kolam Retensi Menggunakan SWMM	98
4.8.2.2. Tipikal dan Rencana Penempatan Kolam Retensi.....	105
4.8.3. Sumur Resapan	108
4.8.3.1. Skematisasi Penanggulangan Genangan Dengan Sumur Resapan Menggunakan Simulasi SWMM	114
4.8.3.2. Tipikal Dan Dimensi Sumur Resapan.....	117
4.8.4. Skematisasi Sistem Drainase Dengan Penambahan Kolam Retensi dan Sumur Resapan	119
4.8.5. Peningkatan Kapasitas Saluran	121
4.8.5.1. Skematisasi Sistem Drainase dengan Penambahan Kolam Retensi, Sumur Resapan dan Peningkatan Kapasitas Saluran....	121
4.8.5.2. Tipikal saluran Yang Ditingkatkan Kapasitasnya.....	124
4.8.6. Analisa Reduksi Limpasan.....	125
4.9. Perkiraan Anggaran Biaya	129
4.9.1. Perkiraan Anggaran Biaya Untuk Pembuatan Kolam Retensi, Sumur Resapan dan Peningkatan Kapasitas Saluran.....	130
BAB V PENUTUP	133
5.1. Kesimpulan	133
5.2. Saran	134

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Studi Terdahulu Yang Relevan.....	5
Tabel 2.1	Nilai Kritis Q _{RAPS} dan R _{RAPS}	9
Tabel 2.2	Periode Ulang Hujan Untuk Perencanaan	12
Tabel 2.3	Nilai Cs Negatif Distribusi Log Pearson Tipe III.....	13
Tabel 2.4	Nilai Cs Positif Distribusi Log Pearson Tipe III	14
Tabel 2.5	Nilai Kritis (Δ_{cr}) Smirnov Kolmogorov.....	16
Tabel 2.6	Nilai Kritis (X^2_{cr}) Untuk Uji <i>Chi Square</i>	17
Tabel 2.7	Nilai Koefisien Limpasan (c)	19
Tabel 2.8	Besaran Koefisien Hambatan (n _d)	23
Tabel 2.9	Tipe Saluran dan Batas Kecepatan Aliran Yang Dipakai Kota.....	24
Tabel 2.10	Angka Kekasaran Manning (n).....	30
Tabel 2.11	Rentang Nilai Permeabilitas	32
Tabel 2.12	Jarak Minimum Sumur Resapan Dengan Bangunan Lainnya	38
Tabel 2.13	Bentuk Penampang Melintang Saluran Terbuka dan Tertutup	46
Tabel 2.14	Lapisan Yang Digunakan Untuk Berbagai Jenis Struktur Ekodrainase	49
Tabel 3.1	Data Jumlah Penduduk di Kecamatan Kelapa Lima Kota Kupang....	53
Tabel 3.2	Langkah-langkah Penggerjaan Studi	58
Tabel 4.1	Data Per Sub Daerah Tangkapan Air (data input program SWMM)..	65
Tabel 4.2	Rekapitulasi Data Geometri Saluran	66
Tabel 4.3	Perhitungan Kalibrasi Metode RMSE.....	70
Tabel 4.4	Nama Pos Hujan Pencatatan Curah Hujan	71
Tabel 4.5	Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Lasiana Dari Tahun 2011-2016	74
Tabel 4.6	Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun El Tari Dari Tahun 2011-2016	72
Tabel 4.7	Curah Hujan Maks Stasiun Lasiana dan Stasiun El Tari	73
Tabel 4.8	Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Lasiana	74
Tabel 4.9	Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun El Tari	75
Tabel 4.10	Curah Hujan Harian Rerata Rerata	76
Tabel 4.11	Curah Hujan Harian Rerata Rerata Setelah Diurutkan	77
Tabel 4.12	Perhitungan Analisa Distribusi Hujan Stasiun Lasiana dan El Tari Tahun 2011 - 2016	78
Tabel 4.13	Perbandingan Kesesuaian Hasil Analisa Distribusi Terhadap Pemakaian Distribusi Frekuensi	79
Tabel 4.14	Hujan Maksimum Yang Sudah Diurutkan	79
Tabel 4.15	Perhitungan Log Person III	81
Tabel 4.16	Curah Hujan Rancangan Dengan Kala Ulang.....	81
Tabel 4.17	Uji Smornov - Kolmogorov	82
Tabel 4.18	Perhitungan Uji Chi - Square.....	84
Tabel 4.19	Perhitungan Nilai Batas	84
Tabel 4.20	Hubungan Intensitas Hujan – Waktu Kala Ulang 5 Tahun	85
Tabel 4.21	Hitungan <i>Hyetograph</i> Dengan Metode ABM	87
Tabel 4.22	Hasil Simulasi Limpasan Permukaan Sub Daerah Tangkapan Kondisi Eksisting	88
Tabel 4.23	Hasil Simulasi Debit Limpasan Per Saluran Kondisi Eksisting.....	89
Tabel 4.24	Rangkuman Hasil Simulasi Genangan Di Node Kondisi Eksisting ...	96
Tabel 4.25	Perhitungan Koefisien Permeabilitas Di Lapangan	97
Tabel 4.26	Rekapitulasi Hasil Test Permeabilitas Di Lapangan	98

Tabel 4.27	Nilai Variabel Untuk <i>Node Storage Units</i>	99
Tabel 4.28	Kurva Tampungan Kolam Retensi	100
Tabel 4.29	Nilai Variabel Untuk Regulator (<i>Weir</i>)	100
Tabel 4.30	Nilai Variabel Untuk <i>Seepage Loss</i>	101
Tabel 4.31	Rekapitulasi Nilai <i>Inflow</i> , <i>Q Inflow</i> dan Reduksi Banjir Maksimum Di Kolam Retensi	102
Tabel 4.32	Rekapitulasi Volume Tampungan Kolam Retensi	108
Tabel 4.33	Penetapan Jumlah Sumur Resapan Per Sub DTA	113
Tabel 4.34	Hasil Simulasi Limpasan Permukaan Sub Daerah Tangkapan Air Dengan Penerapan Eksisting + Sumur Resapan.....	114
Tabel 4.35	Hasil Simulasi Debit Limpasan Saluran Dengan Penerapan Sumur Resapan	115
Tabel 4.36	Hasil Simulasi Debit Limpasan Saluran Dengan Penambahan Kolam Retensi dan Sumur Resapan	119
Tabel 4.37	Hasil Simulasi Debit Limpasan Saluran Dengan Penerapan Kolam Retensi + Sumur Resapan+Pelebaran Dimensi Saluran Eksisting.....	122
Tabel 4.38	Rencana Pelebaran Dimensi Eksisting Saluran	124
Tabel 4.39	Rekapitulasi Reduksi Debit Limpasan Dari Kolam Retensi	126
Tabel 4.40	Daftar Kuantitas dan Harga Pembuatan Kolam Retensi	130
Tabel 4.41	Daftar Kuantitas dan Harga Pembuatan Sumur Resapan	130
Tabel 4.42	Daftar Kuantitas dan Harga Peningkatan Kapasitas Saluran	131
Tabel 4.43	Rekapitulasi Kebutuhan Biaya Total Penanganan Genangan	132



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Dokumentasi Genangan Di Jalan Timor Raya.....	2
Gambar 1.2	Dokumentasi Genangan di Pemukiman Oesapa	2
Gambar 2.1	<i>Hyetograph</i> dengan <i>Alternating Block Metod</i>	22
Gambar 2.2	Kontinuitas Aliran Dalam Suatu Pias	26
Gambar 2.3	Penerapan Hukum Momentum	26
Gambar 2.4	Dimensi Saluran Bentuk Segiempat (a) dan (b) Trapesium	29
Gambar 2.5	Metode Pengujian Permeabilitas Di Lapangan	32
Gambar 2.6	Sumur Resapan	37
Gambar 2.7	Persyaratan Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan	39
Gambar 2.8	Salah Satu Jenis dan Faktor Geometris Sumur Resapan	40
Gambar 2.9	Tahapan Umum Simulasi SWMM.....	42
Gambar 2.10	Visualisasi Objek Untuk Memodelkan Sistem Drainase.....	43
Gambar 2.11	Konsep Aliran Permukaan	47
Gambar 3.1	Peta Administrasi Kota Kupang.....	51
Gambar 3.2	Lokasi Studi	52
Gambar 3.3	Peta Daerah Tangkapan Air Di Lokasi Studi	52
Gambar 3.4	Jendela <i>Backdrow Image Selector</i>	56
Gambar 3.5	Diagram Alir Pemodelan Dengan SWMM 5.1	57
Gambar 3.6	Tampilan Menggunakan <i>Dynamic Wave</i> dan <i>Infiltrasi Horton</i>	58
Gambar 3.7	Diagram Alir Kaibrasi Pemodelan EPA SWMM 5.1	61
Gambar 3.8	Diagram Alir Studi.....	62
Gambar 4.1	Peta Batas DTA Di Lokasi Studi	64
Gambar 4.2	Daerah Tangkapan Air Sistem Drainase Oesapa Lasiana.....	64
Gambar 4.3	Dimensi Saluran Berbentuk Persegi	66
Gambar 4.4	Skema Jaringan Drainase Eksisting	68
Gambar 4.5	Hasil Penggambaran Peta Jaringan Drainase Dengan SWMM	69
Gambar 4.6	Perbandingan Hidrograf Debit Observasi Dengan Debit Simulasi.....	71
Gambar 4.7	Lengkung Intensitas Kala Ulang 5 Tahun.....	86
Gambar 4.8	<i>Hyetograph</i> Rencana.....	87
Gambar 4.9	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C6-C5 C4-C3-C2-C1 (<i>node</i> J6-J5-J4-J3-J2-J1-Out2) pada pada jam 04:15	91
Gambar 4.10	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C7-C8 C9-C10 (<i>node</i> J33-J34-J35-Out1) pada pada jam 03:55.....	91
Gambar 4.11	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C5-C13 (<i>node</i> J12-J10-J5) pada pada jam 03:30.....	92
Gambar 4.12	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C14 (<i>node</i> J9-J10) pada pada jam 03:30.....	92
Gambar 4.13	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C18 (<i>node</i> J8-J6) pada pada jam 03:55.....	93
Gambar 4.14	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C23 (<i>node</i> J16-J14) pada pada jam 03:25.....	93
Gambar 4.15	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C26 (<i>node</i> J17-J16) pada pada jam 03:25.....	94
Gambar 4.16	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C33 (<i>node</i> J25-J21) pada pada jam 03:55.....	94
Gambar 4.17	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C35 (<i>node</i> J27-J25) pada pada jam 04:00.....	95
Gambar 4.18	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit</i> C37	

Gambar 4.19	(node J29-J27) pada pada jam 04:05.....	95
	Sebaran Titik Genangan (Warna Merah) Hasil Simulasi kondisi Eksisting Pada Studi <i>Area Map SWMM</i>	96
Gambar 4.20	Pemodelan Rencana Penempatan Kolam Retensi Menggunakan Progra <i>SWMM</i>	99
Gambar 4.21	Jendela <i>Run Status</i> Untuk Simulasi Yang Berhasil.....	101
Gambar 4.22	Grafik Inflow dan Outflow Kolam Retensi.....	102
Gambar 4.23	Grafik Hubungan Kedalaman dan Volume Kolam Retensi.....	103
Gambar 4.24	Grafik Hubungan Kedalaman dan Waktu Kolam Retensi.....	103
Gambar 4.25	Grafik Hubungan Volume dan Waktu Kolam Retensi.....	104
Gambar 4.26	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit C7-C8-C9-C10</i> (node J33-J34-J35-J36-Out1) pada pada jam 07:50.....	104
Gambar 4.27	Denah Kolam Retensi.....	105
Gambar 4.28	Potongan A-A Kolam Retensi.....	105
Gambar 4.29	Potongan B-B Kolam Retensi.....	106
Gambar 4.30	Potongan <i>Spill Way</i>	106
Gambar 4.31	Denah Inlet Kolam Retensi.....	106
Gambar 4.32	Potongan A-A Inlet Kolam Retensi.....	107
Gambar 4.33	Potongan B-B Inlet Kolam Retensi.....	107
Gambar 4.34	Rencana Penempatan Kolam Retensi.....	108
Gambar 4.35	Pengamatan Tinggi Muka Air Sumur Titik 1.....	109
Gambar 4.36	Pengamatan Tinggi Muka Air Sumur Titik 2.....	110
Gambar 4.37	Pengamatan Tinggi Muka Air Sumur Titik 3.....	110
Gambar 4.38	Model Sumur Resapan di <i>SWMM</i>	113
Gambar 4.39	Denah Sumur Resapan.....	117
Gambar 4.40	Tampak Atas Sumur Resapan.....	117
Gambar 4.41	Potongan A-A Sumur Resapan.....	118
Gambar 4.42	Potongan Bak Kontrol.....	118
Gambar 4.43	Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada <i>conduit C4</i> (node J4-J3) pada pada jam 04:05.....	121
Gambar 4.44	Tampilan Pengisian Dimensi <i>Conduit C2,C3,C4</i>	122
Gambar 4.45	Profil muka air hasil simulasi pada <i>conduit C35</i> (node J27-J25) pada pada jam 03:50.....	124
Gambar 4.46	Dimensi <i>Conduit C2,C3 dan C4</i>	125
Gambar 4.47	Perbandingan Hidrograf Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Sesudah Penerapan Sumur Resapan di sub DTA S4	125
Gambar 4.48	Perbandingan Hidrograf Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Sesudah Penerapan Sumur Resapan di <i>Conduit C15</i>	126
Gambar 4.49	Grafik Debit Maksimum Saluran Eksisting <i>Conduit C1-C6</i>	127
Gambar 4.50	Grafik Debit Maksimum Setelah Pelebaran Conduit C1-C6.....	127
Gambar 4.51	Skema Jaringan Drainase Dengan Penempatan Kolam Retensi, Sumur Resapan dan Pelebaran Dimensi Saluran	128
Gambar 4.52	Perbandingan Hidrograf Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah Genangan Pada Penerapan Outlet 1 (<i>Conduit C10</i>) Sistem Drainase...	129
Gambar 4.53	Perbandingan Hidrograf Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah Penerapan Genangan Pada Outlet 2 (<i>Conduit C1</i>) Sistem Drainase.....	129

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Drainase merupakan salah satu infrastruktur yang penting dalam pengembangan wilayah perkotaan, agar kota dapat terlihat lebih indah, bersih, tertata dan bebas dari genangan banjir. Drainase perkotaan yang tidak baik akan merugikan kota dan masyarakat, karena mengganggu lingkungan, menghambat transportasi, mengganggu kesehatan serta memberikan dampak buruk terhadap kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat.

Pengembangan permukiman dan kegiatan industri di perkotaan yang demikian pesatnya justru makin mengurangi daerah resapan air hujan, karena luas daerah yang ditutupi oleh perkerasan semakin meningkat dan waktu berkumpulnya air (*time of concentration*) pun menjadi jauh lebih pendek, sehingga pada akhirnya akumulasi air hujan yang terkumpul melampaui kapasitas drainase yang ada (Lo Russo, 2009). Pertumbuhan kota dan perkembangan industri juga menimbulkan dampak yang cukup besar pada siklus hidrologi sehingga berpengaruh besar pada sistem drainase.

Kesalahan dalam sistem drainase dapat menyebabkan terjadinya genangan air di suatu lokasi, atau bahkan dapat berakibat bencana banjir pada musim penghujan (Wismarini dan Ningsih, 2010). Saluran drainase dapat dikatakan bermasalah ketika tidak mampu mengakomodir debit ketika banjir. Curah hujan lokal dengan intensitas yang tinggi sehingga melebihi kapasitas drainase, sistem drainase yang kurang baik serta banyaknya sampah yang masuk ke saluran drainase sering menyebabkan banjir/genangan di daerah perkotaan.

Laju urbanisasi penduduk yang tinggi sehingga memerlukan lahan hunian serta berkembangnya industri – industri dapat menyebabkan perubahan yang drastis terhadap tata guna lahan yang ada (peta perubahan tata guna lahan terlampir) . Oleh karena itu peningkatan perbaikan drainase harus sejalan dengan perkembangan kota yang ada.

Kota Kupang yang merupakan ibukota propinsi Nusa Tenggara Timur yang berada di ujung barat pulau Timor, selain letaknya yang berdekatan dengan negara Timor Leste juga berhadapan langsung dengan Australia bagian utara. Kondisi inilah yang menempatkan kota Kupang sebagai pintu gerbang selatan dari Negara Kesatuan Republik Indonesia. Posisinya yang strategis menjadikannya sebagai pusat pemerintahan, pusat perdagangan, pusat pendidikan, pusat permukiman dan berbagai pusat aktifitas sosial kemasyarakatan

lainnya. Keadaan ini menyebabkan terjadinya pertumbuhan infrastruktur bangunan yang pesat di wilayah Kota Kupang.

Lahan kosong yang semula sebagai kawasan resapan semakin berkurang sehingga menyebabkan peningkatan limpasan permukaan sementara saluran – saluran yang ada penampangnya relatif tetap bahkan ada yang semakin kecil akibat adanya pendangkalan dasar saluran akibat adanya sedimentasi. Kondisi ini akhirnya meningkatkan volume air permukaan yang masuk ke saluran drainase kemudian meluap baik di perkotaan maupun di permukiman yang dapat menimbulkan genangan/banjir.

Beberapa kawasan di kota Kupang yang sering terjadi banjir/genangan setiap terjadi hujan dengan intensitas tinggi adalah di Jl. Timor Raya, Jl. Beringin, Jl. Sitarda, Jl. Sumba, Jl. Jatirosa, Jl. Kosambi dan juga di kawasan permukiman Oesapa.



Gambar 1.1 Dokumentasi Genangan di Jalan Timor Raya



Gambar 1.2 Dokumentasi Genangan di Pemukiman Oesapa

Berdasarkan permasalahan yang terjadi di lapangan dan untuk mengatasi masalah banjir/genangan tersebut maka diperlukan suatu konsep konservasi yakni pengelolaan limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan yakni dengan tipe penyimpanan dan tipe peresapan. Untuk penanggulangannya dapat dilakukan dengan menggunakan metode pembuatan kolam retensi dan sumur resapan. Pemanfaatan sumur resapan yang ditempatkan di rumah - rumah warga dalam rangka konservasi air tanah juga pernah disampaikan oleh para pemangku kepentingan seperti yang dilansir di laman <http://kupang.tribunnews.com/2010/02/19/potensi-sumur-resapan> <http://www.nttonlinenow.com/new-2016/2016/10/27/sumur-resapan-solusi-ketersediaan-air-tanah-di-kota-kupang/>

Berbagai hal di atas yang berhubungan dengan penanggulangan banjir/genangan dengan konsep konservasi air tentunya tetap mempertimbangkan kondisi, lahan yang tersedia serta terkait aturan yang mengikat.

1.2. Identifikasi Masalah

Secara umum, pelayanan drainase di kota Kupang belum mencakup secara keseluruhan. Hal ini disebabkan, prasarana dan sarana drainase baru dapat melayani daerah yang dilalui jalan arteri dan jalan lokal. Melihat kondisi tersebut, prasarana dan sarana drainase mempunyai kecenderungan sebagai drainase jalan dimana masih sebatas untuk menangani/menampung limpasan air hujan dari badan jalan dan belum dapat mengakomodasi limpasan dari daerah di sekitar jalan tersebut. Hal inilah yang sering dijadikan penyebab timbulnya beberapa genangan di kota Kupang.

Dampak pembangunan yang cepat mengakibatkan kurangnya area resapan sehingga menyebabkan peningkatan limpasan permukaan sementara saluran – saluran yang ada penampangnya relatif tetap bahkan ada yang semakin kecil akibat adanya sedimentasi yang membuat saluran menjadi dangkal. Kondisi ini akhirnya meningkatkan volume air permukaan yang masuk ke saluran drainase kemudian meluap baik di perkotaan maupun di permukiman yang dapat menimbulkan genangan/banjir.

Untuk mengatasi genangan yang terjadi di kawasan tersebut dibutuhkan evaluasi jaringan drainase yang mengacu pada konsep sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan. Konsep dasar pengembangan drainase berkelanjutan ini adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan (suripin, 2004 : 227)

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar identifikasi masalah di atas, maka permasalahan pada studi ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisa kapasitas dimensi saluran drainase eksisting di sistem drainase Oesapa - Lasiana kota Kupang ?
2. Bagaimana penanggulangan genangan berbasis konservasi berdasarkan hasil analisa kapasitas dimensi saluran eksisting di lokasi studi ?

1.4. Batasan Masalah

Banyak faktor yang menjadi pertimbangan dalam menanggulagi banjir/genangan pada suatu daerah, maka dalam studi ini diperlukan pembatasan masalah. Adapun batasan masalah dalam studi ini adalah sebagai berikut :

1. Batas area studi yaitu di sistem drainase Oesapa - Lasiana Kota Kupang.
2. Menentukan alternatif penanggulangan genangan berbasis konservasi yang digunakan antara lain kolam retensi dan sumur resapan dan dievaluasi dengan debit rencana kala ulang 5 tahun.
3. Kajian sistem drainase menggunakan model simulasi limpasan hujan *Storm Water Management Model* (SWMM) Versi 5.1
4. Studi ini lebih menitikberatkan pada genangan yang diakibatkan oleh limpasan air hujan, tidak membahas intrusi air laut.
5. Dalam studi ini tidak membahas analisa struktur dan stabilitas bangunan air/drainase, hanya membahas perencanaan dimensi tipikal bangunan dan juga bukan detail desain bangunan.
6. Tidak membahas aspek Analisa Dampak Lingkungan (AMDAL).

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang diharapkan dalam studi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kapasitas dimensi saluran drainase eksisting di sistem drainase Oesapa-Lasiana kota Kupang.
2. Mengetahui penanggulangan genangan berbasis konservasi di daerah studi.

Manfaat dari studi ini adalah untuk memberi masukan dan sumbangan pemikiran kepada instansi pemerintah terkait untuk menanggulangi permasalahan genangan yang terjadi pada lokasi studi ini, agar daerah tersebut terhindar dari banjir /genangan yang dapat merugikan masyarakat setempat.

1.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian atau studi terdahulu yang ada hubungannya dengan permasalahan yang diteliti sebagaimana dilampirkan dalam tabel 1.1 berikut ini :

Tabel 1.1 Studi Terdahulu Yang Relevan

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Evaluasi Dan Alternatif Penanggulangan Genangan Berbasis Konservasi Air Di Kota Kupang Das Dendeng – Merdeka Propinsi Nusa Tenggara Timur (oleh Joko Suparmanto, Program Magister dan Doktor FT Unibraw, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Debit rencana sistem DPS Drainase Dendeng dan Merdeka untuk kala ulang 5 tahun masing masing sebesar 24,017 m³/dtk dan 4,775 m³/dtk - Terdapat 9 saluran yang tidak mampu menampung debit rencana pada DPS Drainase Dendeng dan 8 Saluran pada DPS Drainase Merdeka - Beberapa penyebab terjadinya saluran yang tidak mampu menampung debit rencana yaitu kurangnya terawat dan terdapatnya sampah pada saluran drainase
2	Studi Sistem Drainase Kali Tutup Barat Kabupaten Gresik Berbasis Konservasi Untuk Penanganan Genangan (oleh Ubaidillah, Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil kajian yang diperoleh bahwa sistem drainase Kali Tutup Barat Kabupaten Gresik tidak mampu mengatasi limpasan sehingga diperlukan drainase berbasis konservasi dengan menggunakan Bozem yang dapat menampung debit limpasan sebesar 4.444 m³

3	Studi Pegendalian Banjir Di Kecamatan Kepanjen Dengan Sumur Resapan (Oleh Rizka Aditya Rachman, Program Studi Magister Sumber Daya Air, Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang, 2014)	<p>dan Sumur Injeksi yang dapat menampung debit limpasan sebesar 706,5 m³</p> <ul style="list-style-type: none">- Beberapa penyebab terjadinya saluran yang tidak mampu menampung debit rencana yaitu kurang terawat dan terdapatnya sampah pada saluran drainase- Upaya penanganan pada beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit rencana yaitu dengan mendesain ulang dimensi saluran dan merencanakan Sumur resapan dengan bentuk lingkaran dengan diameter 1m dan kedalaman 3 meter berjumlah 619 buah

Sumber : Anonim

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisa Hidrologi

Analisi hidrologi merupakan salah satu bagian dari keseluruhan rangkaian dalam perencanaan bangunan air seperti bendungan, bangunan pengendali banjir, sistem drainase, gorong-gorong, dan sebagainya. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan harga-harga yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisa selanjutnya.

Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan variabel-variabel hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisa untuk menetapkan berbagai sifat dan karakter banjirnya. Sehingga dalam membuat perencanaan suatu bangunan air dapat berfungsi baik secara struktural maupun fungsional dalam jangka waktu yang ditetapkan.

2.1.1. Data Hujan

Data yang digunakan pada analisa hidrologi adalah data hujan yang jatuh pada kawasan yang ditinjau. Data tersebut berupa data hujan harian maksimum yang terjadi dalam masa satu tahun. Untuk menetapkan curah hujan rancangan pada kala ulang tertentu, diperlukan data hujan hasil pengukuran sedikitnya selama sepuluh tahun. Selanjutnya, dari data tersebut akan digunakan untuk menghitung besaran intensitas hujan. Data hujan yang akan digunakan dalam analisa perlu diuji kebenarannya dan apakah data tersebut dapat menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan (Suhardjono, 2013).

2.1.2. Uji Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengukuran, data tersebut harus benar-benar menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. Dengan kata lain, data hidrologi disebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya (Soewarno, 1995). Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain (Subarkah, 1987):

- a. Perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis, misalnya pembangunan gedung gedung, tumbuhnya pohon-pohon, gempa bumi, gunung meletus, dan lain-lain.
- b. Pemindahan alat pengukur hujan.
- c. Perubahan cara pengukuran, misalnya berhubungan dengan adanya alat baru atau metode baru.

Pengujian kualitas data merupakan keharusan sebelum data hidrologi diproses. Pengujian dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- a. inspeksi lapangan
- b. perbandingan hidrograf
- c. uji konsistensi

Apabila stasiun hujan < 3 (tiga), maka uji konsistensi data curah hujan hanya dapat dilakukan dengan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) (Sri Harto, 2000).

2.1.2.1. Rescaled Adjusted Partial Sums

Cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) membandingkan hasil uji statistik dengan Q_{RAPS}/\sqrt{n} . Bila yang didapat lebih kecil dari nilai kritis untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan konsisten. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

$$S_k^* = \left(\sum_{i=1}^k Y_i - \bar{Y} \right), \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{Sd}, \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.2)$$

$$Sd^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (2.3)$$

Dengan :

Y_i = data hujan ke-i

\bar{Y} = data hujan rerata -i

Sd = standar deviasi

n = jumlah data

Untuk uji konsistensi digunakan cara statistik :

$$Q_{RAPS} = \max |S_k^{**}|, 0 \leq k \leq n \quad (2.4)$$

Atau nilai range

$$R_{RAPS} = \text{maksimum } S_k^{**} - \text{minimum } S_k^{**}, \text{ dengan } 0 \leq k \leq n \quad (2.5)$$

Nilai kritis Q_{RAPS} dan R_{RAPS} setiap derajat kepercayaan ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Nilai Kritis Q_{RAPS} dan R_{RAPS}

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.14	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86

Sumber : Sri Harto dalam Nurhidayah, R., 2010

2.1.3. Curah Hujan Rerata Daerah

Hujan sangat bervariasi dalam skala ruang dan waktu. Hujan dengan jumlah sama tidak jatuh secara seragam pada seluruh DAS. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah / daerah dan dinyatakan dalam mm.

Terdapat tiga cara yang digunakan untuk menghitung tinggi curah hujan daerah, yaitu (Suripin, 2004):

- a. Cara rata-rata aljabar
- b. Cara poligon Thiessen
- c. Cara garis Isohyet

Penentuan atau pemilihan metode curah hujan daerah dapat dihitung dengan parameter luas daerah tinjauan sebagai berikut (Sosrodarsono, 2003):

1. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil diwakili oleh sebuah stasiun pengamatan.
2. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 – 50.000 ha yang memiliki 2 atau 3 stasiun pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.

3. Untuk daerah tinjauan dengan luas 120.000 – 500.000 ha yang memiliki beberapa stasiun pengamatan tersebar cukup merata dan dimana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi dapat menggunakan metode rata-rata aljabar, tetapi jika stasiun pengamatan tersebut tidak merata dapat menggunakan metode *Thiessen*.
4. Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha menggunakan metode Isohiet atau metode potongan antara.

Berdasarkan pertimbangan luas daerah tinjauan dan jumlah stasiun hujan yang terbatas di daerah studi, maka digunakan cara rata-rata Aljabar. Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya asalkan alat penakar tersebut merata/hampir merata, harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Adapun cara perhitungannya adalah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_d = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.6)$$

Dengan :

P_d = curah hujan daerah (mm)

P_1, \dots, P_n = curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n

n = banyaknya pos penakar hujan

Untuk memperoleh curah hujan harian maksimum pada suatu daerah aliran adalah sebagai berikut:

1. Menentukan besarnya curah hujan maksimum harian selama satu tahun untuk 1 stasiun pengamatan.
2. Mencari besarnya curah hujan pada tanggal dan bulan yang sama untuk stasiun yang lain sesuai dengan tanggal dan bulan yang terjadi pada nomor 1.
3. Menentukan curah hujan harian maksimum (seperti langkah nomor 1 untuk stasiun yang lain).
4. Dari hasil rata-rata aljabar, pilih yang tertinggi untuk setiap tahun.
5. Dari curah hujan yang terpilih merupakan curah hujan maksimum daerah.

2.1.4. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi pada suatu daerah tertentu pada periode ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan dimensi bangunan air. Perhitungan curah hujan rancangan didasarkan pada

analisis frekuensi, dengan sasaran utama untuk menentukan kala ulang peristiwa hidrologi yang berharga tertentu, yang mencakup juga peristiwa yang diharapkan menyamai atau lebih besar dari reratanya.

Untuk perencanaan drainase pada kawasan pemukiman dapat menggunakan kala ulang 5 tahun. Sedangkan pada kawasan khusus, dimana resiko kerugian amat besar misalnya pada kawasan bandara, instalasi energi dan lain-lain, kala ulang yang dipakai tentunya lebih besar, antara 10-20 tahun.

Dalam praktek, distribusi Log Pearson III banyak digunakan terutama dalam analisa untuk menghitung besaran banjir maksimum. Bentuk distribusi Log Pearson III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik. Tahapan untuk menghitung hujan rancangan dengan metode Log Pearson III adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- Data curah hujan maksimum daerah sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ diubah dalam bentuk logaritma ($\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$)

- Dihitung nilai logaritma rata-rata

$$\overline{\log X_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \quad (2.7)$$

- Dihitung harga standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X_i})^2}{(n-1)}} \quad (2.8)$$

- Dihitung harga koefisien kepencengang

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X_i})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot Sd^3} \quad (2.9)$$

- Hitung logaritma curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu

$$\overline{\log X} = \overline{\log X_i} + (nG - 2) \cdot Sd^3 \quad (2.10)$$

- Hitung antilog X untuk mendapatkan curah hujan rancangan maksimum dengan kala ulang tertentu yang dikehendaki.

Dengan:

X = curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu

X_i = curah hujan maksimum daerah sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

G = merupakan konstanta yang didapatkan dari tabel *Log Pearson Type III* (tabel 2.3) dari hubungan antara C_s dan periode ulang (T).

Sd = standar deviasi

n = jumlah data

C_s = koefisien kepencengan

Lebih rinci, Kementerian Pekerjaan Umum (1985) memberikan pedoman besaran kala ulang untuk perencanaan drainase sebagai berikut:

Tabel 2.2. Periode Ulang Hujan Untuk Perencanaan

No.	Jenis Bangunan yang Direncanakan	Periode Ulang
1	Kawasan pertanian, halaman, taman, kebun	2
	Kawasan perumahan, perkantoran	5
	Kawasan bangunan khusus (industri, energi, perhubungan, dan sejenisnya)	
	- Ringan	5
	- Menengah	10
	- Berat	25
	- Bangunan khusus resiko tinggi	50
2	Saluran pada jaringan tersier dan sekunder	2
	- Resiko kecil	10
	- Resiko besar	
3	Saluran primer	5
	- Resiko kecil	10
	- Resiko besar	
4	Saluran dan bangunan pada DAS dengan luasan	
	- 25 – 50 ha	5
	- 50 – 100 ha	10
	- 100 – 500 ha	10 - 25
5	Pengendalian banjir (Bendungan, waduk dan sejenisnya)	100
6	Bangunan drainase jalan raya (gorong-gorong, saluran tepi dan bangunan lainnya)	
	- Jalan raya biasa	5 – 10
	- Jalan by pass	10 – 25
	- Jalan tol	25 - 50

Sumber : Suhardjono, 2013

2.1.5. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Data hidrologi yang dipakai untuk mengestimasi hujan rancangan menggunakan analisis frekuensi belum tentu sesuai dengan distribusi yang digunakan. Untuk itu perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi (*testing of goodness of fit*). Terdapat dua metode uji kesesuaian yang dapat digunakan, yaitu Uji Smirnov Kolmogorov dan Uji Chi Square.

2.1.5.1.Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horisontal, yaitu untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Uji Smirnov Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametik, toleransi pengujinya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas yang paling maksimum, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis, yang dinyatakan dalam Δ . Harga Δ terbesar (Δ_{maks}) dibandingkan dengan Δ_{kritis} (dari tabel Smirnov Kolmogorov) dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Distribusi dianggap sesuai jika $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{kritis}}$ (Limantara, 2010).

Tabel 2.3. Nilai Cs Negatif Distribusi Log Pearson Tipe III

Cs	Return Period											
	Percent Chance											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.670
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.530
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.756	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.270
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.140
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.020
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.900
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.790
-1.1	-3.087	-1.894	-1.341	-0.745	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581	1.680
-1.2	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.580
-1.3	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424	1.480
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.390
-1.5	-3.330	-1.951	-1.333	-0.690	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282	1.310
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.240
-1.7	-3.444	-1.972	-1.324	-0.660	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155	1.170
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.110
-1.9	-3.533	-1.989	-1.310	-0.627	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044	1.050
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.1	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949	0.950
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.3	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869	0.870
-2.4	-3.800	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.830
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.800
-2.6	-3.889	-2.013	-1.238	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.770

-2.7	-3.932	-2.012	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741	0.740
-2.8	-3.973	-2.010	-1.210	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.710
-2.9	-4.013	-2.007	-1.195	-0.440	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690	0.690
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.000	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.670

Sumber: Soemarto, 1995

Tabel 2.4. Nilai Cs Positif Distribusi Log Pearson Tipe III

Cs	Return Period											
	Percent Chance											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.230
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.520
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.810
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.100
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.240
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.390
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.530
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575	4.670
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.810
1.3	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745	4.960
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.100
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910	5.230
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.370
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.510
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.640
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223	5.780
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372	6.040
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.170
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	6.300
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.420
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.550
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.670
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783	6.790
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.920
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909	7.030
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.150

Sumber: Soemarto, 1995

Sebelum dilakukan uji kesesuaian, terlebih dahulu dilakukan plotting data dengan tahapan sebagai berikut:

1. Data hujan harian maksimum tahunan disusun dari besar ke kecil.

2. Hitung probabilitas dengan rumus Weibull

$$Pe = \frac{m}{n+1} \times 100 \% \quad (2.11)$$

Dimana :

- Pe = peluang empiris
- m = nomor urut data
- n = banyaknya data

3. Plotting data debit (X) terhadap probabilitas P

$$Pt = 1 - Pr \quad (2.12)$$

Dimana :

- Pr = probabilitas yang terjadi

4. Tarik garis durasi dengan mengambil 2 titik pada Metode Gumbel (garis teoritis berupa garis lurus) dan 3 titik pada Metode Log Pearson tipe III (garis teoritis berupa garis lengkung kecuali untuk $C_s = 0$, garis teoritis berupa garis lurus).

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\Delta_{\text{maks}} = |Pe - Pt| \quad (2.13)$$

Keterangan :

- Δ_{maks} = selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis
- Pe = peluang empiris
- Pt = peluang teoritis
- Δ_{cr} = simpangan kritis (dari tabel)

5. Kemudian dibandingkan antara Δ_{maks} dan Δ_{cr} , distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima apabila $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{cr}}$ dan terjadi sebaliknya jika $\Delta_{\text{maks}} > \Delta_{\text{cr}}$ (Limantara, 2010). Nilai Δ_{kritis} untuk uji Smirnov Kolmogorov dapat dilihat pada tabel 2.3.

2.1.5.2. Uji Chi Square

Uji Chi Square digunakan untuk menghitung besarnya simpangan vertikal antara data perhitungan dan data teoritis. Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan empiris pada sumbu vertikal yang merupakan data curah hujan rancangan. Uji Chi Square dikatakan berhasil jika $X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ kritis}$.

Tahapan dalam uji Chi Square adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

1. Menghitung jumlah kelas dengan rumus:

$$K = 1 + 3,22 \log n \quad (2.14)$$

Keterangan :

K = jumlah kelas

n = banyaknya data

Tabel 2.5. Nilai Kritis (Δ_{cr}) Smirnov-Kolmogorov

Ukuran Sampel (n)	<i>Level of Significance α (persen)</i>				
	20	15	10	5	1
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.829
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.734
5	0.446	0.474	0.510	0.563	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.409	0.486
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.391
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.380
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.370
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.361
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.352

Rumus
Asimtotik $1.07/(N^{0.5})$ $1.14/(N^{0.5})$ $1.22/(N^{0.5})$ $1.36/(N^{0.5})$ $1.63/(N^{0.5})$

Sumber: Limantara, 2010.

2. Membuat kelompok-kelompok kelas sesuai dengan jumlah kelas
3. Menghitung frekuensi pengamatan $O_j = n / \text{jumlah kelas}$
4. Mencari besarnya curah hujan yang masuk dalam batas kelas (E_j)
5. Menghitung X^2 dengan rumus:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{O_i - E_i}{E_i} \quad (2.15)$$

6. Mencari derajat kebebasan (dk) = $k-1-m$ dimana m merupakan estimasi parameter sebaran *Chi Square* = 2, lalu mencari nilai X^2 kritis dengan nilai derajat kebebasan melalui tabel *Chi Square* (tabel 2.6).

Membandingkan X^2 hitung dengan X^2 kritis, apabila X^2 hitung < X^2 kritis maka analisa distribusi curah hujan pengamatan sesuai dengan model teoritis.

Tabel 2.6. Nilai Kritis (X^2_{cr}) Untuk Uji *Chi Square*

dk	α derajat kepercayaan				
	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	7.289	9.236	11.070	15.086	20.517
6	6.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	11.030	13.362	15.507	20.090	26.125
9	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	19.311	22.307	24.996	30.578	37.697
16	20.465	23.524	26.296	32.000	39.252
17	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	23.900	27.204	30.144	36.191	43.820
20	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315

Sumber: Soewarno, 1995

Interpretasi hasil dari perhitungan tersebut adalah:

1. Apabila derajat kepercayaan lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila derajat kepercayaan lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada diantara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, sehingga diperlukan penambahan data.

2.1.6. Debit Banjir Rancangan

Dimensi *saluran* drainase perkotaan sangat tergantung pada besar debit yang harus dialirkan. Makin besar debit, makin besar pula dimensi salurannya. Itulah sebabnya menetapkan debit banjir rancangan merupakan hal utama dalam perencanaan sistem drainase perkotaan.

2.1.6.1. Metode Rasional

Debit banjir rancangan untuk drainase perkotaan, umumnya dihitung dengan rumus rasional. Dalam perkembangannya, rumus rasional dimodifikasi oleh beberapa peneliti, antara lain : Melchior, Der Weduwen dan Hasper (Suhardjono, 2013).

Fungsi metode rasional dimaksudkan untuk menentukan debit banjir rancangan yang hanya berupa debit puncak banjir (Q_p) sehingga termasuk banjir rancangan non hidrograf. Persyaratan Metode Rasional adalah luas DAS antara 40-80 ha. Debit puncak banjir dipengaruhi oleh besarnya intensitas hujan, besaran koefisien pengaliran yang merupakan fungsi dari topografi, tata guna lahan dan tanah serta luas daerah tangkapan.

Rumus umum metode rasional adalah sebagai berikut (Suhardjono, 2013):

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2.16)$$

Keterangan :

Q = debit limpasan (m^3/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan selama waktu tiba banjir (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

0.278 = faktor konversi

Adapun pengertian dari rumus ini adalah jika terjadi curah hujan selama 1 jam dengan intensitas 1 mm/jam dalam daerah seluas 1 ha, makanya besar debit banjir adalah 0.278 m³/det dimana debit banjir tersebut akan melimpas merata selama 1 jam. Metode Rasional dikembangkan dengan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas yang seragam dan merata di seluruh DAS selama waktu konsentrasi atau lebih lama.

2.1.7. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di permukaan akibat hujan (limpasan) dengan jumlah curah hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi oleh:

1. Kemiringan daerah aliran

Semakin besar kemiringan tanah, semakin cepat aliran limpasan, berarti semakin sedikit air yang meresap atau terinfiltasi.

2. Jenis tanah

Kemampuan infiltrasi dan perkolasasi tanah, berbedanya jenis tanah menjadikan daya resap yang berbeda.

3. Kebasahan tanah

Pada permulaan musim hujan, angka pengaliran lebih kecil (artinya lebih banyak air hujan tertahan di kawasan) daripada di akhir musim hujan, karena pada saat itu tanah menjadi jenuh air.

4. Tata guna tanah

Berbedanya macam pemakaian lahan membawa perbedaan kemampuan lahan dalam menahan air, misalnya kawasan perumahan lebih banyak melimpaskan air.

Besarnya koefisien pengaliran selalu kurang dari satu. Hal ini karena air hujan tidak semuanya melimpas, selalu ada yang tertahan dalam kawasan, masuk ke dalam tanah, menguap dan lain-lain. Besarnya koefisien limpasan (C) untuk rancangan drainase perkotaan adalah sebagai berikut (Suhardjono, 2013):

Tabel 2.7. Nilai Koefisien Limpasan (C)

Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
Perumahan tidak begitu rapat, 20 rumah/Ha	0.25 – 0.40
Perumahan kerapatan sedang, 20-60 rumah/Ha	0.40 – 0.70
Perumahan rapat 60-160 rumah/Ha	0.70 – 0.80
Taman dan daerah rekreasi	0.20 – 0.30
Daerah industri	0.80 – 0.90

Tata Guna Lahan		Koefisien Pengaliran (C)
Daerah Perniagaan		0.90 – 0.95
Rerumputan	Tanah pasir, datar 2%	0.05 – 0.10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0.10 – 0.15
	Tanah pasir, curam 7%	0.15 – 0.20
	Tanah gemuk, datar 2%	0.13 – 0.17
	Tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0.18 – 0.22
	Tanah gemuk, curam 7%	0.25 – 0.35
Perdagangan dan Pertokoan	Daerah kota lama	0.75 – 0.95
Perumahan	Daerah pinggiran	0.50 – 0.70
	Rumah besar dengan taman	0.30 – 0.50
	Kompleks perumahan	0.40 – 0.60
	Kompleks rumah padat	0.60 - 0.75
	Rumah dengan taman, kebun	0.25 – 0.40
	Kompleks apartemen	0.50 – 0.70
Industri	Kompleks industri ringan	0.50 – 0.80
	Kompleks industri berat	0.60 – 0.90

Sumber : Suhardjono, 2013

2.1.8. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan tiap satuan waktu (mm/jam), yang terjadi pada satu durasi waktu, disaat air hujan terkonsentrasi. Untuk keperluan perancangan, curah hujan rancangan yang telah ditetapkan berdasarkan hasil analisis perlu diubah menjadi lengkung intensitas curah hujan. Lengkung tersebut dapat diperoleh berdasarkan data hujan dari stasiun hujan otomatis dengan rentang waktu yang pendek misal: menit atau jam. Dalam praktek, data hujan otomatis relatif sulit diperoleh, sehingga lengkung intensitas curah hujan untuk durasi pendek dapat ditentukan berdasarkan data hujan harian, dengan menggunakan metoda *Modified-Mononobe* (Sosrodarsono dan Takeda, 1983).

$$I = \frac{R_{24}}{T} \left(\frac{t}{T} \right)^{2/3} \quad (2.17)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

T = durasi hujan

t = jam ke –

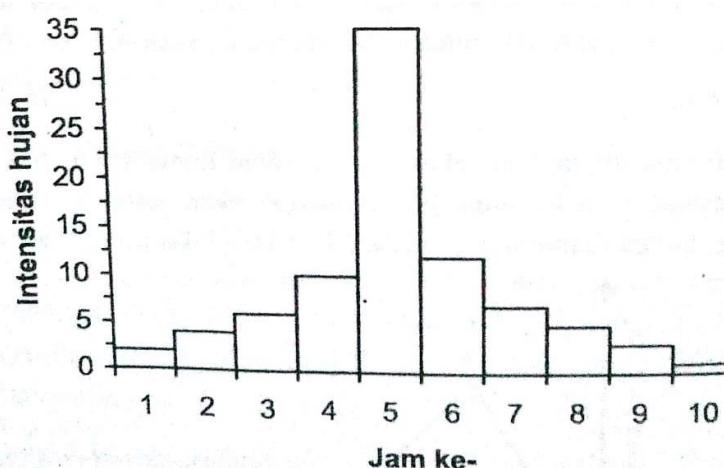
2.1.9. *Hyetograph Hujan Rancangan*

Dalam perhitungan banjir rancangan, diperlukan masukan berupa hujan rancangan yang didistribusikan ke dalam kedalaman hujan jam-jaman (*hyetograph*). Untuk dapat mengubah hujan rancangan ke dalam besaran hujan jam-jaman perlu didapatkan terlebih dahulu suatu pola distribusi hujan jam-jaman. Pola distribusi untuk keperluan perancangan bisa didapat dengan melakukan pengamatan dari kejadian-kejadian hujan besar. Dengan meratakan pola distribusi hujan hasil pengamatan tersebut, kemudian didapatkan pola distribusi rerata yang selanjutnya dianggap mewakili kondisi hujan dan dipakai sebagai pola untuk mendistribusikan hujan rancangan menjadi besaran hujan jam-jaman. (Triatmojo, 2015).

Cara yang dikemukakan di atas dapat dilakukan apabila tersedia data hujan otomatis. Apabila yang tersedia adalah data hujan harian, untuk mendapatkan kedalaman hujan jam-jaman dari hujan rancangan dapat menggunakan model distribusi hujan. Model distribusi hujan yang telah dikembangkan untuk mengalihragamkan hujan harian ke hujan jam-jaman antara lain yaitu *Alternating Block Method (ABM)*. (Chow et. Al., 1988).

2.1.9.1 *Alternating Block Method (ABM)*

Alternating Block Method (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva IDF (Chow et al., 1998). *Hyetograph* rencana yang dihasilkan oleh metode ini adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dalam durasi Δt selama waktu $T_d = n\Delta t$. Untuk periode ulang tertentu, intensitas hujan diperoleh dari kurva IDF pada setiap durasi waktu Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$ Kedalaman hujan diperoleh dari perkalian antara intensitas hujan dan durasi waktu tersebut. Perbedaan antara nilai kedalaman hujan yang berurutan merupakan pertambahan hujan dalam interval waktu Δt . Pertambahan hujan tersebut (blok-blok), diurutkan kembali ke dalam rangkaian waktu dengan intensitas hujan maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan T_d dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah. Dengan demikian telah terbentuk *hyetograph* rencana, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1. *Hyetograph dengan Alternating Block Metod*

2.1.10. Luas Daerah Pengaliran

Luas daerah pengaliran adalah suatu daerah (kawasan) di mana semua curah hujan yang jatuh akan mengalir akan menuju ke titik tinjau tertentu di saluran drainase (Suhardjono, 2013). Untuk mengetahui besarnya luas daerah pengaliran dapat dilakukan dengan:

- Menggunakan kertas millimeter grafis, dan luas daerah pengaliran adalah jumlah kotak tercakup, dikalikan unit kotak, kemudian dikalikan skala peta
- Menggunakan planimeter
- Menggunakan Sistem Informasi Geografis / *digitizer-computer*

2.1.11. Waktu Tiba Banjir atau Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi atau waktu tiba banjir adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari suatu titik yang paling jauh ke suatu titik tinjau tertentu (misalnya titik di muara drainase/outlet) pada suatu daerah pengaliran (Suhardjono, 2013).

$$T_c = t_o + t_{sal} \quad (2.18)$$

Keterangan :

- t_o = lama limpasan di permukaan
- t_{sal} = lama pengaliran dalam saluran
- T_c = waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan penjumlahan dari waktu limpasa di permukaan t_o dengan waktu air mengalir di saluran (t_{sal}).

2.1.11.1. Waktu limpasan di permukaan (t_o)

Waktu limpasan permukaan adalah waktu yang dibutuhkan untuk melimpaskan air hujan dari titik terjauh menuju saluran terdekat, sering juga disebut sebagai *inlet time*, *overflow time* (t_o) dalam satuan menit.

Waktu limpasan permukaan (t_o) dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni :

- a. Jarak limpasan yakni jarak dari titik terjauh menuju ke inlet saluran terdekat
- b. Kemiringan lahan di daerah yang ditinjau
- c. Koefisien pengaliran pada daerah yang ditinjau.

Untuk daerah perkotaan, khususnya yang berada di daerah pantai dimana masalah banjir perkotaan banyak terjadi, umumnya mempunyai kemiringan lahan antara 0,1% sampai 2%. Rumus untuk menghitung t_o adalah:

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \cdot 3.28 \cdot L_o \cdot \frac{n_d}{\sqrt{s}} \right)^{0.287} \quad (2.19)$$

Keterangan :

t_o = waktu limpasa permukaan (menit)

L_o = jarak limpasan (m)

n_d = koefisien hambatan

s = kemiringan daerah pengaliran

Koefisien hambatan besarnya tergantung pada kondisi permukaan dan tata guna lahan (Suhardjono, 2013).

Tabel 2.8. Besaran Koefisien Hambatan (n_d)

Kondisi Lapisan Permukaan	Koefisien Hambatan (n_d)
Aspal jalan atau lapisan beton	0.013 – 0.020
Lapisan jalan paving blok / bahu jalan	0.020 – 0.030
Lapisan diperkeras di daerah perumahan	0.03 – 0.10
Tanah berumput tipis	0.10 – 0.20
Tanah berumput tebal	0.40 – 0.50
Hutan gundul	0.40 – 0.60
Hutan rimbun	0.60 – 0.80

Sumber : Suhardjono, 2013

2.1.11.2. Waktu aliran dalam saluran (t_{sal})

Waktu aliran adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air di dalam saluran, dari satu titik masuknya air limpasan ke titik tinjau. Besarnya waktu alir menurut SNI tentang Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan, 1994 adalah (Suhardjono, 2013):

$$t_{sal} = \frac{L}{60 \cdot V} \quad (2.20)$$

Keterangan :

- t_{sal} = waktu aliran dalam saluran (menit)
- L = panjang saluran
- V = kecepatan aliran dalam saluran (m/det)

2.1.12. Kecepatan Aliran

Penentuan kecepatan aliran di mana saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar tetap self cleansing dan kecepatan maksimum yang diperbolehkan agar tetap aman.

- Kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah $3,0 \text{ m}^3/\text{detik}$ merupakan kecepatan aliran terbesar yang tidak mengakibatkan penggerusan pada lahan saluran.
- Kecepatan minimum yang diperbolehkan $0,6 \text{ m}^3/\text{detik}$, yaitu kecepatan aliran terendah di mana tidak terjadi pengendapan pada saluran (tercapainya self cleansing) dan tidak mendorong pertumbuhan tanaman air dan gang-gang.

Tabel 2.9 Tipe Saluran Dan Batas Kecepatan Aliran Yang Dipakai Untuk Kota

Tipe Saluran	Variasi Kecepatan (m/detik)
Bentuk bulat, buis beton	$0,75 - 3,0$
Bentuk Persegi, pasangan batu kali	$1,0 - 3,0$
Bentuk Trapesium, tanpa pengerasan	$1,6 - 1,5$

Sumber : DPU, Bahan Training untuk Sistem Drainase, Cipta Karya, 1985

2.2. Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir merupakan cara matematis untuk memperkirakan perubahan karakteristik hidrograf (hubungan debit – waktu) di suatu titik pada suatu bagian sungai maupun pada fasilitas tampungan. Pada pemodelan DTA, penelusuran banjir di saluran seringkali menggunakan metode yang berbeda namun memiliki konsep fundamental yang sama. Selama banjir melalui saluran, kedalaman dan volume aliran meningkat, mengakibatkan peredaman puncak dan mendatarkan hidrograf di titik outlet. Selain itu, aliran banjir memerlukan waktu limpasan (*travel time*) yang mengakibatkan perubahan bentuk hidrograf.

Metode penelusuran banjir di saluran dibedakan menjadi 2 yakni:

1. *Hydraulic Routing*

- Menggunakan persamaan kontinuitas dan momentum untuk aliran tidak seragam (*unsteady, gradually varied flow*).
- Debit dihitung sebagai fungsi ruang dan waktu.
- Salah satu metode *Hydraulic Routing*: *Saint Venant*.

2. *Hydrologic Routing*

- Menggunakan hubungan tampungan – *outflow*.
- Debit dihitung sebagai fungsi waktu.
- Metode yang banyak digunakan : *Muskingum*.

