TESIS – RE142541

EVALUASI SISTEM DRAINASE PRIMER DALAM PENANGGULANGAN GENANGAN DI KOTA MADIUN

YULIANA SURYANI
3314202005

DOSEN PEMBIMBING
Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

TESIS – RE142551

EVALUATION OF PRIMARY DRAINAGE SYSTEM OF THE INUNDATION HANDLING IN MADIUN CITY

YULIANA SURYANI
3314202005

SUPERVISOR
Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D

MASTER PROGRAM
ENVIRONMENTAL SANITATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Yuliana Suryani

NRP. 3314202005

Tanggal Ujian : 25 Juli 2016

Periode Wisuda : September 2016

Disetujui Oleh :

1. Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing)
   NIP : 19770209 200312 2 001

2. Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D. (Penguji)
   NIP : 19620816 199003 1 004

3. Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M. (Penguji)
   NIP : 19530502 198103 1 004

4. Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji)
   NIP : 19711114 200312 2 001

Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., PhD.

NIP. 19601202 198701 1 001

Evaluasi Sistem Drainase Primer dalam Penanggulangan Genangan di Kota Madiun

Nama mahasiswa	: Yuliana Suryani
NRP	: 3314202005
Pembimbing	: Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Kota Madiun merupakan kota kecil yang mengalami perkembangan wilayah. Perkembangan ini ditunjukkan dengan peningkatan penduduk dan bangunan yang berdampak pada perluasan lahan terbangun dan penurunan daerah resapan air hujan. Pada sisi lain, kota ini memiliki topografi yang relatif datar sehingga genangan terjadi hampir setiap hujan tiba. Fakta tersebut menunjukkan bahwa pada beberapa daerah aliran saluran drainase di kota ini masih mengalami permasalahan utama yaitu genangan. Maka perlu dilakukan penelitian terhadap kondisi tersebut dengan meninjau aspek teknis, kelembagaan dan lingkungan.

Data yang dibutuhkan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari survey lapangan dan instansional sedangkan data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber pada tiap instansi pemerintahan terkait. Data primer yang dikumpulkan antara lain kondisi fisik saluran drainase, dimensi saluran drainase, lokasi sumur resapan dan kelembagaan. Sedangkan data sekunder yang dikumpulkan antara lain berbagai peta (daerah rawan genangan, administratif, tata guna lahan, drainase), curah hujan, data dimensi saluran dan data lembagaan pengelola saluran drainase. Data yang sudah terkumpul, dianalisa dan digunakan untuk mengevaluasi permasalahan yang ada.

Dalam aspek teknis dibahas mengenai analisa hidrologi dan hidrolika. Analisa hidrologi memperhitungkan curah hujan hingga didapatkan debit hujan rencana, sedangkan analisa hidrolika memperhitungkan debit saluran eksisting pada kondisi saluran terdapat sedimen dan tanpa sedimen. Sehingga dapat dievaluasi antara debit hujan rencana dengan debit saluran eksisting. Pada kondisi saluran terdapat sedimen, sebanyak 12 saluran primer tidak memenuhi kapasitas karena debit saluran tidak dapat menampung debit rencana dengan Periode Ulang Hujan 10 tahun. Saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya adalah Saluran Slarangan, Semar Mendem, Terate, Terate Barat Hulu, Rejomulyo, Mojorejo, Pelita Tama, Pilangbango I, Nambangan Lor, Kartini, Madiun Lor dan Sumber Umis dengan total debit genangan adalah 35,10 m^3/detik. Pada kondisi saluran tanpa sedimen, terdapat 7 saluran primer yang tidak memenuhi kapasitas yaitu Saluran Terate, Terate Barat Hulu, Pelita Tama, Nambangan Lor, Kartini, Madiun Lor dan Sumber Umis dengan total debit genangan adalah 10,65 m^3/detik.

Penanganan genangan secara teknis dilakukan dengan pengerukan sedimen di setiap saluran agar memaksimalkan kapasitas saluran. Pengerukan sedimen ini berpengaruh terhadap penurunan debit genangan sebesar 24,45 m^3/detik. Selain itu juga dioperasikan pompa untuk mengalirkan debit genangan di *catchment area* yang dilayani pompa. Pompa yang ada mampu mengalirkan debit genangan sebesar 9,60 m^3/detik menggunakan 14 pompa dalam 4 rumah pompa yang

terletak di Rumah Pompa Pancasila, Pandan, Beteng dan Madiun Lor. Sehingga debit genangan yang tersisa sebesar 1,05 m^3/detik.