2.2.1. Persamaan Kontinuitas (Hukum Konservasi Massa)

Untuk menjabarkan persamaan kontinuitas aliran dalam suatu pias, sebagaimana Gambar 2.2, maka besarnya aliran netto yang lewat pada pias tersebut selama waktu Δt dapat didefinisikan sebagai (Suripin, 2004):

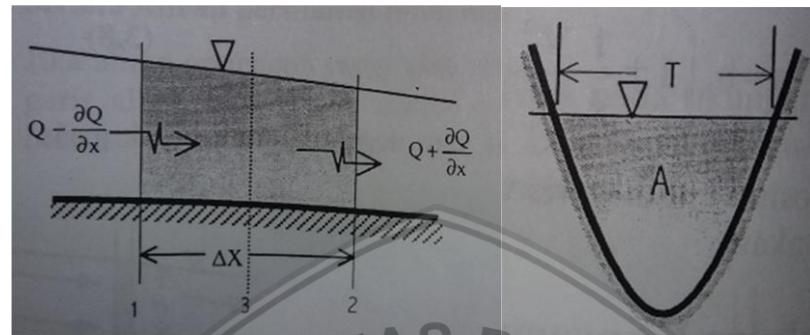
$$\left\{ \left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \cdot \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \cdot \frac{\Delta x}{2} \right) \right\} \Delta t = - \frac{\partial Q}{\partial x} \cdot \Delta x \cdot \Delta t \quad (2.21)$$

Apabila luas penampang di potongan 1-1 adalah A dengan lebar muka air T, maka jumlah pertambahan volume pada pias tersebut selama Δt adalah:

$$\frac{\partial}{\partial t} (A \cdot \Delta x) \cdot \Delta t \quad (2.22)$$

Prinsip kontinuitas menyatakan bahwa jumlah pertambahan volume sama dengan besarnya aliran netto yang melalui pias tersebut, sehingga dengan menyamakan persamaan 2.33 dan 2.34 akan diperoleh persamaan berikut ini:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (2.23)$$



Gambar 2.2. Kontinuitas Aliran Dalam Suatu Pias
Sumber : Suripin, 2004

Persamaan Momentum (Hukum Konservasi Momentum)

Hukum Newton II menyatakan bahwa besarnya perubahan momentum per satuan waktu adalah sama dengan besar resultan semua gaya-gaya yang bekerja pada pias tersebut. Berdasarkan gambar 2.4, maka persamaan momentum dapat ditulis sebagai:

$$P_1 - P_2 + W \sin \theta - F_f - F_a = PQ (V_2 - V_1) \quad (2.24)$$

Dimana :

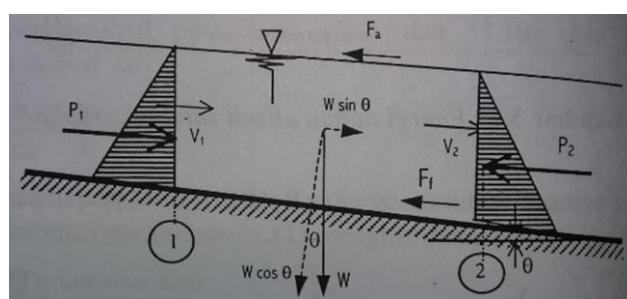
P = tekanan hidrostatik

W = berat volume pada pias (1)-(2)

V = kecepatan aliran

Fa = tekanan udara pada muka air bebas

Ff = gaya geser yang terjadi akibat kekasaran dasar



Gambar 2.3. Penerapan Hukum Momentum
Sumber : Suripin, 2004

2.2.2. Metode *Saint Venant*

Dalam dinamika fluida, persamaan satu dimensi *Saint - Venant*, umumnya digunakan untuk memodelkan aliran pada saluran terbuka dan limpasan permukaan. Persamaan ini merupakan penyederhanaan dari persamaan dua dimensi pada aliran air dangkal, yang juga dikenal sebagai persamaan dua dimensi *Saint - Venant*. Persamaan 1-D *Saint – Venant* digunakan dalam beberapa model termasuk *HEC - RAS*, *SWMM 5*, *Infoworks*, *Flood Modeller*, *MIKE 11*, dan *MIKE SHE* karena secara signifikan lebih mudah untuk dipecahkan daripada persamaan 2-D.

Persamaan 1-D *Saint - Venant* dapat diturunkan dari persamaan *Navier - Stokes* yang menggambarkan gerakan fluida. Persamaan 1-D *Saint - Venant* adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S - S_f) = 0 \quad (2.25)$$

(a) (b) (c) (d)

Percepatan lokal (a) menjelaskan perubahan kecepatan dari waktu ke waktu. Percepatan konvektif (b) adalah percepatan yang disebabkan oleh perubahan kecepatan akibat fluida memasuki suatu penyempitan atau pelebaran penampang saluran, dimana u adalah kecepatan aliran pada arah x . Gradien tekanan (c) menjelaskan bagaimana perubahan tekanan hidrostatik (*head*) terhadap posisi. (d) merupakan percepatan akibat selisih kemiringan dasar dengan garis energi akibat gesekan.

1. Gelombang dinamis (*Dynamic Wave*)

Gelombang dinamis merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan persamaan penuh 1-D *Saint – Venant*, berlaku untuk semua skenario aliran dalam saluran. Gelombang dinamis digunakan untuk memodelkan banjir di program pemodelan termasuk *HEC - RAS*, *Infoworks*, *MIKE 11*, *Wash 123d* dan *SWMM*.

2. Gelombang kinematic (*Kinematic Wave*)

Untuk gelombang kinematik diasumsikan bahwa aliran seragam, dan kemiringan permukaan air sama dengan kemiringan saluran. Sehingga menyederhanakan persamaan penuh *Saint - Venant* untuk gelombang kinematik menjadi:

$$S - S_f = 0 \quad (2.26)$$

Gelombang kinematik berlaku ketika perubahan tinggi gelombang pada jarak dan kecepatan relatif diabaikan terhadap kemiringan dasar, misalnya untuk arus dangkal

pada kemiringan dasar yang curam. Gelombang kinematik digunakan dalam *HEC - HMS*.

3. Gelombang difusi

Untuk gelombang difusi diasumsikan bahwa percepatan inersia sangat kecil bila dibandingkan percepatan gravitasi, gesekan, dan tekanan, sehingga lebih tepat disebut sebagai gelombang non - inersia, dan ditulis sebagai:

$$g \frac{\partial h}{\partial x} + g(S - S_f) = 0 \quad (2.27)$$

Model yang menggunakan asumsi gelombang difusi mencakup *MIKE SHE* dan *LISFLOOD - FP*.

2.3. Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase

Penyebab banjir daerah perkotaan diakibatkan oleh derasnya hujan yang terjadi di suatu kawasan perkotaan tertentu. Hujan deras dalam waktu yang lama pada daerah tersebut mengakibatkan terjadinya genangan. Penyebab utamanya adalah kapasitas masing-masing saluran drainase yang tidak mampu membawa limpasan air yang datang (Suhardjono, 2013). Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kemampuan saluran drainase yang ada saat ini terhadap debit banjir yang direncanakan.

2.3.1. Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Saluran drainase jalan menggunakan penampang hidrolis terbaik, yakni dengan luas minimum yang mampu membawa debit maksimum. Secara umum, debit yang mampu dibawa oleh saluran drainase dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Manning sebagai berikut:

$$Q = V.A \quad (2.28)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{3}{2}} \cdot s^{\frac{1}{2}} \quad (2.29)$$

Keterangan :

Q = debit pada saluran drainase (m^3/det)

V = kecepatan aliran (m/det)

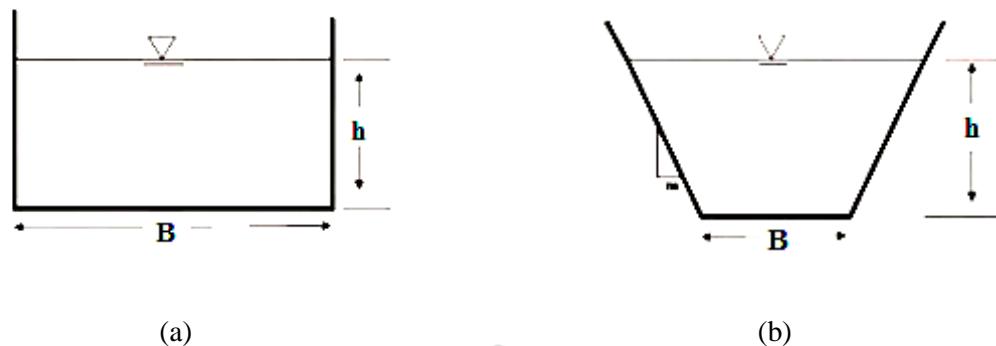
A = luas penampang basah (m^2)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidrolis

s = kemiringan dasar saluran

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) ditetapkan berdasarkan bahan pada tubuh saluran sebagaimana pada Tabel 2.10. Penampang saluran drainase di daerah perkotaan pada umumnya berbentuk segi empat dan trapesium sebagai berikut:



Gambar 2.4. Dimensi Saluran Bentuk Segi Empat (a) dan Trapesium

Perhitungan penampang basah saluran berbentuk segi empat:

$$A = B \times h \quad (2.30)$$

$$P = B + 2h \quad (2.31)$$

Sedangkan perhitungan penampang basah saluran berbentuk trapesium:

$$A = (B + mh) h \quad (2.32)$$

$$P = B + 2h (m^2 + 1)^{0.5} \quad (2.33)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.34)$$

Keterangan :

B = lebar dasar saluran (m)

h = kedalaman air (m)

A = luas penampang basah saluran (m^2)

P = keliling penampang basah (m)

R = jari-jari hidrolik (m)

m = kemiringan talud saluran

Tabel 2.10. Angka Kekasaran Manning (n)

No.	Macam Saluran	n
A.	Saluran tertutup dengan aliran sebagian penuh	
1.	Gorong-gorong dari beton keras dan bebas dari benda-benda hanyut.	0.010 – 0.013
2.	Gorong-gorong dengan belokan dan sambungan dari beton dan ada sedikit benda hanyut.	0.010 – 0.015
3.	Saluran pembuang lurus dari beton.	0.013 – 0.017
4.	Pasangan batu dilapisi dengan semen.	0.012 – 0.017
B.	Saluran terbuka	
1.	Pasangan batu disemen	0.012 – 0.018
2.	Beton dengan plesteran	0.013 – 0.016
3.	Pasangan batu kali disemen	0.014 – 0.035
4.	Pasangan batu kosong	0.020 – 0.035

Sumber : Ven te Chow, 2003

2.3.2. Perhitungan Debit Genangan

Debit genangan yang dimaksud adalah selisih antara besar debit drainase yang terdiri dari debit yang berasal dari air hujan dan air limbah domestik dengan kapasitas saluran drainase yang ada.

$$Q_{\text{genangan}} = Q_{\text{eksisting}} - Q_{\text{hujan}} \quad (2.35)$$

Keterangan:

Q_{genangan} = debit genangan yang terjadi (m^3/det)

$Q_{\text{eksisting}}$ = kapasitas saluran drainase eksisting (m^3/det)

Q_{hujan} = debit hujan yang terjadi dengan kala ulang tertentu (m^3/det)

2.4. Tanah

2.4.1. Jenis-jenis Tanah

Dari sudut pandang teknis, tanah dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Batu kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*)

Golongan batu kerikil dan pasir seringkali dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir kasar atau bahan-bahan tidak kohesif. Golongan ini terdiri dari pecahan-pecahan batu, tetapi kadang, mungkin pula terdiri dari satu macam zat mineral, terutama kwartz. Butiran-butiran tersebut bisa terdapat dalam satu ukuran saja (*uniform grade*) atau mencakup seluruh daerah ukuran dari batu besar sampai ke ukuran pasir halus, dalam hal ini bahan tersebut dikatakan bergradasi baik.

2. Lanau (*silt*) dan lempung (*clay*)

Golongan lanau dan lempung dikenal sebagai kelas bahan-bahan berbutir halus atau bahan-bahan kohesif. Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastis dan kohesif. Kohesif menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lain, sedangkan plastis adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retak-retak atau pecah-pecah.

Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan lebih mudah ditembus air daripada lempung dan memperlihatkan sifat dilatansi yang tidak terdapat pada lempung. Dilatansi menunjukkan gejala perubahan ini apabila lanau itu dirubah bentuknya.

2.4.2. Permeabilitas tanah

Permeabilitas tanah merupakan sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air mengalir melewati rongga pori yang menyebabkan tanah bersifat permeabel.

Tanah permeabel disebut tanah yang mudah dilalui oleh air, sedangkan tanah impermeabel adalah tanah yang sulit dilalui oleh air. Contoh tanah yang permeabel adalah tanah pasir dan kerikil.

Angka koefisien permeabilitas tanah akan mempengaruhi kecepatan peresapan. Tanah yang mempunyai angka koefisien permeabilitas tinggi dan mempunyai kapasitas peresapan yang besar cenderung memerlukan waktu yang relatif singkat untuk mengosongkan tumpungan sumur resapan/bioretensi/perkerasan permeabel.

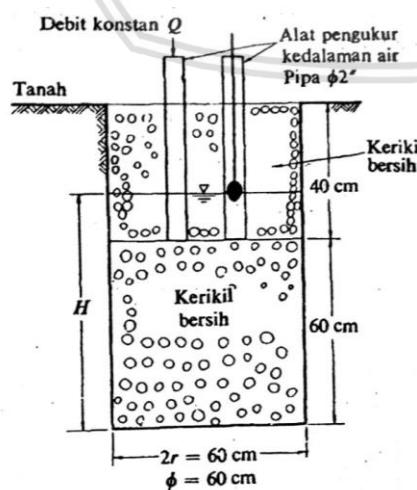
Koefisien permeabilitas mempunyai harga berbeda sesuai dengan jenis dan kepadatan tanah. Nilai koefisien permeabilitas yang diusulkan oleh beberapa peneliti seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.11 Rentang Nilai Permeabilitas

Peneliti	Karakteristik	Nilai k (cm/dt)
Bowles (1991)	Lanau kelempungan	10^{-4} - 10^{-9}
Das (1995)	Kerikil sedang sampai kasar	$> 10^{-1}$
	Pasir halus sampai kasar	10^{-1} - 10^{-3}
	Pasir halus, pasir berlanau	10^{-3} - 10^{-5}
	Lanau, lanau berlempung, lempung berlanau	10^{-4} - 10^{-6}
	Lempung gemuk	$< 10^{-7}$

Untuk menentukan koefisien permeabilitas dapat dilakukan dengan metode yang relatif mudah pelaksanannya di lapangan yaitu dengan menggunakan metode “**sumur pengujian**”.

Dalam pelaksanaannya biasanya dipergunakan silinder bersih (*cylindrical test pit*) yang panjangnya 1 meter dengan diameter 60 cm. Silinder tersebut dibenamkan ke dalam lapisan yang akan diuji (seperti terlihat pada gambar 2.6), selanjutnya tanah yang terdapat di dalam silinder dibuang dan diganti dengan kerikil yang bersih sampai 60 cm. Kemudian di atas permukaan kerikil tersebut ditegakan 2 buah pipa berdiameter 2” yang panjangnya ± 50 cm dan selanjutnya pengisian kerikil diteruskan sampai penuh. Akhirnya ke dalam sumur yang berisi kerikil tersebut dituangkan air, sehingga terjadi kejemuhan yang merata. Sesudah terjadi penjemuhan selama 24 jam, maka pengukuran dapat dilaksanakan, yaitu dengan mempertahankan permukaan air dalam sumur pengujian pada ketinggian tertentu dengan menuangkan air ke dalam sumur tersebut secara continue pada kapasitas tertentu dan kapasitas tersebut harus diukur untuk dicatat.



Gambar 2.5. Metode Pengujian Permeabilitas Di Lapangan

Dari hasil pengujian tersebut di atas, maka angka permeabilitas yang disebut koefisien filtrasi (K) dari lapisan yang diuji dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suyono Sosrodarsono:65) :

$$\begin{aligned} K &= \frac{Q}{\pi H^3} \left\{ H \sin h^{-1} \left(\frac{H}{r} \right) - \sqrt{r^2 + H^2} + r \right\} \\ &= \frac{Q}{\pi H^3} \left[H \log_e \left\{ \frac{H}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{H}{r} \right)^2} \right\} - \sqrt{r^2 + H^2} + r \right] \end{aligned} \quad (2.36)$$

dimana :

H = kedalaman air dalam sumur pengujian (cm)

r = radius sumur pengujian (cm)

Q = debit konstan dari air yang dituangkan ke dalam sumur pengujian
(cm³/detik)

K = koefisien infiltrasi (cm/detik)

Apabila H/r jauh lebih besar dari harga 1, maka rumus akan berbentuk sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K &= \frac{Q}{\pi H^2} \left\{ H \sin h^{-1} \left(\frac{H}{r} \right) - 1 \right\} \\ &= \frac{Q}{\pi H^2} \left[\log_e \left\{ \frac{H}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{H}{r} \right)^2} \right\}^2 - 1 \right] \end{aligned} \quad (2.37)$$

2.4.3. Drainase Ramah Lingkungan

Berkembangnya kawasan perkotaan, selalu diikuti dengan berkurangnya daerah resapan air hujan. Hal ini, akibat dari berubahnya kawasan yang sebelumnya dapat meresapkan sebagian dari limpahan air hujan, (seperti persawahan, lapangan berumput), menjadi lahan dengan perkerasan (jalan, perumahan, pertokoan). Di samping itu banyak kawasan rendah yang semula berfungsi sebagai tempat parkir air (retarding pond, bozem) dan bantaran sungai, berubah fungsi menjadi pemukiman, pertokoan, dan lain – lain (Suhardjono 2015).

Kondisi ini akan meningkatkan volume air permukaan yang masuk ke sistem drainase. Juga akan makin memperpendek waktu yang dibutuhkan untuk “berkumpulnya”

air (*time of concentration*). Akibatnya, akumulasi air hujan membesar dan menyebabkan dilampauinya kapasitas sistem drainase yang ada, selanjutnya menimbulkan banjir.

Beberapa upaya penanganan drainase seperti normalisasi sungai dan saluran atau perbaikan dan penambahan saluran hanya dapat menanggulangi permasalahan drainase untuk jangka pendek (Suripin,2004). Untuk itu, diperlukan upaya penanganan yang tidak hanya memecahkan permasalahan drainase dalam jangka pendek, tetapi juga dapat menangani permasalahan drainase secara terintegrasi.

Perencanaan drainase perlu memperhatikan fungsi drainase yang dilandaskan pada konsep pembangunan yang berwawasan lingkungan. Prinsipnya adalah mengendalikan air hujan supaya dapat meresap ke dalam tanah dan tidak banyak terbuang sebagai aliran permukaan. Di samping itu, tujuan sistem drainase ramah lingkungan adalah untuk makin memperbanyak air yang tersimpan dalam tanah. Biasanya dilakukan dengan cara menahan air limpasan yang datang kemudian, membiarkan air yang tertahan itu meresap ke dalam tanah. Selanjutnya air yang tersisa, secara perlahan – lahan dialirkan ke sungai / badan penerima air lainnya. Bangunan atau sarana yang umum digunakan pada sistem drainase perkotaan ramah lingkungan diantaranya kolam retensi dan sumur resapan.

2.5. Kolam Retensi

2.5.1. Pengertian Kolam Retensi

Kolam retensi adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Kolam retensi dibagi menjadi 2 macam tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasar kolam, yaitu kolam alami dan kolam buatan. Kolam alami adalah kolam retensi berbentuk cekungan atau bak resapan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian.

Kolam buatan atau kolam non alami adalah kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan material yang kaku, seperti beton. Untuk merencanakan pembangunan kolam retensi diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir rencana akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Kemudian diperlukan data curah hujan untuk rencangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 2003).

2.5.2. Fungsi Kolam Retensi

Kolam retensi berfungsi untuk menyimpan dan menampung air sementara dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan *outlet*. Wilayah yang digunakan untuk pembuatan kolam penampungan biasanya di daerah yang rendah. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam retensi dapat digunakan sebagai penampungan air hujan sementara dan penyalur atau distribusi air.

2.5.3. Tipe-Tipe Kolam Retensi

- a. Kolam retensi tipe di samping badan saluran/sungai. Tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu *inlet*, bangunan pelimpah samping, pintu *outlet*, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan pintu *outlet*, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.
- b. Kolam retensi di dalam badan saluran/sungai. Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling, pintu outlet, bendung, saringan sampah dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit didapat. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitas kolam yang terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan sulit dan pemeliharaan yang mahal.
- c. Kolam retensi tipe storage memanjang kelengkapan sistem dari kolam retensi tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta cek dam atau bendung setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitasnya terbatas, menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit. Ukuran ideal suatu kolam retensi adalah dengan perbandingan panjang/lebar lebih besar dari 2:1. Sedang dua kutub aliran masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) terletak kira-kira di ujung kolam berbentuk bulat telor itulah terdapat kedua "mulut" masuk dan keluarnya (aliran) air. Keuntungan yang diperoleh adalah bahwa dengan bentuk kolam yang memanjang semacam itu, ternyata sedimen relatif lebih cepat mengendap dan interaksi antar kehidupan (proses aktivitas biologis) di dalamnya juga menjadi lebih

aktif karena terbentuknya air yang 'terus bergerak, namun tetap dalam kondisi tenang, pada saatnya tanaman dapat pula menstabilkan dinding kolam dan mendapat makanan (*nutrient*) yang larut dalam air.

2.6. Sumur Resapan

2.6.1. Pengertian Sumur Resapan

Secara sederhana sumur resapan diartikan sebagai sumur gali yang berbentuk lingkaran atau segiempat dengan kedalaman tertentu. Sumur resapan berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah baik melalui atap bangunan, jalan dan halaman.

Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan. Dengan demikian konstruksi dan kedalamannya berbeda. Sumur resapan digali dengan kedalaman di atas muka air tanah sedangkan sumur air minum digali lebih dalam lagi atau di bawah muka air tanah.

Metode sumur resapan diilhami oleh makin meningkatnya pemanfaatan air tanah pada saat ini sebagai akibat dari pesatnya perkembangan penduduk, sehingga bertambah pula kebutuhan airnya. Sedangkan daya serap tanah terhadap air hujan yang merupakan sumber utama air tanah semakin berkurang karena makin berkembangnya daerah permukiman dan penutupan permukaan tanah oleh lapisan kedap air.

2.6.2. Kegunaan Sumur Resapan

Sumur resapan adalah bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan yang jatuh di atas atap rumah atau daerah kedap air dan meresapkannya ke dalam tanah (Suhardjono, 2013).

Sumur resapan berfungsi untuk :

- a. Mengurangi aliran permukaan sehingga dapat mencegah atau mengurangi terjadinya banjir dan genangan air.
- b. Mempertahankan dan meningkatkan tinggi permukaan air tanah.
- c. Mengurangi erosi dan sedimentasi.
- d. Mengurangi atau menahan intrusi air laut bagi daerah yang berdekatan dengan kawasan pantai.

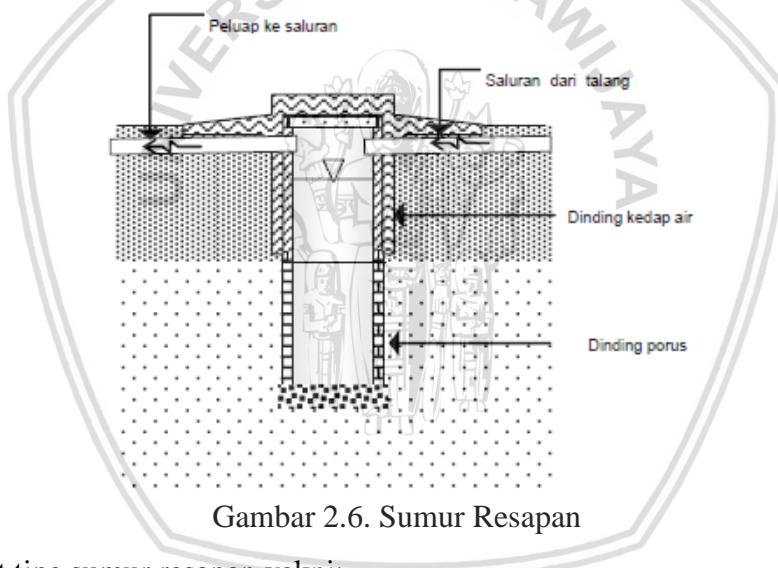
- e. Mencegah penurunan tanah (land subsidence)
- f. Mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah

Sumur resapan merupakan alternatif pilihan dalam mengatasi banjir dan menurunnya permukaan air tanah pada kawasan perumahan karena:

- a. Pembuatan konstruksi sumur resapan tidak memerlukan biaya besar.
- b. Tidak memerlukan lahan yang luas.
- c. Bentuk konstruksi sumur resapan mudah dan sederhana.

2.6.3. Jenis-jenis Sumur Resapan

Jenis bangunan sumur resapan cenderung bervariasi. Bentuk dan jenis bangunan sumur resapan dapat berupa segi empat atau silinder dengan kedalaman tertentu dan dasar sumur terletak di atas permukaan air tanah.



Gambar 2.6. Sumur Resapan

Ada empat tipe sumur resapan yakni:

1. Tipe I, dengan dinding tanah untuk tanah jenis tertentu dan digunakan pada kedalaman maksimum 3 meter.
2. Tipe II, dengan dinding pasangan bata atau batu merah tanpa dipleset dan di antara pasangan diberi celah lubang, dapat dipakai pada semua jenis tanah maksimum 3 meter.
3. Tipe III, dengan dinding buis beton porous atau tidak porous, pada ujung pertemuan sambungan diberi celah lubang, dan dapat diterapkan dengan kedalaman maksimum sampai dengan muka air tanah.
4. Tipe IV, dengan dinding buis beton bertulang dan dapat diterapkan dengan kedalaman maksimum sampai dengan muka air tanah.

2.6.4. Persyaratan Teknis Sumur Resapan

Menurut buku Panduan dan Petunjuk Praktis Pengelolaan Drainase Perkotaan, Kementerian Pekerjaan Umum, persyaratan umum yang diberikan untuk sumur resapan adalah:

1. Sumur resapan air hujan dibuat pada lahan yang lulus air (porous) dan tahan longsor.
2. Sumur resapan air hujan bebas dari kontaminasi atau pencemaran limbah.
3. Air yang masuk ke dalam sumur resapan adalah air hujan.
4. Permeabilitas tanah yang dapat digunakan untuk sumur resapan minimal 2,0 cm/jam.
5. Tinggi muka air tanah cukup rendah (kontur air tanahnya dalam, > 3 meter).
6. Penempatan atau jarak minimum sumur resapan air hujan dari bangunan lain adalah sebagai berikut:

Tabel 2.12. Jarak Minimum Sumur Resapan Dengan Bangunan Lainnya

No.	Bangunan / obyek yang ada	Jarak minimal dengan sumur resapan (m)
1	Bangunan/rumah	3
2	Batas pemilikan lahan/kapling	1.5
3	Sumur untuk air minum	10
4	Septik tank	10
5	Aliran air (sungai)	30
6	Pipa air minum	3
7	Pohon besar	3

Sumber : Cotteral and Norris dalam Kementerian PU, 2013

2.6.5. Perhitungan Sumur Resapan Air Hujan

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto, 1988) dan dapat dituliskan sebagai berikut:

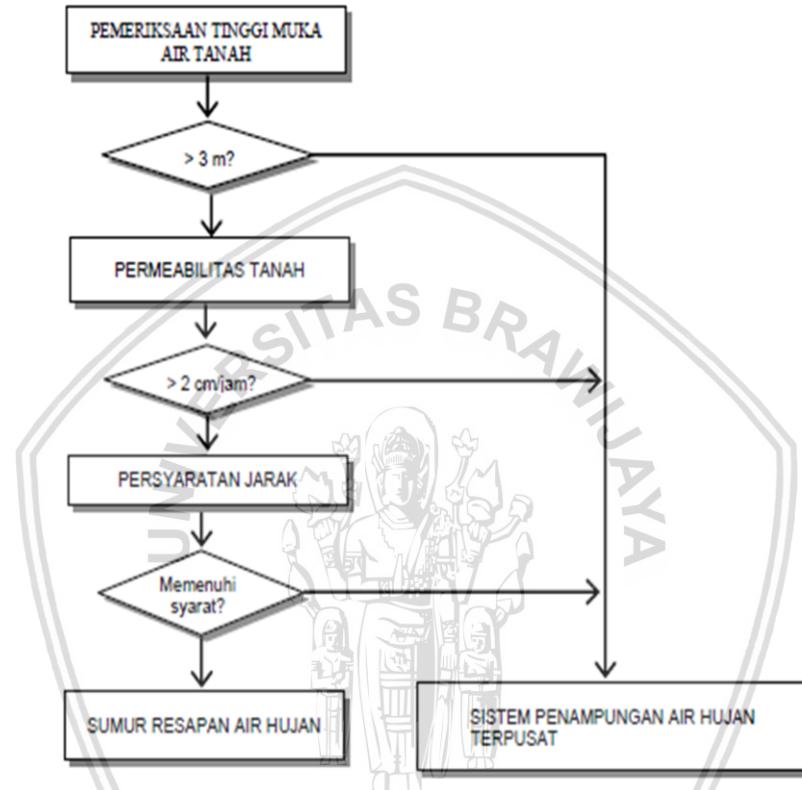
- a. Tinggi muka air dalam sumur, digunakan rumus:

$$H = \frac{Q}{Fk} \left(1 - e^{-\frac{FkT}{\pi r^2}} \right) \quad (2.38)$$

Dimana :

$$H = \text{tinggi muka air dalam sumur (m)}$$

- F = faktor geometrik (m)
 Q = debit air masuk (m^3/dt)
 T = waktu pengaliran (detik)
 k = koefisien permeabilitas tanah (m/dt)
 r = jari-jari sumur (m).



Gambar 2.7. Persyaratan Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan

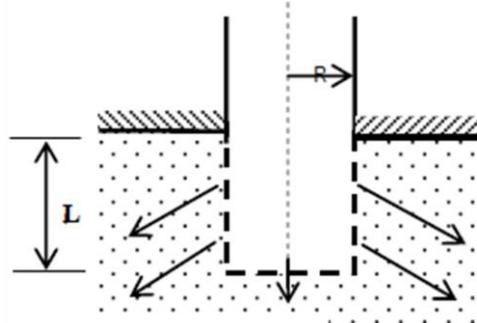
b. Debit air dalam sumur yang meresap, digunakan rumus:

$$Q_o = \frac{2\pi L k H}{\ln \left[\frac{L}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \right]} \quad (2.39)$$

Dimana :

- Q_o = volume air hujan yang meresap (m^3/dt)
 L = ketinggian lapisan poros (m)





Gambar 2.8. Salah Satu Jenis dan Faktor Geometris Sumur Resapan

2.7. *Storm Water Management Model (SWMM)*

2.7.1. Deskripsi SWMM

Storm Water Management Model (SWMM) merupakan model dinamik simulasi hujan aliran (*rainfall-runoff*) yang digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan terutama dari daerah perkotaan. Limpasan permukaan yang dihasilkan berasal dari daerah tangkapan hujan yang menerima hujan. Beban limpasan permukaan tersebut kemudian dialirkan melalui sistem saluran pipa, saluran terbuka, tampungan, pompa, dan sebagainya. *SWMM* menghitung kuantitas dan kualitas limpasan permukaan di setiap daerah tangkapan hujan dan debit, kedalaman, kecepatan, dan variabel lainnya dalam tiap saluran selama periode simulasi dengan tahapan waktu tertentu (Al Amin, 2016).

SWMM pertama kali dikembangkan pada tahun 1971 oleh *United State Environmental Protection Agency (US EPA)* dan kemudian mengalami beberapa peningkatan sampai dengan saat ini. Perangkat lunak ini bersifat gratis (*public domain*) dan versi terakhirnya yaitu versi 5.1 telah beredar sejak 5 Agustus 2015 lalu. File instalasi SWMM dapat diunduh pada laman resmi *US EPA* di <http://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-SWMM>.

2.7.2. Kapabilitas SWMM

SWMM mempunyai kemampuan untuk menghitung baik aspek hidrologi maupun hidrolik dari suatu sistem drainase. SWMM juga dapat menghitung proses hidrolik untuk menelusuri limpasan dan aliran masuk lainnya melalui jaringan sistem drainase pipa, saluran, tampungan/kolam, dan struktur hidrolik lainnya. Kemampuan hidrolik ini mencakupi :

1. Hujan bervariasi fungsi waktu atau *hyetograph*.
2. Evaporasi.

3. Akumulasi salju dan pencairannya.
4. Intersepsi hujan dan tampungannya.
5. Infiltrasi dari lapisan tanah yang tak jenuh.
6. Perkolasi dan lapisan air tanah.
7. Aliran antara air tanah dan sistem drainase.
8. Aliran permukaan.

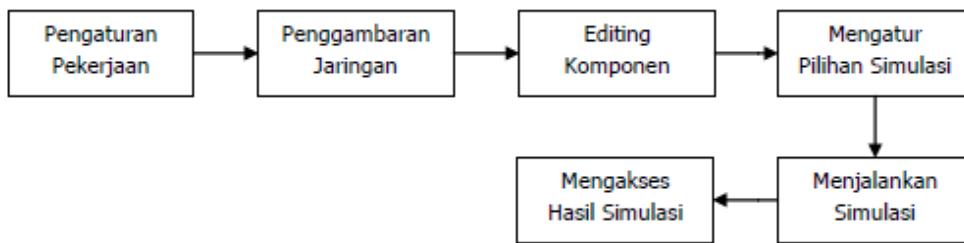
SWMM juga dapat menghitung proses hidrolik untuk menelusuri limpasan dan aliran masuk lainnya melalui jaringan sistem drainase pipa, saluran, tampungan/kolam, dan struktur hidrolik lainnya. Kemampuan hidrolik ini mencakupi :

1. Dapat mensimulasikan dengan ukuran jaringan yang tidak terbatas, yaitu jumlah komponen sistem seperti pipa/saluran, tampungan, dan struktur hidrolik lainnya yang tak terhingga.
2. Dapat mensimulasikan bentuk penampang saluran yang bervariasi termasuk saluran alami seperti sungai.
3. Dapat memodelkan komponen sistem seperti tampungan, pembagi aliran, pompa, bendung, dan peluap.
4. Metode penelusuran aliran tersedia untuk aliran mantap, gelombang kinematik dan gelombang dinamik.
5. Mampu memodelkan berbagai rezim aliran seperti aliran terbendung (backwater), penggenangan, aliran balik dan genangan permukaan.
6. Dapat menerapkan operasi pompa, bukaan peluap, dan level dari pelimpah yang dapat diatur secara bebas oleh user.

SWMM sudah digunakan secara luas dan diterapkan dalam ribuan studi sistem drainase di seluruh dunia. Secara umum, SWMM banyak diaplikasikan untuk perancangan komponen sistem drainase untuk pengendalian banjir, perencanaan kolam untuk pengendalian banjir serta pemodelan LID seperti sumur resapan untuk drainase berwawasan lingkungan.

2.7.3. Tahapan Umum Simulasi SWMM

Tahapan umum yang dilakukan dalam setiap simulasi SWMM secara berurutan adalah pengaturan pekerjaan (*project set up*), penggambaran jaringan dan komponen sistem, editing komponen, mengatur pilihan simulasi, menjalankan simulasi dan mengakses hasil simulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9 di bawah ini (Al Amin, 2016).



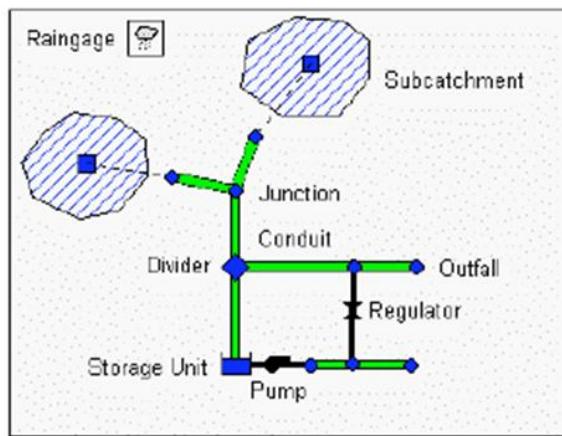
Gambar 2.9. Tahapan Umum Simulasi SWMM

2.7.4. Komponen dan Objek SWMM

SWMM dimodelkan sistem drainase sebagai rangkaian aliran yang melalui empat bagian utama, yaitu di atmosfer, permukaan tanah, bawah permukaan tanah dan jaringan drainase. Penjelasan masing – masing bagian berikut komponen objeknya dijabarkan sebagai berikut :

1. Bagian Atmosfer, untuk merepresentasikan hujan sebagai input bagi sistem drainase. Hujan tersebut direpresentasikan dalam objek *rain gage*
2. Bagian Permukaan Tanah, yang merepresentasikan daerah tangkapan hujan yang menerima hujan dari atmosfer kemudian mengalirkannya dalam bentuk infiltrasi ke bagian bawah permukaan tanah dan juga limpasan permukaan untuk bagian jaringan drainase. Bagian ini dimodelkan menggunakan objek subcatchment.
3. Bagian bawah permukaan tanah, yang menerima infiltrasi dari bagian permukaan tanah dan mengalirkannya sebagai aliran dasar bagi bagian jaringan drainase. Bagian ini dimodelkan menggunakan objek aquifer.
4. Bagian jaringan drainase, terdiri dari saluran drainase, pompa dan regulator, serta unit tampungan yang mengalirkan air ke saluran buang. Aliran masuk dari bagian ini dapat berasal dari limpasan permukaan, aliran dasar (aliran tanah) dan aliran masuk lainnya. Komponen dari bagian ini dimodelkan dalam objek *node* dan *link*.

Objek - objek dalam setiap bagian di atas digambarkan secara visual dalam bentuk peta halaman kerja SWMM seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.10 di bawah ini. Penjelasan dari objek – objek tersebut dijabarkan sebagai berikut :



Gambar 2.10. Visualisasi Objek Untuk Memodelkan Sistem Drainase.

1. *Ran gages*

Objek ini menyediakan data hujan untuk satu atau beberapa daerah tangkapan hujan dalam wilayah studi. Data hujan tersebut umumnya berupa seri data hujan yang menunjukkan distribusi hujan sebagai fungsi waktu. Sebagai contoh distribusi hujan (mm) terhadap waktu (menit atau jam) yang sering diistilahkan sebagai hyetograph.

2. *Subcatchment*

Objek *subcatchment* merupakan satuan wilayah/lahan yang dibatasi oleh topografi dan mengalirkan limpasan permukaan pada suatu titik luaran (*outlet*) yang sering disebut daerah aliran sungai (DAS) atau daerah tangkapan hujan (DTA). Penentuan daerah tangkapan hujan (DTA) ini umumnya dilakukan melalui analisis topografi seperti *digital elevation model* (DEM) suatu wilayah, sehingga dapat ditentukan luasan yang memberikan kontribusi aliran di suatu titik outlet. Objek *subcatchment* tersebut dibagi menjadi luasan – luasan yang lebih kecil yang bersifat lolos air (*pervious*) dan kedap air (*impervious*). Limpasan permukaan dapat terinfiltasi masuk ke dalam tanah melalui luasan yang lolos air, namun tidak dapat terinfiltasi pada luasan yang kedap air. Retensi hujan / limpasan menggunakan berbagai struktur ekodrainase dapat dimodelkan pada komponen ini. Infiltrasi air hujan pada *subcatchment* dengan *pervious area* dapat dideskripsikan dengan tiga model yang berbeda : model infiltrasi *Horton*, model infiltrasi Green – Ampt dan model infiltrasi SCS Curve Number. Parameter input utama lainnya untuk *subcatchment* meliputi :

- Pengukuran hujan
- Outlet per *subcatchment*
- Kekedapan lahan
- Kemiringan lahan
- Lebar jalur aliran
- Nilai kekasaran *manning* untuk area tembus dan kedap
- Kedalaman genangan di area tembus dan kedap
- Prosentase area kedap tanpa genangan

3. *Junction nodes*

Objek *junction* merupakan titik/simpul (*node*) dari sistem drainase yang salurannya bertemu. Secara fisik objek tersebut dapat merepresentasikan pertemuan dari saluran terbuka dan sambungan pipa. Aliran eksternal dapat memasuki sistem malalui objek *junction*. Kelebihan air pada suatu *junction* dapat menunjukkan tingkatan banjir yang terjadi dalam sistem drainase. Masukan parameter untuk *junction* adalah :

- Elevasi dasar
- Tinggi hingga permukaan tanah
- Kolam tampungan pada permukaan ketika terjadi banjir (*optional*)
- Data debit dari luar (*optional*)

4. *Outfall nodes*

Objek ini merupakan titik akhir dari sistem drainase perkotaannya yang umumnya digunakan untuk merepresentasikan titik *outlet* suatu daerah tangkapan hujan. *Outfall* hanya boleh terdiri dari satu saluran masuk saja. Pada *outfall* juga merupakan input data untuk kondisi batas di hilir sistem drainase.

5. *Flow divider nodes*

Objek ini merupakan simpul sistem drainase yang mengalihkan aliran masuk kepada saluran tertentu dengan batasan / ketentuan yang ditetapkan. Sebuah *flow divider* hanya boleh memiliki memiliki dua saluran keluar saja. Terdapat empat jenis *flow divider* yang didefinisikan terhadap bagaimana aliran masuk dialihkan, yaitu :

- a. *Cutoff divider*, yaitu mengalihkan semua aliran masuk yang besarnya melebihi nilai aliran yang ditentukan.

- b. *Overflow divider*, yaitu mengalihkan semua aliran masuk yang besarannya melebihi kapasitas aliran dari saluran tanpa pengalihan.
 - c. *Tabular divider*, yaitu menggunakan tabel untuk menyatakan aliran yang dialihkan sebagai fungsi dari total aliran masuk.
 - d. *Weir divider*, yaitu menggunakan persamaan pelimpah bendung untuk menghitung aliran yang dialihkan.
6. *Storage unit*

Objek ini merupakan simpul sistem drainase yang menyediakan volume tampungan. Secara fisik, objek tersebut merepresentasikan bangunan penampung seperti kolam detensi atau retensi dan waduk atau danau. Fungsi tampungan dideskripsikan sebagai fungsi dari luas permukaan terhadap tinggi air. Fungsi utama *storage unit* dalam sistem drainase adalah sebagai penahan dan penunda puncak banjir, dimana tampungan dapat menahan aliran masuk (limpasan permukaan) kemudian mengeluarkannya dengan besaran yang lebih kecil dan waktu yang lebih lama ke dalam sistem. Masukan parameter untuk storage unit adalah :

- Elevasi dasar
- Kedalaman maksimum
- Tabel fungsi luas dan kedalaman
- Genangan di permukaan (optional)
- *Seepage storage* (desain untuk menampung dan meresap)

7. *Conduit*

Objek ini digunakan untuk merepresentasikan saluran baik saluran terbuka maupun pipa yang mengalirkan air dari satu titik ke titik lainnya dalam sistem drainase. Bentuk penampang melintang saluran dapat ditentukan berdasarkan berbagai variasi bentuk yang telah tersedia untuk saluran buatan maupun ditentukan sendiri oleh user untuk saluran alami/sungai. Bentuk potongan melintang dari berbagai standar geometri terbuka dan tertutup dapat dilihat pada tabel 2.13. SWMM menggunakan persamaan *Manning* untuk mengekspresikan hubungan antara laju aliran (Q), luas penampang basah (A), jari – jari hidrolik (R), dan kemiringan (S) pada saluran terbuka. Parameter input utama untuk saluran adalah :

- Nama node inlet dan outlet
- Ketinggian di atas inlet dan outlet
- Panjang saluran

- Kekasaran geometri penampang panjang saluran Manning.
- Potongan melintang saluran

Tabel 2.13 Bentuk penampang melintang saluran terbuka dan tertutup

Name	Parameters	Shape	Name	Parameters	Shape
Circular	Full Height		Circular Force Main	Full Height, Roughness	
Filled Circular	Full Height, Filled Depth		Rectangular - Closed	Full Height, Width	
Rectangular - Open	Full Height, Width		Trapezoidal	Full Height, Base Width, Side Slopes	
Triangular	Full Height, Top Width		Horizontal Ellipse	Full Height, Max. Width	
Vertical Ellipse	Full Height, Max. Width		Arch	Full Height, Max. Width	
Parabolic	Full Height, Top Width		Power	Full Height, Top Width, Exponent	
Rectangular-Triangular	Full Height, Top Width, Triangle Height		Rectangular-Round	Full Height, Top Width, Bottom Radius	
Modified Baskethandle	Full Height, Bottom Width, Width, Top Radius		Egg	Full Height	
Horseshoe	Full Height		Gothic	Full Height	
Catenary	Full Height		Semi-Elliptical	Full Height	
Baskethandle	Full Height		Semi-Circular	Full Height	
Irregular Natural Channel	Transect Coordinates		Custom Closed Shape	Full Height, Shape Curve Coordinates	

Sumber : US EPA (2010)

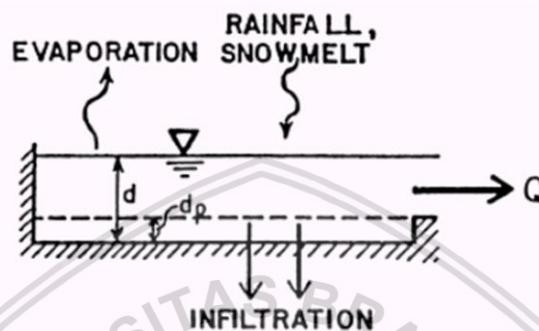
2.7.5. Metode Komputasi

SWMM merupakan simulasi model berbasis fisik, menggunakan prinsip kekekalan massa, energi, dan momentum. SWMM memodelkan limpasan hujan melalui proses fisik berikut:

1. Limpasan Permukaan

Limpasan dihitung dalam SWMM dengan mengurangkan infiltrasi dan / atau penguapan dari curah hujan. Konsep limpasan permukaan yang digunakan oleh SWMM diilustrasikan pada Gambar 2.11 di bawah ini. Setiap permukaan *subcatchment* diperlakukan sebagai tampungan non linear. *Inflow* berasal dari curah

hujan dan hulu *subcatchment*. Ada beberapa *outflow*, diantaranya infiltrasi, evaporasi, dan limpasan permukaan. Limpasan permukaan per satuan luas, Q , terjadi hanya ketika kedalaman air di tampungan melebihi penyimpanan depresi maksimal, d_p , dengan besar arus keluar diberikan oleh persamaan Manning. Kedalaman air di atas *subcatchment* sebanding dengan waktu (t dalam detik), diperoleh dengan menggunakan persamaan neraca air, dimana *Inflow* = *Outflow*.



Gambar 2.11. Konsep Aliran Permukaan
Sumber : US EPA (2010)

2. Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses curah hujan meresap ke zona tanah tak jenuh dari *subcatchments* yang dapat tembus. SWMM menawarkan tiga pilihan untuk pemodelan infiltrasi:

- Metode *Horton*

Metode ini mengasumsikan infiltrasi berkurang secara eksponensial dari laju maksimum awal ke laju infiltrasi konstan. Parameter input yang dibutuhkan oleh metode ini diantaranya laju infiltrasi maksimum dan konstan, koefisien yang menggambarkan berkurangnya laju infiltrasi dari waktu ke waktu (konstanta pengurangan), dan waktu yang dibutuhkan tanah sepenuhnya jenuh untuk benar-benar kering. Persamaan yang digunakan adalah:

$$f_{(t)} = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (2.40)$$

Dimana:

- $f_{(t)}$ = laju infiltrasi pada waktu ke- t (mm/jam)
- f_c = laju infiltrasi konstan (mm/jam)
- f_0 = laju infiltrasi awal (mm/jam)
- t = waktu (jam)
- k = konstanta pengurangan



- Metode *Green-Ampt*
Metode ini mengemukakan istilah *Front* Pembasahan, yaitu suatu batas yang jelas antara tanah yang mempunyai kelembaban tertentu (θ) di bawah dengan tanah jenuh (η) di atasnya. *Front* pembasahan ini terdapat pada kedalaman L yang dicapai pada waktu t dari permukaan. Parameter input yang diperlukan adalah kelembaban awal tanah, konduktivitas hidrolik tanah, dan *suction head*.
- Metode *Curve Number*
Pendekatan ini diadopsi dari NRCS (SCS) *Curve Number* untuk memperkirakan limpasan, yang mengasumsikan bahwa total kapasitas infiltrasi tanah dapat diperoleh dari nilai *Curve Number* yang ditentukan berdasarkan jenis tanah, vegetasi dan jenis penggunaan lahan. Parameter input untuk metode ini adalah jumlah karya dan waktu yang dibutuhkan tanah sepenuhnya jenuh untuk benar-benar kering.

3. *Flow Routing* (Routing Aliran)

Routing aliran dalam saluran di SWMM menggunakan metode *Saint-Venant* yang menggunakan persamaan kontinuitas dan momentum untuk aliran *gradually varied* dan *unsteady* (lihat sub bab 2.2.1). Pengguna SWMM memiliki pilihan tingkat kesulitan yang digunakan untuk memecahkan persamaan ini:

- *Routing Steady Flow*
Merupakan jenis routing yang paling sederhana dengan mengasumsikan bahwa kondisi aliran seragam dan stabil terhadap waktu. Sehingga hanya menghasilkan hidrograf inflow pada akhir hulu saluran ke ujung hilir, tanpa perubahan bentuk. Persamaan aliran digunakan untuk menghubungkan laju aliran dengan kedalaman aliran. Jenis routing ini tidak dapat menghitung tampungan saluran, *backwater* dan kehilangan (*losses*).
- *Routing Kinematic Flow*
Metode ini mengharuskan kemiringan permukaan air sama dengan kemiringan dasar saluran tersebut. *Routing Kinematic Flow* memungkinkan aliran dan luasan bervariasi baik secara spasial dan temporal di dalam saluran, namun tidak dapat menjelaskan efek *backwater*, kehilangan (*losses*), atau aliran bertekanan. Metode ini cukup akurat dan efisien, terutama untuk simulasi jangka panjang.



- *Routing Dynamic Flow*

Metode ini memberikan hasil teoritis yang paling akurat. Terdiri dari persamaan kontinuitas dan momentum untuk saluran dan persamaan kontinuitas volume pada node. Metode ini dapat mewakili aliran bertekanan ketika saluran tertutup penuh, sehingga arus dapat melebihi nilai aliran normal. Banjir terjadi ketika kedalaman air pada node melebihi kedalaman maksimum yang tersedia, dan kelebihan aliran baik yang hilang dari sistem atau tergenang dapat kembali memasuki sistem drainase.

4. Kontrol Ekodrainase (*LID Control*)

Kontrol ekodrainase bekerja melalui kombinasi lapisan vertikal masing-masing struktur tiap unit daerah. Sehingga memungkinkan struktur dari desain yang sama dengan cakupan areal yang berbeda untuk dengan mudah ditempatkan dalam *subcatchments* yang berbeda. Selama simulasi, SWMM dapat melacak berapa banyak air bergerak antara tiap lapisan dan yang disimpan dalam setiap lapisan struktur ekodrainase.

Tabel 2.14. Lapisan yang digunakan untuk berbagai jenis struktur ekodrainase

Jenis Ekodrainase	Jenis Lapisan				
	Permukaan	Perkerasan	Tanah	Tampungan	Underdrain
Kolam Retensi	✓		✓	✓	o
Perkerasan Permeabel	✓	✓		✓	o
Parit Infiltrasi	✓			✓	o
Sumur Resapan				✓	
Saluran Rumput	✓				

✓ ada

o optional

Sumber : US EPA (2010)

2.8. Kalibrasi

Untuk menganalisa hasil pemodelan selanjutnya dilakukan analisa untuk menilai kriteria penampilan dari model tersebut atau yang lebih dikenal dengan kalibrasi. Adapun metode kalibrasi pada penelitian ini menggunakan metode *Root Mean Square Errors* (RMSE).

RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai obeservasinya.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^N (Q_{\text{obs}} - Q_{\text{sim}})^2} \quad (2 - 41)$$

Dimana :

Q_{obs} = debit hasil pengamatan di lapangan (m^3/dt)

Q_{sim} = debit hasil pemodelan (m^3/dt)

2.9. Pengertian Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah suatu rencana yang disusun untuk mengetahui tentang perkiraan (estimasi) anggaran biaya yang harus dikeluarkan untuk pekerjaan suatu bangunan. Tahapan yang dilakukan dalam menyusun RAB suatu pekerjaan/proyek adalah sebagai berikut : (Manullang, Rio.2015)

1. Menghitung volume pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai gambar yang direncanakan. Perhitungan menyangkut pekerjaan yang akan dilaksanakan, seperti pekerjaan galian tanah, urugan tanah kembali, pasangan batu kali, pekerjaan rabat beton dan lain – lain.
2. Membuat analisis perhitungan bahan dan upah untuk masing-masing jenis pekerjaan yang telah dihitung volume pekerjaannya berdasarkan gambar rencana. Analisis bisa dilakukan dengan mengacu pada analisis harga satuan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) atau menggunakan analisis *BOW* (*Burgelijke Openbare Werken*).
3. Membuat perhitungan harga satuan pekerjaan berdasarkan volume pekerjaan dan analisis harga satuan untuk suatu pekerjaan tertentu.
4. Membuat rekapitulasi dari biaya keseluruhan.