Selain itu, penanganan genangan dapat memanfaatkan daya dukung lingkungan yang mampu menampung dan menyerap limpasan air hujan. Hal itu dapat diwujudkan dengan pembangunan sumur resapan di *catchment area* saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya. Berdasarkan debit genangan yang ada, dibutuhkan 136 unit sumur resapan yang tersebar di *catchment area* 7 saluran tersebut. Sumur resapan ini berdiameter 1,4 m dan kedalaman total 6 m dan dapat diletakkan di kawasan permukiman, pengembangan lahan terbangun, ruang terbuka hijau (taman, lapangan, dsb) dan ruang terbuka non hijau (halaman tempat peribadatan, perkantoran, rumah sakit dan fasilitas umum lainnya).

Permasalahan teknis tidak terlepas dari peran instansi pemerintah terkait yaitu Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase, Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun sebagai pelaksana teknis pengelola saluran drainase, maka dari itu perlu dianalisis menggunakan metoda SWOT. Berdasarkan hasil analisis SWOT, didapatkan nilai koordinat (-0,10; +0,18) dan posisi lembaga pengelola saluran drainase berada pada kuadran III. Sehingga, strategi yang digunakan adalah meminimalkan kelemahan yang ada dan memanfaatkan peluang yang tersedia.

Kata kunci : Saluran Drainase Primer, Kota Madiun, Genangan, Sumur Resapan, Metoda SWOT.

Evaluation of Primary Drainage System of The Inundation Handling in Madiun City

Nama mahasiswa	: Yuliana Suryani
NRP	: 3314202005
Pembimbing	: Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Madiun City as a small city is a developing city. The development is shown by the increase in population and buildings that affect the expansion of constructed land and decline of catchment area. On the other hand, the city has a relatively flat topography so that the inundation occurs almost every rainy. These facts indicate that in the catchment area of drainage channels is still in main issue namely inundation. Hence, it is necessary to do a study of these conditions by reviewing technical aspect, institutional and environmental.

The required data consists of primary and secondary data. Primary data was obtained from the institutional and field survey and secondary data obtained from various source in each relevant government institutions. Primary data includes the physical condition of the drainage channels, drainage channel dimensions, infiltration wells locations and institutional. While secondary data includes various maps (prone inundation areas, administrative, land use, drainage), intensity of rainfall, dimensional channel data and institution in charge of drainage channel manager. Data were collected, then analyzed and used to evaluate the existing issue.

In the technical aspect discussed about the hydrology and hydraulics analysis. Hydrological analysis involves rainfall to obtain the plan rain discharge, while hydraulics analysis involves existing channels discharge where there are sediments and without sediments. So it can be evaluated between the discharge of plan rain discharge with existing channels discharge.

There is sediment on all of primary channels, and the 12 primary channels have exceeds capacity based on Rain Return Period of 10 years. The exceeded channels capacity are Slarangan channels, Semar Mendem Terate, Terate Barat Hulu, Rejomulyo, Mojorejo, Pelita Tama, Pilangbango I, Nambangan Lor, Kartini, Madiun Lor dan Sumber Umis with a total inundation discharge is 35,10 m^3/sec. In the channel conditions without sediment, there are 7 exceeded primary channels are Terate channels, Terate Barat Hulu, Pelita Tama, Nambangan Lor, Kartini, Madiun Lor dan Sumber Umis with a total inundation discharge is 10,65 m^3/detik.

The handling of inundation conducted technically by dredging sediment at the each channel to maximize channels capacity. This dredging affect to decreased of inundation discharge amounted to 24,45 m^3/sec. There was also operated a pump to drain the inundation discharge in the catchment area served pump. The existing pumps able to drain inundation discharge amounted to 9,60 m^3/sec using 14 pumps in the 4 pumps house located in the Pancasila pump house, Pandan, Beteng and Madiun Lor. So the inundation discharge are left is 1,05 m^3/sec.

Additionally, the handling of inundation can utilize the environment capacity that can accommodate and absorb run-off. It could be realized by infiltration wells by the construction absorption wells in catchment area of exceeded channels capacity. Based on the existing inundation discharge, it requires 136 units of infiltration wells scattered in the catchment area of 7 exceeded primary channels.

This infiltration wells diameter of 1,4 m and the total depth of 6 m and can be located in residential areas, development constructed land, green open space (parks, squares, etc) and non-green open space (yard of place of worship, offices, hospitals and other public facilities).

Technical issues can not be separated from the role of relevant government institution, Sie of Environmental Sanitation and Drainage in Department of Public Works Madiun City, as the technical manager of the drainage channels. Therefore it need to be analyzed using SWOT method. Based on the results of SWOT analysis, obtained coordinate values (-0,10; +0,18) and the position of the management institution is in quadrant III. Thus, the strategy is minimizing weaknesses and taking advantage of available opportunities.

Key words : Primary Drainage Channels, Madiun City, Inundation, Infiltration Wells, SWOT Method.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillaahirabbil'alamin, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusunan tesis dengan judul "Evaluasi Sistem Drainase Primer dalam Penanggulangan Genangan di Kota Madiun" dapat selesai dengan baik.

Penulisan tesis ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan kerja sama yang baik dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing tesis atas bimbingan, ilmu, waktu, saran, bimbingan dan arahan yang telah diberikan;
2. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, M.Eng., Ph.D selaku dosen penguji tesis atas waktu, ilmu, saran, bimbingan dan arahan yang telah diberikan;
3. Bapak Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M selaku dosen penguji tesis atas waktu, ilmu, saran dan arahan yang telah diberikan;
4. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji tesis atas waktu, ilmu dan saran yang telah diberikan;
5. Ibu Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji proposal tesis atas waktu, ilmu, arahan dan saran yang telah diberikan;
6. Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T selaku dosen wali atas kesediaan waktu, izin dan saran yang diberikan;
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen serta karyawan Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS;
8. Bapak Agus Siswanta selaku Kepala Dinas, Bapak Soeko selaku Sekretaris, Ibu Siti selaku Kepala Tata Usaha, Mbak Hadiah selaku staff Tata Usaha dan Bapak Kahono selaku Kepala Seksi Penyehatan Lingkungan dan Drainase dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun atas kesediaan waktu yang telah diluangkan untuk membantu memberikan informasi yang dibutuhkan;
9. Ibu Diah dan Bapak Agus dari UPTD PSDA Wilayah Madiun atas kesediaan memberikan informasi yang dibutuhkan;
10. Instansi-instansi terkait yaitu Bakesbang Kota Madiun, DKP Kota Madiun, BPS Kota Madiun, Bappeda Kota Madiun, Dinas PU Kota Madiun dan UPT PSDA Wilayah Madiun atas kesediaan memberikan informasi selengkapnya;
11. Rekan mahasiswa, alumni Program S2 Teknik Lingkungan ITS dan keluarga besar "Rebel" angkatan 2010 (L-28);
12. Kedua orang tua, Vindy Virgine Gucci dan adik-adik yang turut membantu survey teknis saluran, selalu ikhlas mendoakan dan selalu mendukung kebutuhan materiil;
13. Seluruh saudara, keluarga besar, rekan dan kerabat yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusunan tesis ini telah diusahakan semaksimal mungkin, tentunya masih terdapat kekurangan. Maka dari itu, penulis berharap tesis ini dapat menjadi salah satu sumber pembelajaran bagi semua pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL
LEMBAR PENGESAHAN
ABSTRAK i
ABSTRACT iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA 5
2.1 Sistem Drainase 5
2.2 Drainase Perkotaan 5
2.3 Permasalahan Umum Sistem Drainase Perkotaan 6
2.4 Definisi dan Penyebab Banjir dan Genangan 6
2.4.1 Pengertian Banjir dan Genangan 6
2.4.2 Faktor Penyebab Banjir dan Genangan 6
2.5 Analisis Hidrologi 7
2.5.1 Analisis Hujan Rata-Rata Daerah Aliran 7
2.5.2 Analisis Periode Ulang Hujan (PUH) 10
2.5.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum 11
2.5.4 Uji Kecocokan Distribusi Intensitas Curah Hujan 14
2.5.5 Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan 17
2.5.6 Analisis Lengkung Intensitas Hujan Rencana 20
2.5.7 Analisis Limpasan Air Hujan (Debit Rencana) 21
2.6 Proyeksi Penduduk dan Fasilitas 26

2.6.1 Metode Aritmatik 26
2.6.2 Metode Geometri 26
2.7 Analisis Hidrolika 26
2.8 Drainase Berwawasan Lingkungan.....28
2.8.1 Konsep Sumur Resapan.....29
2.8.2 Syarat Umum Pembuatan Sumur Resapan.....30
2.8.3 Perencanaan Pembuatan Sumur Resapan.....31
2.8.4 Konstruksi Sumur Resapan 32
2.8.5 Analisis Teknis Sumur Resapan.....34
2.9 Aspek Kelembagaan 35
2.9.1 Pengaturan Wewenang dan Tanggung Jawab 35
2.9.2 Analisis SWOT.....36
BAB 3 METODA PENELITIAN.....41
3.1 Umum.....41
3.2 Alur Penelitian 41
3.3 Tahap Perencanaan 43
3.3.1 Tahap Persiapan 43
3.3.2 Pengumpulan Data 43
3.3.3 Kegiatan Analisis 45
3.3.4 Penyusunan Kesimpulan 50
BAB 4 GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN 51
4.1 Geografis, Administratif, dan Kondisi Fisik.....51
4.2 Kondisi Iklim 52
4.3 Sistem Drainase.....52
4.4 Geologi dan Air Tanah.....55
4.5 Wilayah Rawan Banjir dan Genangan 56
4.6 Kejadian Genangan dan Banjir di Kota Madiun.....56
4.7 Kondisi Saluran Primer di Kota Madiun.....57
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....59
5.1 Analisis Aspek Teknis 59
5.1.1 Analisis Hidrologi.....59
5.1.1.1 Analisis Uji Konsistensi 60