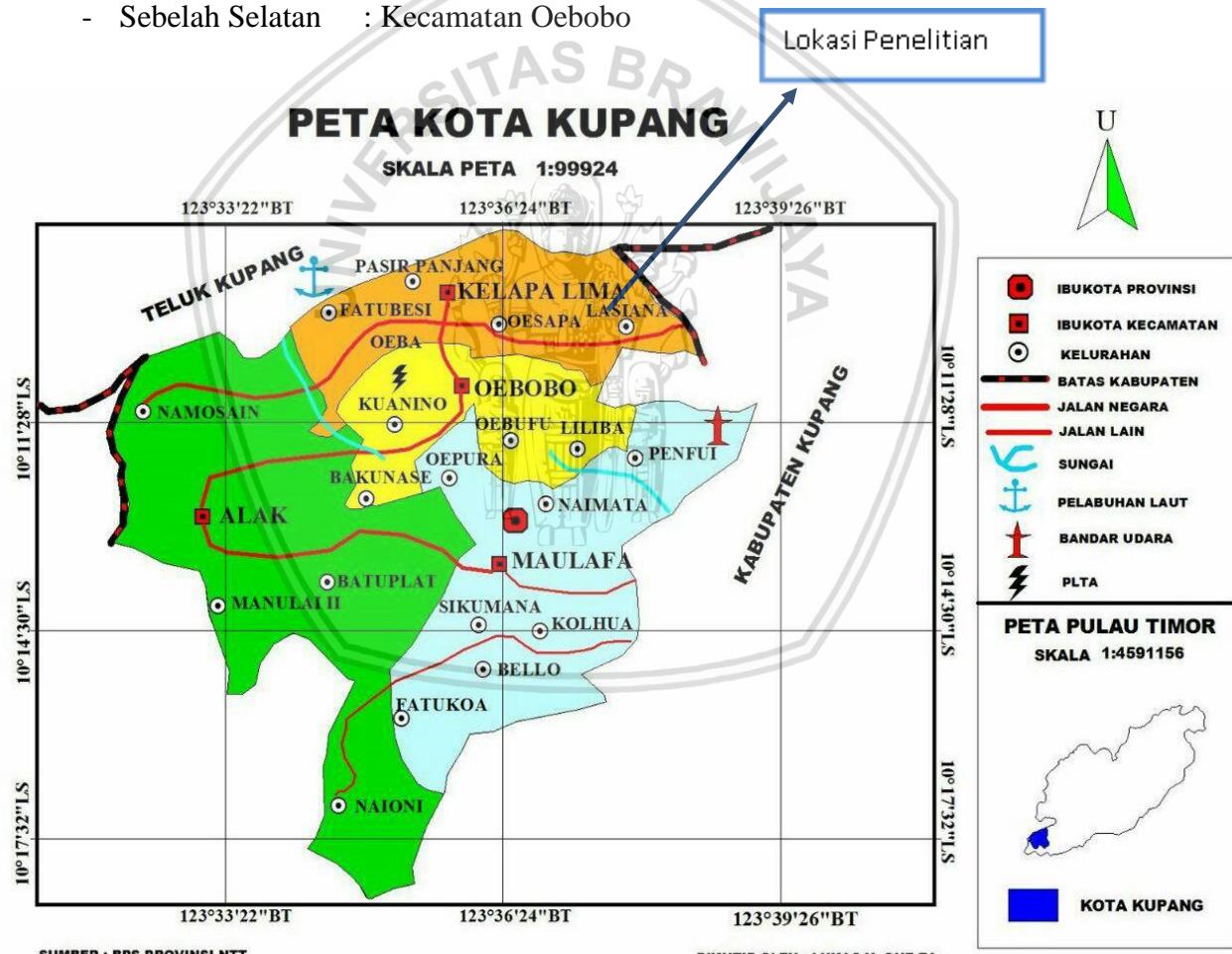
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Daerah Studi

Daerah studi berada di kecamatan Kelapa Lima kota Kupang. Secara geografis kota Kupang terletak pada $10^{\circ}7'40''$ - $10^{\circ}17'39''$ Lintang Selatan dan $123^{\circ}31'35''$ - $123^{\circ}41'00''$ Bujur Timur dan secara administrasi berbatasan dengan :

- Sebelah Utara : Teluk Kupang
- Sebelah Timur : Kabupaten Kupang
- Sebelah Barat : Kelurahan Pasir Panjang
- Sebelah Selatan : Kecamatan Oebobo



Gambar 3.1 Peta Administrasi Kota Kupang
Sumber: BPS Propinsi NTT



Gambar 3.2 Lokasi Studi
Sumber: Google Earth

Studi ini dilakukan di sistem drainase Oesapa – Lasiana kota Kupang yang luas DTanya adalah 402.16 ha atau 4.0216 km².



Gambar 3.3. Peta Daerah Tangkapan Air Lokasi Studi

3.2. Kondisi Lokasi Daerah Studi

3.2.1. Kondisi Topografi

Kota Kupang secara topografis berada pada wilayah dengan ketinggian antara 0 - 350 meter dpl (di atas permukaan laut). Bila dilihat pengelompokan wilayah berdasarkan kondisi topografi yang menggambarkan titik tinggi, maka sebarannya di Kota Kupang dapat digambarkan sebagai berikut :

- Wilayah tertinggi di atas permukaan laut dengan titik tinggi 100 – 350 m dpl, terletak di bagian selatan Kota Kupang.
- Wilayah terendah di atas permukaan laut dengan rentang titik tinggi 0 – 50 m dpl, terletak di pesisir utara dan barat wilayah Kota Kupang.

3.2.2. Kondisi Geologi

Lokasi studi yang termasuk dalam kawasan Oesapa – Lasiana jenis tanahnya terdiri dari pasir lanauan, pasir dan konglomerat, ukuran butir dari lanau hingga kerikil/kerakal, bentuk butir membulat. Berdasarkan peta geologi regional kawasan ini terdiri dari batu gamping koral yang secara hidrogeologi satuan batuan batu ini memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang tinggi.

3.2.3. Iklim

Iklim yang tidak menentu di kota Kupang merupakan masalah umum. Dalam setahun musim kemarau relatif lebih panjang dari pada musim penghujan.

Pada tahun 2016 temperatur udara terendah adalah 22,7°C yang terjadi pada bulan Agustus sedangkan temperatur tertinggi adalah 34,6°C pada bulan April (BPS,2016).

3.2.4. Jumlah dan Kepadatan Penduduk

Data jumlah penduduk yang mendiami kelurahan yang berada dalam wilayah studi secara administrasi berada di kecamatan Kelapa Lima ditunjukkan dalam tabel 3.1

Tabel 3.1 Data jumlah penduduk di kecamatan Kelapa Lima Kota Kupang

No	Kelurahan	Luas (ha)	Jumlah (jiwa)	Kepadatan (jiwa/ha)
1	Oesapa	483	30031	62.18
2	Oesapa Barat	162	11879	73.33
3	Lasiana	523	14879	28.45

Sumber : BPS Kota Kupang, 2016

3.2.5. Sistem dan Kondisi Jaringan Drainase Eksisting

Secara umum, pelayanan drainase di kota Kupang belum mencakup secara keseluruhan. Hal ini disebabkan, prasarana dan sarana drainase baru dapat melayani daerah yang dilalui oleh jalan arteri dan jalan lokal. Melihat kondisi tersebut, prasarana dan sarana drainase mempunyai kecenderungan sebagai drainase jalan dimana masih sebatas untuk menangani/menampung limpasan air hujan dari badan jalan dan belum dapat mengakomodasi limpasan dari daerah di sekitar jalan tersebut. Hal inilah yang sering dijadikan penyebab timbulnya beberapa genangan di wilayah kota Kupang.

Area studi ini adalah sistem drainase Oesapa – Lasiana yang sistem drainase utamanya mengalir ke sungai Lasiana dan sebagiannya lagi membuang langsung ke teluk Kupang. Sistem drainase ini menggunakan konstruksi saluran terbuka yang berbentuk segi empat.

Hipotesa awal genangan yang terjadi diakibatkan oleh besarnya limpasan air hujan dari hulu daerah tangkapan air sistem drainase dan kondisi fisik jaringan drainase eksisting sebagian tidak lagi mampu menampung limpasan hujan. Sehingga pada kejadian hujan dengan intensitas yang cukup tinggi dan dengan durasi tidak begitu lama, sudah mengakibatkan genangan di beberapa titik.

3.2.6. Rencana Penanganan Genangan Yang Berbasis Konservasi

Pertimbangan yang digunakan dalam penanggulangan genangan yang berbasis konservasi, diantaranya adalah elevasi, ketersediaan lahan, tata guna lahan dan kriteria jarak dengan bangunan/obyek lain. Untuk mengurangi laju aliran permukaan yang menjadi penyebab meluapnya air, perlu dipasang kolam retensi di sistem drainase yang ada sehingga dapat mereduksi debit puncak banjir yang datang. Sedangkan sumur resapan ditempatkan di sub DTA – sub DTA untuk mereduksi debit limpasan sebelum keluar ke *outlet* yang menuju ke *conduit – conduit* dari sistem drainase yang ada. Selain untuk mereduksi limpasan air permukaan, kolam retensi dan sumur resapan juga dapat berfungsi sebagai konservasi air tanah.

3.3. Data Yang Diperlukan

Dalam penyusunan studi ini menggunakan data pendukung, baik data primer maupun data sekunder, antara lain :

1. Data curah hujan harian selama 16 tahun (tahun 2001 – 2016) dari 2 (dua) stasiun hujan yakni stasiun hujan Lasiana dan stasiun hujan El Tari Penfui yang bersumber dari Badan Meteorologi dan Geofisika Kupang.

2. Peta lokasi studi, peta topografi, peta dan skema jaringan drainase eksisting, data saluran drainase eksisting, peta tata guna lahan, bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Kupang (disurvei dan digambar ulang oleh penulis).
3. Data kedalaman sumur (muka air tanah), diperoleh dari hasil pengamatan lapangan.
4. Data koefisien permeabilitas tanah, diperoleh melalui uji lapangan di lokasi studi dan dari data studi literatur.

3.4. Skenario Pemodelan di SWMM

Dalam menyelesaikan studi ini instrumen yang dipakai adalah *software* SWMM 5.1, yang merupakan model dinamik simulasi hujan-limpasan (*rainfall-runoff*) yang digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan terutama dari daerah perkotaan.

Skenario pemodelan yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah dalam penulisan tesis ini adalah :

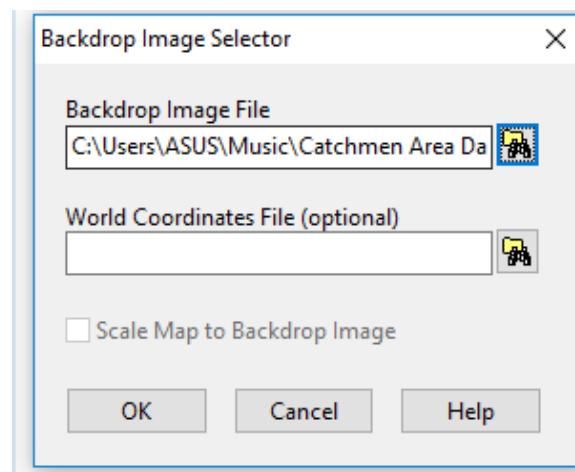
1. Skematisasi sistem drainase untuk kondisi sistem drainase eksisting dengan curah hujan rancangan kala ulang 5 tahun.
2. Skematisasi sistem drainase dengan penambahan kolam retensi.
3. Skematisasi sistem drainase dengan penambahan sumur resapan.
4. Skematisasi sistem drainase dengan penambahan kolam retensi dan penambahan sumur resapan secara bersamaan.
5. Skematisasi sistem drainase dengan penambahan kolam retensi, penambahan sumur resapan dan peningkatan kapasitas saluran eksisting secara bersamaan.

Langkah-langkah pembuatan model menggunakan *Software* SWMM 5.1 dapat diuraikan di bawah ini :

3.4.1. Menggambar Peta Lokasi Studi di SWMM

Untuk memudahkan penggambaran dan penempatan setiap objek maka, gambar latar dapat ditambahkan pada jendela *Study Area Map*. Langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Menempatkan gambar ‘*backdrop*’ (misalnya peta jalan atau topografi) sebagai referensi penggambaran, dengan menekan tombol *View >> Backdrop >> Load >> Browse backdrop image file*.



Gambar 3.4. Jendela *Backdrop Image Selector*

2. Selanjutnya dapat memodelkan obyek dengan fitur - fitur berikut :

- Untuk menggambar sub daerah tangkapan air (*subcatchment*)
- Untuk menggambar simpul *junction*
- Untuk menggambar saluran (*conduit*)
- Untuk menggambar outlet/buangan akhir (*outfall*)
- Untuk menggambar lokasi dan masukan data hujan (*rain gage*)
- Untuk menggambar kolam retensi (*storage unit*)
- Untuk menggambar *spill way* (*weir link*)
- Untuk menggambar sumur resapan (*rain barrel*)

Dalam melakukan penggambaran model baik berupa lokasi maupun jarak di *map area* SWMM 5.1 tidak perlu menggunakan skala yang sesungguhnya.

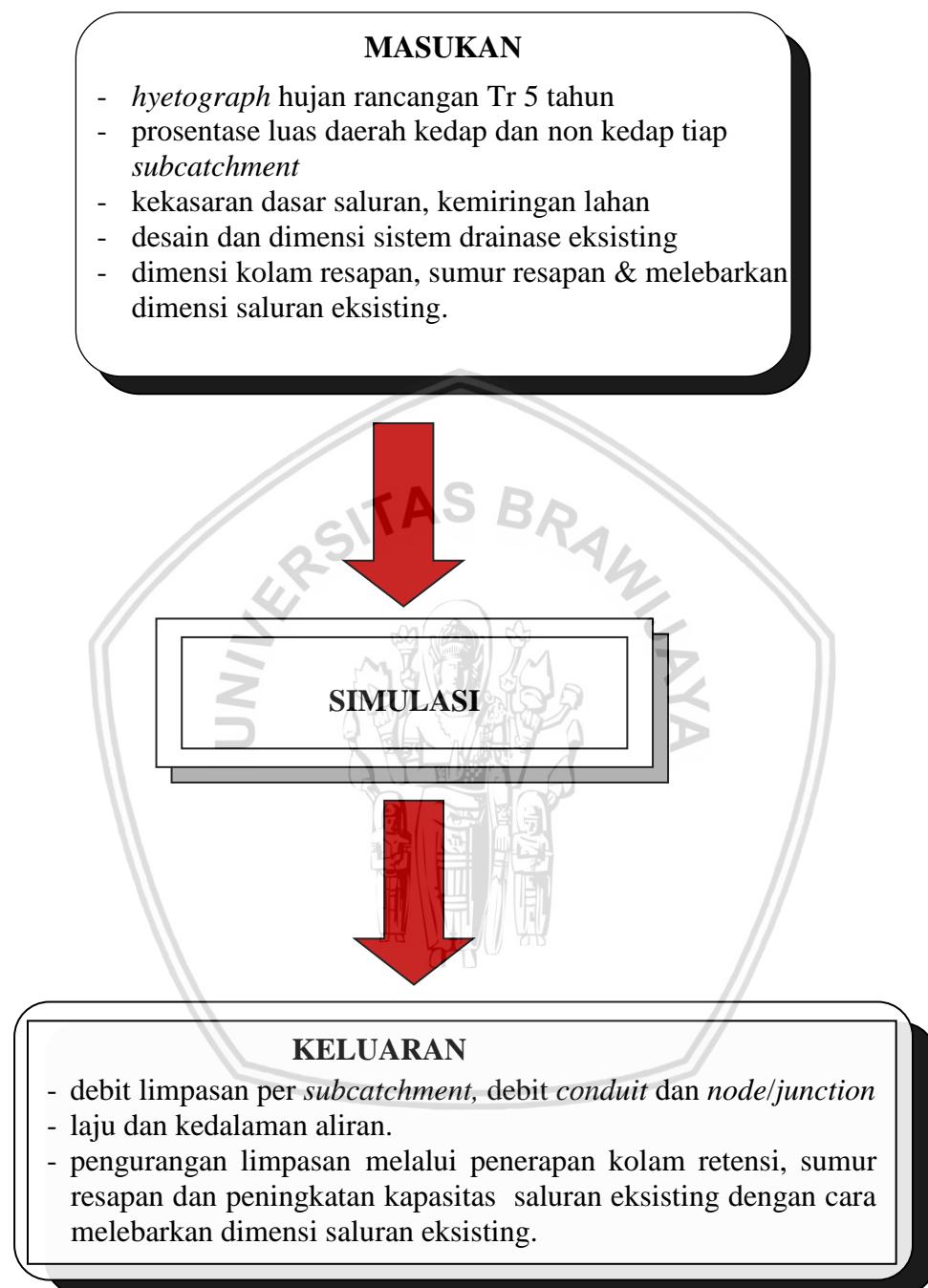
3.4.2 Menjalankan Simulasi

Sebelum menjalankan simulasi, terlebih dahulu harus dilakukan pengaturan pilihan simulasi. Langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

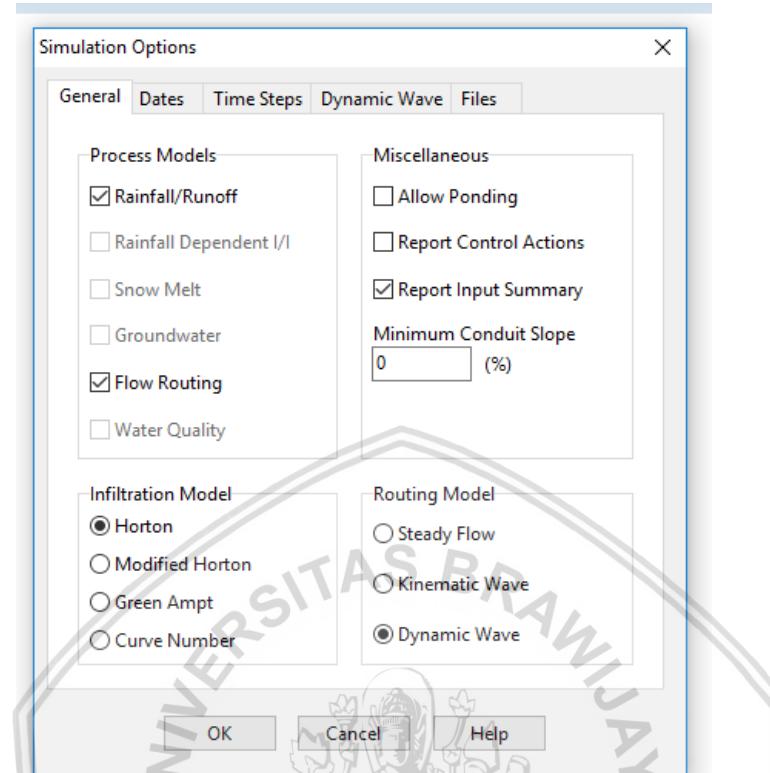
1. Dari halaman **Project** pada jendela Browser, pilih **Options**, dan klik dan jendela Simulation Option akan ditampilkan.
2. Pada halaman **General**, pastikan **Horton** untuk **Infiltration Mode**, dan **Dynamic Wave** untuk **Routing Model**. Untuk masukan tanggal analisa, menggunakan tanggal yang sama dengan masukan pada pengisian data hujan *Time Series Editor*. Selanjutnya, simulasi dapat dijalankan dengan menekan tombol atau *Project >> Run Simulation*.



Diagram alir pemodelan dengan SWMM 5.1 ditampilkan pada Gambar 3.5 sedangkan tampilan pengaturan simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.6 di bawah ini :



Gambar 3.5. Diagram Alir Pemodelan Dengan SWMM 5.1



Gambar 3.6. Tampilan Menggunakan *Dynamic Wave* dan Infiltrasi *Horton* di SWMM

3.5 Langkah-Langkah Pengerjaan Studi

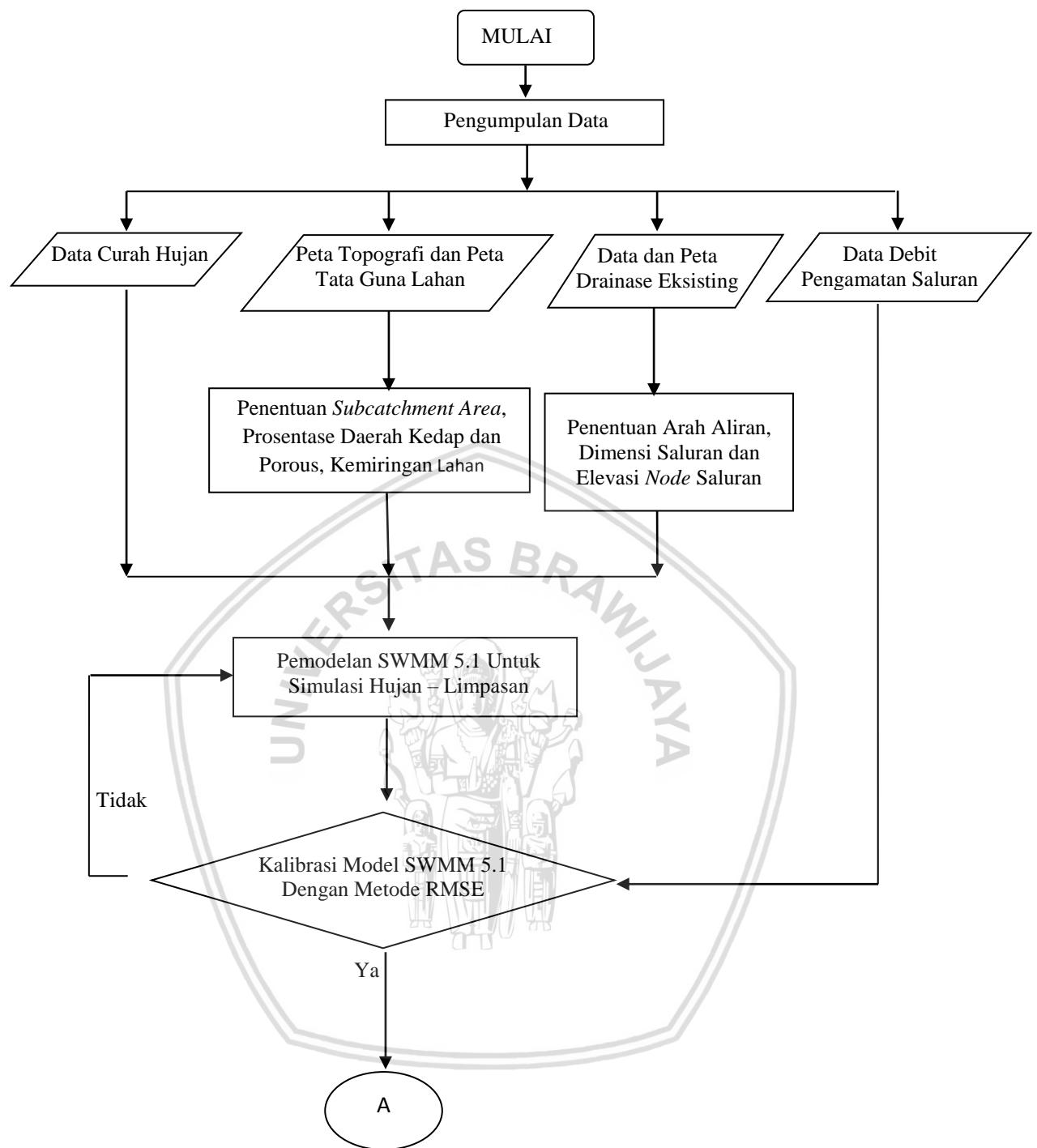
Studi ini dilakukan di sistem drainase Oesapa-Lasiana kota Kupang. Untuk mempermudah dalam penyelesaian studi ini maka disusunlah langkah - langkahnya secara sistematis. Adapun langkah-langkahnya disajikan pada tabel 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.2 Langkah-Langkah Pengerjaan Studi

No	Tahapan	Keterangan
1	Studi Pustaka	<ul style="list-style-type: none"> Pengumpulan teori – teori yang diperlukan pada saat pekerjaan penelitian.
	Survey dan Pengumpulan Data	<ul style="list-style-type: none"> Data curah hujan harian selama 16 tahun Peta lokasi studi Peta topografi lokasi studi Peta jaringan drainase eksisting Peta tata guna lahan Permeabilitas tanah dan kedalaman muka air tanah

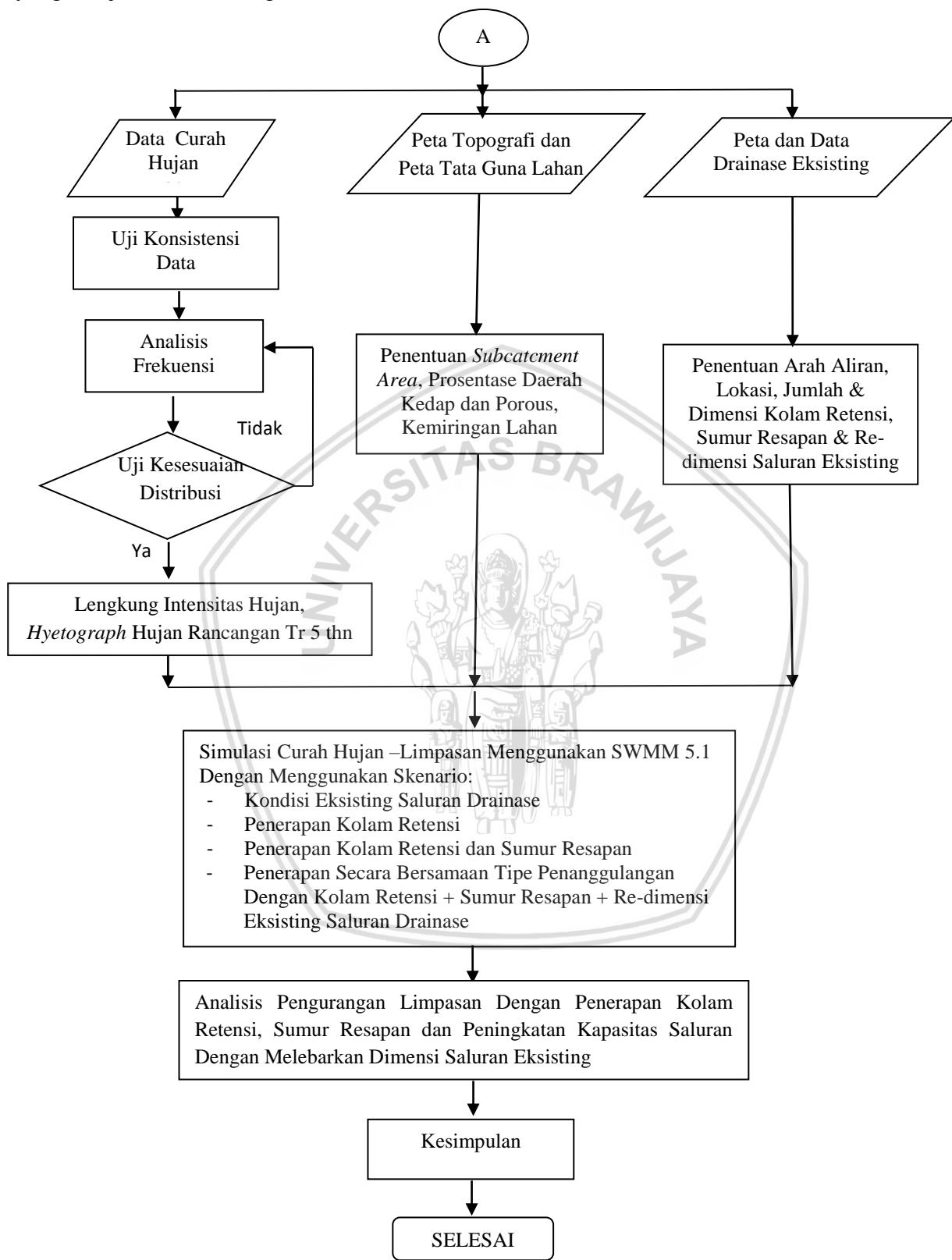
No	Tahapan	Keterangan
2	Pengolahan Data	<ul style="list-style-type: none"> Berdasarkan peta topografi dan peta tata guna lahan, ditentukan luas daerah tangkapan (A), prosentase daerah porous dan daerah kedap serta kemiringan lahan. Dari peta jaringan drainase eksisting dan juga melalui survey langsung di lapangan, ditentukan arah aliran air, dimensi saluran eksisting serta elevasi <i>node/junction</i>. Dengan <i>software</i> SWMM 5.1, dibuatlah model curah hujan-limpasan kondisi eksisting kemudian model tersebut dikalibrasi dengan uji statistik <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE). Menggunakan metode RAPS (<i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i>) untuk menguji konsistensi data curah hujan. RAPS ini dipakai karena kurang dari 3 (tiga) stasiun penakar hujan. Mengelompokkan data curah hujan maksimum untuk setiap tahun berdasarkan durasi, kemudian dihitung intensitas hujan. Analisa Frekuensi Menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III untuk menganalisa frekuensi data intensitas hujan kala ulang 5 tahun Uji Kesesuaian Distribusi Menggunakan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov untuk uji kesesuaian distribusi. Uji ini untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang akan dianalisis. Membuat lengkung intensitas-durasi hujan dengan menggunakan metode <i>Mononobe</i>. Membuat <i>Hyetograph</i> hujan rancangan dengan metode <i>Alternating Block Method (ABM)</i>. Menggunakan simulasi curah hujan - limpasan dengan

No	Tahapan	Keterangan
		<p>software SWMM 5.1 untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Merencanakan lokasi, jumlah dan dimensi kolam retensi, sumur resapan dan re-dimensi saluran eksisting di lokasi studi. • Simulasi curah hujan - limpasan dengan SWMM 5.1 pada skenario penerapan masing-masing tipe kolam retensi, sumur resapan, dan re-dimensi saluran eksisting kemudian melakukan simulasi penerapan tipe-tipe penanggulangan genangan tersebut secara bersamaan. • Menganalisa pengurangan limpasan hujan pada skenario penerapan kolam retensi, sumur resapan dan peningkatan kapasitas saluran eksisting.
3	Kesimpulan	<ul style="list-style-type: none"> • Menarik kesimpulan terhadap hasil analisa kapasitas dimensi saluran eksisting dan alternatif penanggulangan genangan di lokasi studi yang berbasis konservasi.



Gambar 3.7. Diagram Alir Kalibrasi Pemodelan EPA SWMM 5.1

Setelah model dikalibrasi selanjutnya penyelesaian studi dapat dilanjutkan sebagaimana yang disajikan dalam diagram alir berikut :



Gambar 3.8. Diagram Alir Studi

BAB IV

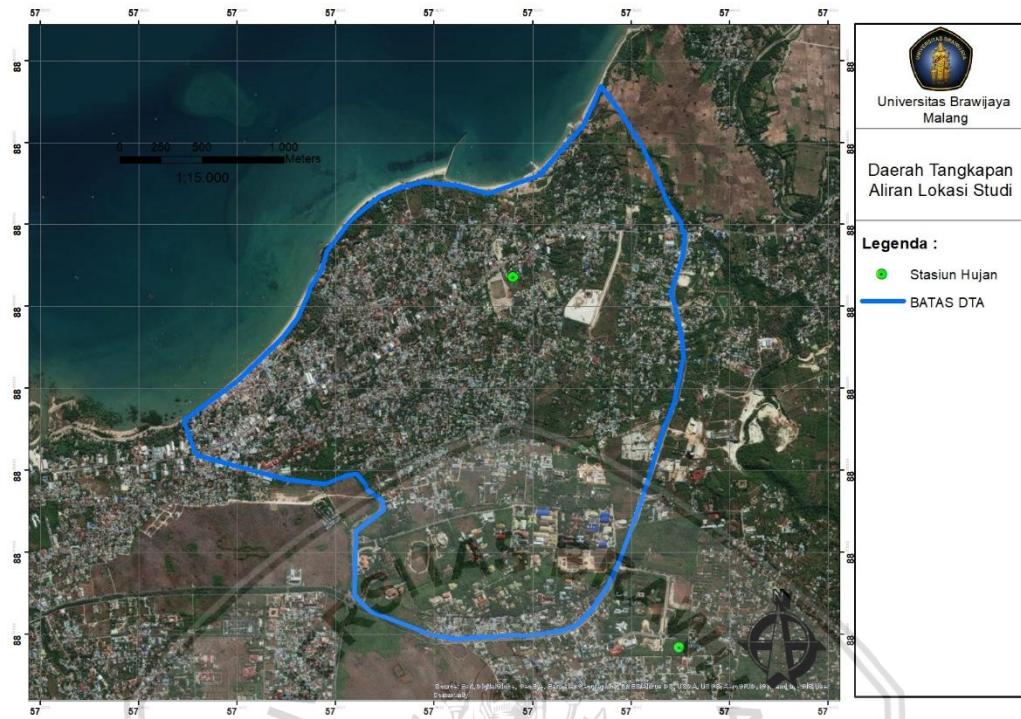
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

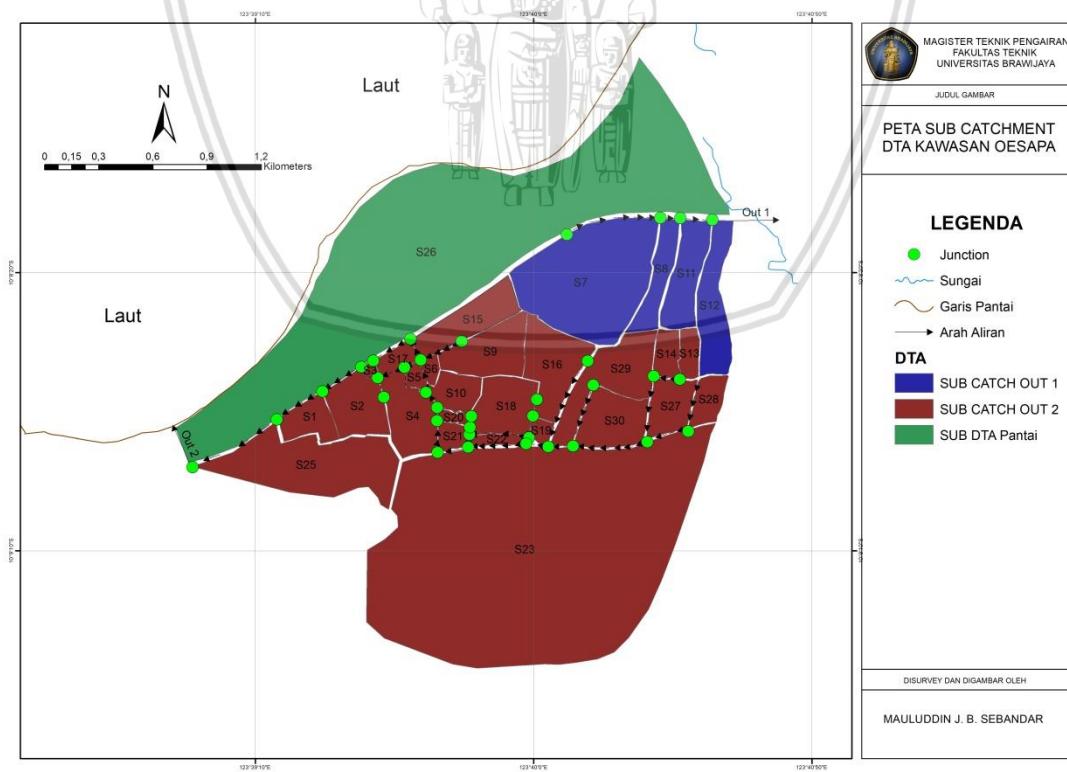
Studi ini diawali dengan menentukan batas daerah tangkapan air (DTA). Batas DTA di daerah perkotaan ditentukan dengan melihat kondisi topografi serta dengan melakukan survei di lapangan. Arah aliran pada lokasi penelitian bisa diketahui dari data topografi yang ada dan juga dengan mensurvei langsung di lokasi penelitian. Analisa pembahasan pada bab ini, secara sistematis akan dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Menganalisa kondisi jaringan drainase eksisting dengan menggunakan *software Auto Cad 2007, Google Earth* dan *Arcview GIS 3.3* untuk memperoleh data-data berikut:
 - a. Luas daerah sub DTA (*subcatchment area*).
 - b. Luas daerah kedap dan daerah porous.
 - c. Prosentase kemiringan lahan.
2. Pembuatan model jaringan drainase menggunakan program EPA SWMM 5.1.
3. Kalibrasi model jaringan drainase menggunakan data pengamatan dan simulasi dengan curah hujan pada waktu yang sama. Proses kalibrasi program EPA SWMM 5.1 dengan menggunakan metode RMSE.
4. Analisa hidrologi dengan beberapa tahapan, yaitu:
 - a. Uji konsistensi data dengan metode RAPS
 - b. Analisa curah hujan maksimum
 - c. Analisa frekuensi
 - d. Uji kesesuaian distribusi frekuensi
 - e. Hubungan intensitas hujan dan waktu.
 - f. *Hyetograph* hujan rancangan
5. Melakukan simulasi model jaringan drainase dengan data curah hujan kala ulang 5 tahun serta melakukan evaluasi sebelum adanya perencanaan kolam retensi, sumur resapan dan peningkatan kapasitas saluran eksisting.
6. Merencanakan pemasangan kolam retensi, sumur resapan serta merencanakan ulang dimensi saluran eksisting yang meluap pada model jaringan drainase.
7. Melakukan simulasi model jaringan drainase dengan menerapkan kolam retensi, sumur resapan dan re-dimensi eksisting saluran drainase.

8. Menganalisa kemampuan kolam retensi, sumur resapan dan re-dimensi saluran eksisting dalam mengatasi genangan / banjir di lokasi studi.



Gambar 4.1. Peta Batas Daerah Tangkapan Aliran Lokasi Studi



Gambar 4.2. Daerah Tangkapan Air Sistem Drainase Oesapa – Lasiana

4.2 Analisa Peta dan Jaringan Drainase Eksisting

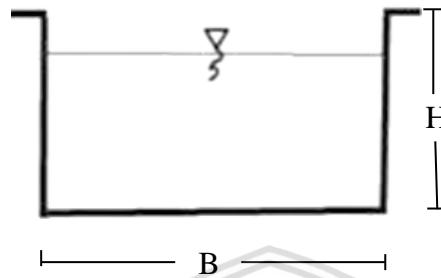
Berdasarkan data dan peta jaringan drainase eksisting, peta topografi serta dengan melakukan survei di lapangan maka didapatkan data sub daerah tangkapan air hujan (*subcatchment*) seperti yang ditampilkan pada tabel 4.1 dan data geometri saluran pada tabel 4.2.

Tabel 4.1. Data Sub Daerah Tangkapan Air (data input program SWMM)

Nama	A (m ²)	A (ha)	%	A _{kedap} (m ²)	Lebar (m)	% Slope	n Kedap	n Porus	h genangan lap. Kedap (mm)	h genangan lap. Porus (mm)
S1	54880	5.49	47.84	26253	137	4	0.024	0.11	1.27	3.80
S2	94134	9.41	49.68	46763	275	4	0.024	0.15	1.27	3.80
S3	5241	0.52	49.55	2597	83.3	2	0.024	0.15	1.27	3.80
S4	102653	10.27	35.8	36754	476	5	0.024	0.16	1.27	3.80
S5	13921	1.4	41	5715	170	5	0.024	0.20	1.27	3.80
S6	11966	1.2	39.16	4686	102	4	0.024	0.15	1.27	3.80
S7	387391	38.74	31.4	121608	732	5	0.024	0.18	1.27	3.80
S8	66606	6.6	4.95	3296	619	7	0.012	0.17	2.48	3.80
S9	110469	11	28	30859	247	4	0.022	0.20	1.50	3.80
S10	49050	4.91	29.12	14281	276	5	0.024	0.15	1.27	3.80
S11	96676	9.67	15.71	15189	597	6	0.024	0.18	1.27	3.80
S12	114610	11	18	20970	842	6	0.024	0.15	1.27	3.80
S13	27456	2.75	17	27456	217	7	0.021	0.15	1.54	3.80
S14	34306	3.43	15.25	5232	256	5	0.024	0.18	1.27	3.80
S15	102451	10.25	32	32777	625	2	0.023	0.22	1.40	3.80
S16	128288	12.83	26.2	33618.33	390	4	0.022	0.17	1.49	3.80
S17	25998	2.60	37.5	9750	230	4	0.016	0.17	2.06	3.80
S18	101396	10.14	35	35003	337	4	0.023	0.21	1.41	3.80
S19	13255	1.33	12.5	1656	104	4	0.027	0.15	1.60	3.80
S20	10000	1.0	60.54	6503	183	3	0.023	0.16	1.38	3.80
S21	24086	2.4	31.10	7490	174	3	0.024	0.16	1.27	3.80
S22	17476.96	1.75	31.99	5592	320	5	0.024	0.18	1.27	3.80
S23	1822800.00	182.28	29.48	108032	1123.5	8	0.023	0.16	1.27	3.80
S25	272668	27.27	39.62	108026	885	7	0.024	0.15	1.27	3.80
S26	1620000	162.00	35.00	567000	1091	2.7	0.024	0.10	2.54	2.54
S27	66537	6.65	11.72	7797	268	6	0.024	0.15	1.27	3.80
S28	37993	3.80	5.54	2107	250	5	0.024	0.14	1.27	3.80
S29	141498	14.15	27.00	38308	391	4	0.024	0.18	1.29	3.80
S30	101838	10.2	3.00	3004	347	6	0.024	0.19	1.34	3.80

Sumber: Hasil Analisa

Penampang saluran drainase pada sistem drainase Oesapa-Lasiana berbentuk persegi seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.3, skema jaringan drainase eksisting pada gambar 4.4 sedangkan, hasil penggambaran peta jaringan drainase menggunakan SWMM ditampilkan pada Gambar 4.5.



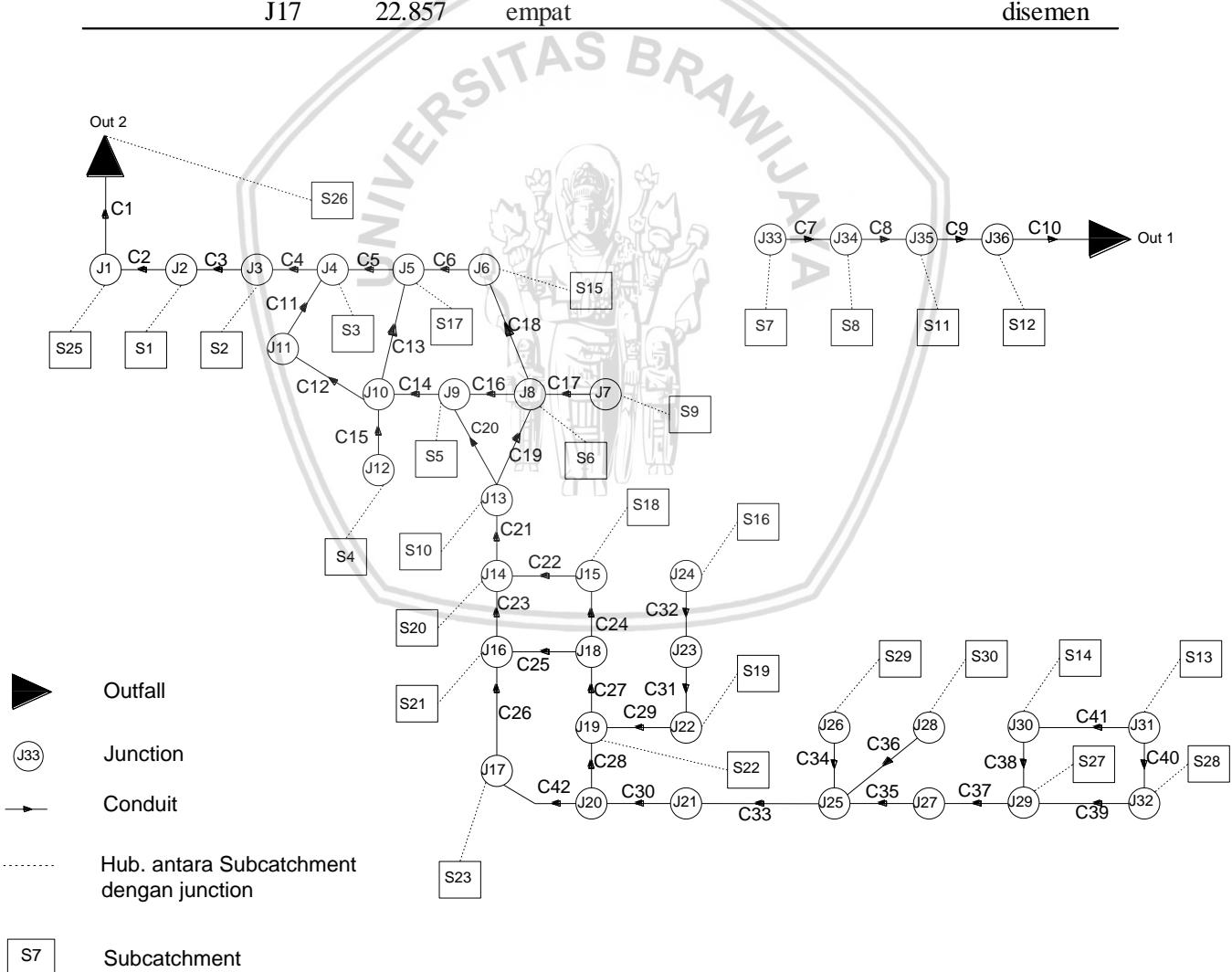
Gambar 4.3 Dimensi Saluran Berbentuk Persegi

Tabel 4.2 Rekapitulasi Data Geometri Saluran

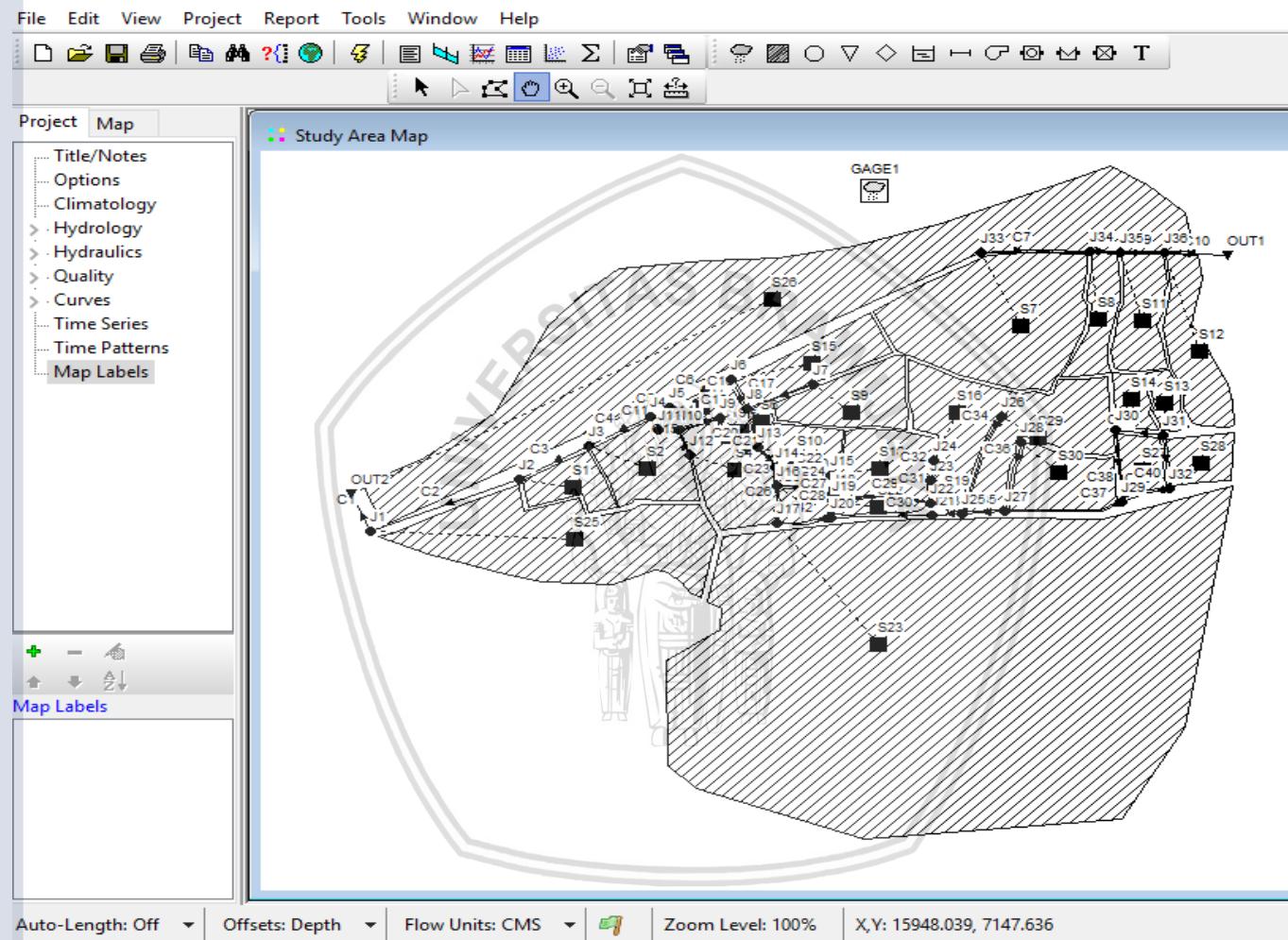
No.	Nama Saluran	Node Inlet-Outlet	El.Dasar Inlet-Outlet	Bentuk	H (m)	B (m)	L (m)	s	Material
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11
1	C1	J1	11.500	Segi empat	1.00	1.00	225.00	0.0056	Pas.batu kali disemen
		Out2	10.250						
2	C2	J2	12.500	Segi empat	0.70	1.00	445.00	0.0022	Pas.batu kali disemen
		J1	11.500						
3	C3	J3	12.700	Segi empat	0.70	1.00	135.00	0.0015	Pas.batu kali disemen
		J2	12.500						
4	C4	J4	13.400	Segi empat	0.70	1.00	126.00	0.0056	Pas.batu kali disemen
		J3	12.700						
5	C5	J5	14.300	Segi empat	0.70	1.00	69.00	0.0130	Pas.batu kali disemen
		J4	13.400						
6	C6	J6	15.500	Segi empat	0.70	1.00	252.00	0.0048	Pas.batu kali disemen
		J5	14.300						
7	C7	J33	19.200	Segi empat	0.70	1.00	102.00	0.0054	Pas.batu kali disemen
		J34	18.650						
8	C8	J34	18.650	Segi empat	0.70	1.00	150.00	0.0058	Pas.batu kali disemen
		J35	17.786						
9	C9	J35	17.786	Segi empat	0.70	1.00	157.00	0.0032	Pas.batu kali disemen
		J36	17.280						
10	C10	J36	17.280	Segi empat	0.70	1.00	258.00	0.0024	Pas.batu kali disemen
		Out1	16.654						
11	C11	J11	14.200	Segi empat	0.70	1.00	60.00	0.0133	Pas.batu kali disemen
		J4	13.400						
12	C12	J10	14.760	Segi empat	0.60	0.50	60.00	0.0093	Pas.batu kali disemen
		J11	14.200						

13	C13	J10	14.760	Segi empat	1.00	0.80	105.00	0.0044	Pas.batu kali disemen
14	C14	J9	15.450	Segi empat	1.00	1.00	152.00	0.0045	Pas.batu kali disemen
15	C15	J12	15.758	Segi empat	1.00	0.40	132.00	0.0076	Pas.batu kali disemen
16	C16	J8	16.565	Segi empat	1.00	0.80	100.00	0.0112	Pas.batu kali disemen
17	C17	J7	23.066	Segi empat	1.00	0.70	210.00	0.0310	Pas.batu kali disemen
18	C18	J8	98.966	Segi empat	0.55	0.43	127.00	0.0001	Pas.batu kali disemen
19	C19	J13	17.459	Segi empat	1.00	0.35	181.00	0.0049	Pas.batu kali disemen
20	C20	J13	17.459	Segi empat	1.00	0.70	205.00	0.0098	Pas.batu kali disemen
21	C21	J14	17.865	Segi empat	1.00	0.75	94.00	0.0043	Pas.batu kali disemen
22	C22	J15	21.547	Segi empat	1.00	0.80	203.00	0.0181	Pas.batu kali disemen
23	C23	J16	20.250	Segi empat	1.00	0.60	65.00	0.0367	Pas.batu kali disemen
24	C24	J18	22.560	Segi empat	0.60	0.60	102.00	0.0099	Pas.batu kali disemen
25	C25	J18	22.560	Segi empat	0.60	0.70	173.00	0.0134	Pas.batu kali disemen
26	C26	J17	22.857	Segi empat	1.00	0.60	172.00	0.0152	Pas.batu kali disemen
27	C27	J19	23.898	Segi empat	1.00	1.40	44.00	0.0304	Pas.batu kali disemen
28	C28	J20	24.600	Segi empat	1.40	0.70	58.00	0.0121	Pas.batu kali disemen
29	C29	J22	25.650	Segi empat	0.70	0.70	327.00	0.0054	Pas.batu kali disemen
30	C30	J21	27.750	Segi empat	1.00	0.70	337.00	0.0093	Pas.batu kali disemen
31	C31	J23	26.250	Segi empat	0.70	0.70	87.00	0.0069	Pas.batu kali disemen
32	C32	J24	26.546	Segi empat	0.70	0.70	95.00	0.0031	Pas.batu kali disemen
33	C33	J25	29.574	Segi empat	1.00	0.70	110.00	0.0166	Pas.batu kali disemen
34	C34	J26	39.870	Segi empat	0.60	0.70	603.00	0.0171	Pas.batu kali disemen

35	C35	J27	31.654	Segi empat	1.00	0.60	138.00	0.0151	Pas.batu kali disemen
		J25	29.574						
36	C36	J28	35.254	Segi empat	0.60	0.70	334.00	0.0108	Pas.batu kali disemen
		J27	31.654						
37	C37	J29	32.564	Segi empat	1.00	1.00	378.00	0.0024	Pas.batu kali disemen
		J27	31.654						
38	C38	J30	44.056	Segi empat	0.80	0.85	285.00	0.0403	Pas.batu kali disemen
		J29	32.564						
39	C39	J32	35.565	Segi empat	1.00	1.00	229.00	0.0131	Pas.batu kali disemen
		J29	32.564						
40	C40	J31	49.104	Segi empat	0.80	0.85	225.00	0.0602	Pas.batu kali disemen
		J32	35.565						
41	C41	J31	49.104	Segi empat	0.80	0.85	218.00	0.0232	Pas.batu kali disemen
		J30	44.056						
42	C42	J20	24.600	Segi empat	1.00	1.00	152.00	0.0115	Pas.batu kali disemen
		J17	22.857						



Gambar 4.4. Skema Jaringan Drainase Eksisting



Gambar 4.5. Hasil Penggambaran Peta Jaringan Jrainase Menggunakan Program SWMM.