5.1.1.2 Analisis Curah Hujan Rerata Daerah 63
5.1.1.3 Uji Homogenitas Data Curah Hujan 64
5.1.1.4 Analisis Curah Hujan Rencana 67
5.1.1.5 Uji Kesesuaian Distribusi 73
5.1.2 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan 80
5.1.2.1 Metoda Van Breen 80
5.1.2.2 Metoda Bell 82
5.1.2.3 Metoda Hasper Weduwen..... 85
5.1.3 Perhitungan Intensitas Hujan Rencana 88
5.1.3.1 Metoda Talbot..... 88
5.1.3.2 Metoda Sherman 89
5.1.3.3 Metoda Ishiguro 90
5.1.4 Analisis Hidrolika (Debit Saluran) 93
5.1.5 Analisis Debit Air Rencana..... 98
5.1.5.1 Analisis Debit Air Limbah Domestik 98
5.1.5.2 Analisis Debit Air Limbah Non-Domestik.... 102
5.1.5.3 Analisis Debit Air Limbah Domestik dan Non-Domestik 110
5.1.5.4 Analisis Debit Air Hujan 111
5.1.6 Evaluasi Kapasitas Saluran Primer di Daerah Penelitian..... 124
5.1.7 Operasional Pompa Eksisting 127
5.2 Analisis Aspek Lingkungan 129
5.2.1 Pemanfaatan Daya Dukung Lingkungan (Daya Serap Tanah) dalam Penanganan Debit Genangan 129
5.2.2 Kebutuhan Sumur Resapan..... 130
5.3 Analisis Aspek Kelembagaan..... 133
5.3.1 Identifikasi Komponen Kelembagaan pada Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun 134
5.3.1.1 Struktur Organisasi Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun 134
5.3.1.2 Sumber Daya Manusia Dinas Pekerjaan

Umum Kota Madiun.....134
5.3.1.3 Tugas dan Fungsi Lembaga Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun.....137
5.3.1.4 Sarana dan Prasarana.....138
5.3.2 Analisis Metoda SWOT.....139
5.3.2.1 Analisis Faktor Internal.....140
5.3.2.2 Analisis Faktor Eksternal.....147
5.3.2.3 Posisi Lembaga Pengelola Drainase.....153
5.3.2.4 Penyusunan Strategi Hasil Analisis SWOT ...153
BAB 6 PENUTUP.....167
6.1 Kesimpulan.....167
6.2 Saran.....169
DAFTAR PUSTAKA.....171
LAMPIRAN I – PETA
I.1 Peta Topografi Kota Madiun.....173
I.2 Peta Administratif Kota Madiun.....174
I.3 Peta Sistem Drainase Primer Kota Madiun.....175
I.4 Peta Daerah Rawan Bencana Banjir Kota Madiun.....176
I.5 Peta Arah Aliran Drainase Kota Madiun.....177
I.6 Peta Catchment Area Saluran Drainase Primer Kota Madiun 178
I.7 Overlay Peta Saluran Primer Sedimen yang Menghasilkan Debit Genangan dengan Peta Rawan Genangan Kota Madiun.....179
I.8 Overlay Peta Saluran Primer tanpa Sedimen yang Menghasilkan Debit Genangan dengan Peta Rawan Genangan Kota Madiun.....180
LAMPIRAN II – DOKUMENTASI
II.1 Saluran Drainase Primer Kota Madiun.....181
II.2 Pelaksanaan Survey Saluran Drainase.....189
II.3 Alat Survey.....190
II.4 Rumah Pompa.....191
II.5 Kondisi Genangan Eksisting.....193
II.6 Lokasi Potensial Pembangunan Sumur Resapan.....194

LAMPIRAN III – GAMBAR TEKNIS
III.1 Letak Sumur Resapan terhadap Muka Air Tanah 195
III.2 Daerah Sumur Resapan di Lokasi Pekarangan Rumah, Halaman Gedung dan Bangunan Lain..... 196
III.3 Potongan A-A' Sumur Resapan di Lokasi Pekarangan Rumah, Halaman Gedung dan Bangunan Lain 197
III.4 Potongan B-B' dan C-C' Sumur Resapan di Lokasi Pekarangan Rumah, Halaman Gedung dan Bangunan Lain 198
III.5 Daerah Sumur Resapan di Lokasi Ruang Terbuka Hijau Publik..... 199
III.6 Potongan A-A' Sumur Resapan di Lokasi Ruang Terbuka Hijau Publik..... 200
III.7 Potongan B-B' dan C-C' Sumur Resapan di Lokasi Ruang Terbuka Hijau Publik 201
III.8 Peta Distribusi Lokasi Sumur Resapan di Catchment Area Saluran dengan Kapasitas Saluran yang Tidak Terpenuhi 202
III.9 Tipikal Saluran Drainase Primer dengan Penampung Trapesium dan Persegi 203
III.10 Profil Hidrolis Saluran Slarangan dan Semar Mendem 204
III.11 Profil Hidrolis Saluran Terate dan Terate Timur Hulu 205
III.12 Profil Hidrolis Saluran Terate Timur Hilir Terate Barat Hulu ... 206
III.13 Profil Hidrolis Saluran Terate Barat Hilir dan Rejomulyo..... 207
III.14 Profil Hidrolis Saluran Maling dan Banjarejo II 208
III.15 Profil Hidrolis Saluran Banjarejo I dan Mojorejo 209
III.16 Profil Hidrolis Saluran Klegen dan Pelita Tama 210
III.17 Profil Hidrolis Saluran Manisrejo I dan Manisrejo II 211
III.18 Profil Hidrolis Saluran Kanigoro dan Pilangbango II 212
III.19 Profil Hidrolis Saluran Sono dan Nila..... 213
III.20 Profil Hidrolis Saluran Pilangbango I dan Pasar Sepur..... 214
III.21 Profil Hidrolis Saluran Nambangan Lor dan Kartini 215
III.22 Profil Hidrolis Saluran Madiun Lor dan Sumber Umis..... 216
LAMPIRAN IV–KUISIONER..... 217

IV.1 Kuisioner 217
IV.2 Wawancara 223
BIODATA PENULIS 227

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Penyebab Banjir dan Genangan 7
Tabel 2.2 Penentuan PUH Perencanaan Drainase Berdasarkan Jenis Kawasan 10
Tabel 2.3 Penentuan PUH Perencanaan Drainase Berdasarkan Jenis Fasilitas 10
Tabel 2.4 Hubungan Nilai Y_T, σ_n dengan Jumlah Data (n) 12
Tabel 2.5 Nilai K untuk Distribusi *Log Pearson Type* 14
Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square 16
Tabel 2.7 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov – Kolmogorov 17
Tabel 2.8 Intensitas Hujan Kota Jakarta 18
Tabel 2.9 Koefisien Pengaliran 23
Tabel 2.10 Koefisien Kekasaran Manning (n) 28
Tabel 2.11 Laju Permeabilitas Tanah Berdasarkan Jenis Tanah 32
Tabel 2.12 Matriks Analisis SWOT 37
Tabel 3.1 Data Sekunder yang Dibutuhkan 44
Tabel 4.1 Luas Tiap Kecamatan di Kota Madiun 51
Tabel 4.2 Daftar Kelurahan pada Tiap Kecamatan di Kota Madiun 52
Tabel 4.3 Saluran Primer dan Saluran Sekunder di Kota Madiun 55
Tabel 4.4 Kejadian Banjir dan Genangan di Kota Madiun 56
Tabel 5.1 Data Curah Hujan Maksimum Harian Tiap Stasiun 59
Tabel 5.2 Analisis Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Kantor Madiun Terhadap 2 Stasiun Hujan Lainnya 60
Tabel 5.3 Analisis Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Klegen Terhadap 2 Stasiun Hujan Lainnya 61
Tabel 5.4 Analisis Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Rejoagung Terhadap 2 Stasiun Hujan Lainnya 62
Tabel 5.5 Analisis Curah Hujan Maksimum dengan Metoda Rata-Rata Aljabar 64
Tabel 5.6 Analisis Uji Homogenitas Data Curah Hujan 64
Tabel 5.7 Analisis Curah Hujan Rencana Menggunakan Metoda Gumbel 68
Tabel 5.8 Nilai *Reduce Variate* dan Faktor Frekuensi 69
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Rentang Keyakinan Metoda Gumbel 70