4.3 Kalibrasi Model

Untuk kalibrasi model, dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Data pengukuran diambil pada kejadian hujan tanggal 18 Pebruari 2018 dengan menggunakan metode apung untuk mendapatkan besar kecepatan dan mengukur kedalaman basah di saluran/*conduit* C1 yang menuju *Outfall* 1. Dari hasil pengukuran yang dilakukan bisa dihitung nilai debit di *conduit* C1 selama 160 menit dengan interval waktu 10 menitan.
2. Melakukan simulasi debit *conduit* C1 di SWMM dengan menggunakan data hujan pada tanggal 18 Pebruari 2018 untuk mendapatkan hasil simulasi debit di *conduit* C1.
3. Melakukan perbandingan nilai debit pengukuran/observasi di lapangan dengan debit hasil simulasi di SWMM. Dalam melakukan perbandingan debit observasi dengan debit simulasi digunakan metode RMSE (*Root Mean Square Errors*) (Tabel 4.3 dan Gambar 4.4).
4. Dari hasil perhitungan perbandingan diperoleh nilai RMSE sebesar 0.061405 (sudah mendekati angka nol). Hal ini menunjukkan bahwa parameter yang digunakan dalam pemodelan memiliki pendekatan yang cukup baik dengan kondisi di lapangan. Dalam tahap kalibrasi model dengan kondisi di lapangan apabila diperlukan dapat mengubah nilai parameter – parameter pemodelan untuk mendapatkan hasil yang memuaskan antara data simulasi model dengan data hasil pengamatan di lapangan.

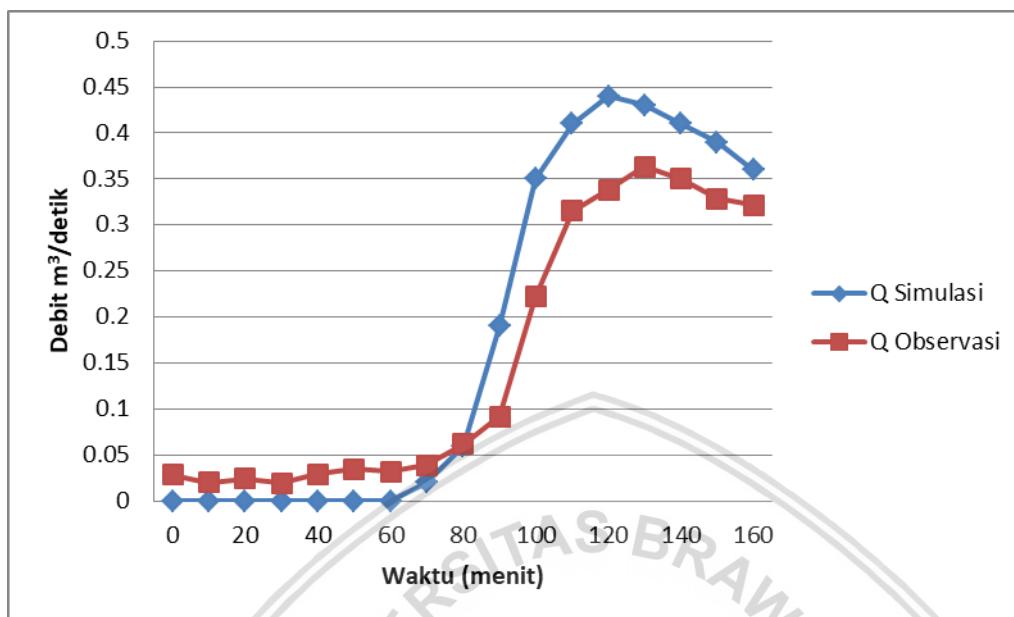
Tabel 4.3. Perhitungan Kalibrasi Metode RMSE

Conduit	Pengamatan / Observasi					Debit Q. (m^3/det)		$(Q_{obs}-Q_{sim})^2$ (m^3/det)		
	C1	Durasi	h(m)	V (m/det)	A(m^2)	Q Obs (m^3/det)	Conduit C1			
Lebar (B) 1.00		14:20:00	0.08	0.357	0.080	0.029	0	0.029	0.000816	
		14:30:00	0.06	0.333	0.060	0.020	0	0.020	0.000400	
		14:40:00	0.07	0.357	0.068	0.024	0	0.024	0.000590	
		14:50:00	0.05	0.417	0.046	0.019	0	0.019	0.000367	
		15:00:00	0.10	0.294	0.100	0.029	0	0.029	0.000865	
		15:10:00	0.11	0.313	0.110	0.034	0	0.034	0.001182	
		15:20:00	0.12	0.263	0.120	0.032	0	0.032	0.000997	
		15:30:00	0.14	0.278	0.140	0.039	0.02	0.039	0.000357	
		15:40:00	0.16	0.385	0.160	0.062	0.06	0.062	0.000002	
		15:50:00	0.22	0.417	0.220	0.092	0.19	0.092	0.009669	
									Σ = 0.06410	

Sumber: Hasil Perhitungan

$n = 17$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^1 (Q_{\text{obs}} - Q_{\text{sim}})^2} = 0.061405$$



Gambar 4.6 Perbandingan Hidrograf Debit Observasi Dengan Debit Simulasi

4.4 Analisa Hidrologi

4.4.1 Penyiapan Data Curah Hujan

Studi ini menggunakan periode data curah hujan harian selama 16 (enam belas) tahun, yaitu tahun 2001 – 2016. Data curah hujan harian tersebut diperoleh dari Stasiun Hujan Lasiana dan Stasiun Hujan El Tari. Keterangan Stasiun Hujan Lasiana dan Stasiun Hujan El Tari bisa dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.4 Nama Pos Hujan Pencatatan Curah Hujan

No.	Nama Stasiun Pencatatan	Jenis	Lokasi	Koordinat	Kondisi
1	Stasiun Hujan Lasiana	Manual	Kec. Kelapa Lima	$123^040'01,6''\text{BT}$ $10^008'19,9''\text{LS}$	Baik
2	Stasiun Hujan El Tari	Manual	Kec. Maulafa	$123^039'46''\text{BT}$ $10^010'37''\text{LS}$	Baik

Sumber: BMG Kupang

Data dari Stasiun Hujan di atas cukup mewakili untuk dilakukan analisis hidrologi. Adapun rekapitulasi data curah hujan maksimum di Stasiun Hujan Lasiana dan Stasiun Hujan El Tari ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.5 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Lasiana dari tahun 2001–2016

Tahun	Bulan												CH. Maks (mm/hr)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sept	Okt	Nop	Des	
2001	128	79	21	19	-	36	7	-	-	2	90	56	128
2002	38	98	32	75	-	-	-	-	43	0	22	53	98
2003	158	203	65	56	3	13	-	-	-	37	13	128	203
2004	7	111	55	0	51	1	-	-	-	25	39	62	111
2005	58	57	65	22	0	0	-	-	-	79	44	41	79
2006	62	98	193	126	9	13	-	-	-	-	5	34	193
2007	70	113	101	49	0	16	-	-	-	-	34	44	113
2008	66	170	32	40	0	3	-	-	-	16	32	60	170
2009	86	113	43	2	32	0	2	-	-	0	79	173	173
2010	100	35	72	28	37	7	4	20	-	32	4	42	100
2011	51	78	53	62	62	-	-	-	-	17	24	37	78
2012	51	100	59	74	16	-	-	-	13	3	15	64	100
2013	139	79	87	23	14	20	-	-	-	13	84	57	139
2014	111	101	23	29	13	-	12	-	-	-	34	43	111
2015	154	28	98	38	10	-	-	-	-	-	10	51	154
2016	86	20	28	0	65	3	8	-	-	-	-	-	86
Keterangan : (-) Tidak ada hujan													2036

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun El Tari dari tahun 2001–2016

Tahun	Bulan												CH. Maks (mm/hr)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sept	Okt	Nop	Des	
2001	160	85	25	9	-	36	10	-	-	16	50	56	160
2002	43	115	56	43	-	-	-	-	38	-	47	52	115
2003	79	195	54	27	-	10	-	-	-	27	23	118	195
2004	21	133	66	-	13	-	-	-	-	22	59	55	133
2005	79	125	46	17	-	1	-	-	-	7	33	35	125
2006	69	78	210	135	10	10	-	-	-	-	8	36	210
2007	85	130	115	52	0	15	-	-	-	-	30	50	130
2008	47	145	28	37	0	8	-	-	-	15	-	91	145
2009	53	138	19	1	-	-	-	-	-	-	28	182	182
2010	100	58	56	48	43	8	2	33	13	32	8	67	100
2011	45	302	62	96	42	0	5	-	-	21	22	63	302
2012	47	84	57	77	12	6	7	8	9	10	52	76	84
2013	193	68	78	22	17	22	-	-	-	48	43	49	193
2014	73	97	29	20	25	3	11	-	-	-	37	72	97
2015	108	40	127	26	6	-	-	-	-	-	7	43	127
2016	84	18	26	-	66	5	9	-	-	-	-	-	84
Keterangan : (-) Tidak ada hujan													2382

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4.2 Uji Konsistensi Data Hujan

Uji Konsistensi ini dilakukan agar dapat mengetahui adanya penyimpangan data hujan, sehingga bisa disimpulkan apakah data tersebut layak digunakan dalam analisa hidrologi atau tidak. Data dari Stasiun Hujan Lasiana dan Stasiun Hujan El Tari yang digunakan dalam melakukan uji konsistensi ini menggunakan metode RAPS (*Rescale Ajuste Partial Sums*). Dalam melakukan analisis ini terlebih dahulu dipilih curah hujan harian maksimum dari masing-masing kedua stasiun yang diuji seperti yang disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Curah Hujan Maks Stasiun Lasiana dan Stasiun El Tari

No.	Tahun	CH. Maks Sta. Lasiana (mm)	CH. Maks Sta. El Tari (mm)
1	2001	128	160
2	2002	98	115
3	2003	203	195
4	2004	111	133
5	2005	79	125
6	2006	193	210
7	2007	113	130
8	2008	170	145
9	2009	173	182
10	2010	100	100
11	2011	78	302
12	2012	100	84
13	2013	139	193
14	2014	111	97
15	2015	154	127
16	2016	86	84

Sumber: hasil perhitungan

Hasil yang disajikan pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa data hujan pada Stasiun Hujan Lasiana dan Stasiun Hujan El Tari adalah konsisten.

Tabel 4.8 Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Lasiana

No	Tahun	Hujan	Sk*	D_y^2	Sk**	[Sk**]
		mm/hari				
1	2001	128.00	4.25	1.13	0.10	0.10
2	2002	98.00	-25.75	41.44	-0.60	0.60
3	2003	203.00	79.25	392.54	1.86	1.86
4	2004	55.00	-68.75	295.41	-1.61	1.61
5	2005	79.00	-44.75	125.16	-1.05	1.05
6	2006	193.00	69.25	299.72	1.62	1.62
7	2007	113.00	-10.75	7.22	-0.25	0.25
8	2008	170.00	46.25	133.69	1.08	1.08
9	2009	173.00	49.25	151.60	1.15	1.15
10	2010	100.00	-23.75	35.25	-0.56	0.56
11	2011	78.00	-45.75	130.82	-1.07	1.07
12	2012	100.00	-23.75	35.25	-0.56	0.56
13	2013	139.00	15.25	14.54	0.36	0.36
14	2014	111.00	-12.75	10.16	-0.30	0.30
15	2015	154.00	30.25	57.19	0.71	0.71
16	2016	86.00	-37.75	89.07	-0.88	0.88
Jumlah		1980.00		1820.19		0.00
Rerata		123.75				

$$\begin{aligned}
 n &= 16 & \text{Sk}^{**} \text{ mak} &= 1.86 \\
 D_y &= 21.8 & \text{Sk}^{**} \text{ min} &= -1.61 \\
 Q &= |\text{Sk}^{**} \text{ mak}| & &= 1.86 \\
 R &= \text{Sk}^{**} \text{ mak} - \text{Sk}^{**} \text{ min} & &= 3.47 \\
 Q/(n^{0.5}) &= 0.46 & & < 1.08 & 90\% & \Rightarrow \text{Ok !} \\
 R/(n^{0.5}) &= 0.87 & & < 1.29 & 90\% & \Rightarrow \text{Ok !}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun El Tari

No	Tahun	Hujan	Sk*	D_y^2	Sk**	[Sk**]
		mm/hari				
1	2001	160.00	11.15	7.77	0.202	0.202
2	2002	115.00	-33.85	71.61	-0.613	0.613
3	2003	195.00	46.15	133.11	0.835	0.835
4	2004	133.00	-15.85	15.70	-0.287	0.287
5	2005	125.00	-23.85	35.55	-0.432	0.432
6	2006	210.00	61.15	233.71	1.107	1.107
7	2007	130.00	-18.85	22.21	-0.341	0.341
8	2008	145.00	-3.85	0.93	-0.070	0.070
9	2009	182.00	33.15	68.68	0.600	0.600
10	2010	100.00	-48.85	149.15	-0.884	0.884
11	2011	302.00	153.15	1465.93	2.772	2.772
12	2012	83.70	-65.15	265.28	-1.179	1.179
13	2013	193.00	44.15	121.83	0.799	0.799
14	2014	96.90	-51.95	168.68	-0.940	0.940
15	2015	127.00	-21.85	29.84	-0.395	0.395
16	2016	84.00	-64.85	262.85	-1.174	1.174
Jumlah		2381.60		3052.82		
Rerata		148.85				

$$\begin{aligned}
 n &= 16 & Sk^{**} &= 2.77 \\
 D_y &= 28.44 & Sk^{**} \text{ mak} &= -1.18 \\
 Q &= |Sk^{**} \text{ mak}| & Sk^{**} \text{ min} &= 1.97 \\
 R &= Sk^{**} \text{ mak} - Sk^{**} \text{ min} & = &= 3.32 \\
 Q/(n^{0.5}) &= 0.69 & &< 1.08 & 90 \% & \Rightarrow & \text{Ok !} \\
 R/(n^{0.5}) &= 0.99 & &< 1.29 & 90 \% & \Rightarrow & \text{Ok !}
 \end{aligned}$$

4.4.3 Perhitungan Hujan Rerata

Metode perhitungan curah hujan daerah untuk kawasan studi menggunakan Metode Rata-Rata Aljabar. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.10. Sedangkan lokasi peta Stasiun Hujan Lasiana dan Stasiun Hujan El Tari disajikan pada **Lampiran Gambar Peta**

Tabel 4.10 Curah Hujan Harian Rerata

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Stasiun	Stasiun	Rerata	CH.Maks
				Lasiana	El Tari		
1	2001	1	7	128	28	78	80
		6	4	-	160	80	
2	2002	2	10	98	4	51	58
		8	8	-	115	58	
3	2003	2	20	203	195	199	199
		1	23	-	195	98	
4	2004	2	4	111	31	71	71
		10	30	-	133	67	
5	2005	10	20	79	2	41	63
		4	24	-	125	63	
6	2006	3	4	193	210	202	202
		10	16	-	210	105	
7	2007	2	23	113	130	122	122
		4	14	-	130	65	
8	2008	2	21	170	50	110	110
		6	14	-	145	73	
9	2009	12	16	173	11	92	102
		1	31	21	182	102	
10	2010	1	18	100	53	77	77
		3	29	-	100	50	
11	2011	1	24	78	15	46	152
		4	24	1	302	152	
12	2012	2	3	100	84	92	92
		10	16	-	84	42	
13	2013	1	7	139	51	95	97
		4	14	-	193	97	
14	2014	1	22	111	15	63	63
		6	14	-	97	48	
15	2015	1	11	154	-	77	77
		1	31	1	127	64	
16	2016	1	23	86	84	85	85
		3	29	3	84	44	

Sumber: Hasil Perhitungan

Catatan : * Dihitung dengan menggunakan metode rata-rata Aljabar

 CH maksimum tahunan yang terjadi di Sta. Lasiana

 CH maksimum tahunan yang terjadi di Sta. El Tari

Untuk keperluan penentuan curah hujan rancangan metode Log Pearson Tipe III maka curah hujan harian maksimum diurutkan dari yang terkecil sampai terbesar, seperti yang tercantum pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Curah Hujan Harian Rerata Setelah Diurutkan

No	Tahun	CH. Maksimum (mm)
1	2002	57.50
2	2005	62.50
3	2014	63.00
4	2004	71.00
5	2010	76.50
6	2015	77.00
7	2001	80.00
8	2016	85.00
9	2012	91.85
10	2013	96.50
11	2009	101.50
12	2008	110.00
13	2007	121.50
14	2011	151.50
15	2003	199.00
16	2006	201.50

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4.4 Analisa Distribusi Hujan

Beberapa jenis distribusi frekuensi yang banyak dikenal dalam statistik hidrologi antara lain: Distribusi Gumbel, Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gamma Berparameter II, dan Distribusi Log Pearson III. Tiap – tiap jenis distribusi tersebut memiliki sifat-sifat khasnya tersendiri, dengan demikian setiap data hidrologi harus diuji kesesuaianya dengan sifat statistik.

Nilai Sd , Cv , Cs dan Ck dapat diketahui pada Tabel 4.9, sehingga untuk perhitungan selanjutnya bisa menggunakan metode Distribusi Log Pearson III.

Tabel 4.12 Perhitungan Analisa Distribusi Hujan Stasiun Lasiana dan El Tari
Tahun 2001 - 2016

No.	Tahun	X	(X-Xi)	(X-Xi) ²	(X-Xi) ³	(X-Xi) ⁴
1	2001	58	-45.37	2058.04	-93364.27	4235528.36
2	2002	63	-40.37	1629.38	-65771.09	2654891.18
3	2003	63	-39.87	1589.27	-63357.16	2525772.96
4	2004	71	-31.87	1015.42	-32356.93	1031073.83
5	2005	77	-26.37	695.15	-18327.96	483228.21
6	2006	77	-25.87	669.03	-17304.89	447601.89
7	2007	80	-22.87	522.84	-11954.99	273358.33
8	2008	85	-17.87	319.18	-5702.36	101876.23
9	2009	92	-11.02	121.34	-1336.68	14724.36
10	2010	97	-6.37	40.52	-257.94	1641.97
11	2011	102	-1.37	1.86	-2.55	3.48
12	2012	110	7.13	50.90	363.13	2590.74
13	2013	122	18.63	347.24	6470.60	120575.57
14	2014	152	48.63	2365.30	115035.01	5594655.59
15	2015	199	96.13	9241.82	888456.40	85411200.99
16	2016	202	98.63	9728.74	959588.18	94648380.66
JUMLAH		1645.85	0.00	30396.03	1660176.49	197547104.34
Rata - rata (Xi)		102.87	0.00	1899.75	103761.03	12346694.02

Sumber: Hasil Perhitungan

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X}_i)^2}{n - 1}}$$

$$= 45.02 \text{ mm}$$

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}_i}$$

$$= 0.44 \text{ mm}$$

$$C_s = \frac{\sum(X - \bar{X}_i)^3 \cdot n}{(n - 1)(n - 2) \cdot S^3}$$

$$= 1.39 \text{ mm}$$

$$C_k = \frac{\sum(X - \bar{X}_i)^4 \cdot n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3) \cdot S^4}$$

$$= 4.51 \text{ mm}$$

Tabel 4.13 Perbandingan Kesesuaian Hasil Analisa Distribusi Terhadap Pemakaian Distribusi Frekuensi

Data	Hasil	Distribusi			
		Normal	Gumbel	Log Person Type III	Log Normal
X_i	102.87				
S_d	45.02				
C_s	1.39	0	1.139	Fleksibel	$C_s > 0$
C_k	4.51	3	5.402	Fleksibel	$C_k > 3$
C_v	0.44				

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4.5 Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Log Person Type III

Untuk perhitungan curah hujan rancangan Log Pearson Type III dilakukan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Data curah hujan diurutkan dari yang terendah sampai ke tertinggi sebagai berikut

Tabel 4.14 Hujan Maksimum Yang Sudah Diurutkan

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
1	2002	58
2	2005	63.5
3	2014	63
4	2004	71
5	2010	77
6	2015	77
7	2001	80
8	2016	85
9	2012	92
10	2013	97
11	2009	102
12	2008	110
13	2007	122
14	2011	152

15	2003	199
16	2006	202

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Curah hujan harian maksimum diubah dalam bentuk logaritma
3. Nilai logaritma rata-rata dihitung dengan persamaan :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n}$$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n 31,67}{16} = 1.98 \text{ mm}$$

4. Menghitung besar standar deviasinya (simpangan baku) dengan memasukkan harga $(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$ yang terdapat pada Tabel 4.12 mulai dari tahun 2001 sampai dengan 2016. Dari Persamaan dapat dicari harga simpangan baku seperti di bawah ini.

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = 0.167 \text{ mm}$$

5. Menghitung besarnya C_s dengan Persamaan

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) S_d^3} = 0.799 \text{ mm}$$

6. Menghitung besarnya curah hujan rancangan untuk kala ulang yang telah ditentukan dengan memasukkan harga rerata log X mulai tahun 2001 sampai dengan 2016 sebesar 1.980 mm, nilai G yang diperoleh dari Tabel Distribusi Log Pearson Type III untuk kala ulang 5 (lima) tahun sebesar 0.780 dan $S_d = 0.167 \text{ mm}$ dimasukan kedalam Persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_{\text{rancangan}} &= \log \bar{X} + G \cdot S_d \\
 &= 1.980 + (0.780 \times 0.167) \\
 &= 2.110 \\
 X_{\text{rancangan}} &= 128.880 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, curah hujan rancangan kala ulang 5 tahun sebesar 128.880 mm. Untuk curah hujan kala ulang lainnya dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.15 Perhitungan Log Pearson III

No.	Tahun	X	Log X	(Log X - Log Xi)	(Log X - Log Xi) ²	(Log X - Log Xi) ³
1	2002	58	1.76	-0.22	0.048	-0.011
2	2005	63	1.80	-0.18	0.034	-0.006
3	2014	63	1.80	-0.18	0.032	-0.006
4	2004	71	1.85	-0.13	0.016	-0.002
5	2010	77	1.88	-0.10	0.009	-0.001
6	2015	77	1.89	-0.09	0.009	-0.001
7	2001	80	1.90	-0.08	0.006	0.000
8	2016	85	1.93	-0.05	0.003	0.000
9	2012	92	1.96	-0.02	0.000	0.000
10	2013	97	1.98	0.01	0.000	0.000
11	2009	102	2.01	0.03	0.001	0.000
12	2008	110	2.04	0.06	0.004	0.000
13	2007	122	2.08	0.11	0.011	0.001
14	2011	152	2.18	0.20	0.040	0.008
15	2003	199	2.30	0.32	0.102	0.033
16	2006	202	2.30	0.32	0.105	0.034
Jumlah		1645.85	31.67	0.00000	0.421	0.049
Rerata (Xi)		102.866	1.980	0.000	0.026	0.003

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Curah Hujan Rancangan Dengan Kala Ulang

Periode Ulang (T)	Curah rata-rata (Log Xi)	Standart deviasi Sd Log X	Faktor distribusi (G)	Hujan harian maksimum Log X	Hujan harian maksimum (X)
2	1.98	0.17	-0.132	1.957	90.66
5	1.98	0.17	0.780	2.110	128.88
10	1.98	0.17	1.336	2.203	159.70

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4.6 Uji Kesesuaian Distribusi

4.4.6.1 Uji Smirnov - Kolmogorof

Contoh perhitungan untuk curah hujan tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor urut data mulai dari yang terkecil sampai terbesar.

$$Sn = \frac{1}{(16 + 1)} = 0.059$$

2. Mencari nilai logaritma dari data hujan rerata maksimum.

$$\log 58 = 1.760$$

3. Mencari nilai G dengan persamaan $\log x = \log X + (G \times Sd)$

$$\begin{aligned} G &= (\log X - \log X_i) / Sd \\ &= (1.760 - 1.980) / 0.168 \\ &= -1.313 \end{aligned}$$

4. Mencari harga Pr melalui Tabel distribusi Log Pearson Type III (lampiran), didapat $Pr = 93.295\%$.

5. Menghitung nilai $P(x)$

$$\begin{aligned} P(x) &= (100 - 93.295) / 100 \\ &= 0.067 \end{aligned}$$

6. Menghitung selisih $Sn(x)$ dan $P(x)$

$$\begin{aligned} \Delta_{maks} &= |0.059 - 0.067| \\ &= 0.008 \end{aligned}$$

7. Mencari nilai Δ_{cr} lalu bandingkan dengan Δ_{maks} . Dari tabel harga kritis uji smirnov-kolmogorov (lampiran) untuk $n = 16$, dan $\alpha = 5\%$ diperoleh Δ_{cr} adalah 0,328 dan Δ_{maks} adalah 0,070. Karena $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ maka data dapat diterima. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Uji Smirnov – Kolmogorov

No.	Sn	X	Log (X)	G	Pr (%)	P (X)	Sn (X)-Px(X)
1	0.059	58	1.760	-1.313	93.295	0.067	0.008
2	0.118	63	1.796	-1.096	87.750	0.122	0.005
3	0.176	63	1.799	-1.076	87.084	0.129	0.047
4	0.235	71	1.851	-0.766	76.261	0.237	0.002
5	0.294	77	1.884	-0.572	68.247	0.318	0.023
6	0.353	77	1.886	-0.555	67.547	0.325	0.028
7	0.412	80	1.903	-0.456	63.442	0.366	0.046

8	0.471	85	1.929	-0.299	56.930	0.431	0.040
9	0.529	92	1.963	-0.098	48.892	0.511	0.018
10	0.588	97	1.985	0.030	44.680	0.553	0.035
11	0.647	102	2.006	0.161	40.371	0.596	0.051
12	0.706	110	2.041	0.369	33.512	0.665	0.041
13	0.765	122	2.085	0.627	25.031	0.750	0.015
14	0.824	152	2.180	1.199	12.458	0.875	0.052
15	0.882	199	2.299	1.906	4.789	0.952	0.070
16	0.941	202	2.304	1.939	4.493	0.955	0.014
Jumlah			31.672			Jumlah	0.496
Log X Rerata (Xrt)			1.980			Max	0.070
Simpangan Baku (S _i)			0.168				

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.6.2 Uji Chi - Square

Contoh perhitungan untuk curah hujan tahun 2001 sampai dengan tahun 2016

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Penentuan banyak kelas.

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya kelas} &= 1 + 3,322 \log n \\
 &= 1 + 3,322 \log 16 \\
 &= 5 \\
 &\approx 5 \text{ kelas}
 \end{aligned}$$

2. Mencari harga Pr berdasarkan jumlah kelas, jika jumlah kelas 5 maka harga Pr tiap kelas adalah 20%.
3. Menghitung nilai X

Untuk Pr = 80%, dan Cs = 0,7991, didapatkan nilai G = -0.8560 (dari Tabel Distribusi Log Pearson Type III).

$$\begin{aligned}
 \text{Log X} &= \text{Log } X_i + G \cdot S_d \\
 &= 1,98 + (-0.8560 \cdot 0.1675) \\
 &= 1,9737 \\
 X &= 68.5711
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.18 Perhitungan Uji Chi-Square

No	Pr	Log Xrt	Cs	G	Sd	Log X	X (mm)
1	80	1.98	0.7991	-0.8560	0.1675	1.8361	68.5711
2	60	1.98	0.7991	-0.3732	0.1675	1.9170	82.6049
3	40	1.98	0.7991	0.1721	0.1675	2.0084	101.9426
4	20	1.98	0.7991	0.7801	0.1675	2.1102	128.8816

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Menghitung nilai frekuensi teoritis (Ej) :

$$\begin{aligned} Ej &= n / \text{jumlah kelas} \\ &= 16 / 5 \\ &= 3.2 \end{aligned}$$

5. Menghitung X^2 dengan menjumlahkan nilai dari $\frac{(Oj - Ej)^2}{Ej}$

$$\begin{aligned} X^2_{\text{hitung}} &= \sum \frac{(Oj - Ej)^2}{Ej} \\ &= 3.882 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat dari Tabel 4.19

Tabel 4.19 Perhitungan Nilai Batas

No	Batas Kelas	Jumlah Data		Oj - Ej	$(Oj - Ej)^2/Ej$
		Ej	Oj		
1	0 - 68.5711	3.2	3	-0.2	0.013
2	68.5711 - 82.6049	3.2	4	0.8	0.200
3	82.6049 - 101.9426	3.2	3	-0.2	0.013
4	101.9426 - 128.8816	3.2	3	-0.2	0.013
5	128.8816 - ~	3.2	3	-0.2	0.013
	Jumlah	16	16		0.250

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

- Nilai X^2_{hitung} = 0.250
- d^k (derajat kepercayaan) = $k - m - 1 = 5 - 2 - 1 = 2$

Dapat diketahui bahwa :

dengan α = 5% maka X^2 Tabel = 5,991 (Tabel 2.7)

dengan α = 1% maka X^2 Tabel = 9,210 (Tabel 2.7)

Karena $X^2_{hitung} < X^2$ Tabel, maka distribusi Log Pearson dapat diterima.

4.5 Hubungan Intensitas Hujan – Waktu

Untuk melakukan perencanaan selanjutnya, curah hujan rancangan yang sudah ditetapkan dari hasil analisa diubah menjadi lengkung intensitas curah hujan. Lengkung tersebut dapat diperoleh berdasarkan data hujan dari stasiun hujan otomatis dengan rentang waktu yang pendek, misal: menit atau jam. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia maka lengkung intensitas dibuat menggunakan rumus Mononobe. Diketahui curah hujan rancangan harian maksimum kala ulang 5 tahun sebesar 128.88 mm, maka dengan menggunakan persamaan (2-16) dapat dihitung intensitas hujan jaman-jaman yang ditampilkan pada Tabel 4.20 dan lengkung intensitas hujan pada Gambar 4.7 berikut.

Tabel 4.20 Hubungan Intensitas Hujan – Waktu Kala Ulang 5 Tahun

Durasi (jam)	Intensitas Hujan (mm/jam)
1	44.68
2	28.15
3	21.48
4	17.33
5	15.28
6	13.53

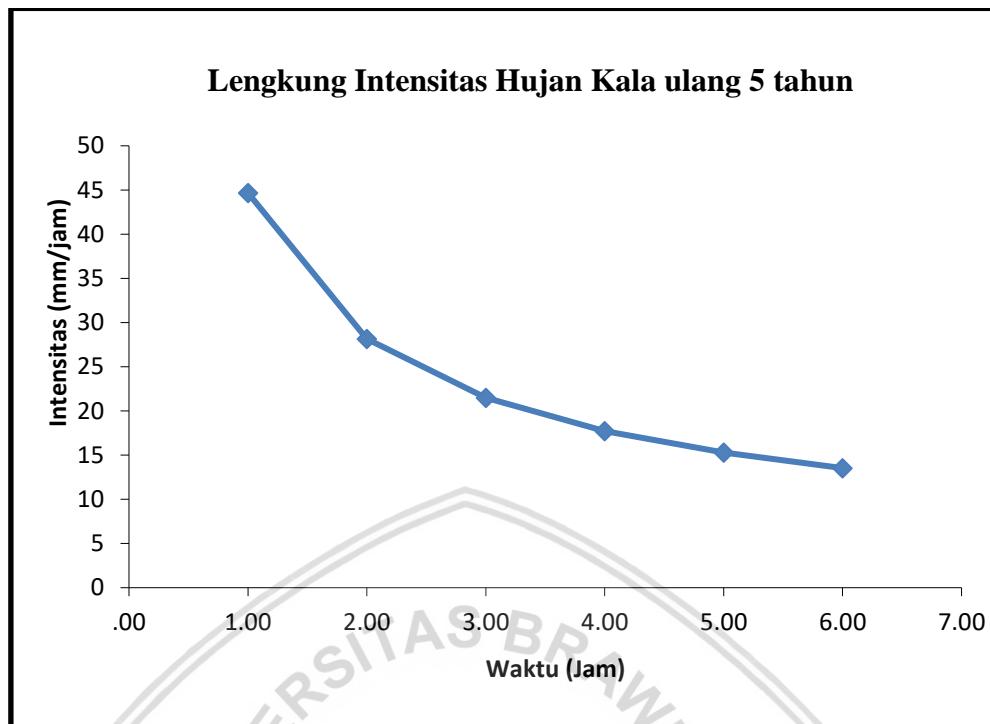
Sumber: Hasil perhitungan

Keterangan :

1. Diketahui bahwa curah hujan rancangan kala ulang 5 tahun sebesar 128.88 mm
2. Menghitung curah hujan satu jam dengan persamaan (2-19)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} = \frac{107.36}{24} \left[\frac{24}{1} \right]^{2/3} = 44.68 \text{ mm}$$

Dengan demikian dari tabel 4.20 diperoleh intensitas hujan durasi selama 6 jam dengan kala ulang 5 tahun.



Gambar 4.7 Lengkung Intensitas Kala Ulang 5 Tahun

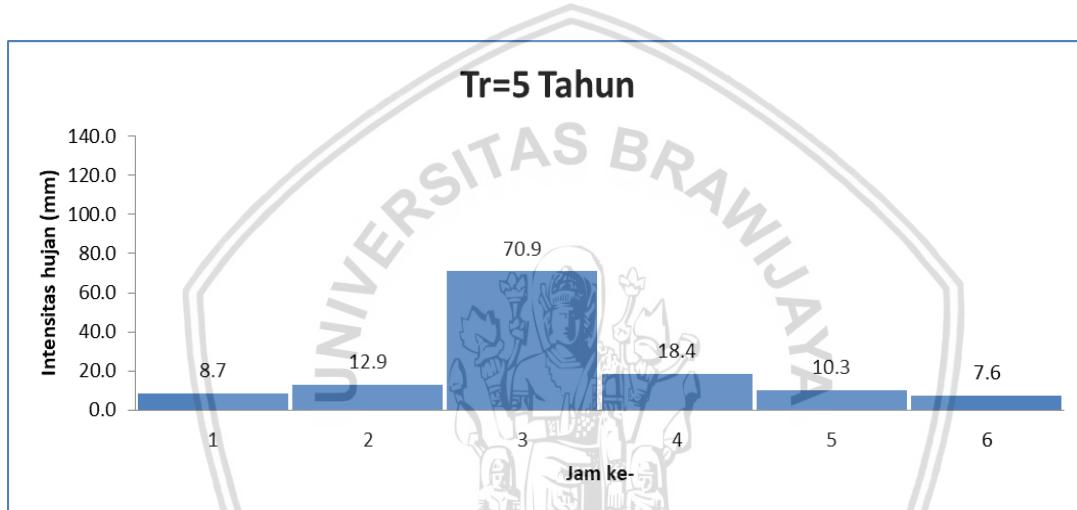
4.6 Hyetograph Hujan Rancangan

Dalam perhitungan banjir rancangan, diperlukan masukan berupa hujan rancangan yang didistribusikan ke dalam kedalaman hujan jam – jaman (*hyetograph*). *Alternating Block Method* (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva IDF (Chow et Al., 1998). Perhitungan seperti yang disajikan dalam Tabel 4.21. Dihitung intensitas hujan untuk $T_d = \Delta t$, $T_d = 2 \Delta t$, $T_d = 3 \Delta t$ dan seterusnya dengan $\Delta t = 1$ jam seperti diberikan dalam kolom 1,2 dan 3. Dalam hal ini durasi hujan adalah 6 jam. Kedalaman hujan (kolom 4) adalah perkalian antara intensitas hujan (kolom 3) dan durasi (kolom 1). Pertambahan hujan atau kedalaman hujan jam – jaman (kolom 5) adalah selisih kedalaman hujan yang berurutan (kolom 4). Kolom 6 adalah kedalaman hujan jam - jaman yang dinyatakan dalam persen. Kolom 7 adalah *hyetograph* yang dinyatakan dalam persen, yang diperoleh dengan menempatkan nilai (%) hujan tertinggi pada kolom 6 di tengah – tengah durasi hujan yaitu baris 3 pada kolom 7. Selanjutnya baris 1 kolom 6 ditempatkan ke baris 3 kolom 7, baris 2 kolom 6 menjadi baris 4 kolom 7, baris 3 kolom 6 menjadi baris 2 kolom 7, dan seterusnya. Kolom 8 *hyetograph* dalam mm, yaitu perkalian antara persen *hyetograph* pada kolom 7 dengan kedalaman hujan dengan periode 5 tahunan yaitu 128.88 mm. Gambar 4.6 adalah *hyetograph* hasil hitungan.

Tabel 4.21. Hitungan *Hyetograph* Dengan Metode ABM

Td (jam)	Δt (jam)	It (mm/jam)	It Td (mm)	Δp (mm)	pt (%)	hyetograph	
						(%)	(mm)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1	0~1	44.68	44.68	44.68	55.03	6.75	8.7
2	1~2	28.15	56.29	11.61	14.30	10.03	12.9
3	2~3	21.48	64.44	8.15	10.03	55.03	70.9
4	3~4	17.73	70.93	6.49	7.99	14.30	18.4
5	4~5	15.28	76.40	5.48	6.75	7.99	10.3
6	5~6	13.53	81.19	4.79	5.90	5.90	7.6
Jumlah				81.19	100	100	128.88

Sumber: Hasil perhitungan

Gambar 4.8. *Hyetograph* Rencana

4.7 Simulasi Kondisi Drainase Eksisting Dengan Hujan Kala Ulang 5 Tahun

4.7.1 Limpasan Permukaan (*Surface RunOff*)

Setelah melakukan kalibrasi model SWMM, maka simulasi kondisi drainase eksisting dengan masukan hujan kala ulang 5 tahun dapat dilakukan. Salah satu keluaran SWMM yang menjadi kajian pada studi ini adalah limpasan permukaan (*Surface RunOff*).

Konsep limpasan permukaan yang digunakan oleh SWMM telah diilustrasikan pada gambar 2.11. Setiap permukaan *subcatchment* diperlakukan sebagai tampungan non linear. *Inflow* berasal dari curah hujan dan hulu *subcatchment*. Ada beberapa *outflow*, diantaranya infiltrasi dan limpasan permukaan. Limpasan permukaan per satuan luas, Q, terjadi hanya ketika kedalaman air di tampungan melebihi penyimpanan depresi maksimal, dp, dengan besar arus keluar diberikan oleh persamaan *Manning*. Kedalaman air di atas *subcatchment* sebanding dengan waktu (t dalam detik), diperoleh dengan menggunakan persamaan neraca air. Sedangkan untuk pemodelan infiltrasi pada

SWMM, dipilih metode *Horton* dikarenakan mempunyai tingkat ketepatan model terbaik bila dibandingkan dengan model infiltrasi lainnya dan juga dapat menggambarkan hubungan antara infiltrasi dengan energi tetesan air hujan, yang selanjutnya bermanfaat untuk memprediksi limpasan permukaan (Hadisusanto, 2011). Model *Horton* mengasumsikan infiltrasi berkurang secara eksponensial dari laju maksimum awal ke laju infiltrasi konstan. Hasil simulasi limpasan permukaan per sub daerah tangkapan air (*subcatchment*) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Simulasi Limpasan Permukaan Per Sub Daerah Tangkapan Air Kondisi Eksisting

No	Nama Sub DTA	Total Limpasan (mm)	Koef Limpasan	Debit Puncak Limpasan (m ³ /dt)	No	Nama Sub DTA	Tinggi Limpasan (mm)	Koef Limpasan	Debit Puncak Limpasan (m ³ /dt)
1	S1	101.17	0.785	0.680	27	S28	82.46	0.640	0.340
2	S2	101.71	0.790	1.180	28	S29	84.52	0.656	1.150
3	S3	107.07	0.831	0.090	29	S30	71.27	0.553	0.480
4	S4	96.41	0.784	1.240					
5	S5	102.74	0.798	0.220					
6	S6	101.12	0.785	0.180					
7	S7	85.02	0.660	3.170					
8	S8	84.62	0.657	0.710					
9	S9	85.34	0.663	0.910					
10	S10	94.19	0.731	0.590					
11	S11	86.49	0.671	0.930					
12	S12	90.63	0.704	1.320					
13	S13	90.73	0.704	0.340					
14	S14	87.01	0.676	0.340					
15	S15	90.32	0.701	1.000					
16	S16	85.45	0.663	1.080					
17	S17	99.69	0.774	0.370					
18	S18	90.53	0.703	0.980					
19	S19	86.32	0.670	0.140					
20	S20	112.33	0.872	0.200					
21	S21	94.87	0.737	0.290					
22	S22	100.23	0.778	0.290					
23	S23	74.27	0.577	10.840					
24	S25	97.89	0.760	3.340					
25	S26	78.80	0.612	9.000					
26	S27	81.86	0.636	0.520					

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7.2 Debit Limpasan Pada Saluran Drainase

Penelusuran banjir di saluran dalam SWMM, menggunakan persamaan kontinuitas (konservasi massa) dan persamaan momentum untuk *unsteady, gradually varied flow*, yaitu persamaan *Saint Venant* (persamaan 2.24).

Untuk menyelesaikan persamaan ini, dipilih penelusuran gelombang dinamis (*Dynamic Wave Routing*) karena memberikan hasil yang secara teoritis paling akurat. Hasil simulasi selengkapnya untuk debit limpasan per saluran ditampilkan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23. Hasil Simulasi Debit Limpasan Per Saluran Kondisi Eksisting

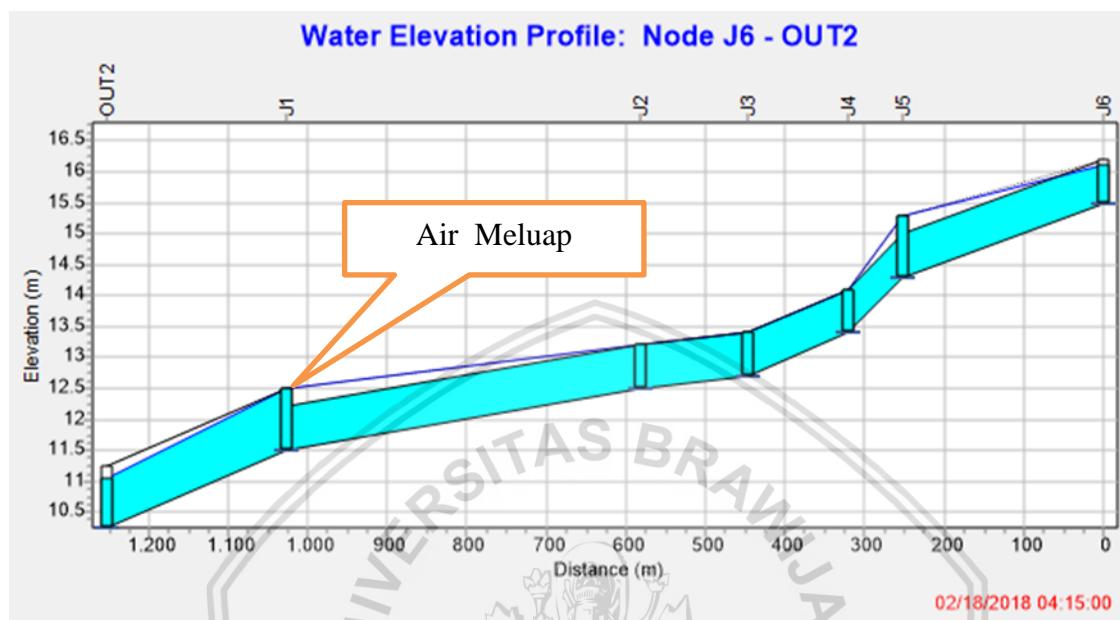
No	Nama Saluran	h_{sal} (m)	h_{max} (m)	V_{max} (m/det)	Q_{maks} (m^3/det)	Ket
1	C1	1.000	0.890	2.450	2.193	Cukup
2	C2	0.700	0.700	1.360	0.884	Genangan
3	C3	0.700	0.700	1.160	0.779	Genangan
4	C4	0.700	0.700	2.050	1.434	Genangan
5	C5	0.700	0.700	3.630	2.538	Genangan
6	C6	0.700	0.700	1.640	1.150	Genangan
7	C7	0.700	0.700	2.020	1.413	Genangan
8	C8	0.700	0.700	2.090	1.461	Genangan
9	C9	0.700	0.700	1.560	1.093	Genangan
10	C10	0.700	0.560	1.540	0.869	Cukup
11	C11	0.700	0.504	1.470	0.742	Cukup
12	C12	0.600	0.456	3.260	0.742	Cukup
13	C13	1.000	1.000	2.160	1.504	Genangan
14	C14	1.000	1.000	2.420	1.690	Genangan
15	C15	1.000	1.000	1.650	0.658	Genangan
16	C16	1.000	0.790	1.660	1.051	Cukup
17	C17	1.000	0.450	2.510	0.912	Cukup
18	C18	0.550	0.550	1.560	0.368	Genangan
19	C19	1.000	0.730	1.590	0.341	Cukup
20	C20	1.000	0.940	2.240	1.580	Cukup
21	C21	1.000	0.940	2.240	1.421	Cukup
22	C22	1.000	0.800	2.500	1.747	Cukup

23	C23	1.000	1.000	4.500	2.703	Genangan
24	C24	0.600	0.594	2.270	0.770	Cukup
25	C25	0.600	0.600	2.410	1.011	Genangan
26	C26	0.600	0.600	3.220	1.685	Genangan
27	C27	1.000	0.470	2.760	1.786	Cukup
28	C28	1.400	0.378	2.930	0.699	Cukup
29	C29	0.700	0.511	2.250	0.800	Cukup
30	C30	1.000	0.720	2.810	1.406	Cukup
31	C31	0.700	0.616	1.640	0.675	Cukup
32	C32	0.700	0.616	1.580	0.676	Cukup
33	C33	1.000	1.000	3.270	2.291	Genangan
34	C34	0.600	0.576	2.810	1.134	Cukup
35	C35	1.000	1.000	2.890	1.732	Genangan
36	C36	0.600	0.468	1.430	0.469	Cukup
37	C37	1.000	1.000	1.470	1.474	Genangan
38	C38	0.800	0.488	1.130	0.470	Cukup
39	C39	1.000	0.620	0.880	0.546	Cukup
40	C40	0.800	0.168	1.440	0.209	Cukup
41	C41	0.800	0.136	1.140	0.129	Cukup
42	C42	1.000	0.720	0.990	0.708	Cukup

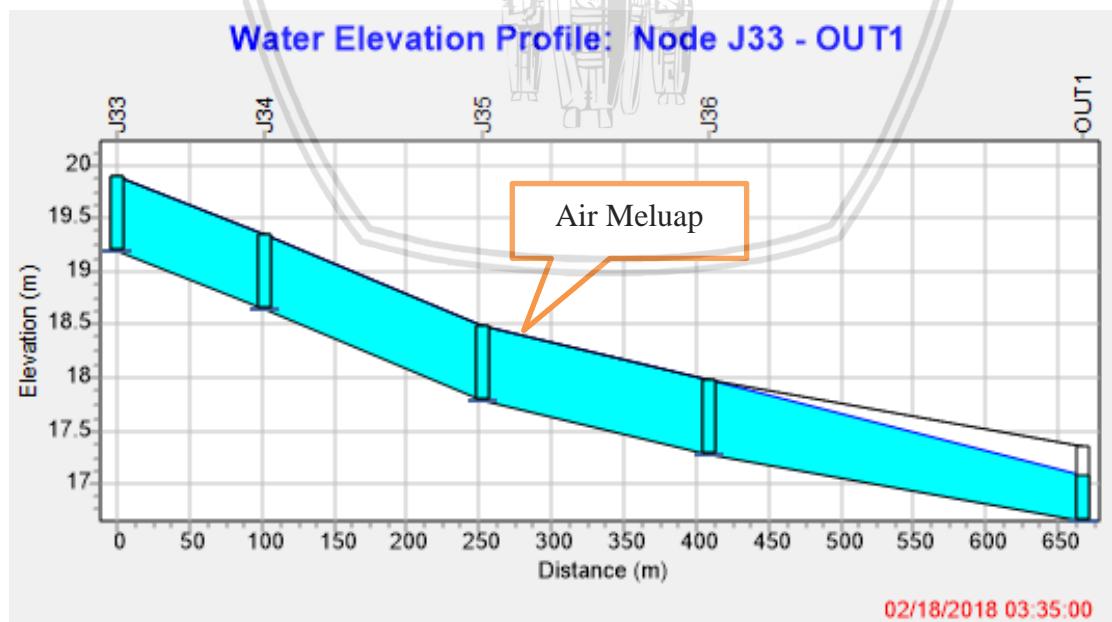
Sumber : Hasil Simulasi

Pada Tabel 4.23 di atas, dapat dievaluasi bahwa apabila tinggi aliran air di dalam saluran eksisting sama dengan atau lebih dari tinggi maksimal saluran eksisting maka terjadi limpasan atau luberan. Hasil simulasi menunjukkan kapasitas saluran drainase eksisting di DTA sistem drainase Oesapa - Lasiana tidak mampu menampung hujan dengan kala ulang 5 tahun sehingga mengakibatkan genangan di 18 (delapan belas) *conduit/saluran*. Lokasi genangan tersebut akan menjadi dasar penanggulangan genangan yang berbasis konservasi berupa penempatan kolam retensi dan sumur resapan sehingga, limpasan hujan pada sub daerah tangkapan air diharapkan dapat ditampung sementara dan atau diresapkan terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam saluran drainase. Profil muka air pada beberapa titik lokasi genangan hasil simulasi SWMM dapat dilihat pada Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11, Gambar 4.12, Gambar 4.13,

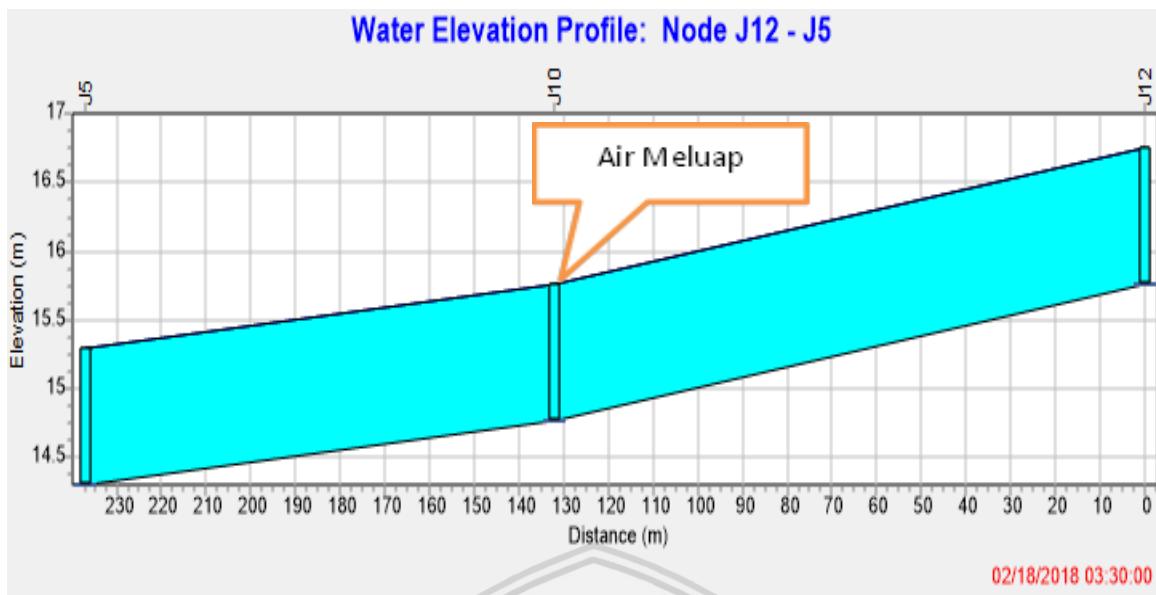
Gambar 4.14, Gambar 4.15, Gambar 4.16, Gambar 4.17 dan Gambar 4.18. Peta sebaran titik genangan di lokasi *study map area SWMM* ditampilkan pada Gambar 4.19 sedangkan, rangkuman hasil simulasi untuk genangan di setiap *Node/junction* kondisi eksisting ditampilkan pada Tabel 4.24.



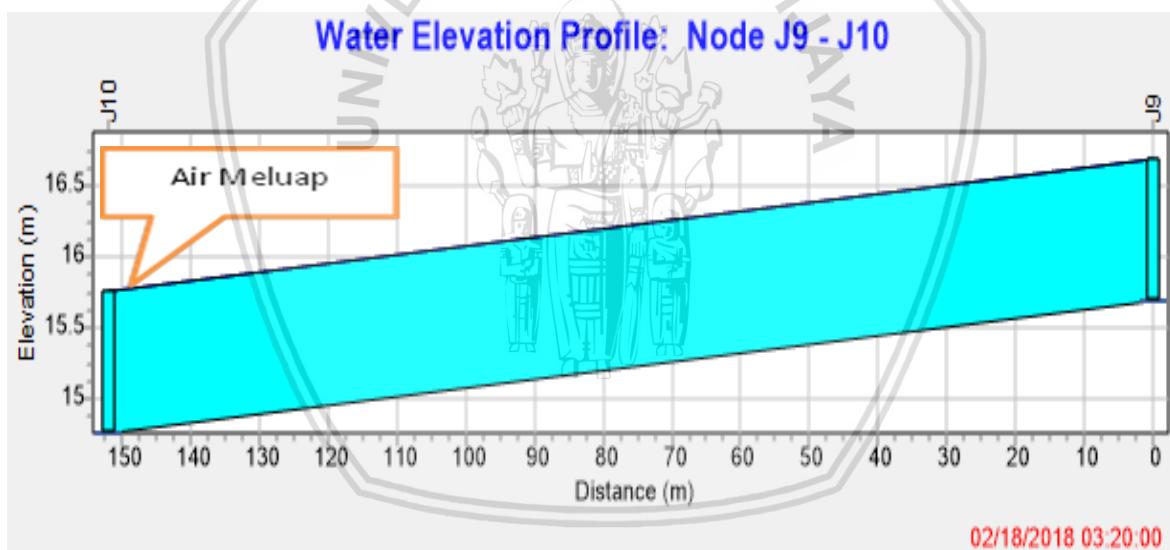
Gambar 4.9. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit C6- C5-C4-C3-C2-C1 (node J6-J5-J4-J3-J2-J1-Out2)* pada pada jam 04:15



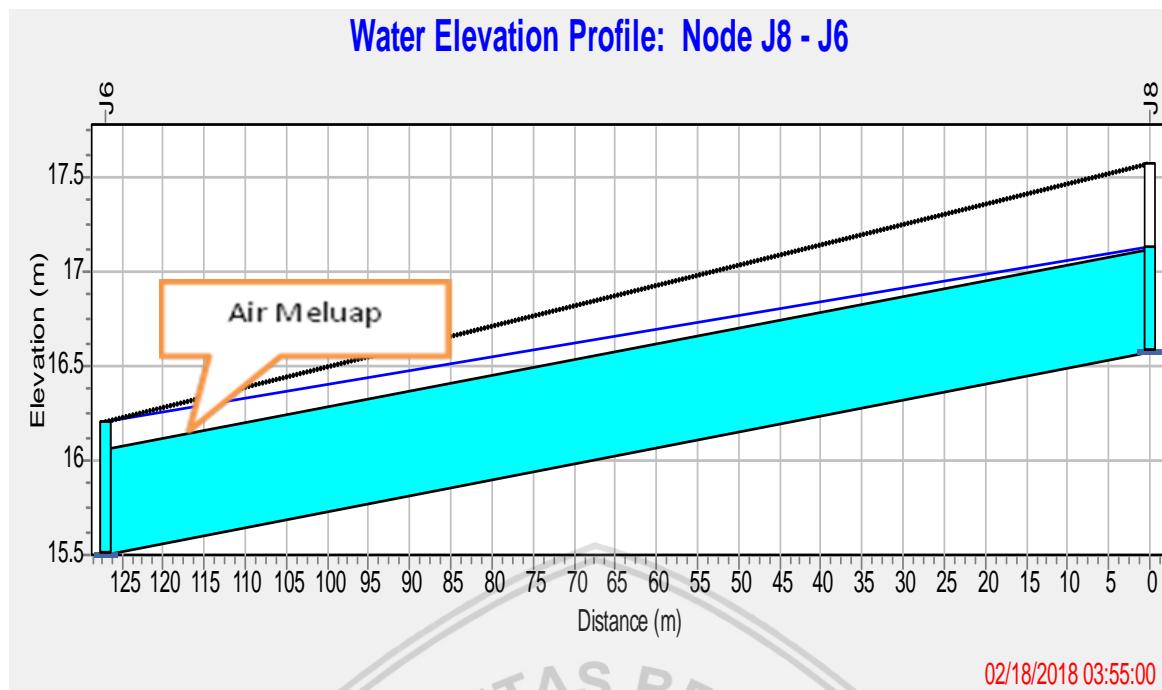
Gambar 4.10. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit C7-C8-C9-C10 (node J33–J34-J35- J36-Out1)* pada pada jam 03:35



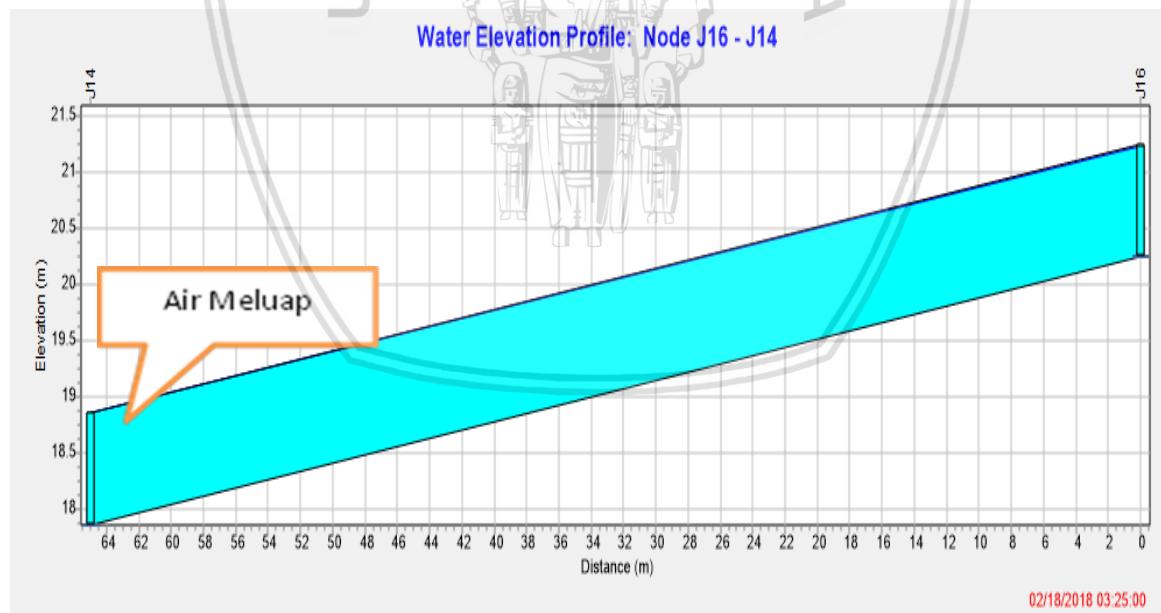
Gambar 4.11. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit* C15-C13 (node J12–J10–J5) pada jam 03:30



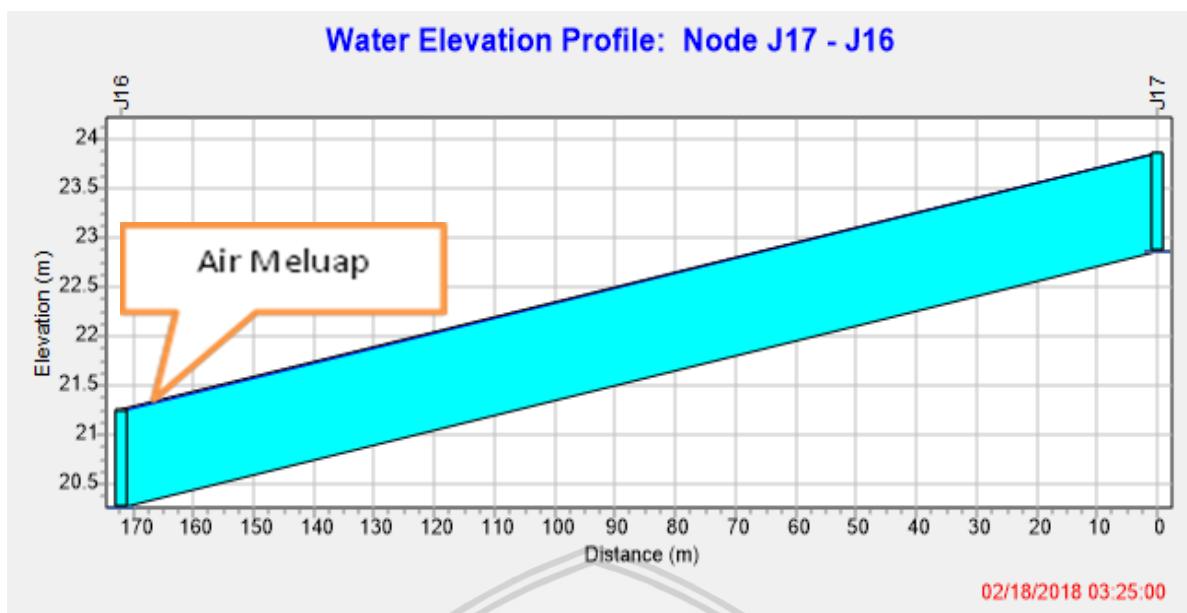
Gambar 4.12. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit* C14 (node J9–J10) pada jam 03:35



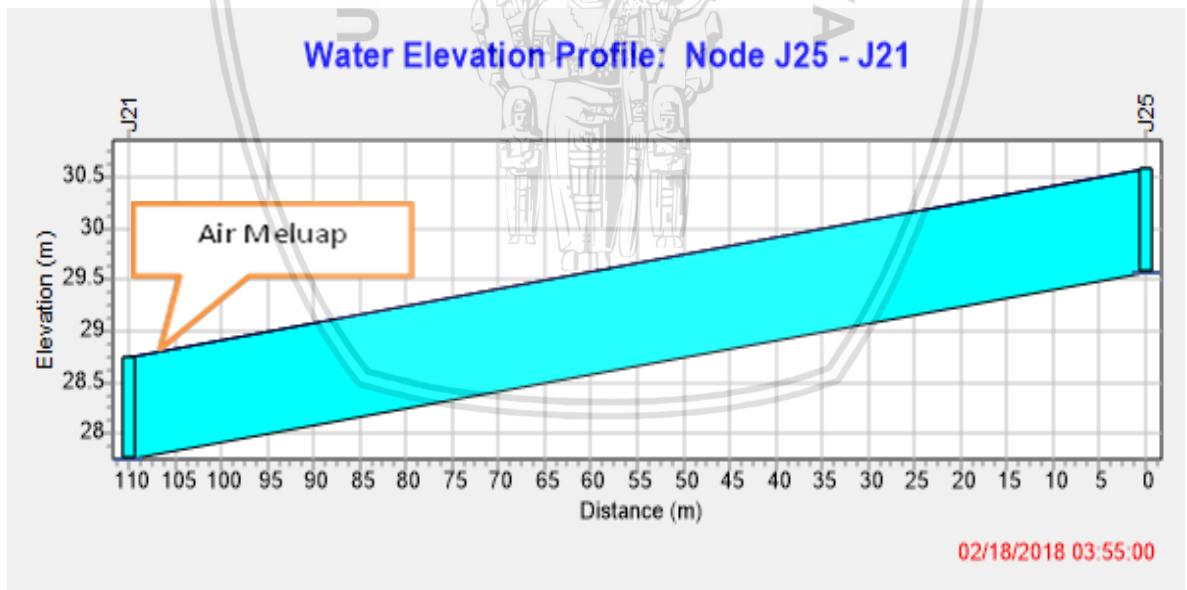
Gambar 4.13. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit C18* (*node J8-J6*) pada jam 03:55



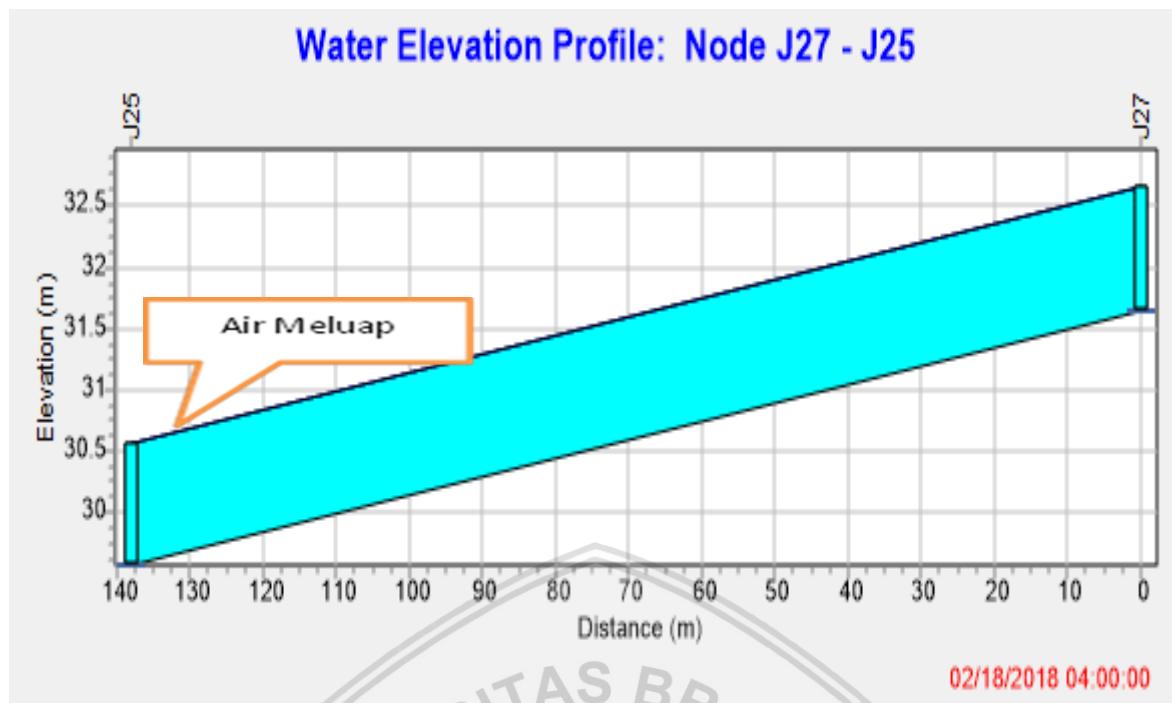
Gambar 4.14. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit C23* (*node J16-J14*) pada jam 03:25



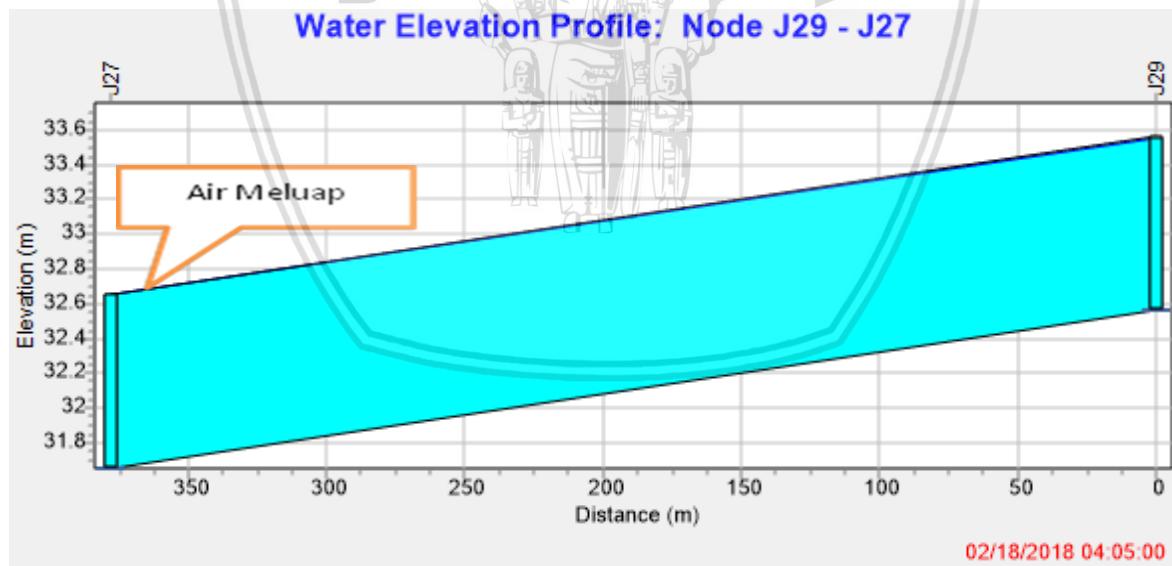
Gambar 4.15. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit* C26 (node J17- J16) pada jam 03:25



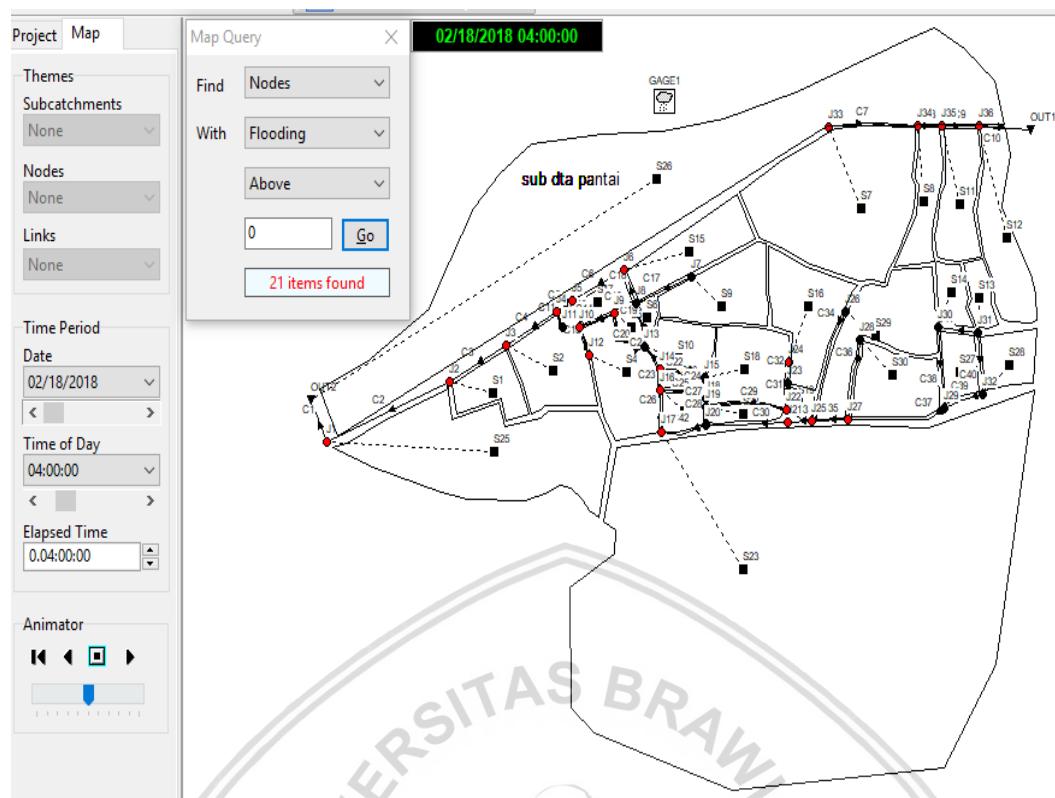
Gambar 4.16. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit* C33 (node J25- J21) pada jam 03:55



Gambar 4.17. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit C35* (*node J27- J25*) pada jam 04:00



Gambar 4.18. Profil muka air hasil simulasi kondisi eksisting pada *conduit C37* (*node J29- J27*) pada jam 04:05



Gambar 4.19. Sebaran titik genangan hasil simulasi kondisi eksisting

Tabel 4.24. Rangkuman Hasil Simulasi Untuk Genangan di tiap Node Kondisi Eksisting

Node Flooding							
Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters	
J1	1.85	1.907	0	03:59	5.197	0.000	
J2	3.91	0.657	0	03:59	3.711	0.000	
J3	11.58	1.868	0	03:59	34.210	0.000	
J4	8.85	1.934	0	03:59	27.648	0.000	
J5	0.95	0.416	0	03:59	0.914	0.000	
J6	0.42	0.217	0	03:59	0.177	0.000	
J9	3.97	1.158	0	04:00	5.308	0.000	
J10	1.85	0.169	0	04:23	0.923	0.000	
J12	1.26	0.579	0	03:59	1.180	0.000	
J14	8.33	3.234	0	04:00	40.761	0.000	
J16	0.84	0.194	0	03:59	0.302	0.000	
J17	6.97	9.992	0	04:00	84.252	0.000	
J21	2.78	0.909	0	04:00	5.546	0.000	
J22	0.17	0.014	0	04:00	0.005	0.000	
J24	0.99	0.402	0	03:59	0.649	0.000	
J25	0.67	0.576	0	04:00	0.734	0.000	
J27	0.24	0.206	0	04:02	0.110	0.000	
J29	0.01	0.019	0	04:02	0.000	0.000	
J33	2.14	1.753	0	03:59	5.183	0.000	
J34	2.80	0.667	0	04:00	3.468	0.000	
J35	4.24	1.302	0	04:00	11.472	0.000	
J36	4.93	1.539	0	03:59	12.765	0.000	

Sumber : Hasil Simulasi SWMM

4.8 Perencanaan Kolam Retensi, Sumur Resapan Dan Peningkatan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

4.8.1 Uji Permeabilitas Tanah

Dalam merencanakan kolam retensi dan sumur resapan, tidak bisa lepas dari faktor permeabilitas tanah yang menggambarkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Pada studi ini, koefisien permeabilitas tanah didapatkan dengan menggunakan metode “sumur pengujian” langsung di lapangan. Data jenis tanah juga diambil dari laporan akhir Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Kupang (RTRW) yang menyatakan bahwa sebagian besar tanah di kawasan Oesapa dan Lasiana disusun oleh satuan pasir lanauan yang memiliki permeabilitas sedang. Jenis tanah ini terdiri dari pasir lanauan, pasir dan konglomerat, ukuran butir dari lanau hingga kerikil kerakal, bentuk butir membulat, bersifat urai/belum terkompaksi. Peta jenis tanah di lokasi studi dapat dilihat pada **Lampiran Peta Jenis Tanah**

Perhitungan koefisien permeabilitas menggunakan persamaan 2.6 maka, hasil perhitungan yang didapat sebagai berikut :

Tabel 4.25. Perhitungan koefisien permeabilitas yang dilakukan di lapangan

NO.	PENGUJIAN	SAT.	TEST 1	SKETSA
1	Diameter Lubang Test (Dia)	Cm	16.0	
2	Jari - Jari (R) = $1/2 \times d$	Cm	8.0	
3	Volume Air (V)	Cm ³	602.88	
4	Tinggi Air Mula - Mula (h1)	Cm	17.0	
5	Tinggi Air Akhir (h2)	Cm	5.0	
6	Selisih Tinggi Air (Dh)	Cm	12.0	
7	Waktu (t)	Detik	360.0	
8	Debit = (No. 3) / (No. 7)	Cm ³ /Dtk	1.675	
9	Tinggi Lubang Test (H)	Cm	30.00	
10	$2(\pi) \times (No. 9)^2$	Cm	5652.00	
11	(No 9) / (No. 2)	Cm	3.750	
12	(No 11+1) ^ 0.5	Cm	2.179	
13	(No 11 + No 12) ^ 2	Cm	35.158	
14	log e (No 13)	Cm	3.560	
15	No 14 - 1	Cm	2.560	
16	(No. 8) / (No. 10)	Cm/Dtk	2.964E-04	
17	K = (No. 12) x (No. 16)	Cm	0.000759	
	Koefisien Permeabilitas	Cm/Dtk	7.586E-04	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.26. Rekapitulasi hasil test permeabilitas di lapangan

No Titik	Koordinat Lapangan	Koefisien Permeabilitas (cm/detik)
1	10° 8'37.56"LS dan 123°40'15.53"BT	7.6 X 10 ⁻⁴
2	10° 8'45.59"LS dan 123°39'53.37"BT	1.13 X 10 ⁻⁴
3	10° 8'28.81"LS dan 123°39'56.21"BT	5.7 X 10 ⁻⁴
4	10° 8'41.53"LS dan 123°39'45.01"BT	2.3 X 10 ⁻⁴
5	10° 8'53.11"LS dan 123°39'50.77"BT	3.8 X 10 ⁻⁴
6	10° 8'34.14" LS dan 123°40'23.09"BT	5 X 10 ⁻⁴

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari keenam hasil uji test permeabilitas di lapangan dapat diambil nilai rata – rata untuk koefisien permeabilitas yaitu sebesar 5.96×10^{-4} cm/detik. Berdasarkan Tabel 2.11 maka, koefisien permeabilitas tersebut termasuk dalam kategori tanah pasir berlanau.

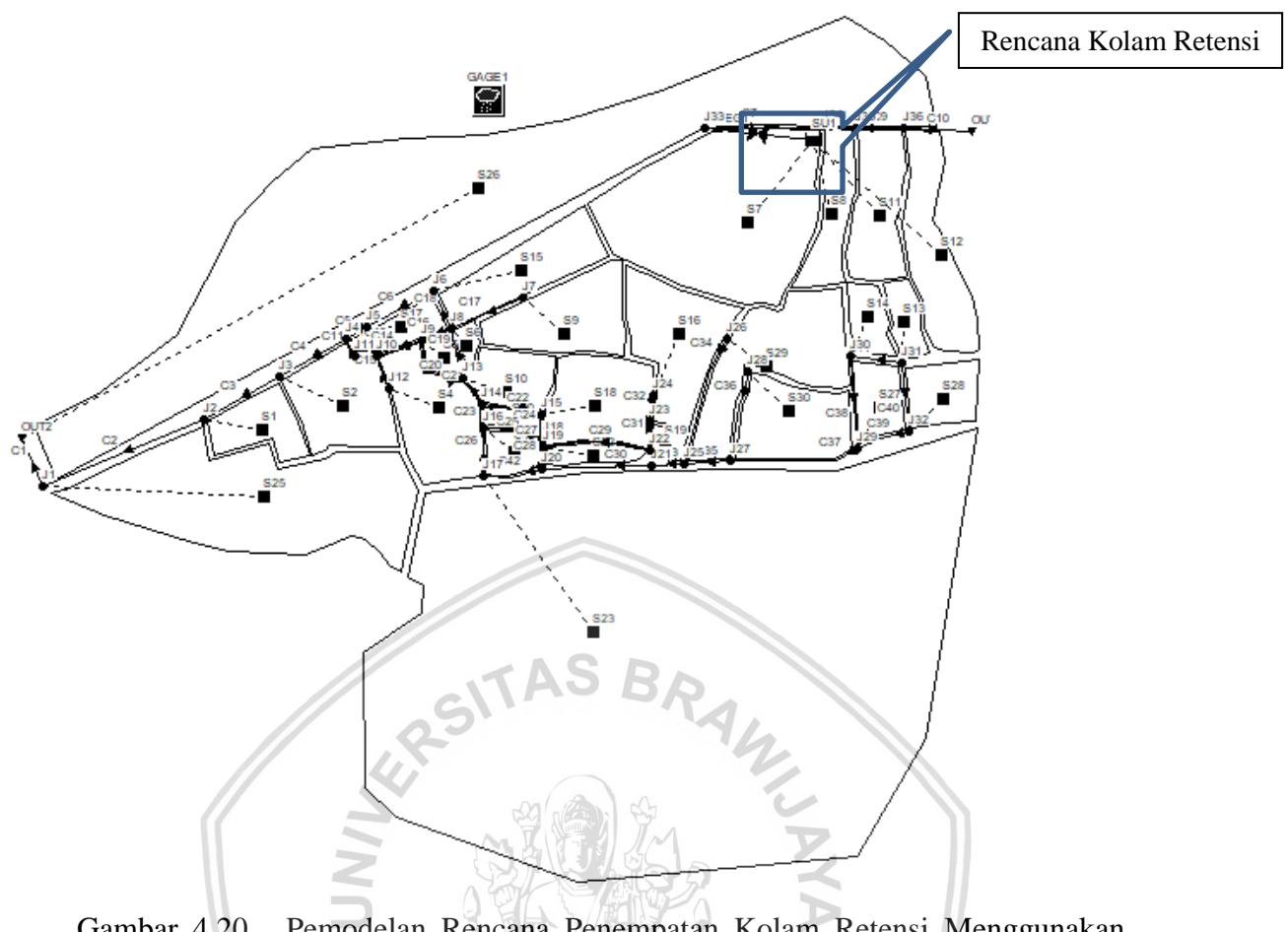
4.8.2 Kolam Retensi

Kolam retensi yang direncanakan di dalam studi ini ditujukan untuk menyimpan dan mengendalikan limpasan permukaan yang berasal dari hujan sehingga beban aliran yang masuk ke dalam saluran drainase menjadi berkurang. Air yang masuk ke dalam kolam retensi akan tertahan dan sebagian akan meresap ke dalam tanah dan keluar melalui pelimpah (*spillway*) apabila telah melewati kapasitas tampung kolam.

4.8.2.1 Skematisasi Penanggulangan Genangan Dengan Kolam Retensi

Menggunakan simulasi SWMM

Sistem drainase yang telah disimulasikan sebelumnya akan kembali digunakan, namun dengan tambahan beberapa objek yang telah dijelaskan sebelumnya. Objek *storage unit* di SWMM untuk merepresentasikan kolam retensi sedangkan objek *regulator* untuk merepresentasikan pelimpah (*spillway*). Selanjutnya model yang dibuat dapat dilihat pada gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.20. Pemodelan Rencana Penempatan Kolam Retensi Menggunakan Program SWMM.

Perencanaan kolam retensi disesuaikan dengan keterbatasan lahan yang ada dalam sistem drainase Oesapa – Lasiana. Kolam retensi dibuat untuk menampung dan meresapkan limpasan air hujan yang jatuh pada kawasan sub DTA S7 – S8 – S11 – S12. Adapun langkah-langkah melakukan simulasi di SWMM sebagai berikut :

- Memasukkan nilai variabel untuk *node storage unit* seperti tertera pada tabel - tabel di bawah ini :

Tabel 4.27. Nilai variabel untuk *node storage unit*

Sto. Unit	Inflow ID	Treatment	Invert. El	Max. Depth	Initial Depth	Pond Area	Seepage Loss	Storage Curve	Tabular Curve
SU1	No	No	18.75	3.0	0	0	Yes	Tabular	Kolam Retensi 1

Kurva tampungan kolam retensi direpresentasikan dalam hubungan antara kedalaman dan luas permukaan tampungan. Untuk kolam retensi 1 yang digunakan, ditentukan nilai kurva tampungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.28. Kurva tampungan kolam retensi

Curve Name		
KOLAMRETENSI1		
Description		
	Depth (m)	Area (m ²)
1	0.000000	16000
2	0.500000	16000
3	1.000000	16000
4	1.500000	16000
5	2.000000	16000
6	2.500000	16000
7	3.000000	16000

Sumber : EPA SWMM 5.1, 2015

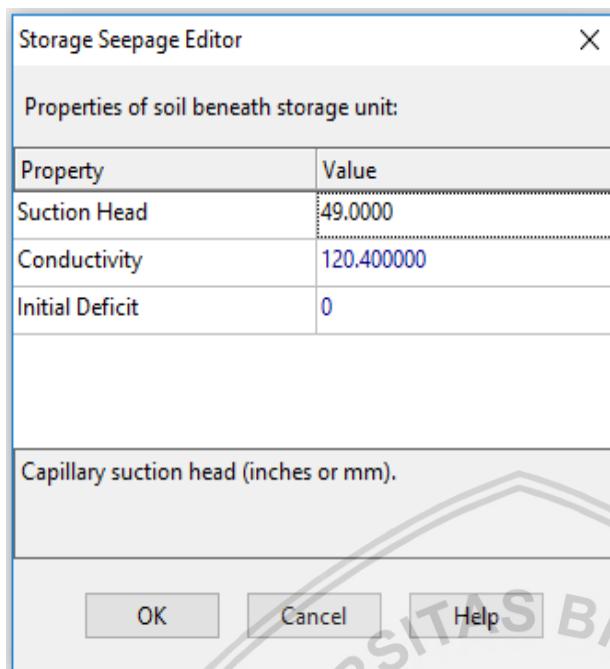
Objek *regulator* digunakan untuk merepresentasikan pelimpah dari kolam retensi. Adapun parameter – parameter yang diinput seperti yang tertera di tabel 4.29.

Tabel 4.29. Nilai variabel untuk *regulator (weir)*

Weir ID	Inlet Node	Outlet Node	Type	Height (m)	Length (m)	Side Slope (-)	Inlet Offset	Discharge Coeff
Reg1	SU1	J33	Transverse	1.50	10.00	0	2.25	1.84

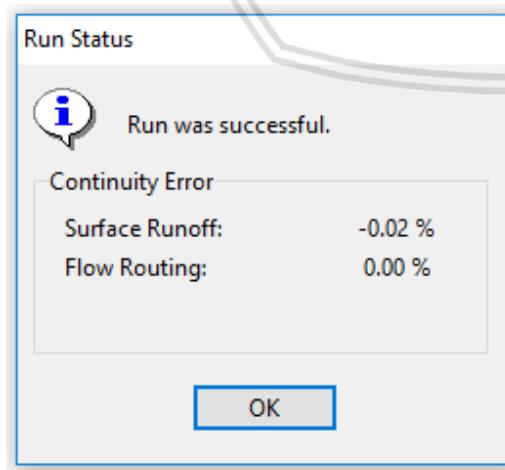
Kolam retensi yang direncanakan adalah untuk menampung limpahan air hujan yang turun sekaligus untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah. Untuk itu diperlukan variabel-variabel *seepage loss* yang diinput di *storage units*. Adapun variabel-variabel *seepage loss* yang diinput di *storage units* 1 bersumber dari *SWMM USER'S MANUAL VERSION 5.1* seperti yang ditampilkan dalam tabel 4.30 berikut :

Tabel 4.30. Nilai variabel untuk *seepage loss*



Sumber : *Manual SWMM 5.1*

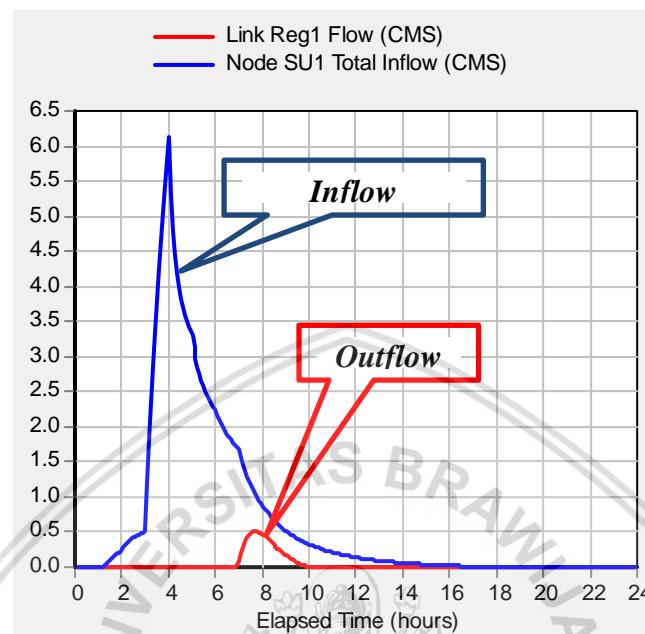
- b. Setelah memasukkan nilai - nilai variabel di *storage unit* maka, langkah selanjutnya adalah melakukan *running* dan mengakses hasil *running*. Untuk melakukannya pilih *Project* → *Run Simulation* dan *running* berhasil dijalankan seperti pada gambar 4.21. Nilai *continuity error* untuk limpasan (*surface run-off*) dan penelusuran aliran (*flow routing*) masing-masing adalah -0.02% dan 0.00% yang menunjukkan bahwa hasil kualitas simulasi adalah sangat baik (kualitas simulasi kurang baik jika *continuity error* > 5%).



Gambar 4.21. Jendela *Run Status* untuk simulasi yang berhasil

Untuk mengakses hasil *running* bisa dilihat tampilan grafik-grafik dan tabel-tabel di bawah ini.

- Hubungan antara debit *inflow* yang masuk ke kolam retensi dan debit *outflow* yang keluar dari kolam retensi melalui pelimpah (*spillway*) ketika kapasitas tampung kolam sudah penuh ditunjukkan dengan gambar 4.22.



Gambar 4.22. Grafik *Inflow* dan *Outflow* Kolam Retensi

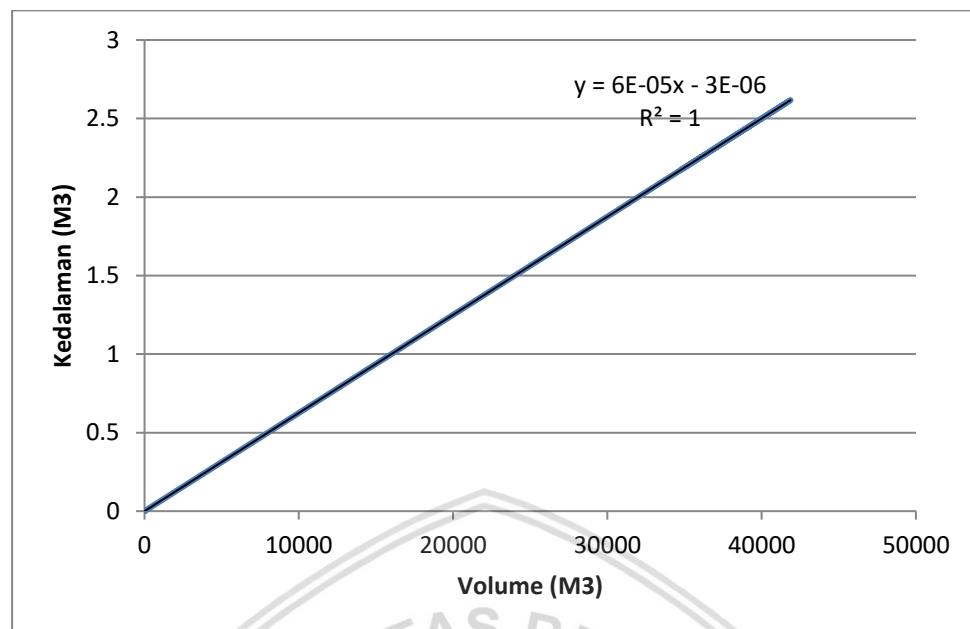
- Rekapitulasi nilai maximum Q_{inflow} , $Q_{outflow}$ dan reduksi banjir maksimum di kolam retensi 1 seperti yang ditampilkan tabel 4.30 berikut :

Tabel 4.31 Rekapitulasi nilai Q_{inflow} , $Q_{outflow}$ dan reduksi banjir maksimum di kolam retensi

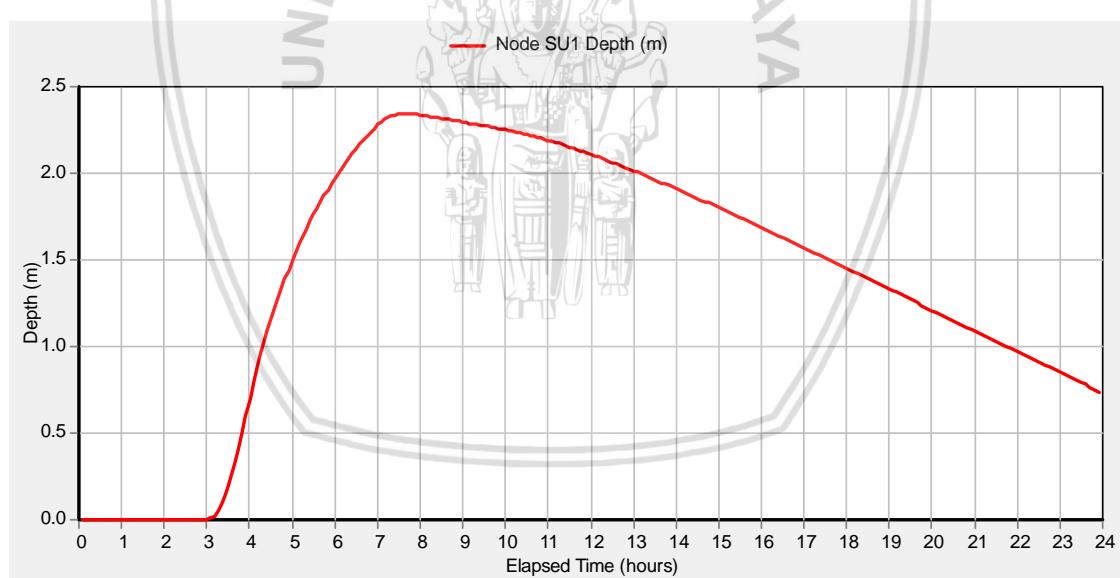
Kolam Retensi	Kala ulang T (Tahun)	Qinflow maksimum m3/det	Qoutflow maksimum m3/det	Reduksi banjir maksimum	
				m3/dt	%
1	5	6.135	0.513	5.622	91.64

Sumber : hasil perhitungan

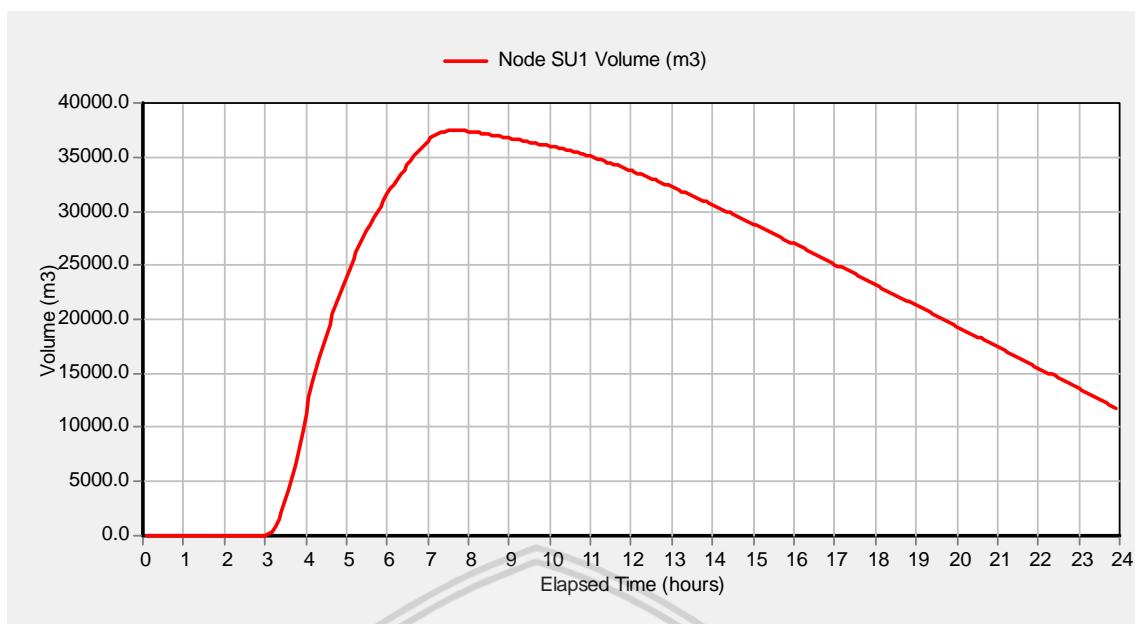
- Hubungan antara kedalaman air dan volume air di kolam retensi adalah berbanding lurus seperti yang ditampilkan pada gambar 4.23, gambar 4.24 menunjukkan hubungan antara kedalaman air dan waktu pada kolam retensi, sedangkan gambar 4.25 menunjukkan hubungan antara volume tampungan dan waktu pada kolam retensi.



Gambar 4.23. Grafik hubungan Kedalaman dan Volume Kolam Retensi

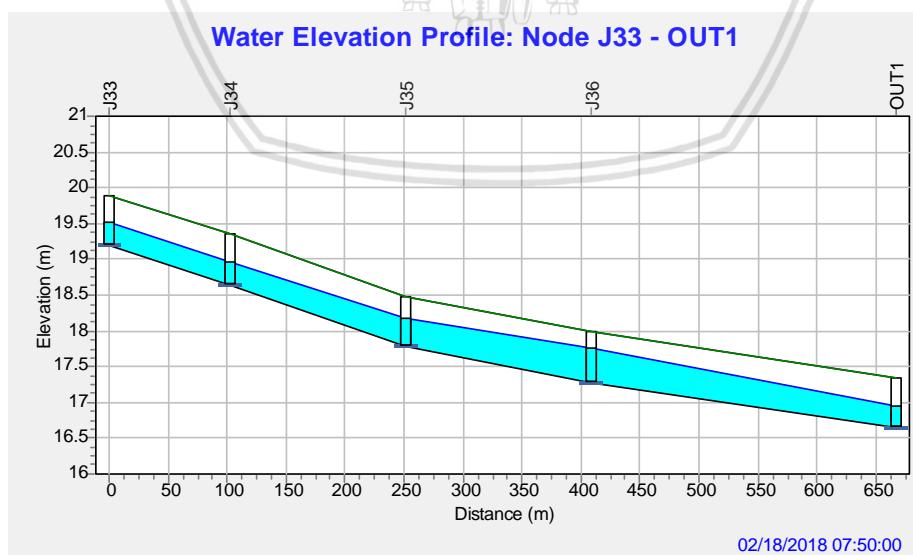


Gambar 4.24. Grafik Hubungan Kedalaman dan Waktu Kolam Retensi



Gambar 4.25. Grafik hubungan Volume dan Waktu Kolam Retensi

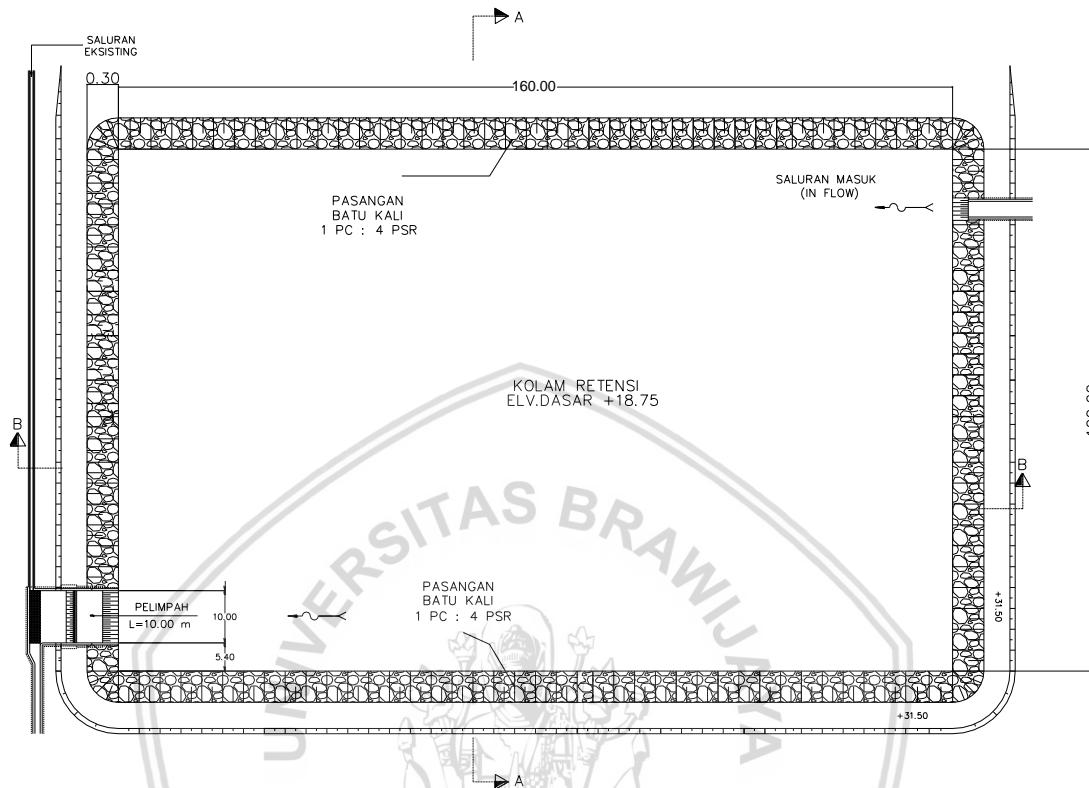
- Dari kinerja kolam retensi dalam mereduksi debit puncak banjir dan menahan waktu puncak banjir seperti yang ditampilkan oleh grafik *inflow* dan *outflow* pada gambar 4.22 di atas maka hasil *running* selanjutnya menunjukkan *conduit* C7-C8-C9-C10 (*node* J34-J35-J36-Out1) sudah tidak ada lagi muka air yang melampaui penampang saluran. Hal ini dapat diamati dengan menampilkan profil muka air di sepanjang saluran seperti yang ditampilkan di gambar 4.26 berikut.