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum (HHM) Rencana Metoda Gumbel dengan Rentang Keyakinan 90%.....70
Tabel 5.11 Analisis Curah Hujan Rencana dengan Menggunakan Distribusi Metoda *Log Pearson Type III*.....71
Tabel 5.12 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metoda *Log Pearson Type III*...73
Tabel 5.13 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Metoda Gumbel.....75
Tabel 5.14 Perhitungan untuk Menentukan Hujan Rencana 76
Tabel 5.15 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Metoda *Log Pearson Type III* 77
Tabel 5.16 Perhitungan Probabilitas Curah Hujan Uji Smirnov Kolmogorov Metoda Gumbel 78
Tabel 5.17 Perhitungan Probabilitas Curah Hujan Uji Smirnov Kolmogorov Metoda *Log Pearson Type III*.....79
Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Uji Kesesuaian Menggunakan Metoda Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov 79
Tabel 5.19 Intensitas Hujan dengan Metoda Van Breen 80
Tabel 5.20 Intensitas Hujan Kota Jakarta.....81
Tabel 5.21 Distribusi Intensitas Hujan dengan Metoda Van Breen 81
Tabel 5.22 Pola Distribusi Hujan Setiap Jam Tanimoto.....82
Tabel 5.23 Pola Distribusi Hujan Harian Maksimum Per Jam.....83
Tabel 5.24 Perhitungan Nilai R Tanimoto.....84
Tabel 5.25 Distribusi Intensitas Hujan dengan Metoda Bell.....84
Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Nilai Ri.....85
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Nilai R.....86
Tabel 5.28 Distribusi Intensitas Hujan dengan Metoda Hasper Weduwen.....86
Tabel 5.29 Perbandingan Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan PUH 10 Tahun dengan Ketiga Metoda.....87
Tabel 5.30 Nilai Variabel untuk Perhitungan Intensitas Hujan PUH 10 Tahun Metoda Talbot.....89
Tabel 5.31 Nilai Variabel untuk Perhitungan Intensitas Hujan PUH 10 Tahun Metoda Sherman.....90
Tabel 5.32 Nilai Variabel untuk Perhitungan Intensitas Hujan PUH 10 Tahun Metoda Ishiguro.....91

Tabel 5.33 Rumus Intensitas Hujan untuk PUH 10 Tahun 92
Tabel 5.34 Selisih Intensitas Hujan PUH 10 Tahun Metoda Talbot, Sherman dan Ishiguro 92
Tabel 5.35 Hasil Perhitungan Debit Saluran Primer Kota Madiun dengan Adanya Sedimen 95
Tabel 5.36 Hasil Perhitungan Debit Saluran Primer Kota Madiun tanpa Sedimen..... 96
Tabel 5.37 Jumlah Penduduk dan Pertumbuhan Penduduk Kota Madiun..... 98
Tabel 5.38 Nilai Korealasi Metode Aritmatik 99
Tabel 5.39 Nilai Korealasi Metode Geometri 99
Tabel 5.40 Hasil Proyeksi Penduduk dengan Metode Geometrik 100
Tabel 5.41 Debit Air Kotor Tiap Saluran 102
Tabel 5.42 Data Jumlah Fasilitas berdasarkan Jenis Fasilitas di Kota Madiun 103
Tabel 5.43 Jumlah Fasilitas Pendidikan Kota Madiun 104
Tabel 5.44 Nilai Korealasi Metode Aritmatik 105
Tabel 5.45 Nilai Korealasi Metode Geometri 105
Tabel 5.46 Hasil Proyeksi Fasilitas berdasarkan Jenis Fasilitas 106
Tabel 5.47 Debit Air Kotor Non-Domestik Tiap Saluran..... 108
Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Debit Air Limbah Total..... 110
Tabel 5.49 Koefisien Pengaliran tiap Daerah Tangkapan Air Saluran 112
Tabel 5.50 Hasil Perhitungan Debit Hujan Rencana Saluran Primer Kota Madiun 122
Tabel 5.51 Perhitungan Debit Air Rencana 124
Tabel 5.52 Hasil Evaluasi Kapasitas Saluran Primer Kota Madiun..... 125
Tabel 5.53 Jumlah, Kapasitas dan Cakupan *Catchment Area* Pompa di Sistem Drainase Kota Madiun 127
Tabel 5.54 Debit Genangan Setelah Pemompaan 128
Tabel 5.55 Rekomendasi Kebutuhan Sumur Resapan 132
Tabel 5.56 Faktor Kekuatan *(Strength)* dan Kelemahan *(Weakness)* Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun 146

Tabel 5.57 Faktor Peluang *(Oppurtunity)* dan Tantangan *(Threat)* Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun ..152
Tabel 5.58 Analisis Strategi Kelembagaan.....154
Tabel 5.59 Waktu Pelaksanaan Program selama Tahun 2016 hingga Tahun 2017 161
Tabel 5.60 Waktu Pelaksanaan Program selama Tahun 2018.....162
Tabel 5.61 Waktu Pelaksanaan Program selama Tahun 2019.....163
Tabel 5.62 Waktu Pelaksanaan Program selama Tahun 2020.....164

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Penampang Trapesium 27
Gambar 2.2 Jenis Penampang Persegi 27
Gambar 2.3 Diagram Posisi Dinas/Instansi 39
Gambar 3.1 Skema Alur Penelitian 42
Gambar 3.2 Skema Tahap Analisis Aspek Teknis Hidrologi 46
Gambar 3.3 Skema Tahap Analisis Aspek Teknis Hidrolika Debit Eksisting .. 47
Gambar 3.4 Skema Tahap Analisis Aspek Teknis Hidrolika Debit Air Hujan . 48
Gambar 3.5 Skema Tahap Analisis Aspek Teknis Saluran dan Evaluasi 49
Gambar 3.6 Skema Tahap Analisis Aspek Lingkungan 49
Gambar 3.7 Skema Tahap Analisis Kelembagaan 50
Gambar 4.1 Letak Sungai Madiun terhadap Sungai Bengawan Solo 54
Gambar 4.2 Long Section Sungai Madiun di KOTA Madiun dan di Kabupaten Ngawi 54
Gambar 5.1 Grafik Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Kantor Madiun 61
Gambar 5.2 Grafik Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Klegen 62
Gambar 5.3 Grafik Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Rejoagung..... 63
Gambar 5.4 Peluang Nilai Distribusi Gumbel 66
Gambar 5.5 Grafik Homogenitas Data Curah Hujan 67
Gambar 5.6 Distribusi Intensitas Hujan PUH 10 Tahun 88
Gambar 5.7 Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun 93
Gambar 5.8 Grafik Penentuan Faktor Peak Berdasarkan Debit Rata-Rata Air Kotor 101
Gambar 5.9 Struktur Organisasi Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun 136
Gambar 5.10 Posisi Lembaga dalam Kuadran Hasil Analisis SWOT 153

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan Kota Madiun sebagai pusat perdagangan, industri, dan pendidikan di Jawa Timur bagian selatan, menjadikan Kota Madiun tempat yang strategis untuk dijadikan tempat bermukim. Peningkatan jumlah penduduk seiring dengan perluasan lahan terbangun untuk perumahan dan fasilitas lainnya. Perluasan lahan akan mengubah fungsi lahan yang semula merupakan kawasan terbuka yaitu area pertanian dan kebun beralih fungsi menjadi area untuk kepentingan domisili dan komersil. Perluasan lahan tersebut secara langsung akan mengurangi luas resapan air hujan karena dengan perluasan lahan tersebut, tentu akan mengubah fungsi lahan yang semula merupakan kawasan terbuka yaitu area tegalan, kebun dan pertanian beralih fungsi menjadi area untuk kepentingan domisili dan komersil.

Perubahan fungsi lahan secara teori akan memperbesar koefisien pengaliran dan debit limpasan yang harus dialirkan melalui saluran drainase. Berdasarkan topografi, sebagian besar wilayah Kota Madiun merupakan dataran dengan elevasi muka tanah yang relatif datar dan berpotensi terjadi genangan pada daerah ini meskipun sistem teknis saluran sudah dikelola dengan baik oleh Dinas Pekerjaan Umum. Kondisi tersebut telah membawa dampak yang dirasakan oleh sebagian masyarakat Kota Madiun yaitu terjadinya genangan ketika musim hujan yang menimbulkan kerugian berupa materi dan kerusakan fasilitas. Daerah rawan banjir dan genangan di Kota Madiun telah ditetapkan oleh pemerintah kota yaitu terdapat 10 kelurahan antara lain Kelurahan Patihan, Kelurahan Sogaten, Kelurahan Madiun Lor, Kelurahan Pangongangan, Kelurahan Manguharjo, Kelurahan Nambangan Lor, Kelurahan Nambangan Kidul, Kelurahan Kelun dan Tawangrejo yang menjadi lokasi pertemuan Saluran Sono, Saluran Nila dan Saluran Pelita Tama (Kelompok Kerja Sanitasi Kota Madiun, 2013).

Permasalahan genangan yang terjadi, tidak terlepas dari berkurangnya daya dukung lingkungan. Berdasarkan perbandingan peta tata guna lahan tahun 2005 dengan peta rencana tata guna lahan tahun 2010-2030 banyak terdapat alih

fungsi lahan yang semula adalah lahan terbuka menjadi lahan terbangun. Hal tersebut yang mengakibatkan penurunan luas daerah resapan air hujan. Secara alamiah, tanah memiliki kemampuan dalam menyerap dan menampung limpasan air hujan. Tanah sebagai elemen lingkungan ini perlu dimanfaatkan sebagai alternatif solusi pengurangan debit genangan. Alternatif yang akan dibahas adalah sumur resapan di daerah saluran yang tergenang agar mampu menampung sementara dan menyerap debit genangan pada saat musim hujan.