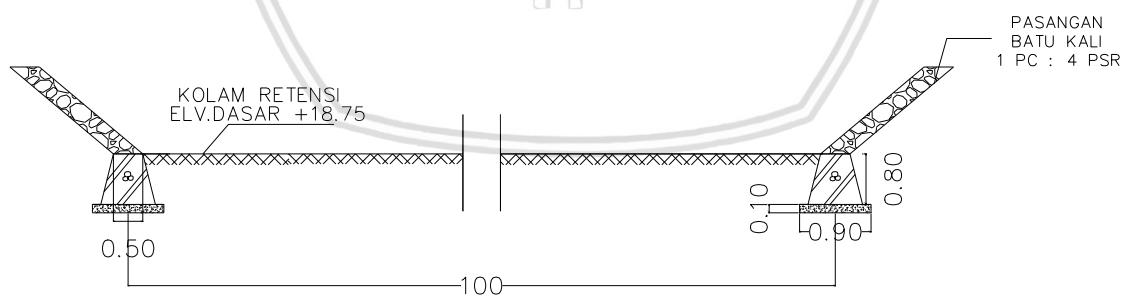
Gambar 4.26. Profil Muka Air Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Pada *Conduit* C7-C8-C9-C10 (*node* J33–J34-J35- J36-Out1) pada pada jam 07:50

4.8.2.2 Tipikal dan Rencana Penempatan Kolam Retensi

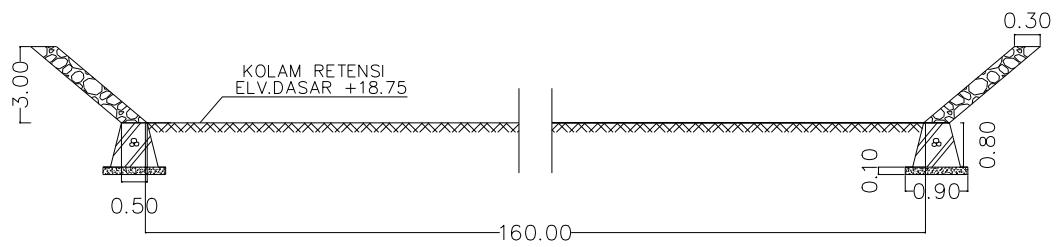
Dari hasil simulasi *storage unit* (representasi dari kolam retensi) dengan bantuan *software* SWMM maka rencana tipikal kolam retensi seperti berikut :



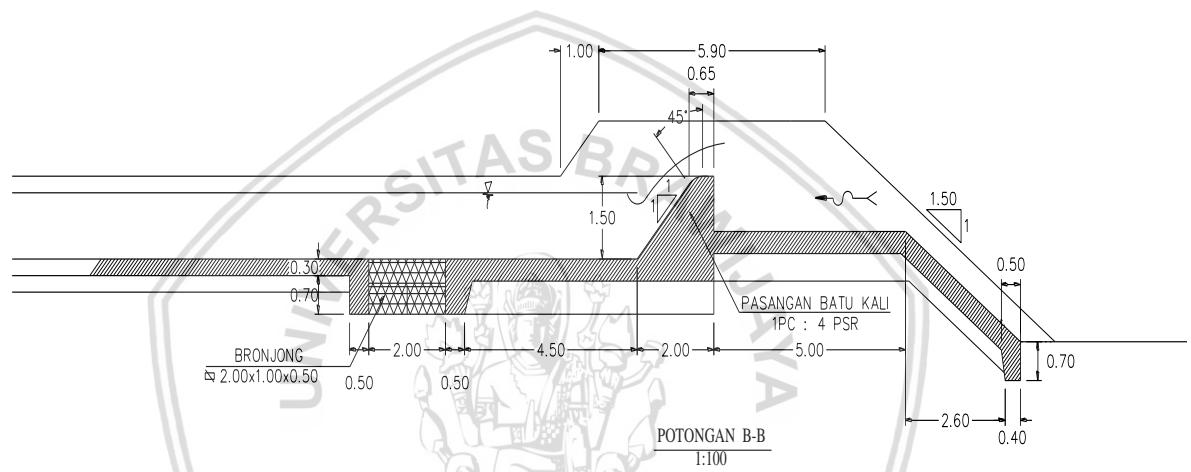
Gambar 4.27. Denah Kolam Retensi



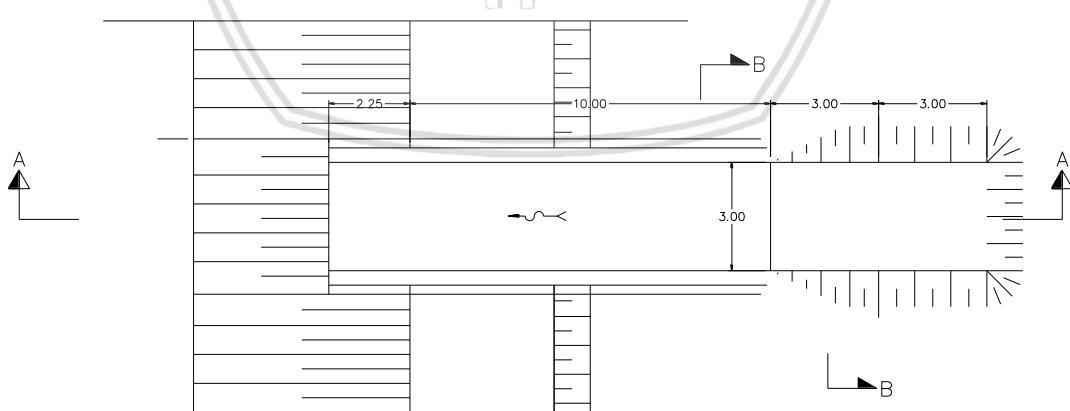
Gambar 4.28. Potongan A-A Kolam Retensi



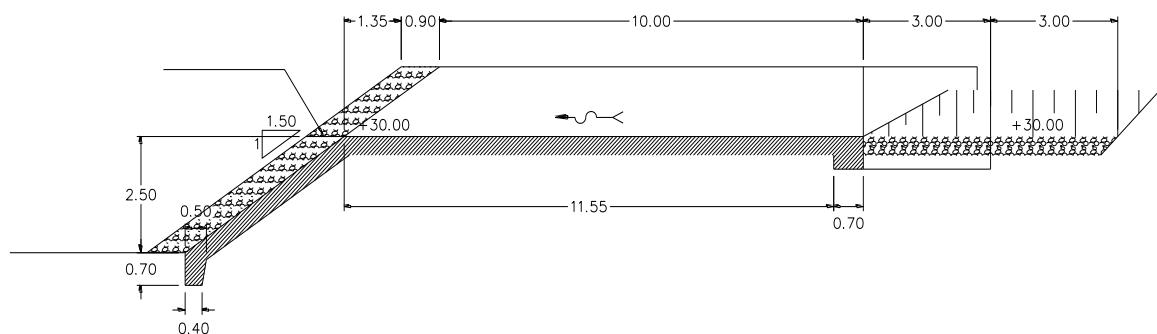
Gambar 4.29. Potongan B-B Kolam Retensi



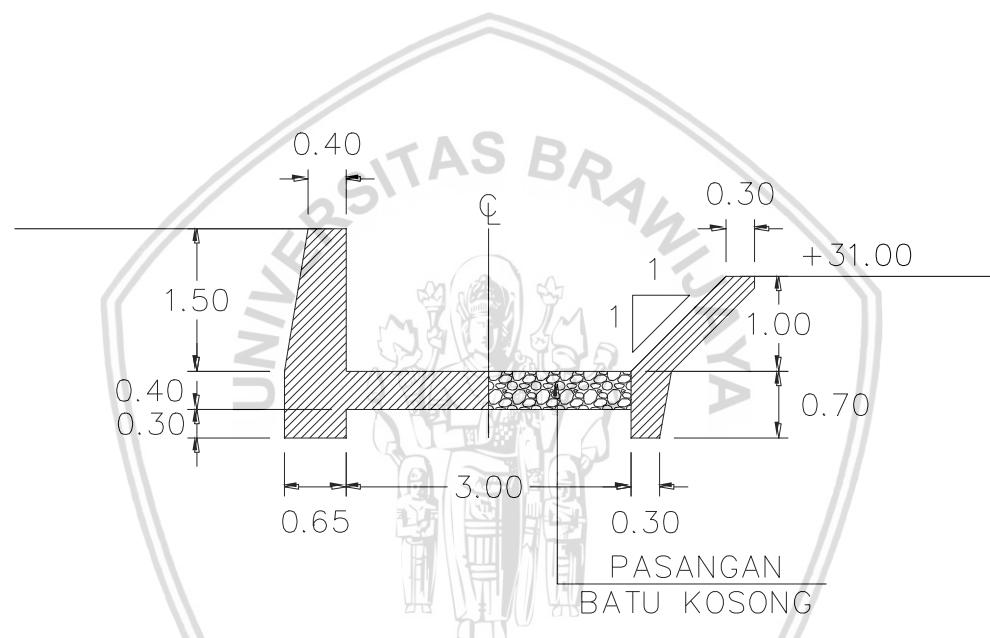
Gambar 4.30. Potongan Spill way



Gambar 4.31. Denah Inlet Kolam Retensi



Gambar 4.32. Potongan A-A Inlet Kolam Retensi



Gambar 4.33. Potongan B-B Inlet Kolam Retensi

Penempatan kolam retensi disesuaikan dengan ketersediaan lahan yang ada. Rencana penempatan kolam retensi di samping jalan Timor Raya seperti terlihat di gambar 4.34 berikut.



Gambar 4.34. Rencana Penempatan Kolam Retensi

Setelah dipasang kolam retensi maka tampungan dan resapan yang bisa diakomodir oleh kolam retensi bisa dilihat pada tabel 4.32 berikut.

Tabel 4.32. Rekapitulasi Volume Tampungan Kolam Retensi

Summary Results									
Storage Volume Click a column header to sort the column.									
Storage Unit	Average Volume 1000 m3	Average Percent Full	Evap Percent Loss	Infil Percent Loss	Maximum Volume 1000 m3	Maximum Percent Full	Day of Maximum Volume	Hour of Maximum Volume	Maximum Outflow CMS
SU1	31.454	66	0	28	41.873	87	0	07:43	1.017

Sumber : Hasil simulasi SWMM

4.8.3 Sumur Resapan

Dalam studi ini sumur resapan dipilih sebagai alternatif lain setelah penggunaan kolam retensi yang bertujuan untuk mengurangi volume limpasan air permukaan. Penerapan sumur resapan menjadi lebih cocok dibandingkan dengan kolam retensi

karena dapat ditempatkan di lokasi yang merupakan daerah padat penduduk dan bisa ditempatkan di masing – masing rumah penduduk. Dimensi dari sumur resapan sangat ditentukan oleh beberapa faktor berikut :

- Luas daerah tada
- Koefisien permeabilitas tanah
- Tinggi muka air tanah
- Intensitas hujan

Untuk mengetahui mengetahui ketinggian muka air tanah, dilakukan dengan mengamati kedalaman sumur air minum milik warga yang berada di lokasi studi. Dari data di lapangan diambil beberapa titik lokasi sumur galian warga sebagai perbandingan untuk menentukan kedalaman sumur resapan. Ada 3 (tiga) titik lokasi sumur galian warga yang diambil dengan koordinatnya masing - masing :

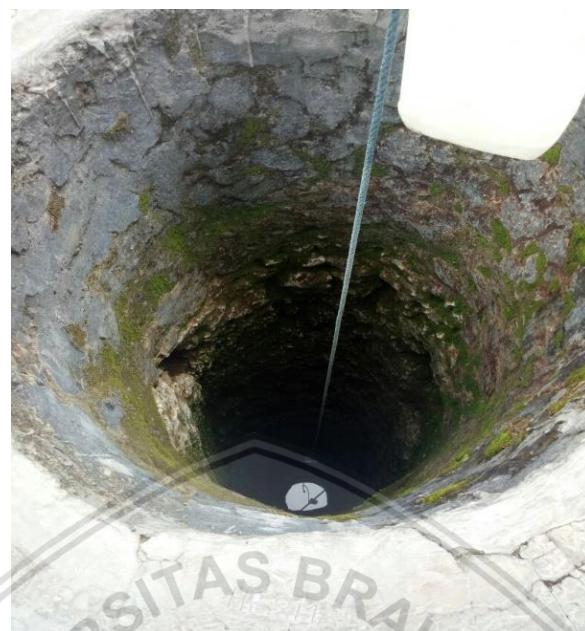
- Koordinat $10^{\circ} 8'47.18''\text{LS}$ dan $123^{\circ}39'15.57''\text{BT}$.



Gambar 4.35. Pengamatan Tinggi Muka Air Sumur di Titik 1

Kedalaman sumur gali warga ini 4.40 meter dan berdasarkan informasi dari warga setempat bahwa pada saat musim hujan kedalamannya menjadi 4.10 meter.

- Koordinat $10^{\circ} 8'39.86''$ LS dan $123^{\circ}40'9.61''$ BT.



Gambar 4.36. Pengamatan Tinggi Muka Air Sumur di Titik 2

Kedalaman sumur gali warga ini 4.80 meter dan berdasarkan informasi dari warga setempat bahwa pada saat musim hujan kedalamannya menjadi 4.30 meter.

- Koordinat $10^{\circ} 8'47.93''$ LS dan $123^{\circ}40'21.18''$ BT.



Gambar 4.37. Pengamatan Tinggi Muka Air Sumur di Titik 3

Kedalaman sumur gali warga ini 4.60 meter dan berdasarkan informasi dari warga setempat bahwa pada saat musim hujan kedalamannya menjadi 4.20 meter.

Dari ketiga titik lokasi sumur galian di lokasi studi bisa disimpulkan bahwa ketinggian muka air tanahnya rata-rata di atas 4 meter. Untuk itu sumur resapan yang dirancang di lokasi studi dapat dibuat sedalam 3 meter, sedangkan posisinya direncanakan di tiap halaman rumah warga masing-masing.

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto, 1988) dan dapat dihitung sebagai berikut:

1. Debit resapan pada sumur (Q_o) :

$$L = 3.0 \text{ m}$$

$$k = 5.96 \times 10^{-4} \text{ cm/det} = 5.96 \times 10^{-6} \text{ m/det}$$

$$H = 3.0 \text{ m}$$

$$r = 0.50 \text{ m}$$

$$T = 1.3106 \text{ jam} = 4718.0707 \text{ detik} ; T = 0.9 R^{0.92}/60 (\text{SNI:03-2453-2002})$$

$$Q_o = \frac{2\pi LKH}{\ln \left[\frac{L}{2R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{2R} \right)^2} \right]}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 3.00 \times 5.96 \times 10^{-6}}{\ln \left[\frac{3.00}{2 \times 0.50} + \sqrt{1 + \left(\frac{3.00}{2 \times 0.50} \right)^2} \right]}$$

$$= 1.854 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

2. Volume air hujan yang meresap (V_{rsp})

$$Q_o = 1.854 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det}$$

$$T = 1.3106 \text{ jam} = 4718.071 \text{ detik}$$

$$V_{rsp} = Q_o \times T$$

$$= 1.854 \times 10^{-4} \times 4718.071 = 0.8748 \text{ m}^3$$

3. Kapasitas per unit sumur resapan

$$\begin{aligned} V_s &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3.14 \times 0.5^2 \times 3 = 2.355 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jika per unit sumur dapat meresapkan air hujan 0.8748 m^3 , maka kapasitas total sumur

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_s + V_{\text{rsp}} \\ &= 2.355 + 0.8748 = 3.23 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga debit yang dapat tertampung oleh sumur dalam waktu 1.3106 jam adalah :

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{V_{\text{tot}}}{T} \\ &= \frac{3.23}{47718.071} = 6.77 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

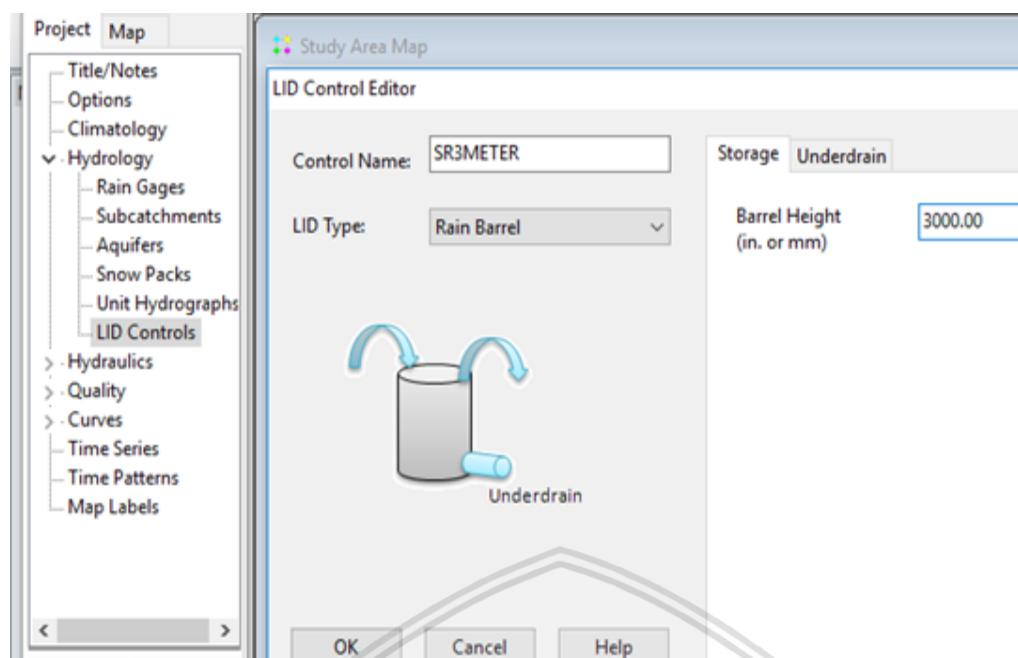
Jika atap rumah di lokasi studi rata-rata memiliki luas tadaah 82 m^2 (dianggap rumah tipe 45), maka volume limpasan hujan dari tiap atap adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Vol} &= 0.278 \times C \times I \times A \times T \\ &= 0.278 \times 0.95 \times 7.82 \times 10^{-6} \times 82 \times 4718.071 \\ &= 0.278 \times 0.95 \times 6.30 \times 10^{-6} \times 84 \times 7200 \\ &= 0.80 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan demikian kinerja per unit sumur resapan :

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{tot sumur}}}{V_{\text{per atap}}} \\ &= \frac{3.23}{0.80} = 4.04 \approx 4 \text{ atap (rumah)} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka sumur resapan bisa dibuat secara kolektif yang penempatannya berdasarkan hasil peninjauan lapangan karena harus memperhatikan kriteria jarak sebagaimana Tabel 2.12, sehingga diperoleh jumlah sumur resapan kolektif sebanyak 587 unit dengan jumlah sumur resapan per sub DTA selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.35. Dalam melakukan simulasi sumur resapan di *software SWMM* direpresentasikan dengan properties *LID Type Rain Barrel* seperti yang ditunjukkan dengan gambar 4.38 di bawah ini.



Gambar 4.38. Model sumur resapan di SWMM

Tabel 4.33. Penetapan Jumlah Sumur Resapan Per Sub DTA

No.	Sub DTA	A (m ²)	C _{tadah}	n sumur (unit)	A _{layan} (m ²)	% sub DTA terlayani
1	S1	54880	0.785	22	2455.39	4.47
2	S2	94134	0.790	28	3105.26	3.30
3	S3	5241	0.831	7	738.01	14.08
4	S4	102653	0.748	29	3396.75	3.31
5	S5	13921	0.798	11	1207.70	8.68
6	S6	12000	0.785	9	1004.48	8.37
7	S7	387400	0.660	0	0.00	0.00
8	S8	66606	0.657	0	0.00	0.00
9	S9	110469	0.663	28	3700.09	3.35
10	S10	49050	0.731	20	2397.07	4.89
11	S11	96700	0.671	0	0.00	0.00
12	S12	110000	0.704	0	0.00	0.00
13	S13	27500	0.704	14	1742.30	6.34
14	S14	34300	0.676	16	2073.68	6.05
15	S15	102500	0.701	28	3499.51	3.41
16	S16	128300	0.663	30	3964.38	3.09
17	S17	26000	0.774	15	1697.92	6.53
18	S18	101400	0.703	28	3489.56	3.44
19	S19	13300	0.670	5	653.83	4.92
20	S20	10742	0.872	10	1004.73	9.35

21	S21	24086	0.737	14	1664.29	6.91
22	S22	17500	0.778	12	1351.35	7.72
23	S23	1822800	0.577	108	16398.93	0.90
25	S25	272700	0.760	48	5533.44	2.03
26	S26	1620000	0.612	0	0.00	0.00
27	S27	66500	0.636	21	2892.88	4.35
28	S28	38000	0.640	16	2190.32	5.76
29	S29	141400	0.656	32	4273.80	3.02
30	S30	102000	0.553	25	3960.80	3.88

Sumber : Hasil Analisa

4.8.3.1 Skematisasi Penanggulangan Genangan Dengan Sumur Resapan Menggunakan Simulasi SWMM

Setelah merencanakan unit sumur resapan, maka dapat dilakukan simulasi penerapan ekodrain berupa sumur resapan pada hujan kala ulang 5 tahun. Ringkasan hasil simulasli limpasan permukaan sub daerah tangkapan (*sub catchment*) dan debit limpasan pada saluran untuk penerapan kondisi eksisting + sumur resapan dapat dilihat pada Tabel 4.34 dan 4.35.

Tabel 4.34. Hasil Simulasi Limpasan Permukaan Sub Daerah Tangkapan Air Dengan Penerapan Eksisting + Sumur Resapan

No.	Nama Sub DTA	Nama Struktur Ekodrainase	Jumlah Struktur (unit)	Debit Limpasan Sub DTA		
				Eksisting (m ³ /det)	Ekodrain (m ³ /det)	(+/-) (%)
1	S1	SR	22	0.68	0.01	-98.53
2	S2	SR	28	1.18	0.09	-92.37
3	S3	SR	7	0.09	0.00	-100.00
4	S4	SR	29	1.24	0.06	-95.16
5	S5	SR	11	0.22	0.01	-95.45
6	S6	SR	9	0.18	0.04	-77.78
7	S7	-	-	3.17	3.17	0.00
8	S8	-	-	0.71	0.71	0.00
9	S9	SR	28	0.91	0.10	-89.01
10	S10	SR	20	0.59	0.02	-96.61
11	S11	-	-	0.93	0.93	0.00
12	S12	-	-	1.32	1.32	0.00

No.	Nama Sub DTA	Nama Struktur Ekodrainase	Jumlah Struktur (unit)	Debit Limpasan Sub DTA		
				Eksisting (m ³ /det)	Ekodrain (m ³ /det)	(+/-) (%)
26	S27	SR	21	0.52	0.1	-80.77
27	S28	SR	16	0.34	0.05	-85.29
28	S29	SR	32	1.15	0.07	-93.91
29	S30	SR	25	0.48	0.05	-89.58

13	S13	SR	14	0.34	0.05	-85.29
14	S14	SR	16	0.34	0.02	-94.12
15	S15	SR	28	1.00	0.07	-93.00
16	S16	SR	30	1.08	0.14	-87.04
17	S17	SR	15	0.37	0.01	-97.30
18	S18	SR	28	0.98	0.05	-94.90
19	S19	SR	5	0.14	0.10	-28.57
20	S20	SR	10	0.20	0.01	-95.00
21	S21	SR	14	0.29	0.01	-96.55
22	S22	SR	12	0.29	0.02	-93.10
23	S23	SR	108	10.84	0.74	-93.17
24	S25	SR	48	3.34	0.10	-97.01
25	S26	-	-	9.00	9.00	0.00

Sumber : Hasil Simulasi

SR : Sumur Resapan

Tabel 4.35. Hasil Simulasi Debit Limpasan Saluran Dengan Penerapan Sumur Resapan

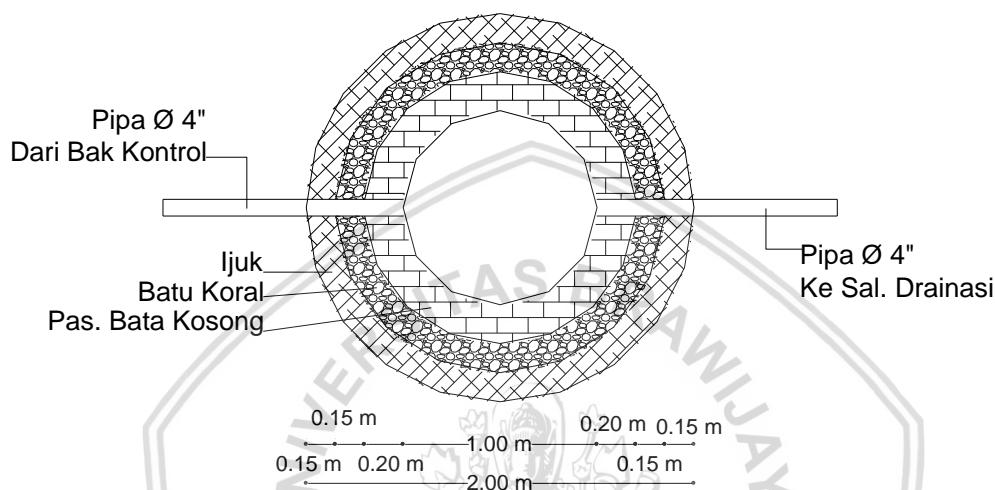
No.	Nama Saluran	Debit Saluran			(+/-) (%)
		Eksisting (m ³ /det)	Ekodrain (Sumur Resapan) (m ³ /det)	(+/-) (%)	
1	C1	2.193	0.875	-60.10	
2	C2	0.884	0.775	-12.33	
3	C3	0.779	0.789	1.28	
4	C4	1.434	1.434	0.00	
5	C5	2.538	1.029	-59.46	
6	C6	1.150	0.176	-84.70	
7	C7	1.413	1.413	0.00	
8	C8	1.461	1.461	0.00	
9	C9	1.093	1.093	0.00	
10	C10	0.869	0.869	0.00	
11	C11	0.742	0.618	-16.71	
12	C12	0.742	0.618	-16.71	
13	C13	1.504	0.855	-43.15	
14	C14	1.690	1.421	-15.92	

15	C15	0.658	0.062	-90.58
16	C16	1.051	0.257	-75.55
17	C17	0.912	0.095	-89.58
18	C18	0.368	0.109	-70.38
19	C19	0.341	0.233	-31.67
20	C20	1.580	1.162	-26.46
21	C21	1.421	1.383	-2.67
22	C22	1.747	0.222	-87.29
23	C23	2.703	1.158	-57.16
24	C24	0.770	0.170	-77.92
25	C25	1.011	0.253	-74.98
26	C26	1.685	0.897	-46.77
27	C27	1.786	0.424	-76.26
28	C28	0.699	0.169	-75.82
29	C29	0.800	0.238	-70.25
30	C30	1.406	0.338	-75.96
31	C31	0.675	0.139	-79.41
32	C32	0.676	0.140	-79.29
33	C33	2.291	0.339	-85.20
34	C34	1.134	0.072	-93.65
35	C35	1.732	0.269	-84.47
36	C36	0.469	0.054	-88.49
37	C37	1.474	0.217	-85.28
38	C38	0.470	0.039	-91.70
39	C39	0.546	0.084	-84.62
40	C40	0.209	0.032	-84.69
41	C41	0.129	0.020	-84.50
42	C42	0.708	0.168	-76.27

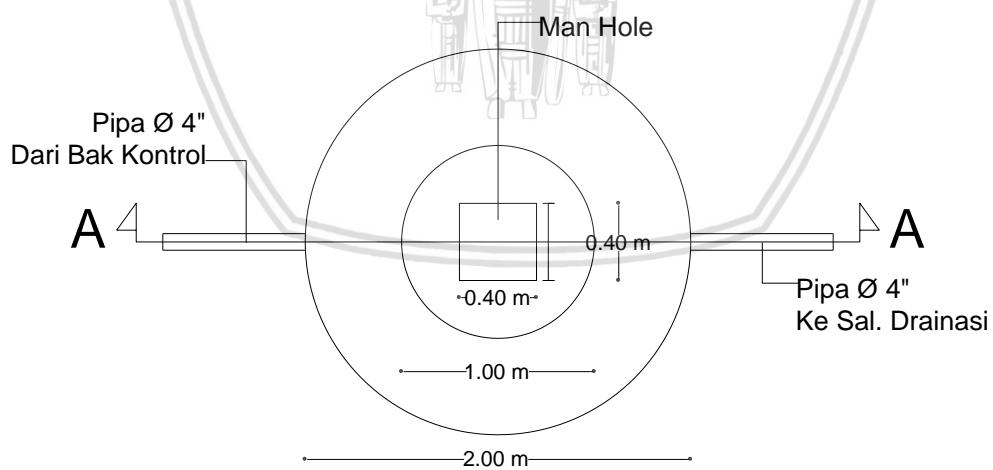
Sumber : Hasil Simulasi

4.8.3.2 Tipikal Dan Dimensi Sumur Resapan

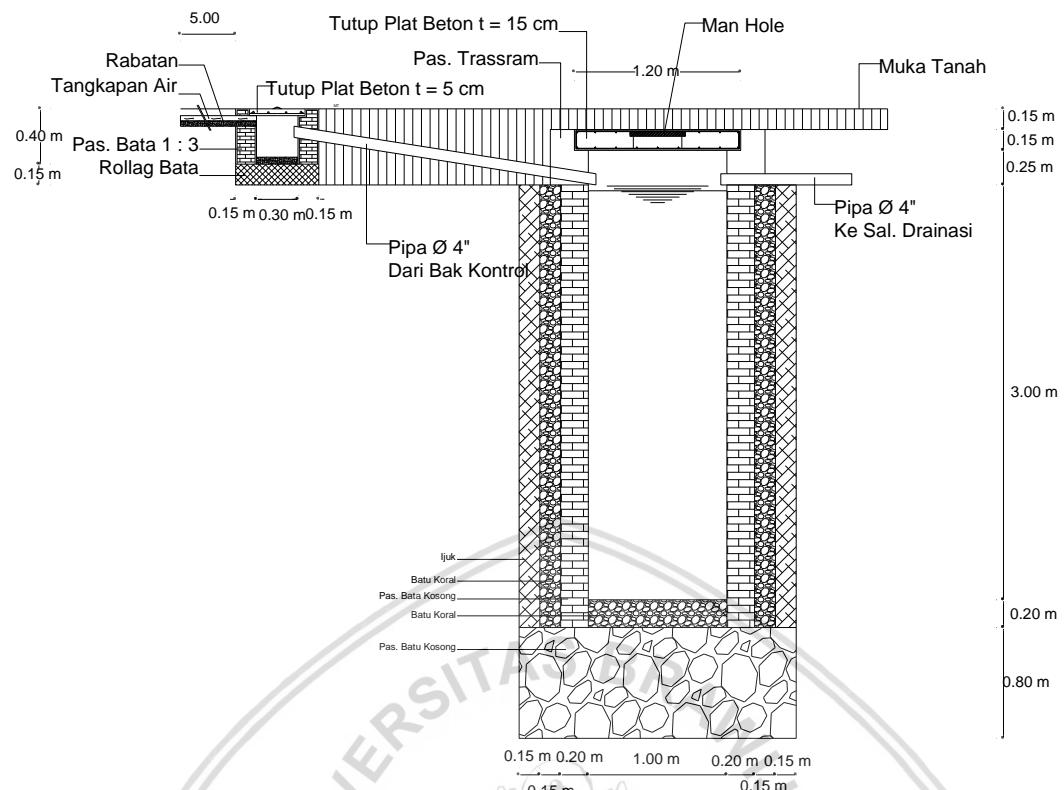
Sumur resapan direkomendasikan untuk dibangun di setiap rumah yang masih memiliki halaman/lahan terbuka. Sumur resapan yang direncanakan berdiameter 1 meter dan memiliki kedalaman 3 meter. Gambar detail sumur resapan dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



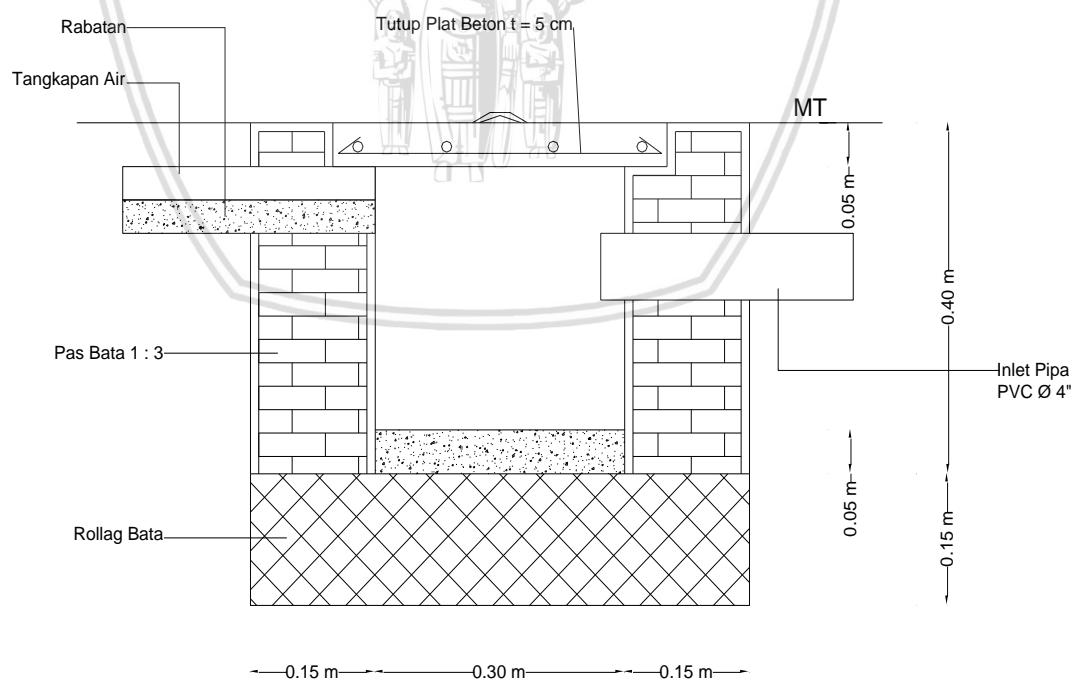
Gambar 4.39. Denah Sumur Resapan



Gambar 4.40. Tampak Atas Sumur Resapan



Gambar 4.41. Potongan A - A Sumur Resapan



Gambar 4.42. Potongan Bak Kontrol

4.8.4 Skematisasi Sistem Drainase Dengan Penambahan Kolam Retensi dan Sumur Resapan

Skematisasi sistem drainase untuk kondisi eksisting dengan penambahan kolam retensi dan sumur resapan adalah untuk mengetahui ruas saluran/*conduit* mana saja yang sudah tidak tergenang atau sebaliknya masih tergenang banjir. Adapun hasil simulasi debit limpasan saluran dengan penambahan kolam retensi dan sumur resapan pada kondisi eksisting sistem drainase dapat dilihat pada Tabel 4.39 berikut.

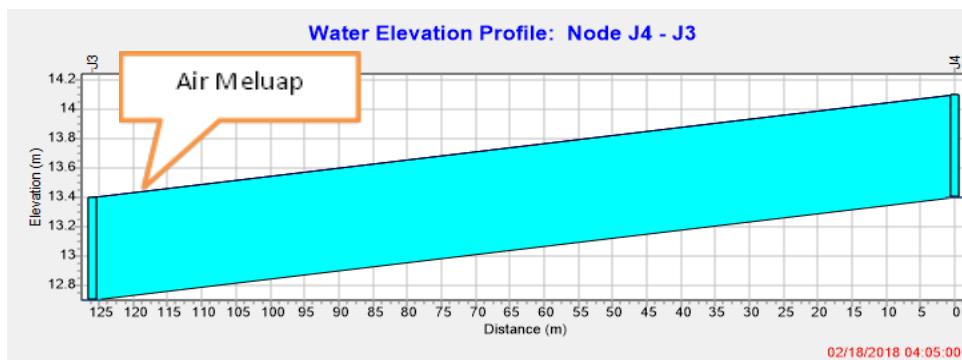
Tabel 4.36. Hasil Simulasi Debit Limpasan Saluran Dengan Penambahan Kolam Retensi dan Sumur Resapan

No	Nama Saluran	h_{sal} (m)	h_{max} (m)	V_{max} (m/det)	Q_{maks} (m^3/det)	Ket
1	C1	1.000	0.46	1.910	0.875	Cukup
2	C2	0.700	0.581	1.350	0.775	Cukup
3	C3	0.700	0.686	1.190	0.789	Cukup
4	C4	0.700	0.700	2.050	1.434	Tergenang
5	C5	0.700	0.546	1.880	1.029	Cukup
6	C6	0.700	0.280	0.650	0.176	Cukup
7	C7	0.700	0.420	1.750	0.738	Cukup
8	C8	0.700	0.469	1.580	0.738	Cukup
9	C9	0.700	0.567	1.300	0.737	Cukup
10	C10	0.700	0.504	1.470	0.737	Cukup
11	C11	0.700	0.483	1.270	0.618	Cukup
12	C12	0.600	0.438	2.830	0.618	Cukup
13	C13	1.000	0.510	2.110	0.855	Cukup
14	C14	1.000	0.740	2.390	1.421	Cukup
15	C15	1.000	0.380	0.870	0.062	Cukup
16	C16	1.000	0.540	0.600	0.257	Cukup
17	C17	1.000	0.140	0.880	0.095	Cukup
18	C18	0.550	0.187	1.370	0.109	Cukup
19	C19	1.000	0.440	1.510	0.233	Cukup
20	C20	1.000	0.780	2.000	1.162	Cukup
21	C21	1.000	0.830	2.210	1.383	Cukup
22	C22	1.000	0.560	0.450	0.222	Cukup

23	C23	1.000	0.740	2.620	1.158	Cukup
24	C24	0.600	0.168	1.710	0.170	Cukup
25	C25	0.600	0.348	1.090	0.252	Cukup
26	C26	0.600	0.330	2.730	0.897	Cukup
27	C27	1.000	0.160	1.880	0.424	Cukup
28	C28	1.400	0.140	1.730	0.169	Cukup
29	C29	0.700	0203	1.650	0.238	Cukup
30	C30	1.000	0.250	1.970	0.338	Cukup
31	C31	0.700	0.224	0.890	0.139	Cukup
32	C32	0.700	0.196	1.010	0.140	Cukup
33	C33	1.000	0.280	1.740	0.339	Cukup
34	C34	0.600	0.150	1.050	0.072	Cukup
35	C35	1.000	0.230	1.970	0.269	Cukup
36	C36	0.600	0.150	0.840	0.054	Cukup
37	C37	1.000	0.240	0.920	0.217	Cukup
38	C38	0.800	0.144	0.480	0.039	Cukup
39	C39	1.000	0.160	0.570	0.084	Cukup
40	C40	0.800	0.048	0.740	0.032	Cukup
41	C41	0.800	0.032	0.740	0.020	Cukup
42	C42	1.000	0.380	0.520	0.168	Cukup

Sumber : Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi SWMM untuk penerapan kolam retensi dan sumur resapan pada kondisi eksisting sistem drainase menyisakan 1 (satu) saluran/*conduit* saja yang masih mengalami genangan yaitu *conduit* C4 seperti yang terlihat pada Tabel 4.36 di atas. Hal ini juga dapat diamati dengan menampilkan profil muka air di sepanjang saluran/*conduit* C4 seperti yang ditampilkan di gambar 4.43 berikut.



Gambar 4.43. Profil Muka Air Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Pada *Conduit* C4 (*node* J4-J3) pada jam 04:05

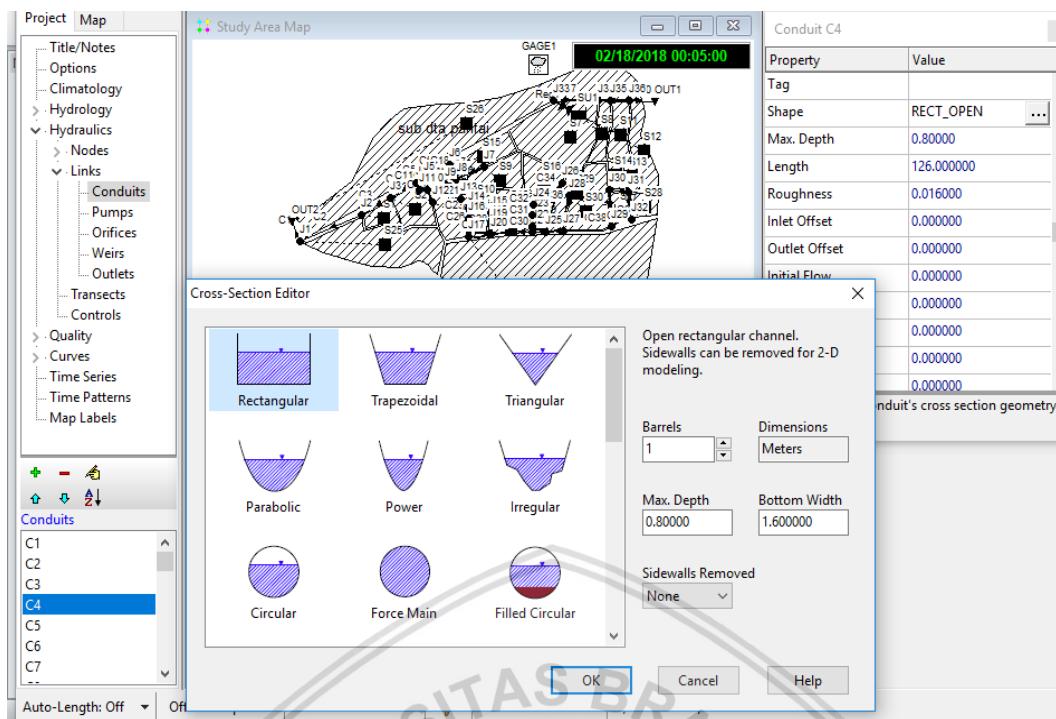
4.8.5 Peningkatan Kapasitas Saluran.

Upaya melakukan pekerjaan peningkatan kapasitas saluran di lokasi studi menjadi alternatif terakhir dalam melakukan suatu penanganan sistem drainase yang bermasalah akibat genangan/banjir. Upaya peningkatan kapasitas saluran dengan cara memperbesar dimensi saluran eksisting tetaplah harus mempertimbangkan keadaan lapangan dan disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan. Kondisi di lokasi studi ini memungkinkan untuk melebarkan dan memperdalam saluran eksisting karena letak saluran yang tergenang air pada musim hujan ini berada di samping jalan utama yang menghubungkan kota Kupang dan negara Timor Leste yaitu jalan Timor Raya.

4.8.5.1 Skematisasi Penanggulangan Genangan Dengan Kolam Retensi, Sumur Resapan dan Peningkatan Kapasitas Saluran Menggunakan SWMM

Berdasarkan hasil simulasi SWMM dengan skematisasi penanganan genangan menggunakan kolam retensi dan sumur resapan menunjukkan bahwa 17 titik *conduit* dari 18 titik *conduit* yang tergenang air sudah bisa diatasi dengan menggunakan 1 buah kolam retensi berukuran 160 meter x 100 meter x 3 meter dan 587 unit sumur resapan berdiameter 1 meter dan memiliki kedalaman 3 meter. Untuk mengatasi 1 (satu) *conduit* C4 yang masih mengalami genangan air dilakukanlah beberapa kali simulasi SWMM (*trial and error*) menggunakan kondisi eksisting + kolam retensi + sumur resapan + peningkatan kapasitas saluran eksisting dengan langkah-langkah berikut :

1. Dari skematisasi kolam retensi dan sumur resapan sebelumnya di SWMM kemudian ditambahkan dengan skematisasi melebarkan dimensi saluran eksisting menjadi 1.60 m x 0.80 m (menggunakan prinsip hidrolik saluran berpenampang persegi ekonomis $b = 2h$) pada *conduit* C2,C3,C4, seperti pada gambar 4.44 berikut.



Gambar 4.44. Tampilan Pengisian Dimensi *Conduit* C2, C3,C4.

2. Setelah memasukkan dimensi saluran/conduitnya kemudian dilakukan *running* dan menghasilkan debit limpasan pada saluran seperti dalam tabel 4.37 berikut.

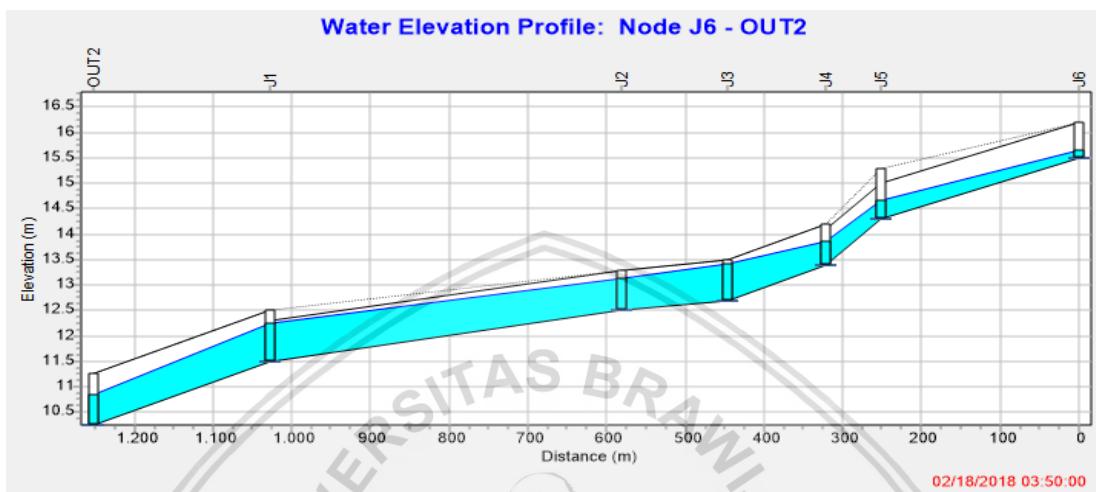
Tabel 4.37. Hasil Simulasi Debit Limpasan Saluran Dengan Penerapan Kolam Retensi + Sumur Resapan + Pelebaran Dimensi Saluran Eksisting

No	Nama Saluran	h_{sal} (m)	h_{max} (m)	V_{max} (m/det)	Q_{maks} (m^3/det)	Ket
1	C1	1.000	0.770	2.320	1.777	Cukup
2	C2	0.700	0.658	1.430	1.721	Cukup
3	C3	0.700	0.644	1.460	1.721	Cukup
4	C4	0.700	0.553	1.620	1.647	Cukup
5	C5	0.700	0.441	2.330	1.029	Cukup
6	C6	0.700	0.280	0.650	0.176	Cukup
7	C7	0.700	0.322	1.580	0.513	Cukup
8	C8	0.700	0.357	1.430	0.513	Cukup
9	C9	0.700	0.441	1.170	0.513	Cukup
10	C10	0.700	0.392	1.310	0.512	Cukup
11	C11	0.700	0.378	1.630	0.618	Cukup

12	C12	0.600	0.438	2.830	0.618	Cukup
13	C13	1.000	0.510	2.110	0.855	Cukup
14	C14	1.000	0.740	2.390	1.421	Cukup
15	C15	1.000	0.380	0.870	0.062	Cukup
16	C16	1.000	0.540	0.600	0.257	Cukup
17	C17	1.000	0.140	0.880	0.095	Cukup
18	C18	0.550	0.187	1.370	0.109	Cukup
19	C19	1.000	0.440	1.510	0.233	Cukup
20	C20	1.000	0.780	2.000	1.162	Cukup
21	C21	1.000	0.830	2.210	1.383	Cukup
22	C22	1.000	0.560	0.450	0.222	Cukup
23	C23	1.000	0.740	2.620	1.158	Cukup
24	C24	0.600	0.168	1.710	0.170	Cukup
25	C25	0.600	0.348	1.090	0.253	Cukup
26	C26	0.600	0.330	2.730	0.897	Cukup
27	C27	1.000	0.160	1.880	0.424	Cukup
28	C28	1.400	0.140	1.730	0.169	Cukup
29	C29	0.700	0203	1.650	0.238	Cukup
30	C30	1.000	0.250	1.970	0.338	Cukup
31	C31	0.700	0.224	0.890	0.139	Cukup
32	C32	0.700	0.196	1.010	0.140	Cukup
33	C33	1.000	0.280	1.740	0.339	Cukup
34	C34	0.600	0.150	1.050	0.072	Cukup
35	C35	1.000	0.230	1.970	0.269	Cukup
36	C36	0.600	0.150	0.840	0.054	Cukup
37	C37	1.000	0.240	0.920	0.217	Cukup
38	C38	0.800	0.144	0.480	0.039	Cukup
39	C39	1.000	0.160	0.570	0.084	Cukup
40	C40	0.800	0.048	0.740	0.032	Cukup
41	C41	0.800	0.032	0.740	0.020	Cukup
42	C42	1.000	0.380	0.520	0.168	Cukup

Sumber : Hasil Simulasi

Dengan melebarkan dan meninggikan *conduit* C2,C3,C4 menjadi 1.6 m x 0.8 m maka, *conduit-conduit* tersebut sudah bisa menampung Q_{max} hasil *running* SWMM sehingga tidak lagi menimbulkan genangan seperti terlihat pada tabel 4.37 di atas. Hal ini juga dapat diamati dengan menampilkan profil muka air di sepanjang saluran seperti yang ditampilkan pada gambar 4.45 berikut.



Gambar 4.45. Profil Muka Air Hasil Simulasi Pada *Conduit* C1-C6 (*node* J1-J6)
Pada Jam 03:50

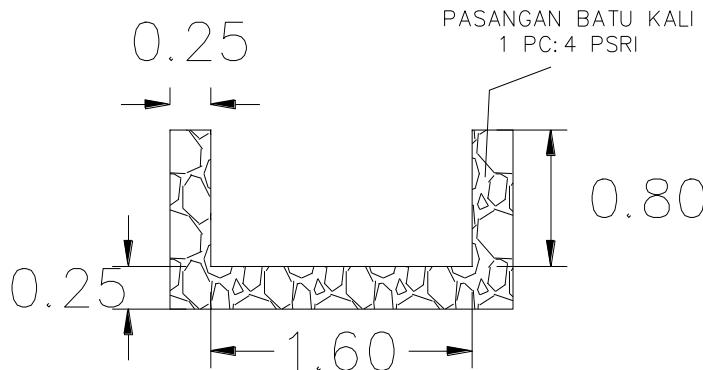
4.8.5.2 Tipikal Saluran Yang Ditingkatkan Kapasitasnya

Sistem drainase yang tidak mampu mengalirkan debit terjadi karena diantaranya kapasitas saluran yang terlalu kecil. Untuk itu maka perlu diperbesar dimensi saluran eksisting yang ada. Adapun dimensi saluran eksisting di lokasi studi yang diperbesar menjadi seperti gambar 4.46 sedangkan rencana pelebaran / peninggian dimesi saluran drainase eksisting dapat dilihat pada tabel 4.38 berikut.

Tabel 4.38. Rencana Pelebaran / Peninggian Dimensi Eksisting Saluran

No	Nama Saluran	Panjang Saluran	Dimensi Eksisting		Rencana Dimensi Baru	
			Lebar Dasar	Tinggi	Lebar Dasar	Tinggi
1.	C2	445 M	1.00 M	0.70 M	1.60 M	0.80 M
2.	C3	135 M	1.00 M	0.70 M	1.60 M	0.80 M
3.	C4	126 M	1.00 M	0.70 M	1.60 M	0.80 M

Sumber : Hasil Perhitungan

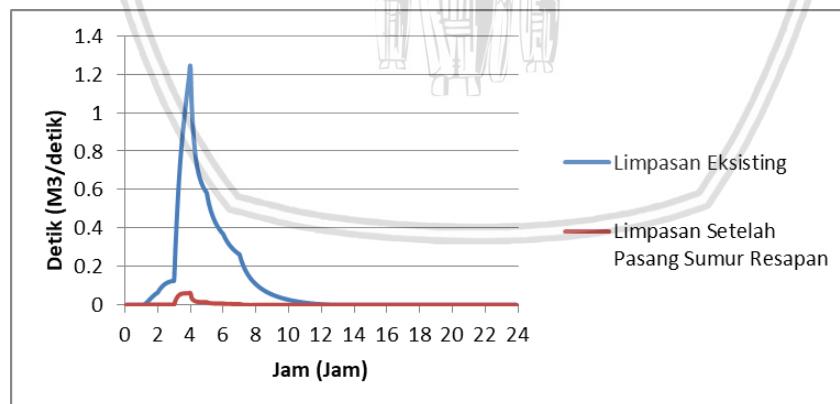


Gambar 4.46. Rencana Pelebaran Dimensi *Conduit C2,C3,C4*

4.8.6 Analisa Reduksi Limpasan

Penggunaan *software* SWMM sebagai pendekatan teoretik untuk melakukan simulasi efektifitas penerapan kolam retensi dan sumur resapan terhadap peningkatan infiltrasi dan penurunan debit puncak aliran permukaan.

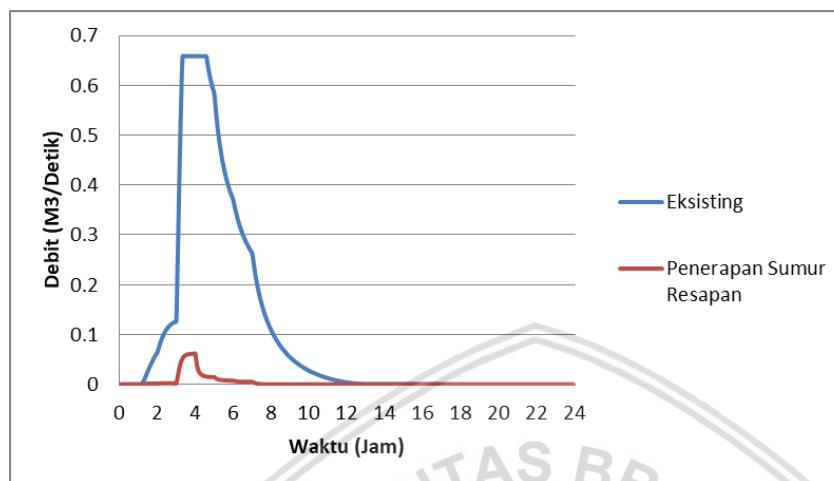
Seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.34 hasil simulasi pengaruh penerapan sumur resapan terhadap debit limpasan sub DTA, misalnya pada sub DTA S4 direncanakan 29 unit sumur resapan. Diperoleh bahwa debit puncak limpasan turun dari 1.240 m³/detik menjadi 0.060 m³/detik, atau sebesar 95.16%. Hal ini bisa ditampilkan juga dalam bentuk grafik seperti di gambar 4.47 berikut.



Gambar 4.47. Perbandingan Hidrograf Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Sesudah Penerapan Sumur Resapan di Sub DTA S4

Dengan menempatkan sumur resapan pada sub DTA S4 juga dapat berpengaruh terhadap debit saluran yang menjadi outlet sub DTA S4 yaitu saluran/conduit C15. Kondisi eksisting dengan debit saluran sebesar 0.658 m³/detik dan terjadi luapan/genangan maka, setelah diterapkannya 29 unit sumur resapan,

debit saluran turun menjadi $0.062 \text{ m}^3/\text{detik}$ (turun 90.58%) dan tidak lagi terjadi luapan/genangan. Hal ini bisa juga dilihat pada hidrograf limpasan seperti pada gambar 4.48 berikut.



Gambar 4.48. Perbandingan Hidrograf Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Sesudah Penerapan Sumur Resapan di *Conduit C15*

Untuk penerapan kolam retensi pada sub DTA S7,S8,S11,S12 dapat mereduksi debit limpasan puncak dari $6.128 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $0.207 \text{ m}^3/\text{detik}$ (turun 96.63%), seperti yang ditampilkan pada tabel 4.39 berikut.

Tabel 4.39 Rekapitulasi Reduksi Debit Limpasan Dari Penerapan Kolam Retensi

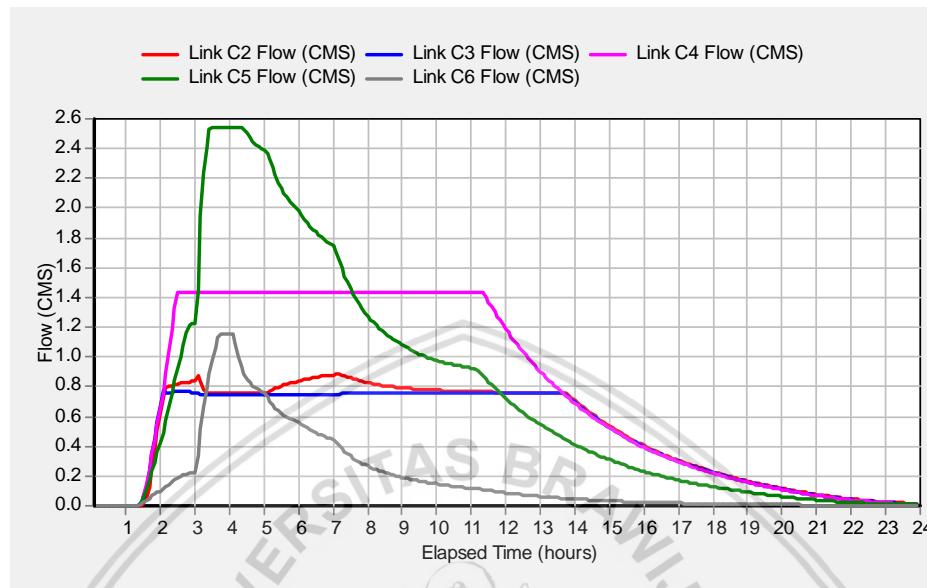
Kolam Retensi	Kala ulang T (Tahun)	Qinflow maksimum m3/det	Qoutflow maksimum m3/det	Reduksi banjir maksimum	
				m3/dt	%
1	5	6.135	0.513	5.622	91.64

Sumber : Hasil Analisa

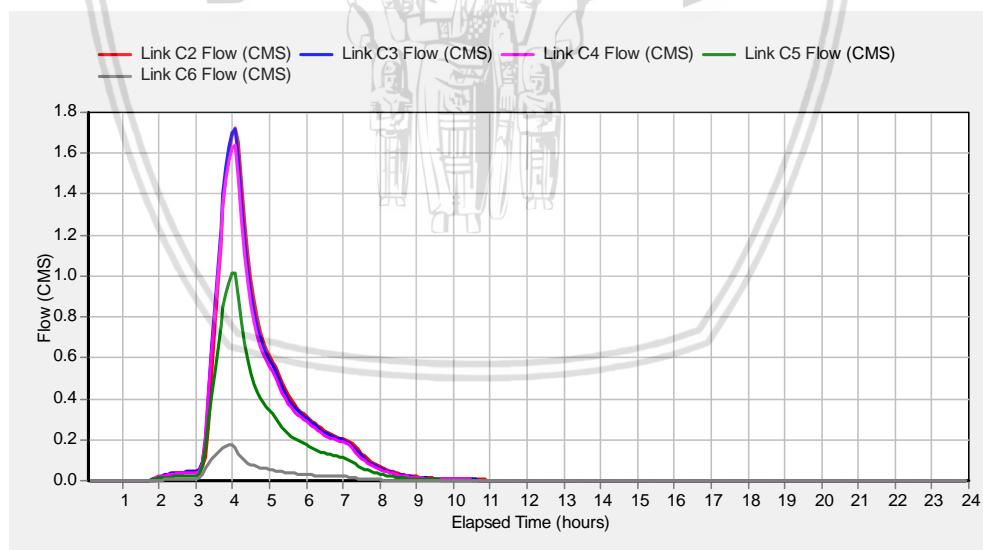
Sedangkan untuk penerapan pelebaran dan peninggian dimensi saluran/*conduit* eksisting tidak mereduksi debit limpasan di sub DTA akan tetapi, dengan melebarkan/meninggikan dimensi saluran/*conduit* eksisting dapat meningkatkan kapasitas saluran untuk menampung debit maksimum yang mengalir di saluran/*conduit* sehingga tidak menimbulkan luapan/genangan lagi.

Dari grafik pada gambar 4.49 terlihat puncak hidrograf debit terhadap waktu menjadi rata beberapa saat yang menandakan bahwa terjadi luapan/genangan di saluran. Sebaliknya pada gambar 4.50 sudah terlihat puncak hidrograf debit

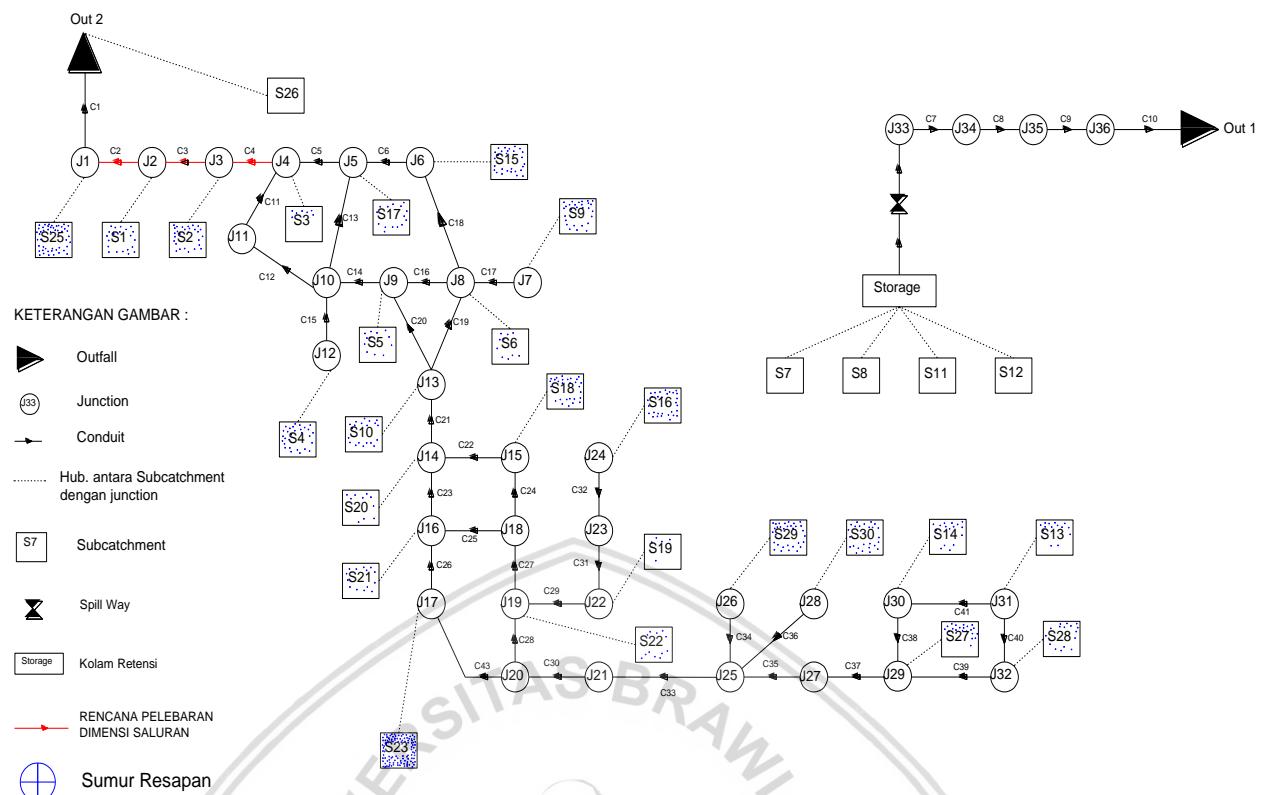
terhadap waktu langsung menurun/tidak rata lagi yang menandakan bahwa terjadi peningkatan kapasitas saluran untuk menampung debit maksimum yang masuk ke saluran. Hal ini menyebabkan saluran tidak meluap/tergenang lagi.



Gambar 4.49. Grafik Debit Maksimum Saluran Eksisting *Conduit C1-C6*

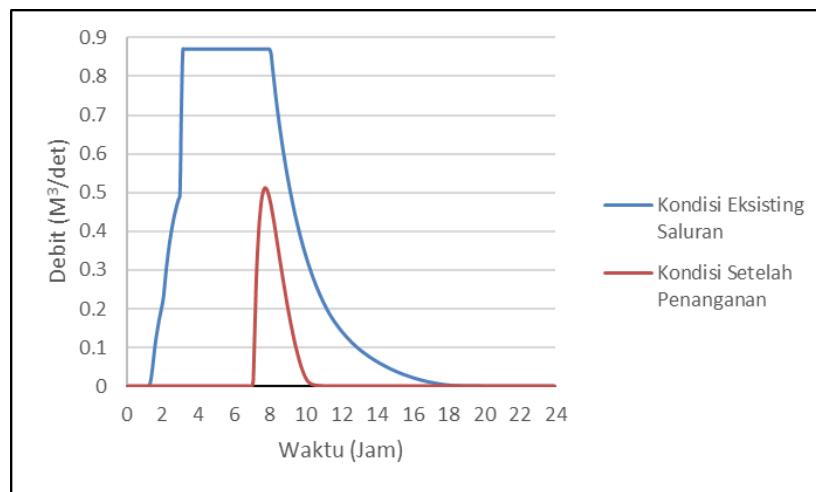


Gambar 4.50. Grafik Debit Maksimum Setelah Pelebaran Saluran *Conduit C1-C6*

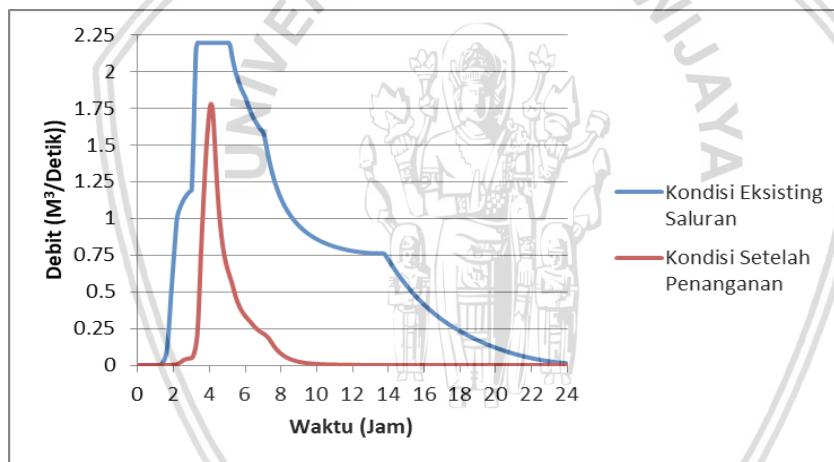


Gambar 4.51. Skema Jaringan Drainase Dengan Penempatan Kolam Retensi, Sumur Resapan dan Pelebaran Dimensi Saluran

Penerapan penanggulangan genangan/banjir dengan menggunakan 587 unit sumur resapan (distribusi penempatannya ada dalam tabel 4.33), 1 buah kolam retensi serta melebarkan/memperdalam dimensi saluran/conduit eksisting C2, C3 dan C4 seperti yang tergambar dalam skema jaringan drainase pada gambar 4.51 di atas. Untuk grafik hidrograf pada saluran/conduit C1 sebagai saluran terakhir yang menuju *Outfall Out 2* dan saluran/conduit C10 sebagai saluran terakhir yang menuju *Outfall Out 1* yang sekaligus merupakan akhir sistem drainase dapat dihasilkan dengan menggunakan simulasi EPA SWMM 5.1 seperti pada gambar 4.52 dan gambar 4.53 berikut. Pada saluran/conduit C1 terjadi penurunan debit puncak dari $2.193 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $1.777 \text{ m}^3/\text{detik}$ (turun 18.96 %) sedangkan, pada saluran/conduit C10 terjadi penurunan debit puncak dari $0.869 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $0.5122 \text{ m}^3/\text{detik}$ (turun 41 %).



Gambar 4.52. Perbandingan hidrograf hasil simulasi sebelum dan sesudah penerapan penanggulangan genangan pada *conduit* C10 sistem drainase Oesapa - Lasiana Kota Kupang



Gambar 4.53. Perbandingan Hidrograf Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah Penerapan Penanggulangan Genangan pada *Conduit* C1 Sistem Drainase Oesapa - Lasiana Kota Kupang

4.9. Perkiraan Anggaran Biaya

Dari beberapa alternatif penanggulangan genangan yang berbasis konservasi bisa diperkirakan jumlah anggaran biaya yang dibutuhkan untuk menanggulangi masalah genangan tersebut. Untuk menghitung anggaran biaya penanggulangan masalah genangan ini perlu mempertimbangkan beberapa faktor penting antara lain harga dasar satuan pekerjaan yang digunakan adalah harga yang dikeluarkan oleh Sub Dinas Jasa Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum Kota Kupang tahun 2017 sedangkan analisa

harga satuan pekerjaan yang digunakan adalah analisa harga satuan pekerjaan yang dikeluarkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2016.

4.9.1. Perkiraan Anggaran Biaya Untuk Pembuatan Kolam Retensi, Sumur Resapan dan Peningkatan Kapasitas Saluran

Untuk memudahkan penyusunan perkiraan rancangan anggaran biaya (RAB) maka, dibuatlah tabel – tabel daftar kuantitas dan harga RAB seperti di bawah ini.

Tabel 4.40. Daftar Kuantitas dan Harga Pembuatan Kolam Retensi

No	URAIAN	SATUAN	VOLUME PEKERJAAN	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f = d x e)
PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Berat	Ls	1.000	6,000,000	6,000,000.00
			Jumlah I		6,000,000.00
KOLAM RETENSI - I					
I	Pembentukan Kolam Retensi				
1	Galian Tanah Termasuk Perapihan Hasil Galian (Alat Berat)	M^3	48,234.270	23,444.70	1,130,837,989.87
2	Timbunan Tanah Termasuk Pemadatan Material Hasil Galian	M^3	16,078.090	38,096.89	612,525,288.32
3	Pasangan Batu 1 PC : 4 Psr	M^3	760.080	553,760.00	420,901,900.80
4	Urugan Batu Kosong	M^3	46.800	285,180.00	13,346,424.00
II	Saluran Pelimpah				
1	Galian Tanah Termasuk Perapihan Hasil Galian (Alat Berat)	M^3	320.660	23,444.70	7,517,777.50
2	Pasangan Batu 1 PC : 4 Psr	M^3	212.910	553,760.00	117,901,041.60
3	Plesteran/Siaran 1 PC : 3 Psr, tebal 1.5 Cm	M^2	357.170	41,943.00	14,980,781.31
4	Pemasangan Bronjong	M^3	20.000	789,970.00	15,799,400.00
III	Struktur Inlet				
1	Galian Tanah Termasuk Perapihan Hasil Galian (Alat Berat)	M^3	123.540	23,444.70	2,896,358.24
2	Pasangan Batu 1 PC : 4 Psr	M^3	59.510	553,760.00	32,954,257.60
3	Plesteran/Siaran 1 PC : 3 Psr, tebal 1.5 Cm	M^2	109.680	41,943.00	4,600,308.24
4	Pasangan Batu Kosong	M^3	8.400	314,540.00	2,642,136.00
	Jumlah II				2,376,903,663.48
	Total Jumlah				2,382,903,663.48
	Total Anggaran 1 Unit Kolam Retensi (dibulatkan)				2,382,904,000.00

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4.41. Daftar Kuantitas dan Harga Pembuatan Sumur Resapan

No	URAIAN	SATUAN	VOLUME PEKERJAAN	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f = d x e)
PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Pembersihan Lapangan	Ls	1.000	500,000	500,000.00
			Jumlah I		500,000.00

PEKERJAAN SUMUR RESAPAN					
1	Galian Tanah Sumur Resapan	M ³	12.560	46,512.00	584,190.72
2	Beton Bertulang 1:2:3	M ³	0.108	3,298,661.50	356,255.44
3	Pengadaan Man Hole	Buah	1.000	850,000.00	850,000.00
4	Pasangan Trasram	M ²	0.120	265,378.75	31,845.45
5	Pasangan Batu Kosong	M ³	2.512	314,540.00	790,124.48
6	Pasangan Bata Merah Kosong	M ²	2.412	257,600.00	621,207.55
7	Urugan Koral / Kerikil Ø 10-20 cm	M ³	2.493	305,870.00	762,582.85
8	Memasang Lapisan Ijuk	M ²	2.788	75,180.00	209,625.90
9	Pemasangan Pipa Ø 4" ke Saluran Drainase	Buah	1.000	78,000.00	78,000.00
Jumlah II					4,283,832.39
PEKERJAAN BAK KONTROL					
1	Galian Tanah Biasa < 1 Meter	M ³	0.198	42,800.00	8,474.40
2	Pasangan Bata 1:3	M ²	0.097	1,096,810.00	105,951.85
3	Beton Bertulang 1:2:3	M ³	0.008	3,298,661.50	26,389.29
4	Pek. Rollag Batu Bata	M ³	0.054	257,600.00	13,910.40
5	Rabat beton	M ³	0.009	997,330.00	8,975.97
6	Pemasangan Inlet pipa Ø 4" ke sumur	Buah	1.000	78,000.00	78,000.00
Jumlah III					241,701.91
Total Jumlah					5,025,534.30
Total Anggaran 1 Unit Sumur Resapan (dibulatkan)					5,026,000.00
Total Anggaran 587 Unit Sumur Resapan (dibulatkan)					2,950,262,000.00

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4.42. Daftar Kuantitas dan Harga Peningkatan Kapasitas Saluran

No	URAIAN	SATUAN	VOLUME PEKERJAAN	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f = d x e)
PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Pembersihan Lapangan	Ls	1.000	500,000	500,000.00
	Jumlah I				500,000.00
PEKERJAAN PENINGKATAN SALURAN EKSISTING L = 706 Meter					
1	Galian Tanah Termasuk Pembongkaran dan Perapihan (Manual)	M ³	653.050	169,200.00	110,496,060.00
2	Timbunan / Urugan Kembali	M ³	217.683	44,866.67	9,766,725.56
3	Pasangan Batu 1 : 4	M ³	345.940	553,760.00	191,567,734.40
4	Plesteran / Siaran 1 PC:3Ps, tebal 1.5 cm	M ²	2,612.200	41,943.00	109,563,504.60
	Jumlah II				421,394,024.56
	Total Jumlah				421,894,024.56
	Total Anggaran 706 Meter Peningkatan Saluran (dibulatkan)				421,895,000.00

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4.43. Rekapitulasi Kebutuhan Biaya Total Penanganan Genangan

No.	Uraian	Jumlah Harga (Rp)
I	PEKERJAAN 1 UNIT KOLAM RETENSI	2,382,904,000.00
II	PEMBUATAN SUMUR RESAPAN 587 UNIT	2,950,262,000.00
III	PENINGKATAN KAPASITAS SALURAN 706 METER	421,895,000.00
	TOTAL JUMLAH	5,755,061,000.00
Terbilang :		Lima Milyar Tujuh Ratus Lima Puluh Lima Juta Enam Puluh Satu Ribu Rupiah

Jadi total perkiraan anggaran yang dibutuhkan untuk menanggulangi genangan di beberapa ruas jalan di sistem drainase Oesapa – Lasiana adalah Rp. 5,755,061,000.00 (lima milyar tujuh ratus lima puluh lima juta enam puluh satu ribu rupiah) yaitu dengan cara membangun 1 unit kolam retensi, membuat 587 unit sumur resapan dan melebarkan/ meninggikan dimensi saluran eksisting sepanjang 706 meter.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa terhadap penaggulangan genangan yang berbasis konservasi di sistem drainase Oesapa-Lasiana kota Kupang, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kapasitas saluran/*conduit* drainase eksisting di lokasi studi tidak mampu menampung hujan dengan kala ulang 5 tahun dan mengakibatkan genangan di 18 titik.
2. Sesuai dengan kondisi di lokasi studi, yaitu kedalaman muka air tanah, permeabilitas tanah dan kerapatan bangunan, maka penanggulangan genangan berbasis konservasi dilakukan dengan menerapkan :
 - a. Kolam retensi
 - Kolam retensi 1 unit berukuran 160 meter x 100 meter dengan kedalaman 3 meter.
 - Penempatan : tetap memperhatikan kriteria jarak dengan bangunan/obyek lain.
 - b. Sumur resapan
 - Jenis : sumur resapan individu yang ditempatkan di tiap rumah warga dengan bentuk lingkaran, kedalaman 3 meter, berdiameter 1 meter dan konstruksi dinding terbuat dari pasangan batu bata tanpa dipleset.
 - Jumlah yang dipasang di sub DTA ada 587 unit.
 - Penempatan : memperhatikan kriteria jarak dengan bangunan/obyek lain.
 - c. Peningkatan kapasitas saluran
 - Melebarkan dan meninggikan dimensi saluran menjadi 1.60 meter x 0.80 meter sepanjang 706 meter.

Penggunaan kolam retensi dan sumur resapan sangat efektif sekali untuk mereduksi limpasan air di tiap – tiap sub DTA sedangkan peningkatan kapasitas saluran eksisting menjadi alternatif terakhir dalam menanggulangi genangan.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu dilakukannya perawatan secara rutin dengan cara membersihkan saluran dari sampah/kotoran, sedimen yang dapat mengganggu jalannya aliran air. Pembersihan sampah harus cepat diangkut dan jangan dibiarkan menumpuk di atas tanggul saluran.

2. Kepada instansi terkait dapat diusulkan untuk mensyaratkan pembuatan sumur resapan bagi para pengembang perumahan pada saat pengurusan IMB karena sumur resapan sangat bermanfaat sekali sebagai konservasi air dan juga dapat mengurangi limpasan air hujan sehingga dapat mengurangi genangan di daerah – daerah padat penduduk.



DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, Baitullah. 2016. *Pemodelan Sistem Drainase Menggunakan SWMM*. Palembang.
- Arafat, Yassir. 2008. *Reduksi Beban Aliran Drainase Permukaan Dengan Menggunakan Sumur Resapan*. Jurnal SMARTek.
- Badan Pusat Statistik Kota Kupang. 2017. *Kota Kupang Dalam Angka 2017*. Kupang: BPS Kota Kupang
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI : 03-2453-2002 Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Chow, V. T., 2003. *Hidrologi Saluran Terbuka*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- DPU (1985). *Bahan Training untuk Sistem Drainase*. Cipta Karya. Jakarta
- Hadisusanto, N. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Mediautama.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Materi Bidang Drainase I Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP*. Tidak Diterbitkan.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2003. *Panduan dan Petunjuk Praktis Pengelolaan Drainase Perkotaan*. Penerbit Ditjen Tata Perkotaan dan Tata Perdesaan. Jakarta.
- Limantara, L. M. 2010. *Hidrologi Praktis*. Penerbit Lubuk Agung. Bandung.
- Manullang,Rio.2015. *Buku Pintar Menghitung Biaya Bangunan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Lo Russo. S, 2009, Groundwater in the Urban Environment: Management Needs and Planning Strategies, American Journal of Environmental Sciences
- Nurhidayah, R., 2010. *Pola Distribusi Hujan Jam-jaman di Sub DAS Alang*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Tidak Diterbitkan.
- Rahman, R.A., 2014. *Studi Pengendalian Genangan Air dan Sistem Drainasi Berwawasan Lingkungan di Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang*. Tesis. Universitas Brawijaya. Tidak Diterbitkan.
- Rossman, L.A., 2015. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati, OH:U.S. Environmental Protection Agency.
- Soemarto, C. D. 1995. *Hidrologi Teknik*. Erlangga. Jakarta.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Nova. Bandung.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 1989. *Bendungan Tipe Urugan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Subarkah, I. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Jakarta.
- Sri Harto, Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Suhardjono. 2013. *Drainase Perkotaan*. Buku Ajar. Universitas Brawijaya. Tidak Diterbitkan.

- Sunyoto, S. 1988. *Optimasi Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Pencegahan Intrusi Air Laut*. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelaanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, Hidrologi Terapan. Cetakan ke-5, Beta Offset, Yogyakarta, 2015.
- Wismarini, T. D., & Ningsih, D. H. U. (2010). Analisis Sistem Drainase Kota Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografi dalam Membantu Pengambilan Keputusan bagi Penanganan Banjir. *Dinamik-Jurnal Teknologi Informasi*.





BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2001

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	4	34	15	-	-	-	-	-	-	-	-	25
2	20	38	10	9	-	-	-	-	-	-	-	0
3	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
4	6	15	-	-	-	0	8	0	-	-	-	2
5	9	11	2	-	-	-	0	-	-	-	-	19
6	160	9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	28	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
8	15	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	15
9	1	22	-	-	-	-	-	-	-	-	27	21
10	7	85	-	0	-	-	-	-	-	12	-	56
11	0	5	-	-	-	9	10	-	-	-	15	17
12	0	0	2	-	-	36	-	-	-	-	6	1
13	1	-	14	-	-	-	-	-	-	-	0	-
14	2	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-
15	9	1	1	-	0	-	-	-	-	2	-	5
16	0	16	11	-	-	-	1	-	-	-	-	0
17	-	30	11	2	-	-	0	-	-	-	-	-
18	4	1	3	0	0	-	-	-	-	-	0	6
19	19	0	-	-	-	4	-	-	-	-	-	29
20	1	2	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-
21	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	0	-	-	-	-	-	-	16	50	17
25	27	-	16	-	-	-	-	-	-	-	0	37
26	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	0	12
27	13	-	4	-	-	-	-	-	-	-	27	2
28	0	2	11	-	-	-	-	-	-	-	0	4
29	9		1	-	-	-	-	-	-	-	50	-
30	-		-	-	-	-	-	-	-	0	11	1
31	10		25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	160	85	25	9	0	36	10	0	0	16	50	56
JML	365	322	139	19	0	49	19	0	0	30	192	274
HH	25	19	19	5	2	4	5	1	0	5	16	21

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2002

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	29	10	-	-	-	-	-	-	-	-	5
2	4	69	56	-	-	-	-	-	-	-	-	5
3	6	16	29	-	-	-	-	-	-	-	-	0
4	0	-	56	-	-	-	-	-	-	-	-	13
5	-	0	12	-	-	-	-	-	-	-	-	4
6	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	0	7	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	43	75	13	0	-	-	-	-	-	-	-	-
10	26	4	10	43	-	-	-	-	-	-	-	8
11	0	2	-	0	-	-	-	-	-	-	-	52
12	0	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	6
13	0	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
14	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
15	16	63	-	-	-	-	-	-	38	-	-	-
16	20	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	8	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	9
21	6	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
22	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5
23	35	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24
24	0	19	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4
25	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-
26	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	9
27	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	-
28	3	0	11	-	-	-	-	-	-	-	8	1
29	11	15	-	-	-	-	-	-	-	-	31	2
30	11		-	-	-	-	-	-	5	-	6	-
31	29		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	2	0	0	0	0	0	5	0	0	0
MAX	43	115	56	43	0	0	0	0	38	0	47	52
JML	235	550	233	50	0	0	0	0	43	0	134	148
HH	26	23	11	5	0	0	0	0	2	0	7	18

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2003

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	79	30	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	10	3	22	27	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	0	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-
4	12	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1
5	5	-	21	-	0	-	-	-	-	0	-	-
6	-	8	42	-	0	-	-	-	-	9	-	-
7	-	13	30	-	-	-	-	-	-	11	-	0
8	4	0	17	-	-	0	-	-	-	-	-	10
9	-	15	21	-	-	-	-	-	-	-	10	-
10	-	-	31	-	-	-	-	-	-	-	21	3
11	1	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	10
12	17	36	-	-	-	-	-	-	-	-	23	1
13	-	0	-	-	-	0	-	-	-	-	9	7
14	1	76	-	-	-	2	-	-	-	-	-	20
15	11	12	0	-	-	10	-	-	-	-	-	6
16	49	10	-	-	-	7	-	-	-	-	13	1
17	-	36	-	-	-	2	0	-	-	-	10	16
18	-	80	-	-	-	-	0	-	-	-	7	8
19	-	60	0	-	-	-	-	-	-	-	-	35
20	5	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85
21	55	51	4	-	0	-	-	-	-	-	-	118
22	-	43	-	-	-	-	0	-	-	9	-	93
23	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
24	12	8	-	-	-	-	-	-	-	-	3	35
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	106
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28
27	1	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	18
28	6	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
29	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39
30	-		11	-	-	-	-	-	0	-	-	9
31	30		54	-		-	-	-		-		2
MIN	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0
MAX	79	195	54	27	0	10	0	0	0	27	23	118
JML	314	714	316	28	0	21	0	0	0	56	107	666
HH	18	22	16	2	4	6	3	0	1	5	9	25

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2004

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	6	7	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
2	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	133	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
6	-	20	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-
7	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
8	9	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
9	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	6	-	38	-	-	-	-	-	-	-	0	-
11	-	-	66	-	-	-	-	-	-	-	-	42
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
13	-	30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	38
14	-	26	13	-	-	-	-	-	-	-	-	1
15	-	8	8	-	-	-	-	-	-	-	8	9
16	-	7	6	0	-	-	-	-	-	0	-	0
17	-	44	39	-	-	-	-	-	-	22	-	-
18	-	38	22	-	-	-	-	-	-	-	-	0
19	0	17	24	-	-	-	-	-	-	-	-	7
20	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	21	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	27
22	-	13	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-
23	8	3	0	-	-	-	-	-	-	0	1	1
24	14	4	-	-	-	-	-	-	-	-	6	38
25	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	59	28
26	9	14	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
27	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
28	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
29	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	12	32
30	-		-	-	-	-	-	-	-	-	2	55
31	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
MIN	0	1	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
MAX	21	133	66	0	13	0	0	0	0	22	59	55
JML	96	467	249	0	13	0	0	0	0	22	104	324
HH	17	23	16	1	1	0	0	0	0	3	10	20

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2005

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	9	17	13	-	-	-	-	-	-	-	-
2	10	125	13	-	-	-	-	-	-	-	-	18
3	1	48	2	-	-	-	-	-	-	-	-	35
4	-	10	12	-	-	-	-	-	-	-	-	13
5	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	11
7	1	-	30	0	-	-	-	-	-	-	2	7
8	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	20
9	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
11	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	23
12	14	0	-	-	-	1	-	-	-	-	-	9
13	8	1	8	17	-	-	-	-	0	6	23	
14	33	-	10	-	-	-	-	-	-	2	-	-
15	-	-	46	5	-	-	-	-	-	0	1	
16	0	-	6	-	-	-	-	-	2	-	33	
17	12	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	8
18	7	-	11	-	-	-	-	-	-	19	0	
19	38	-	-	-	-	-	-	-	6	-	0	
20	3	-	-	-	-	-	-	-	2	0	27	
21	12	0	-	-	-	-	-	-	6	1	7	
22	79	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
23	32	22	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	0	-	-	-	-	-	-	7	-	-	
25	0	-	8	-	-	-	-	-	-	10	-	
26	-	2	-	0	-	-	-	-	-	33	6	
27	-	2	-	0	-	-	-	-	-	12	1	
28	3	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	13	
30	-		-	-	-	-	0	-	-	1	-	
31	-		-	-	-	-	-	-	-	-	12	
MIN	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MAX	79	125	46	17	0	1	0	0	0	7	33	35
JML	253	229	198	35	0	1	0	0	0	23	92	300
HH	17	13	15	8	0	1	1	0	0	6	14	24

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2006

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	37	78	40	9	-	-	-	-	-	-	-	-
2	8	17	75	135	3	-	-	-	-	-	-	-
3	11	7	25	8	10	-	-	-	-	-	-	15
4	1	0	210	2	-	-	-	-	-	-	-	8
5	3	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	0
6	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
7	9	-	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	4	7	-	-	-	-	-	-	-	-
9	33	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	26
10	34	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	28
11	4	-	6	8	-	-	-	-	-	-	-	0
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	45	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	25
15	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	9	-	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	5	-	15	-	-	8	-	-	-	-	-	2
18	0	4	10	-	-	-	-	-	-	-	6	2
19	1	0	65	-	-	10	-	-	-	-	-	24
20	-	11	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	16	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-
22	47	1	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-
23	41	2	-	30	-	-	-	-	-	-	-	0
24	0	0	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
27	19	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	28
28	5	12	2	-	-	-	-	-	-	-	-	36
29	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	8	8
30	7		2	-	-	2	-	-	-	-	-	14
31	10		5	-	-	-	-	-	-	-	-	0
MIN	0	0	1	0	3	2	0	0	0	0	3	0
MAX	69	78	210	135	10	10	0	0	0	0	8	36
JML	500	154	582	233	13	20	0	0	0	0	17	247
HH	26	14	20	11	2	3	0	0	0	0	3	18

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2007

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	1	-	5	35	-	-	-	-	-	-	5	-
2	5	7	60	5	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	1	28	1	-	-	-	-	-	-	2	-
4	28	-	55	-	-	-	-	-	-	-	4	-
5	5	-	9	2	-	-	-	-	-	-	7	4
6	4	-	115	2	-	-	-	-	-	-	-	1
7	2	-	46	5	-	-	-	-	-	-	30	12
8	45	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
9	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
10	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
11	26	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	5	5	1	52	-	-	-	-	-	-	-	-
13	20	-	3	-	-	-	-	-	-	-	5	15
14	7	7	2	4	-	-	-	-	-	-	10	-
15	5	3	60	-	-	-	-	-	-	-	-	3
16	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
17	8	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	2	7	15	-	-	-	-	-	-	-	25
19	1	6	8	2	-	-	-	-	-	-	-	8
20	6	10	6	-	-	15	-	-	-	-	-	50
21	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
23	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	20	2
24	-	18	3	-	-	-	-	-	-	-	4	7
25	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
26	-	15	-	-	-	12	-	-	-	-	-	15
27	7	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
29	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
30	25		2	-	-	-	-	-	-	-	2	7
31	-		1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
MIN	1	1	0	1	0	12	0	0	0	0	2	1
MAX	85	130	115	52	0	15	0	0	0	0	30	50
JML	305	328	415	124	0	27	0	0	0	0	91	205
HH	19	17	21	11	0	2	0	0	0	0	11	21

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2008

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	11	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	54
2	4	20	-	1	-	-	-	-	-	-	-	6
3	26	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	15
4	17	10	-	37	-	-	-	-	-	-	-	91
5	0	18	4	6	-	-	-	-	-	-	-	0
6	-	78	22	-	-	-	-	-	-	-	-	20
7	0	88	8	-	-	0	-	-	-	-	-	16
8	-	96	7	-	-	0	-	-	-	15	-	37
9	3	45	6	-	-	-	-	-	-	0	15	-
10	4	20	5	-	-	0	-	-	-	-	2	-
11	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
12	7	8	2	-	-	1	-	-	-	-	-	31
13	-	27	22	-	-	-	-	-	-	-	5	0
14	4	11	0	-	-	-	-	-	-	-	40	1
15	3	102	12	-	-	-	-	-	-	-	-	40
16	5	5	6	-	-	-	-	-	-	-	2	25
17	4	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	7
18	-	14	0	-	-	-	-	-	-	-	2	0
19	-	31	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	145	0	-	-	8	-	-	-	-	1	-
21	-	50	28	-	-	-	-	-	-	-	0	-
22	9	13	3	1	-	-	-	-	-	-	-	46
23	47	20	-	-	-	-	-	-	-	-	8	9
24	6	3	0	-	-	-	-	-	-	-	5	-
25	37	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0
26	21	-	2	-	-	-	-	-	-	-	12	-
27	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	15	0
28	-	33	0	-	-	-	-	-	-	-	7	0
29	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0	16
30	-		-	-	-	-	-	-	-	-	6	17
31	24	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	70
MIN	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	47	145	28	37	0	8	0	0	0	15	40	91
JML	232	848	150	50	0	9	0	0	0	15	121	502
HH	20	25	25	6	0	5	0	0	0	2	16	24

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk





BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2009

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: $10^{\circ} 10' 37''$ LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: $123^{\circ} 39' 46''$ BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	40	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	53	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	9
3	6	53	0	-	-	-	-	-	-	-	-	6
4	26	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	0
5	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	2	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	13	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	45	95	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
11	0	3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	10
12	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75
13	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29
14	42	0	9	0	-	-	-	-	-	-	-	0
15	4	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	182
16	18	6	1	0	-	-	-	-	-	-	-	11
17	49	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
18	14	48	16	1	-	-	-	-	-	-	-	35
19	1	11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
20	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5
21	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	36
22	-	0	3	-	-	-	-	-	-	-	-	5
23	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0
24	-	5	19	-	-	-	-	-	-	-	-	28
25	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
26	-	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
27	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	35
28	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	23
29	51											-
30	12		16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
MAX	53	138	19	1	0	0	0	0	0	0	28	182
JML	422	408	118	2	0	0	0	0	0	0	72	469
HH	23	21	18	4	0	0	0	0	0	0	7	19

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2010

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	10	1	48	-	-	-	33	-	-	3	0
2	37	0	56	0	-	-	2	0	2	-	5	29
3	-	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0
4	28	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	1
5	33	0	29	-	43	-	-	-	0	-	-	19
6	30	5	-	-	9	-	-	-	0	-	-	-
7	1	4	0	-	-	-	-	-	13	0	-	6
8	0	2	0	-	-	-	-	-	-	32	8	2
9	-	5	0	10	0	-	-	-	-	19	-	-
10	0	-	-	7	-	-	-	-	-	5	-	13
11	-	-	-	3	-	-	-	-	-	22	-	3
12	16	-	-	-	-	2	-	-	-	15	-	-
13	19	3	-	8	3	-	-	-	0	-	-	2
14	31	-	-	-	11	-	-	-	-	0	-	40
15	42	-	-	32	-	-	-	-	0	0	-	23
16	100	39	12	-	-	-	-	-	12	-	-	67
17	85	-	11	38	-	-	-	-	-	-	-	4
18	53	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3
19	38	-	-	13	28	-	-	-	0	-	-	3
20	16	-	1	18	12	-	-	-	-	-	-	6
21	28	14	-	0	12	-	-	-	-	-	-	4
22	9	-	-	-	1	0	-	-	-	3	-	5
23	12	4	-	0	2	-	-	-	-	10	-	8
24	3	58	0	-	2	-	0	-	-	2	1	4
25	0	5	-	-	-	8	0	-	-	-	2	4
26	-	11	15	-	2	0	-	-	-	-	1	10
27	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	6	49
28	-	28	0	-	-	-	-	2	-	-	5	1
29	-	5	-	-	-	-	-	-	-	1	0	7
30	5		1	1	-	-	-	-	-	-	2	28
31	10		0	-	-	-	-	-	-	-	-	21
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	100	58	56	48	43	8	2	33	13	32	8	67
JML	598	208	133	179	125	10	2	34	28	109	33	362
HH	23	18	16	14	13	4	3	3	8	12	10	28

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2011

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0	302	62	2	-	-	-	-	-	-	-	19
3	0	3	-	9	-	-	-	-	-	-	-	0
4	14	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	11
5	31	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	7
6	3	3	4	6	-	-	-	-	-	21	-	-
7	25	-	1	5	-	-	0	-	-	-	6	20
8	42	19	4	0	-	-	-	-	-	-	22	25
9	31	0	-	0	8	-	-	-	-	-	6	29
10	35	-	10	19	42	-	-	-	-	-	17	8
11	7	-	39	0	1	-	5	-	-	-	-	4
12	14	16	20	8	-	-	3	-	-	-	3	0
13	6	29	26	-	-	-	-	-	-	-	-	2
14	16	-	35	0	-	-	-	-	-	-	-	30
15	22	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	0
16	11	4	0	34	-	-	-	-	-	-	3	63
17	40	-	-	17	-	-	-	-	-	-	12	0
18	22	-	3	2	-	-	-	-	-	-	13	14
19	32	-	23	96	-	-	-	-	-	-	3	-
20	10	32	23	33	-	-	-	-	-	-	2	-
21	0	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	3
22	19	20	2	0	-	-	-	-	-	-	-	4
23	44	77	0	0	-	-	0	-	-	-	-	13
24	15	17	7	0	-	-	-	-	-	-	3	9
25	21	23	35	-	-	-	-	-	-	-	0	-
26	-	18	0	-	-	-	-	-	-	-	0	-
27	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
28	0	15	2	-	-	-	-	-	-	-	3	2
29	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	13	24
30	45		41	-	-	-	-	-	-	-	-	9
31	0		11	-	-	-	-	-	-	0	-	5
MIN	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
MAX	45	302	62	96	42	0	5	0	0	21	22	63
JML	509	585	380	237	50	0	8	0	0	21	105	299
HH	29	19	24	21	3	0	4	0	0	3	15	25

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2012

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-	0
2	14	19	34	0	-	-	-	-	-	-	-	-
3	16	84	23	1	-	-	-	-	-	-	-	-
4	9	28	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	51	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	4	9	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	10	8	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	9	2	15	-	-	-	-	-	-	-	-	0
9	2	8	5	-	3	-	-	-	-	-	-	5
10	3	17	-	-	12	-	-	-	-	-	4	6
11	9	13	0	-	10	-	-	-	-	-	-	10
12	0	-	12	-	3	-	4	-	-	-	-	0
13	2	-	53	1	0	-	-	-	-	-	-	2
14	-	-	2	-	0	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	57	-	-	-	-	-	-	-	-	1
16	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	8	-	-	-	0	-	-	-	-	76
18	5	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	9
19	1	14	45	-	-	-	-	-	0	-	52	9
20	8	8	11	-	-	-	-	-	-	-	1	36
21	20	0	17	-	-	-	-	-	-	-	7	2
22	37	3	23	-	-	-	-	-	-	-	-	55
23	29	13	0	34	-	-	-	-	-	-	4	33
24	47	-	-	5	-	-	-	-	-	-	22	25
25	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0	8
26	-	-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	2
27	-	0	5	77	-	-	-	-	-	-	-	0
28	-	11	-	5	-	-	-	-	1	-	-	0
29	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	17	3
30	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	7
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
MIN	17										0	0
MAX	47	84	57	77	12	6	7	8	9	10	52	76
JML	261	289	364	131	33	6	11	8	10	12	147	287
HH	21	19	22	10	7	1	3	1	3	2	9	23

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2013

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	13	2	31	-	-	2	0	-	-	-	4	-
2	4	0	7	0	-	-	-	-	-	-	-	-
3	13	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-	35
4	6	-	51	13	-	6	-	-	-	-	-	0
5	41	-	25	-	-	3	-	-	-	-	-	1
6	193	-	78	-	-	0	-	-	-	-	-	49
7	51	0	9	0	-	-	-	-	-	-	-	0
8	5	12	2	22	-	16	0	-	-	-	-	12
9	0	-	15	2	-	-	-	-	-	-	-	13
10	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1
11	0	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	109	33	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	75	1	24	-	-	-	-	-	-	-	-	7
14	1	19	1	-	-	-	-	-	-	0	6	-
15	8	4	-	-	0	-	-	-	-	48	20	-
16	14	68	-	-	0	-	-	-	-	-	7	10
17	10	22	3	-	-	-	-	-	-	0	-	5
18	9	4	-	-	2	-	-	-	-	0	9	15
19	34	27	-	-	17	0	-	-	-	-	0	8
20	10	1	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-
21	17	50	-	-	-	2	-	-	-	-	-	8
22	0	12	-	-	-	7	0	-	-	-	1	1
23	0	-	-	-	9	-	0	-	-	0	43	1
24	-	60	-	-	13	7	-	-	-	3	9	44
25	7	37	-	-	-	0	-	-	-	0	8	20
26	0	45	30	-	-	0	-	-	-	-	-	14
27	-	44	6	-	-	22	-	-	-	-	-	17
28	0	31	8	-	0	0	-	-	-	-	4	6
29	47		10	-	1	-	-	-	-	-	-	-
30	-		0	-	-	-	-	-	0	-	-	-
31	5		10	-	-	-	-	-	-	-	-	13
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	193	68	78	22	17	22	0	0	0	48	43	49
JML	672	474	398	37	43	68	0	0	0	51	111	280
HH	28	22	21	5	9	14	4	0	1	7	11	22

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah
 Curah Hujan dalam milimeter

MIN : Minimum R : Alat Rusak
MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2014

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	11	37	7	1	-	-	-	-	-	-	-	33
2	2	32	3	-	-	-	-	0	-	-	-	2
3	-	18	14	-	0	-	-	-	-	-	-	9
4	39	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
5	-	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-
6	-	8	0	-	2	-	-	-	-	-	4	18
7	8	30	-	17	-	-	-	-	-	-	-	0
8	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41
9	3	-	2	7	-	-	-	-	-	-	-	12
10	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	13
11	38	1	-	8	-	-	-	-	-	-	-	0
12	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
13	1	38	6	20	-	-	-	-	-	-	0	-
14	2	13	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-
15	73	16	5	0	-	3	3	-	-	-	-	0
16	13	29	9	-	-	-	0	-	-	-	0	1
17	29	63	9	11	25	-	-	-	-	-	-	0
18	32	97	29	-	-	-	-	-	-	-	-	1
19	23	56	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0
20	63	3	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
21	56	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	15	-	0	-	-	-	-	-	-	-	31	-
23	8	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	5	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	38
25	2	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	11	0	-	1	0	-	-	-	-	-	5	17
27	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	8	72
28	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1
29	0		-	-	-	-	-	-	-	-	37	11
30	14		-	1	-	-	-	-	-	-	18	-
31	21		-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	73	97	29	20	25	3	11	0	0	0	37	72
JML	471	498	103	67	27	3	14	0	0	0	112	273
HH	25	21	14	11	5	3	3	1	0	0	9	22

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2015

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	26	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	108	-	11	-	-	0	-	-	-	-	-	1
3	84	-	16	-	6	-	-	-	-	-	-	0
4	10	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	9
5	1	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	2
6	5	-	127	-	-	0	-	-	-	-	-	30
7	2	-	19	9	-	-	-	-	-	-	-	7
8	2	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1
9	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
11	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	5	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	2	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	43
16	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
17	1	-	-	2	-	-	-	-	-	7	10	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
19	5	40	-	18	0	0	-	-	-	-	-	8
20	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	8
21	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
22	0	2	-	6	-	-	-	-	-	-	-	2
23	60	1	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0
24	4	9	25	26	-	-	-	-	-	-	-	4
25	0	3	7	0	-	-	-	-	-	-	-	27
26	6	1	28	12	-	-	-	-	-	-	-	13
27	43	7	1	-	0	-	-	-	-	-	-	3
28	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
29	2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
30	1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
31	1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
MAX	108	40	127	26	6	0	0	0	0	0	7	43
JML	469	71	333	73	10	0	0	0	0	0	8	186
HH	27	15	14	8	4	3	0	0	0	0	2	23

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2016

Nama Pos Hujan	: Sta. Meteorologi El Tari	Lintang	: 10° 10' 37" LS
Nomor Pos hujan	:	Bujur	: 123° 39' 46" BT
Kecamatan	: Maulafa	Elevasi	: 112 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	-	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	5.8	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	7.8	2.2	-	4.6	-	-	-	-	-	-	-
4	-	9.8	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	3	-	66	-	-	-	-	-	-	-
7	-	17.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	0.5	7.8	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0.5	-	8	-	2.4	-	-	-	-	-	-	-
11	2.8	-	1.1	-	3.8	-	-	-	-	-	-	-
12	5.4	-	-	-	6.8	-	8.2	-	-	-	-	-
13	-	6.2	-	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-
14	1.6	-	4.2	-	2.2	-	0.6	-	-	-	-	-
15	-	6.8	4.8	-	0.8	-	9	-	-	-	-	-
16	6.5	18	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	6.8	4.1	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	10	-	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	84	0.5	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	0.5	7.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	16.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	15.5	-	14.8	-	-	5	-	-	-	-	-	-
27	28	1.4	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-
29	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	21.8		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0.5	0.5	0.4	0	0.8	0	0.6	0	0	0	0	0
MAX	84	18	26	0	66	5	9	0	0	0	0	0
JML	202.7	92.6	112.2	0	88.2	5.8	17.8	0	0	0	0	0
HH	15	12	18	0	8	3	3	0	0	0	0	0

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2001

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	45	5	19	-	-	-	-	-	-	-	25
2	11	26	21	-	-	-	-	-	-	-	-	0
3	19	38	12	-	-	1	-	-	-	-	-	0
4	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	20	2
5	3	13	-	-	-	0	1	0	-	-	-	19
6	8	9	0	-	-	-	1	-	-	-	-	-
7	128	7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	4
8	4	20	2	-	-	-	ta	-	-	-	-	15
9	38	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	21
10	4	27	-	-	-	-	-	-	-	0	65	56
11	15	79	-	1	-	0	0	-	-	0	-	17
12	0	5	-	-	-	36	0	-	-	-	44	1
13	1	-	14	-	-	8	-	-	-	-	3	-
14	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	2	-
15	1	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
16	7	3	3	-	0	-	-	-	-	2	-	5
17	0	5	18	-	-	-	7	-	-	-	-	-
18	0	21	1	-	-	-	0	-	-	-	0	6
19	4	2	3	-	-	-	-	-	-	-	5	29
20	6	12	-	-	-	3	-	-	-	-	4	-
21	0	2	-	9	-	0	-	-	-	-	-	-
22	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
25	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	55	37
26	23	-	8	-	-	-	-	-	-	-	0	12
27	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0	2
28	18	-	2	-	-	-	-	-	-	-	90	1
29	0		14	-	-	-	-	-	-	-	0	-
30	1		0	0	-	-	-	-	-	-	81	10
31	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	128	79	21	19	0	36	7	0	0	2	90	56
JML	296	344	104	29	0	48	9	0	0	3	416	278
HH	24	19	18	4	1	8	6	1	0	4	17	21

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2002

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
2	0	67	21	-	-	-	-	-	-	-	-	6
3	0	49	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	0	32	-	-	-	-	-	-	-	-	0
5	-	0	27	-	-	-	-	-	-	-	-	1
6	-	21	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
9	0	13	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	3	98	25	0	-	-	-	-	-	-	-	-
11	6	23	4	75	-	-	-	-	-	-	-	4
12	2	3	-	0	-	-	-	-	-	-	-	53
13	3	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	7
14	4	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
16	2	97	-	-	-	-	-	0	43	-	1	0
17	38	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	27	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
19	0	3	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-
20	21	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	29	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	7
22	12	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
24	28	6	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
25	-	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	31
26	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	22	0
27	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
28	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-
29	5	-	2	-	-	-	-	-	-	-	14	-
30	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	8
31	3		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	38	98	32	75	0	0	0	0	43	0	22	53
JML	175	627	159	86	0	0	0	0	43	0	75	133
HH	22	26	11	6	0	0	0	1	2	0	7	17

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2003

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	11	30	56	-	-	-	-	-	-	1	-
2	158	32	42	-	-	-	-	-	-	0	-	-
3	17	0	13	20	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	3	6	1	3	-	-	-	-	-	-	-
5	6	2	1	-	-	-	-	-	-	-	8	-
6	34	0	27	-	-	-	0	-	-	-	-	-
7	-	12	45	-	0	-	-	-	-	5	-	12
8	-	34	46	-	-	-	-	-	-	20	-	-
9	1	1	22	-	-	-	-	-	-	-	-	1
10	0	0	21	-	-	-	-	-	-	-	0	1
11	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	11	1
12	4	1	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	0	13	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1
14	1	40	-	-	-	0	-	-	0	-	0	24
15	0	12	-	-	-	1	-	0	-	-	-	42
16	49	8	-	-	-	2	-	-	-	-	-	11
17	63	7	-	-	-	13	-	-	-	-	0	30
18	1	69	-	-	-	8	-	-	-	-	-	6
19	0	57	-	-	-	-	-	-	-	-	6	84
20	2	203	1	-	-	-	-	-	-	-	-	114
21	0	68	0	-	-	-	-	-	-	-	-	81
22	8	23	5	-	-	-	-	-	-	-	-	128
23	-	64	-	-	-	-	-	-	-	3	-	33
24	-	5	-	-	-	-	-	-	-	0	0	21
25	5	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	13
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
28	1	-	-	0	-	-	-	-	-	37	-	-
29	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
30	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
31	0		41	-	-	-	-	-	-	-	-	1
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MAX	158	203	65	56	3	13	0	0	0	37	13	128
JML	367	685	402	77	3	24	0	0	0	65	40	722
HH	22	24	17	4	2	5	1	1	1	6	10	22

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



**BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG**

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2004

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: $10^{\circ} 08'19,9''$ LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: $123^{\circ} 40' 01,6''$ BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	7	11	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	3	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
3	1	39	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0	111	19	-	-	1	-	-	-	-	-	-
5	0	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	23	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0	39	-	-	51	-	-	-	-	-	-	-
8	7	17	0	-	-	0	-	-	-	-	0	0
9	-	5	20	-	-	-	-	-	-	-	0	2
10	4	11	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	55	-	-	-	-	-	-	-	0	-
12	0	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	6
13	-	29	-	-	-	0	-	-	-	-	-	5
14	-	23	0	-	-	-	-	-	-	-	-	32
15	-	8	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	3	22	0	0	-	-	-	-	-	6	0
17	-	34	5	-	-	-	-	-	-	19	-	-
18	0	98	29	-	-	-	-	-	-	25	-	0
19	0	6	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0	3	23	-	-	-	-	-	-	-	-	5
21	3	0	51	-	0	-	-	-	-	-	-	-
22	-	11	14	-	-	-	-	-	-	-	-	13
23	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
25	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	48
26	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	21	15
27	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	0
28	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
29	-	0	-	-	5	-	-	-	-	-	-	24
30	1		0	-	24	-	-	-	-	-	3	2
31	0		-	-	-	-	-	-	-	-	62	
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0
MAX	7	111	55	0	51	1	0	0	0	25	39	62
JML	35	511	316	0	80	1	0	0	0	44	72	219
HH	19	26	21	1	5	2	1	0	0	2	9	17

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2005

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	10	13	7	4	-	-	-	-	-	-	-	2
2	-	7	59	11	-	-	-	-	-	-	-	-
3	23	57	6	-	-	-	-	-	-	-	-	1
4	7	35	6	-	-	-	-	-	-	-	0	10
5	1	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	41
6	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	8
7	0	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	2
8	5	0	65	2	-	-	-	-	-	-	-	10
9	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	39
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	25
11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
12	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	37
13	6	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	1
14	2	0	3	12	-	-	-	-	-	-	-	0
15	2	6	25	-	-	-	-	-	-	-	41	1
16	-	-	53	22	-	-	-	-	-	-	44	0
17	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	33	10
18	19	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	2
19	9	-	6	-	-	-	-	-	-	0	-	6
20	18	-	0	-	-	-	-	-	-	79	-	1
21	3	2	2	-	-	-	-	-	-	51	0	20
22	10	-	4	-	-	-	-	-	-	4	0	7
23	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
24	45	5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
25	0	10	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-
26	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-
27	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	15
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-
29	0	-	7	-	-	-	-	-	-	-	3	4
30	-		2	-	-	-	-	-	-	-	1	15
31	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	58	57	65	22	0	0	0	0	0	79	44	41
JML	218	144	284	51	0	0	0	0	0	167	151	284
HH	18	15	21	6	0	0	0	0	0	6	12	25

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum R : Alat Rusak
 MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



**BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG**

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2006

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: $10^{\circ} 08'19,9''$ LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: $123^{\circ} 40' 01,6''$ BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	13	6	31	4	0	-	-	-	-	-	-	-
2	46	98	87	126	1	-	-	-	-	-	-	-
3	9	38	38	1	9	-	-	-	-	-	-	1
4	9	3	193	0	-	-	-	-	-	-	-	2
5	6	2	12	-	-	-	-	-	-	-	-	13
6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
7	55	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	12
8	8	-	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
9	0	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	0
10	16	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	20
11	17	-	2	6	-	-	-	-	-	-	-	8
12	5	8	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0
13	1	1	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0
14	36	11	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
15	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
16	47	19	45	-	-	-	-	-	-	-	-	0
17	16	14	10	-	-	13	0	-	-	-	-	-
18	19	1	17	-	-	0	-	-	-	-	5	2
19	2	1	50	-	-	5	-	-	-	-	-	-
20	10	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	34
21	-	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	24	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
23	50	3	-	17	1	-	-	-	-	-	-	-
24	62	2	29	-	-	-	-	-	-	-	-	0
25	7	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	0
26	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	28	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	14
28	38	33	6	-	-	-	-	-	-	-	-	22
29	6		0	-	-	-	-	-	-	-	4	1
30	-		1	-	-	2	-	-	-	-	-	1
31	2		2	-	-	-	-	-	-	-	26	
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
MAX	62	98	193	126	9	13	0	0	0	0	5	34
JML	543	266	553	178	11	20	0	0	0	0	11	161
HH	28	18	21	10	5	4	1	0	0	2	3	21

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2007

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	-	3	40	-	-	-	-	-	-	1	-
2	0	4	55	8	-	0	-	-	-	-	-	-
3	-	-	36	0	-	0	-	-	-	-	1	-
4	36	-	48	-	-	-	-	-	-	-	1	-
5	2	-	10	0	-	-	-	-	-	-	4	2
6	1	-	101	1	-	-	-	-	-	-	-	0
7	0	-	58	2	-	-	-	-	-	-	34	8
8	38	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
10	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
11	23	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	2	7	0	49	-	-	-	-	-	-	-	-
13	17	-	1	-	-	-	-	-	-	-	7	10
14	10	3	0	0	-	-	-	-	-	-	7	-
15	3	1	53	-	-	-	-	-	-	-	-	2
16	0	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
17	5	-	1	-	-	-	0	-	-	-	-	-
18	-	1	8	11	-	-	-	0	-	0	-	21
19	0	6	1	0	-	0	-	-	-	-	-	1
20	-	7	10	-	-	16	-	-	-	-	-	44
21	-	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-
22	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
23	-	113	-	-	-	-	-	-	-	-	16	3
24	-	16	0	-	-	-	-	-	-	-	2	9
25	-	61	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3
26	-	21	-	-	-	8	-	-	-	-	-	13
27	0	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
29	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	4
30	19		0	-	-	-	-	-	-	-	0	12
31	-		0	-	-	-	-	-	-	-	-	3
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	70	113	101	49	0	16	0	0	0	0	34	44
JML	244	285	385	111	0	24	0	0	0	0	78	165
HH	19	17	18	10	1	6	1	1	0	1	11	21

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum R : Alat Rusak
 MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2008

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	3	3	11	40	-	-	-	-	-	-	-	7
2	9	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	32
3	14	29	-	19	-	-	-	-	-	-	-	4
4	16	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	15
5	15	4	21	17	-	-	-	-	-	-	-	36
6	4	28	7	3	-	-	-	-	-	-	-	4
7	-	82	16	-	-	-	-	-	-	-	0	15
8	-	65	0	-	-	-	-	-	-	16	-	16
9	-	98	7	-	-	-	-	-	-	-	10	20
10	8	64	5	-	-	-	-	-	-	-	1	0
11	-	25	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
13	6	11	2	-	-	-	-	-	-	-	11	40
14	-	21	30	-	-	-	-	-	-	-	32	2
15	-	16	0	-	0	-	-	-	-	-	-	0
16	-	102	23	-	-	-	-	-	-	-	0	19
17	14	15	0	-	-	-	-	-	-	-	-	54
18	38	0	1	-	-	-	-	-	-	-	1	9
19	1	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
20	-	22	7	-	-	3	-	-	-	-	0	0
21	-	170	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0
22	-	41	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	18	13	17	1	-	-	-	-	-	-	7	60
24	66	39	-	-	-	-	-	-	-	-	6	25
25	-	11	24	-	-	-	-	-	-	-	0	0
26	31	-	1	-	-	-	-	-	-	-	8	1
27	41	-	2	-	-	-	-	-	-	-	18	-
28	-	1	5	-	-	-	-	-	-	-	4	4
29	-	3	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0
30	-			-	-	-	-	-	-	-	5	10
31	-			0			-			-		
MIN	1	0	0	1	0	3	0	0	0	16	0	0
MAX	66	170	32	40	0	3	0	0	0	16	32	60
JML	285	882	218	85	0	3	0	0	0	16	103	399
HH	16	26	25	6	1	1	0	0	0	1	17	28

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum R : Alat Rusak
 MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2009

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	58	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	86	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	38	1	1	-	-	-	-	0	-	-	-	25
4	1	43	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1
5	34	0	7	-	0	-	-	-	-	-	-	2
6	7	-	3	-	6	-	-	-	-	-	-	1
7	7	-	2	-	32	-	-	-	-	-	-	-
8	1	-	28	-	2	-	-	-	-	-	-	-
9	1	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	21	113	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	34	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	0	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
13	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29
14	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27
15	58	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
16	1	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	173
17	26	5	-	0	-	-	-	-	-	-	-	21
18	32	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
19	14	52	6	-	-	-	-	-	-	-	-	16
20	2	15	-	2	-	-	-	-	-	-	2	5
21	-	10	0	-	-	-	2	-	-	-	4	9
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
23	-	2	0	-	0	-	-	-	-	-	-	0
24	-	1	-	-	0	-	-	-	-	-	60	-
25	-	35	2	-	-	-	-	-	-	-	79	-
26	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
27	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
28	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	34	55
29	27		-	-	-	-	-	-	-	-	26	134
30	49		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
31	21		10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
MAX	86	113	43	2	32	0	2	0	0	0	79	173
JML	554	454	105	3	40	0	2	0	0	0	205	556
HH	24	22	15	3	6	0	1	1	0	0	7	20

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum R : Alat Rusak
 MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2010

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	8	23	25	4	-	-	-	-	-	-	-
2	-	16	3	5	-	1	-	20	-	-	1	-
3	42	4	72	-	-	1	0	-	0	-	4	19
4	0	-	-	-	0	-	-	0	-	-	2	-
5	28	2	-	-	0	-	-	0	0	-	-	8
6	64	-	5	-	37	-	-	-	-	-	-	1
7	37	35	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-
8	0	0	0	1	-	-	4	-	20	-	-	5
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	0	2
10	-	0	-	2	-	-	-	-	-	23	-	2
11	0	-	-	6	-	-	-	-	-	5	-	1
12	-	-	-	1	-	-	-	-	-	27	-	1
13	4	-	-	-	-	2	-	-	-	19	-	-
14	37	0	-	2	0	-	-	-	0	-	-	2
15	33	-	-	0	16	-	-	-	-	0	4	35
16	42	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	22
17	99	4	0	-	-	-	-	-	0	-	-	42
18	100	-	1	19	-	-	-	-	-	1	-	5
19	64	-	-	1	-	-	-	0	-	-	3	2
20	37	-	-	6	14	-	-	-	-	-	-	0
21	21	-	5	28	3	-	-	1	-	-	-	4
22	47	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4
23	7	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4
24	19	1	-	-	3	-	-	-	-	5	-	9
25	4	13	-	-	1	-	-	-	-	1	0	1
26	-	0	-	-	-	7	-	-	-	-	2	28
27	-	6	20	-	6	-	-	-	-	-	-	29
28	-	20	0	-	-	-	-	-	-	-	0	39
29	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0	2
30	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
31	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
MIN	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MAX	100	35	72	28	37	7	4	20	20	32	4	42
JML	686	114	129	96	95	11	4	21	21	113	16	289
HH	22	16	11	13	14	4	2	5	6	9	10	26

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2011

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMKG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	41	3	26	14	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0	2	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0	12	53	3	-	-	-	-	-	-	-	4
4	7	13	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
5	10	-	-	1	-	-	-	-	-	0	-	7
6	39	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1
7	11	4	4	2	-	-	-	-	-	17	-	-
8	24	-	0	14	-	-	-	-	-	-	-	0
9	35	16	3	1	-	-	-	-	-	-	2	30
10	16	1	0	1	3	-	-	-	-	-	1	1
11	29	-	9	15	62	-	-	-	-	-	24	20
12	10	-	7	0	0	-	-	-	-	-	-	17
13	9	33	9	3	-	-	-	-	-	-	1	-
14	11	27	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	13	-	12	-	-	-	-	-	-	-	0	31
16	13	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	11	2	0	37	-	-	-	-	-	-	7	10
18	26	-	-	20	-	-	-	-	-	-	3	0
19	19	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	28
20	51	0	14	62	-	-	-	-	-	-	0	0
21	11	18	13	55	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3
23	15	7	1	0	-	-	-	-	-	0	-	8
24	36	78	1	1	-	-	-	-	-	0	-	5
25	16	21	11	-	-	-	-	-	-	-	2	15
26	23	19	10	-	-	-	-	-	-	-	4	2
27	0	11	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
28	1	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	0	8	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3
30	-		16	-	-	-	-	-	-	-	13	37
31	33	36	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	51	78	53	62	62	0	0	0	0	17	24	37
JML	510	274	294	244	65	0	0	0	0	17	63	227
HH	29	20	25	21	3	0	0	0	0	4	13	21

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum R : Alat Rusak
 MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2012

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMKG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	8	30	31	-	-	-	-	-	-	-	-	8
2	13	51	18	-	-	-	-	-	-	-	-	0
3	7	100	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-
4	18	31	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	21	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	4	11	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	3	10	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	10	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	4	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
10	1	2	-	-	16	-	-	-	-	-	-	1
11	6	4	26	-	5	-	-	-	-	-	-	4
12	0	-	53	-	0	-	-	-	-	-	-	7
13	2	-	0	2	-	-	-	-	-	-	-	0
14	0	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	64
19	6	24	3	-	-	-	-	-	13	-	-	1
20	51	9	16	-	-	-	-	-	-	-	-	15
21	8	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	17
22	30	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0
23	20	15	-	0	-	-	-	-	-	-	-	27
24	41	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	4
25	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	12
26	-	-	9	3	-	-	-	-	-	3	1	0
27	-	-	-	74	-	-	-	-	-	1	-	0
28	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	0
29	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
30	44		-	-	-	-	-	-	-	-	0	11
31	-		-		-	-	-	-	-	-	-	6
MIN	0	1	0	0	0	0	0	0	13	1	0	0
MAX	51	100	59	74	16	0	0	0	13	3	15	64
JML	276	316	308	88	25	0	0	0	13	4	18	163
HH	20	17	19	8	4	0	0	0	1	2	5	20

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum R : Alat Rusak
MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2013

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	20	40	32	-	-	-	-	-	-	5	-	-
2	13	2	3	-	-	9	-	-	-	-	6	2
3	0	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	11	-	74	-	-	-	-	-	-	-	-	36
5	5	-	31	0	-	-	-	-	-	-	-	1
6	51	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	0
7	139	-	87	-	-	3	-	-	-	-	-	25
8	38	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	7
9	5	12	-	23	-	20	-	-	-	-	-	14
10	-	0	17	3	-	-	-	-	-	-	-	3
11	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
12	0	2	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	97	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	66	0	32	-	-	-	-	-	-	-	-	3
15	2	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	-
16	9	0	-	-	-	-	-	-	-	13	12	-
17	13	23	-	-	0	-	-	-	-	0	0	5
18	10	19	1	-	-	-	-	-	-	-	0	5
19	18	3	-	-	7	-	-	-	-	-	8	4
20	63	51	-	-	9	1	-	-	-	-	0	2
21	23	1	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
22	27	56	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
23	0	14	-	-	0	11	-	-	-	-	8	0
24	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	84	0
25	-	48	-	-	14	20	-	-	-	-	6	57
26	6	33	-	-	-	-	-	-	-	-	10	14
27	-	19	21	-	-	-	-	-	-	-	-	17
28	-	79	5	-	-	1	-	-	-	-	-	13
29	0	5	-	-	0	-	-	-	-	-	-	1
30	33		27	-	0	-	-	-	-	-	-	-
31	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	139	79	87	23	14	20	0	0	0	13	84	57
JML	650	407	413	26	31	66	0	0	0	18	134	211
HH	26	22	18	3	8	10	0	0	0	4	11	22

Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk
 Curah Hujan dalam milimeter



**BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG**

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2014

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: $10^{\circ} 08'19,9''$ LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: $123^{\circ} 40' 01,6''$ BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	1	18	-	0	2	-	-	-	-	-	-	23
2	7	31	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5
3	4	25	23	-	-	-	-	-	-	-	-	1
4	0	24	3	-	-	-	-	-	-	-	-	12
5	14	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
6	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	19	-
7	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
8	10	31	-	12	-	-	-	-	-	-	-	2
9	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
10	0	-	11	3	-	-	-	-	-	-	-	11
11	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
12	57	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
13	0	-	-	0	-	-	0	-	-	-	-	-
14	2	35	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
15	0	11	0	-	-	-	12	-	-	-	-	-
16	59	10	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-
17	21	42	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-
18	9	46	2	29	-	-	-	-	-	-	-	-
19	23	101	21	-	13	-	-	-	-	-	-	1
20	13	80	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	46	4	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
22	111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-
24	3	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	0	0	20	-	-	-	-	-	-	-	-	11
26	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	0	-
27	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	43
29	1		-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
30	-		-	3	-	-	-	-	-	-	15	17
31	7		-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	111	101	23	29	13	0	12	0	0	0	34	43
JML	420	535	93	62	15	0	13	0	0	0	100	162
HH	25	20	12	12	3	0	3	0	0	0	7	15

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



**BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG**

Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN

TAHUN : 2015

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: $10^{\circ} 08'19,9''$ LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: $123^{\circ} 40' 01,6''$ BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

Keterangan HH : Hari Hujan
 JML : Jumlah

MIN : Minimum
MAX : Maksimum

R : Alat Rusak
X : Data Tidak Masuk



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI LASIANA KUPANG

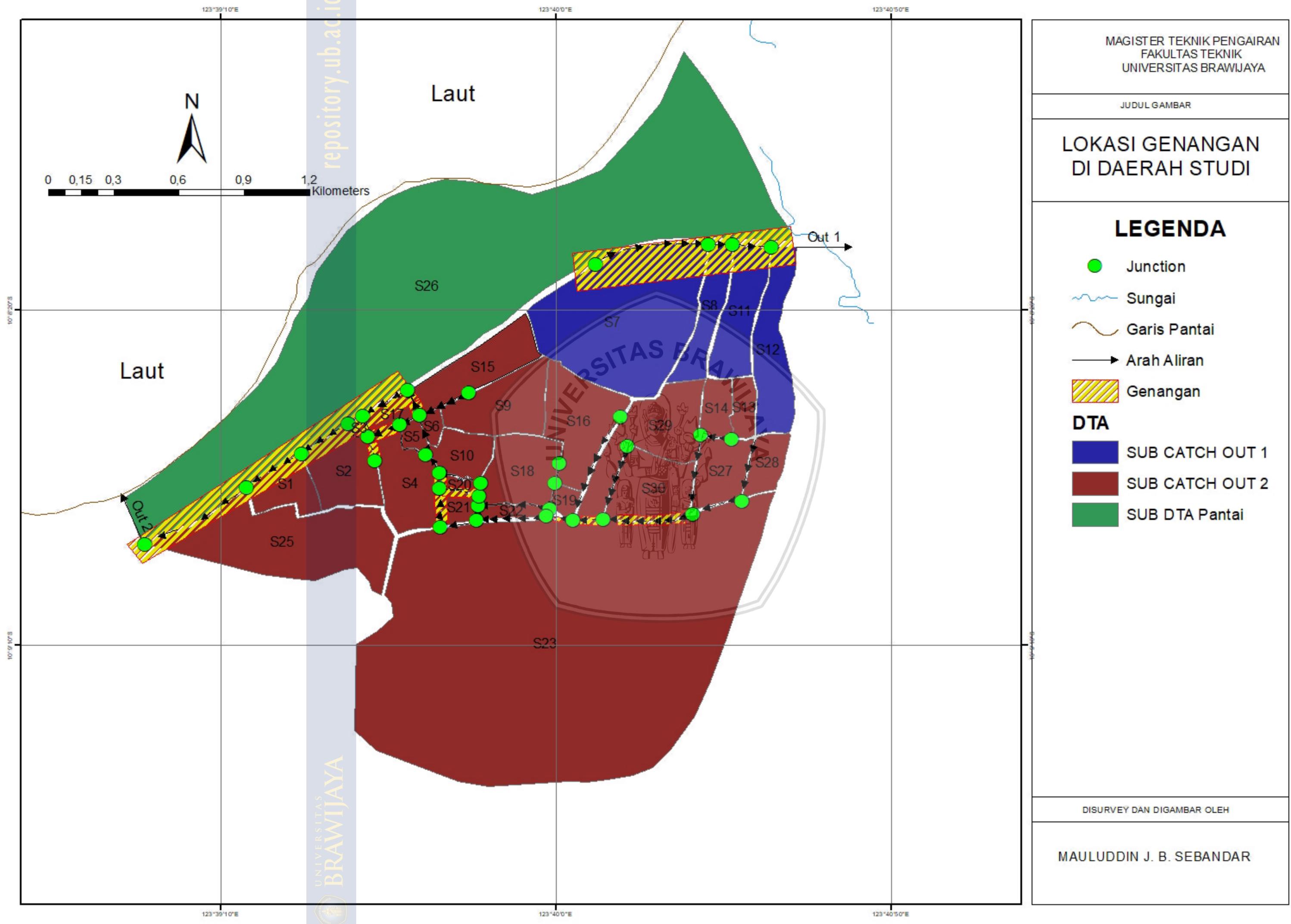
Jl. Timor Raya KM 10.7 Lasiana Kupang 85361. Telp : (0380) 881681
 Fax : (0380) 881680. E-mail : staklim_lasiana@yahoo.com

DATA HUJAN HARIAN
TAHUN : 2016

Nama Pos Hujan	: Stasiun Klimatologi Lasiana	Lintang	: 10° 08'19,9" LS
Nomor Pos hujan	: 470b	Bujur	: 123° 40' 01,6" BT
Kecamatan	: Kelapa Lima	Elevasi	: 20 m
Kota/Kabupaten	: Kupang	Instansi Pengelola	: BMG

TGL	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	-	5.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	6.3	28.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	8.4	1.7	-	4.8	-	-	-	-	-	-	-
4	-	9.5	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	1	-	64.5	-	-	-	-	-	-	-
7	-	17.7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	0.3	8.5	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0.3	-	10	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-
11	2.5	-	1.3	-	4.5	-	7.6	-	-	-	-	-
12	5.2	-	-	-	6.2	-	-	-	-	-	-	-
13	-	6.5	-	-	1.2	-	0.3	-	-	-	-	-
14	1.4	0	3.9	-	1.9	-	8.3	-	-	-	-	-
15	-	7.4	5.7	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
16	6.3	20	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	6.4	3.5	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	8	-	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	0	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	86	0.8	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	0.7	7.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	15.9	-	15.2	-	-	3	-	-	-	-	-	-
27	28.3	1.2	0	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
28	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	22.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIN	0	0	0	0	0.2	0.2	0.3	0	0	0	0	0
MAX	86	20	28.2	0	64.5	3	8.3	0	0	0	0	0
JML	203.9	97.5	119.6	0	84.4	3.2	16.2	0	0	0	0	0
HH	16	13	22	0	8	2	3	0	0	0	0	0

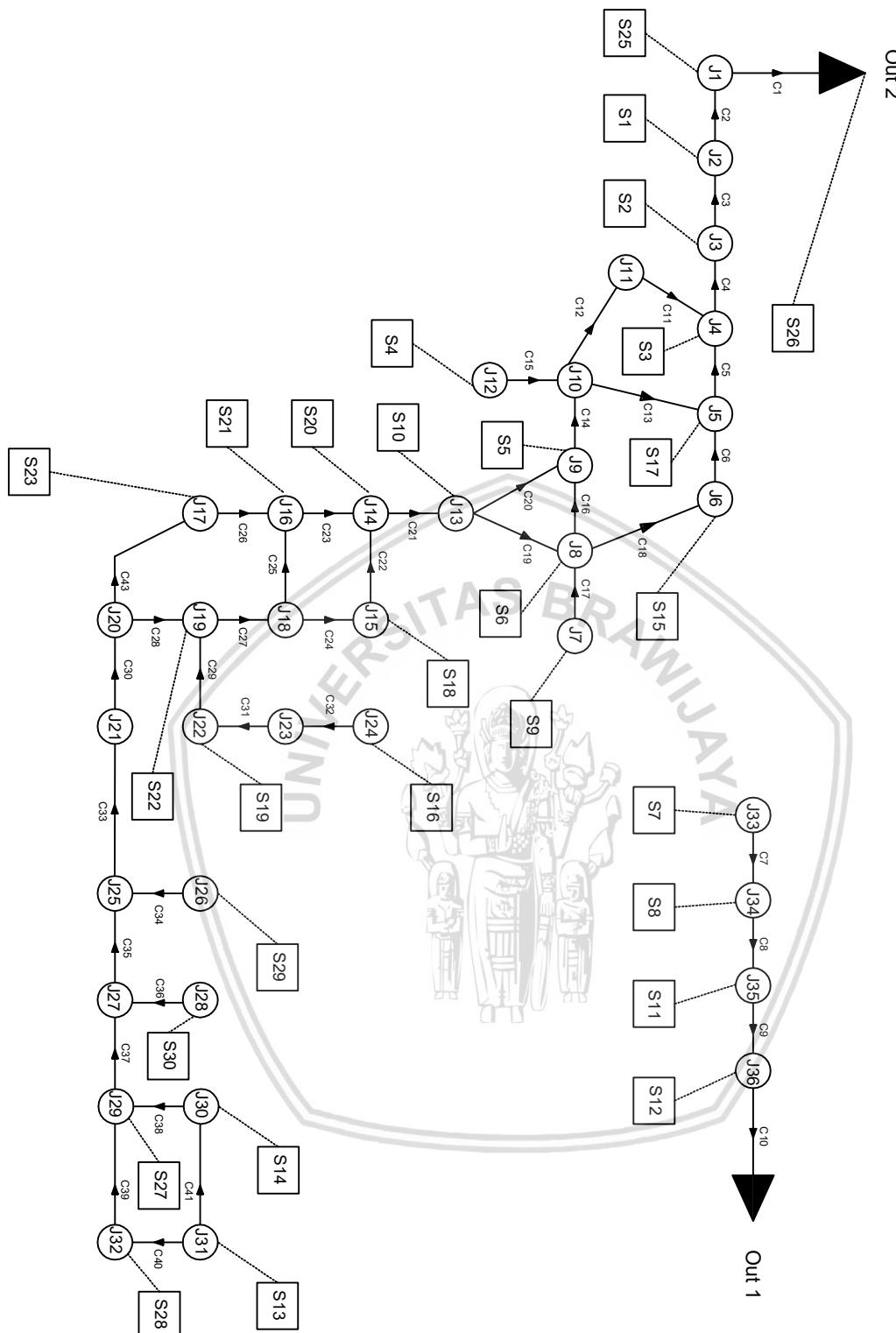
Keterangan HH : Hari Hujan MIN : Minimum R : Alat Rusak
 JML : Jumlah MAX : Maksimum X : Data Tidak Masuk





**SKEMA JARINGAN DRAINASE SISTEM
DRAINASE DESA - LASANA
KOTA KUPANG**

LEGENDA
Outfall Junction / Node Conduit / Saluran Subcatchment/ sub DTA



**SKEMA JARINGAN RENCANA PENANGANAN GENANGAN
DI SISTEM DRAINASE OESAPA - LASIANA KOTA KUPANG**

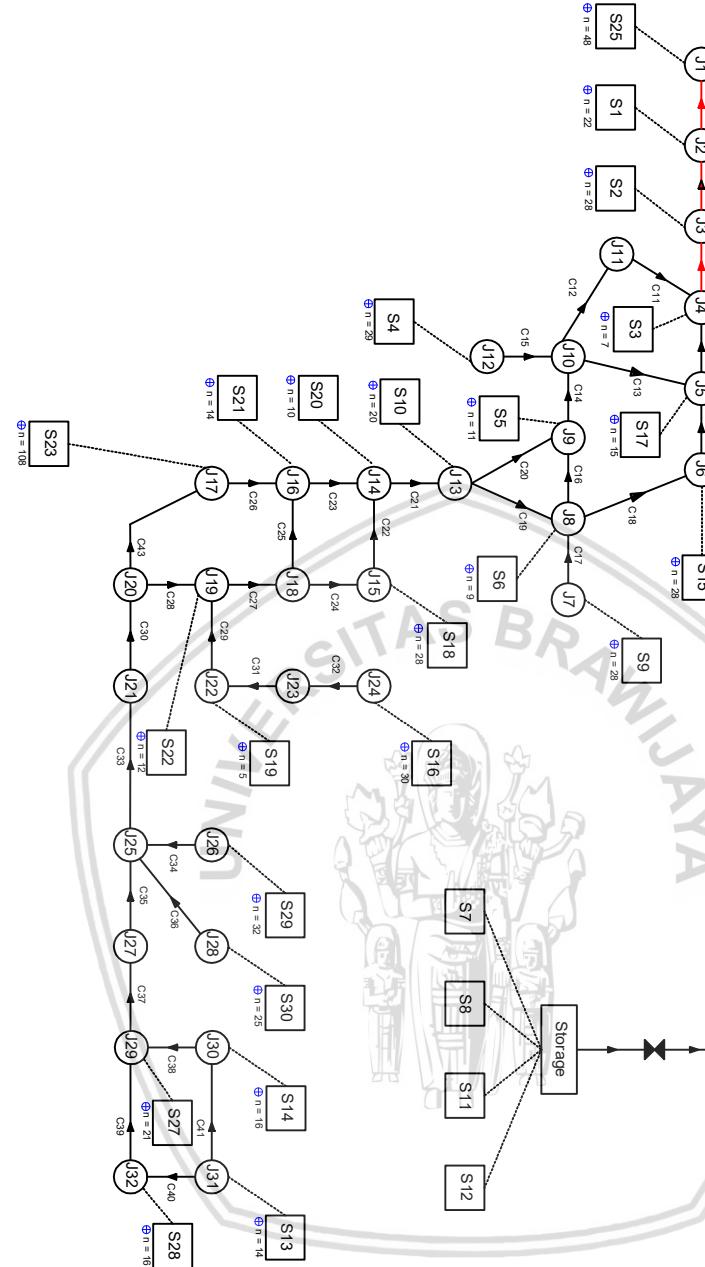
JUDUL GAMBAR

**RENCANA SISTEM DRAINASE
OESAPA-LASIANA KOTA KUPANG**



LEGENDA

	Outfall
	Junction
	Conduit
	Hub antara Subcatchment dengan junction
	Storage
	Spill Way
	Kolam Retensi



n = Jumlah

DISURVEY DAN DIGAMBAR ULANG OLEH

MAULUDDIN J.B. SEBANDAR

DILAKUKAN PADA TAHUN 2014
DILAKUKAN PADA TAHUN 2014



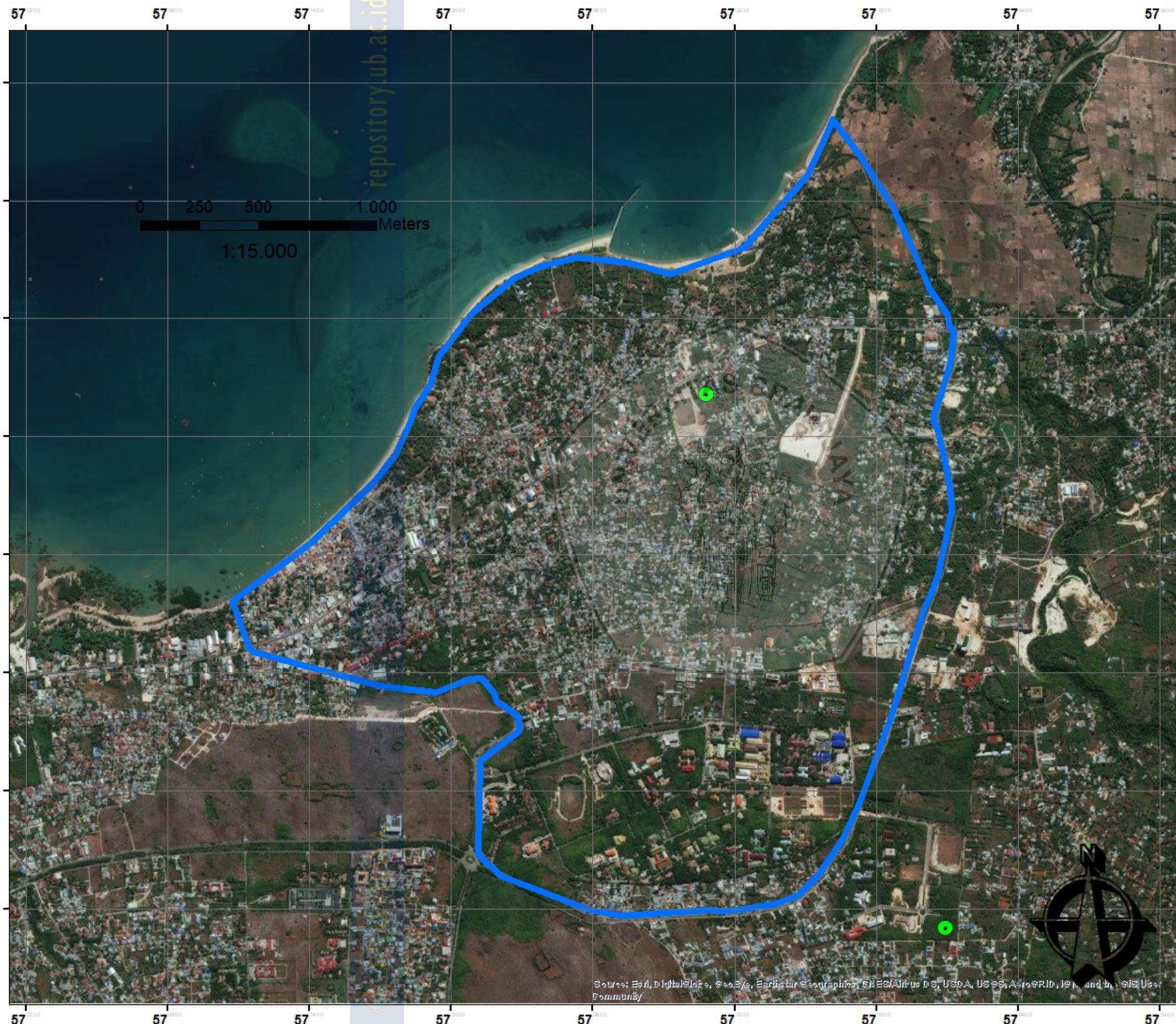
Universitas Brawijaya
Malang

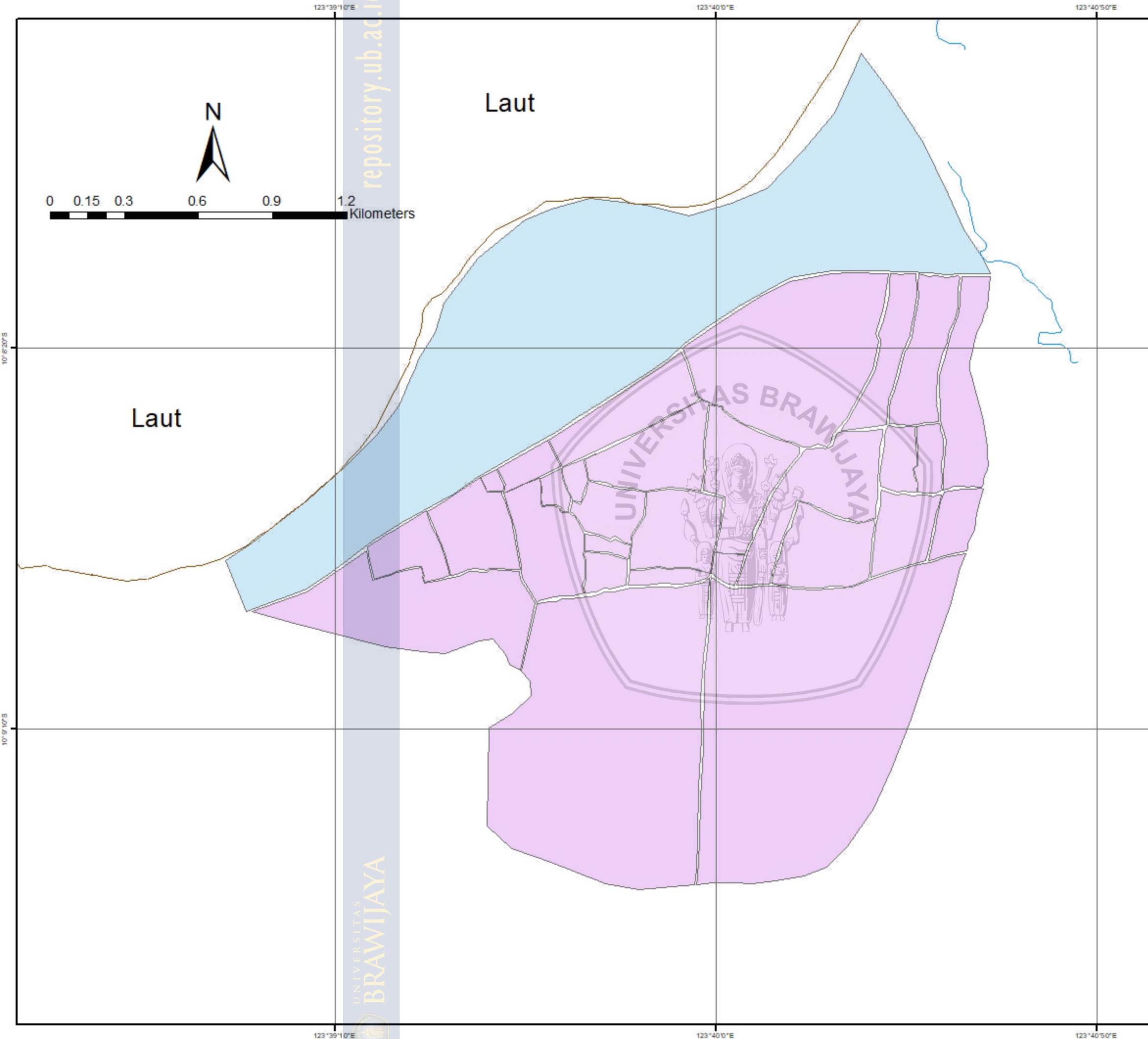
Daerah Tangkapan
Aliran Lokasi Studi

Legenda :

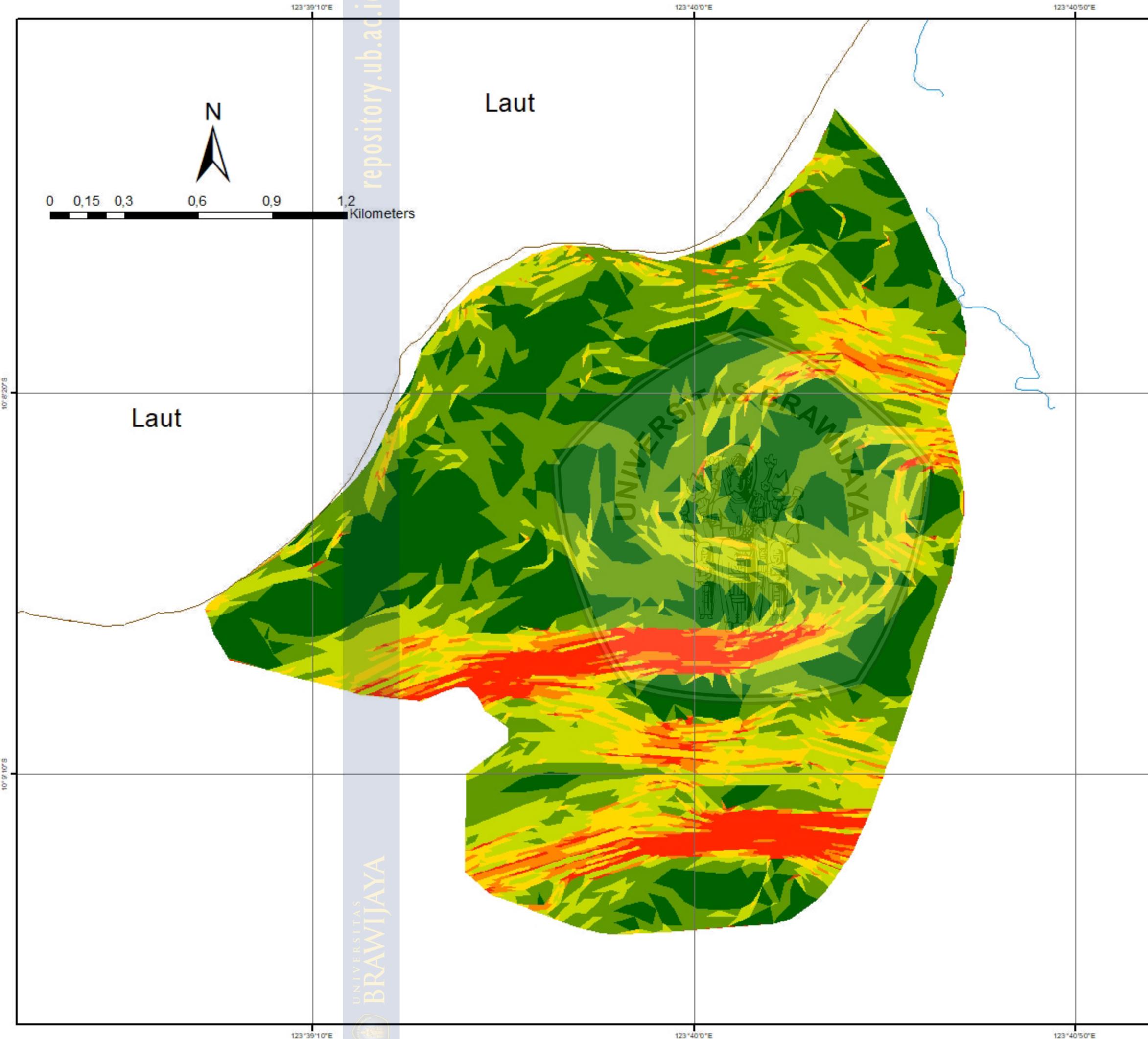
● Stasiun Hujan

— BATAS DTA





	MAGISTER TEKNIK PENGAIROL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA
JUDUL GAMBAR	
PETA JENIS TANAH DI LOKASI STUDI	
LEGENDA	
<ul style="list-style-type: none"> Sungai Garis Pantai Pasir Lanauan Pasiran	
DISURVEY DAN DIGAMBAR OLEH	
MAULUDDIN J. B. SEBANDAR	



MAGISTER TEKNIK PENGAI'RAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

JUDUL GAMBAR

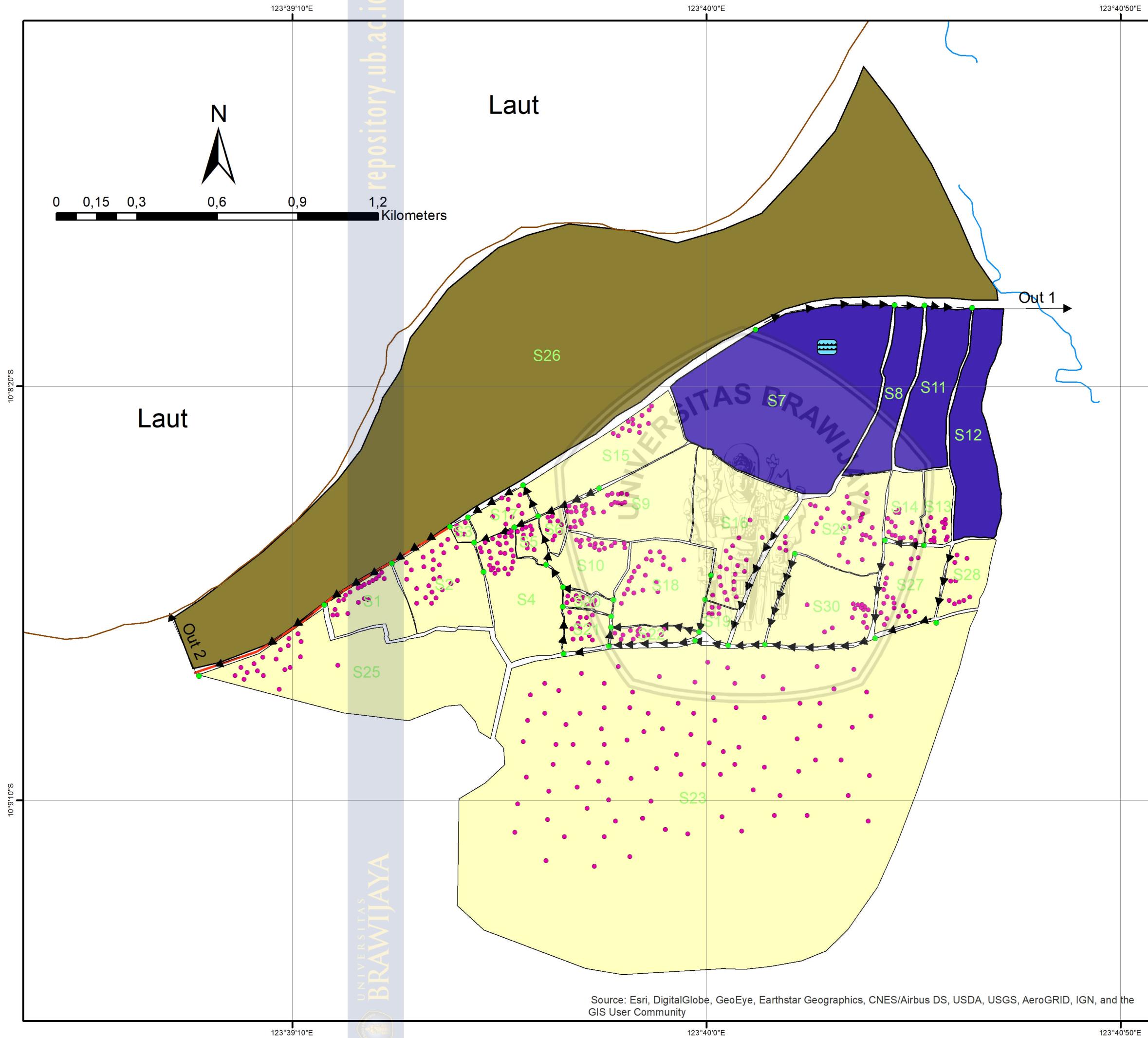
PETA KEMIRINGAN LAHAN DAERAH STUDI

LEGENDA

- Sungai
- Garis Pantai
- Batas Sub DTA

Kemiringan Lahan

0 - 2 %
2 - 4 %
4 - 6 %
6 - 8 %
8 - 10 %
10 - 12 %



MAGISTER TEKNIK PENGAIIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

JUDUL GAMBAR

PENEMPATAN KOLAM RETENSI DAN SUMUR RESAPAN DI LOKASI STUDI

LEGENDA

- Sumur Resapan
 -  Kolam Retensi
 - Junction

10°8'21"S
Sungai

Garis Pantai

→ Arah Aliran

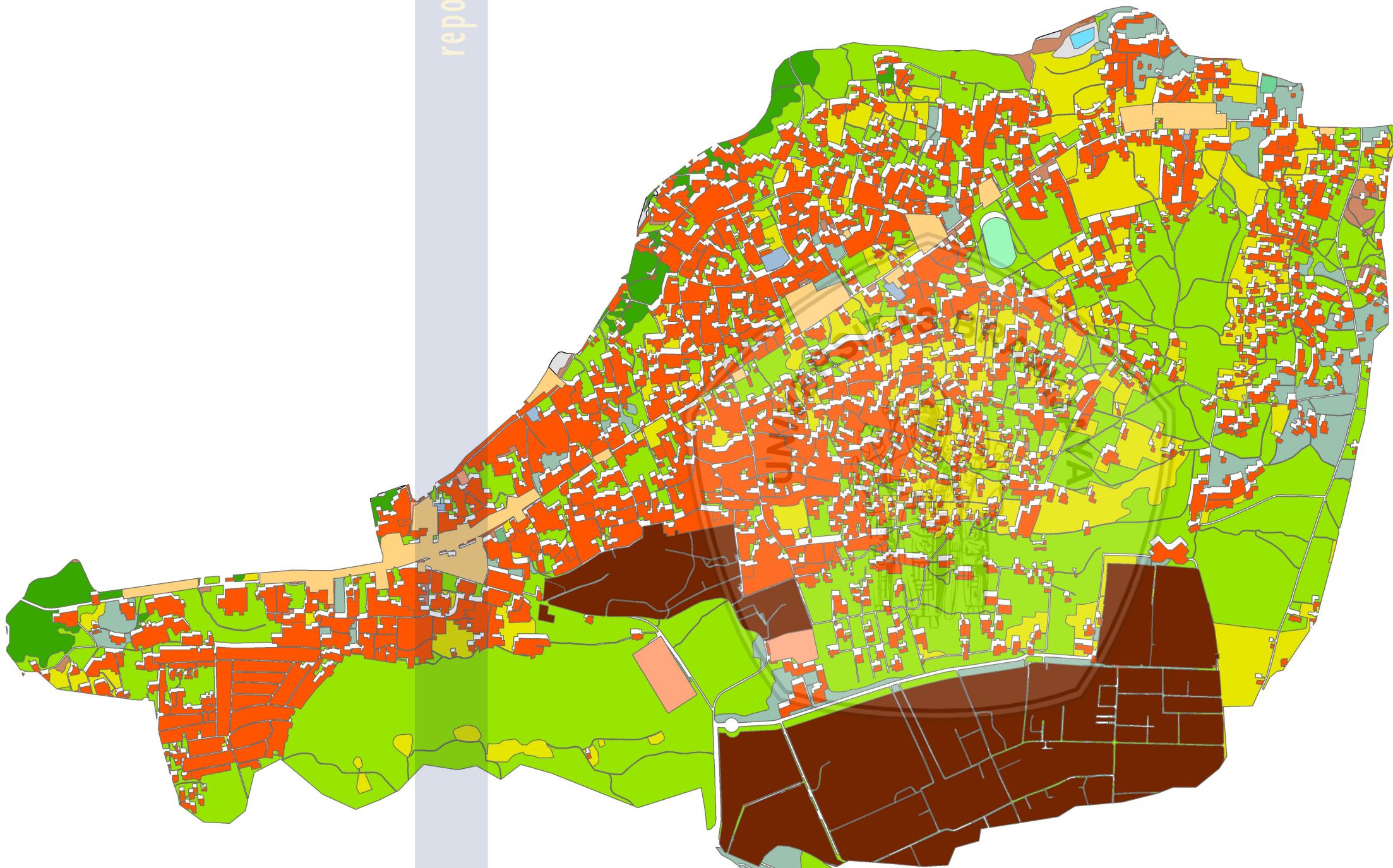
Pelebaran Dimensi Saluran

DTA

- I
II
SUB DTA Pantai

DISURVEY DAN DIGAMBAR OLEH

MAULUDDIN J. B. SEBANDAR



0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 Kilometers

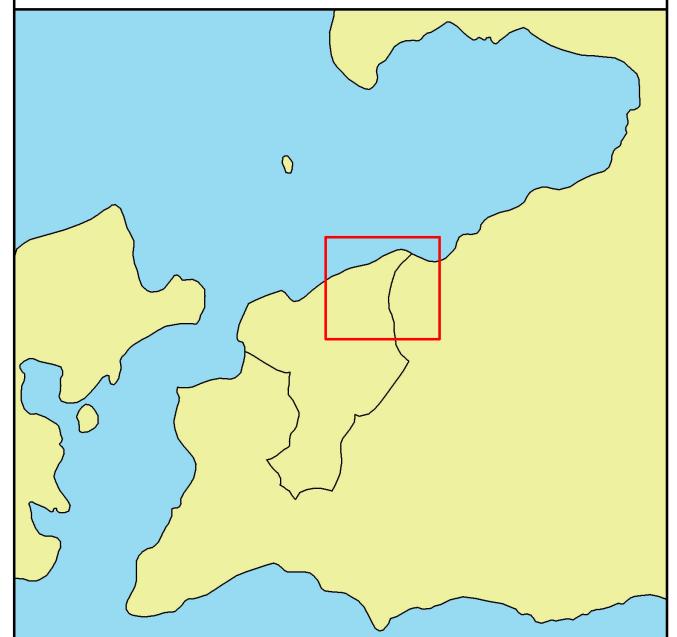


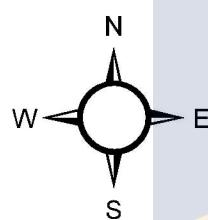
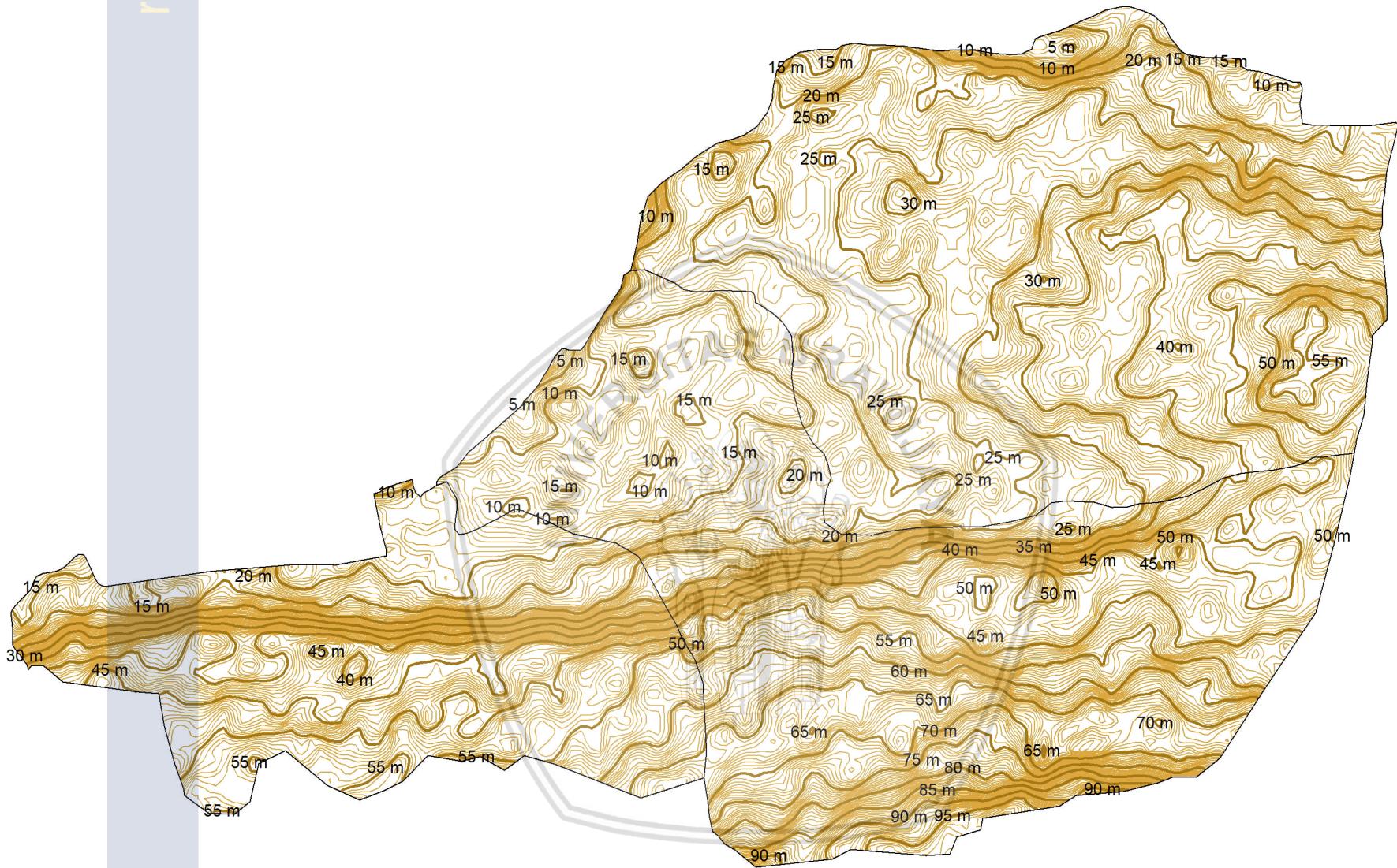
PETA TATA GUNA LAHAN

Skala 1:15,000

LEGENDA

Hutan	Peribadatan
Kebun	Perkantoran
Ladang Tegalan	Sawah
Lapangan Olah Raga	Sekolah
Padang Rumput	Semak Belukar
Pasir Pantai	TPU
Pemukiman	Tambak
Perdagangan	Tanah Kosong
Perguruan Tinggi	





Legenda

- Daerah Tangkapan Air (DTA)
- kontur mayor
- kontur minor

PETA TOPOGRAFI
DTA SISTEM DRAINASE OESAPA LASIANA