Pada aspek kelembagaan, alternatif pengendalian genangan sudah dilaksanakan oleh Pemerintah Kota Madiun dengan upaya mengadakan program penyusunan dokumen *master plan* drainase oleh Dinas Pekerjaan Umum, normalisasi Saluran Sono dan penyediaan sistem pemompaan yang memadai. Upaya-upaya tersebut sudah meningkatkan kapasitas saluran yang ada namun masih terdapat genangan pada beberapa saluran drainase di Kota Madiun. Sehingga, perlu dilakukan penanganan genangan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun sebagai lembaga pengelola sistem drainase Kota Madiun. Penanganan genangan dirumuskan dengan cara mengevaluasi kelembagaan untuk menentukan strategi dan posisi kelembagaan. Dari tinjauan tiga aspek tersebut, diharapkan dapat mengatasi permasalahan genangan selama ini pada sistem drainase Kota Madiun.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana evaluasi kondisi teknis dari sistem drainase saluran primer Kota Madiun?
2. Bagaimana pemanfaatan daya serap tanah untuk menanggulangi genangan di Kota Madiun?
3. Bagaimana kondisi kelembagaan dan strategi yang dapat diterapkan untuk menangani genangan di Kota Madiun?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi aspek teknis pada sistem drainase saluran primer Kota Madiun yaitu mengetahui kondisi hidrologi, kuantitas debit hujan rencana dan kapasitas saluran.
2. Mengevaluasi aspek lingkungan yaitu mengidentifikasi kebutuhan sumur resapan sebagai upaya penanggulangan genangan.
3. Mengevaluasi aspek kelembagaan dalam pengelolaan sistem drainase di Kota Madiun yaitu mengidentifikasi kondisi kelembagaan dan menentukan strategi serta program pengelolaan sistem drainase.

1.4 Manfaat Penelitian

Evaluasi ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam menyusun kebijakan pengelolaan sistem drainase khususnya saluran primer di Kota Madiun untuk menanggulangi permasalahan genangan pada lokasi studi.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian meliputi:

1. Lingkup wilayah penelitian

   Wilayah penelitian dibatasi pada sistem drainase saluran primer perkotaan yang tersebar di Kota Madiun.
2. Lingkup materi penelitian
   a. Perhitungan debit rencana menggunakan rumus rasional.
   b. Analisis aspek teknis untuk saluran primer menggunakan Periode Ulang Hujan (PUH) 10 tahun berdasarkan literatur.
   c. Aspek lingkungan yaitu kemampuan resapan tanah dan analisis potensi kebutuhan kolam resapan.
   d. Aspek kelembagaan difokuskan pada lembaga yang mengelola sistem saluran di daerah penelitian yaitu Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase, Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun untuk dievaluasi dengan metoda SWOT.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Drainase

Air hujan yang jatuh di suatu daerah perlu dialirkan agar tidak terjadi genangan dan banjir. Pengalirannya menggunakan saluran yang dapat menampung air hujan yang mengalir di permukaan tanah, yang mana saluran tersebut pada umumnya diletakkan tepat di pinggir jalan. Sistem saluran itu selanjutnya dialirkan ke sistem yang lebih besar. Seluruh proses tersebut dinamakan sistem drainase.

Sesuai prinsip sistem drainase, maka pada waktu hujan air yang mengalir di permukaan diusahakan secepatnya dialirkan melalui saluran drainase agar tidak menimbulkan genangan dan banjir yang dapat mengganggu kegiatan masyarakat atau bahkan menimbulkan kerugian sosial ekonomi termasuk aspek kesehatan lingkungan permukiman. Namun untuk pengembangan sumber daya air harus diperhatikan pula daerah resapan yang dapat digunakan agar air hujan tidak hanya terbuang ke laut tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya air pada saat musim kemarau.

2.2 Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan adalah sistem drainase dalam wilayah administrasi kota dan daerah. Sistem tersebut berupa jaringan pembuangan air yang berfungsi mengendalikan atau mengeringkan kelebihan air hujan di daerah permukiman, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat bermanfaat bagi kegiatan kehidupan manusia (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 1999). Sedangkan fungsi dari drainase perkotaan antara lain:

- Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif.
- Mengalirkan air permukaan ke badan air terdekat dalam waktu sesingkat mungkin.
- Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan dan persediaan air dan kehidupan akuatik.

- Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

2.3 Permasalahan Umum Sistem Drainase Perkotaan

Di daerah perkotaan dengan permukiman yang padat, maka pelaksanaan konstruksi dan pemeliharaan sistem drainase seringkali mengalami berbagai permasalahan, diantaranya:

- Kurangnya lahan untuk pengembangan sistem drainase karena untuk dimanfaatkan untuk tata guna lahan
- Pemeliharaan saluran drainase banyak mengalami kesulitan karena bagian atas saluran banyak yang sudah ditutup oleh bangunan
- Sampah domestik banyak menumpuk di saluran drainase mengakibatkan berkurangnya kapasitas dan tersumbatnya saluran.
- Akibat sampah, sedimentasi, maka perlu pemeliharaan secara rutin, namun kenyataannya dana untuk pemeliharaan saluran sangat terbatas.
- Sistem drainase yang ada sering dijumpai tidak berfungsi secara optimal akibat adanya pembangunan infrastruktur lainnya yang tidak terpadu dan tidak elihat keberadaan sistem drainase seperti pembangunan jalan, kabel telepon, pipa air minum, dan sebagainya.

2.4 Definisi dan Penyebab Banjir dan Genangan

2.4.1 Pengertian Banjir dan Genangan

Suatu daerah dapat disebut terjadi banjir bila daerah itu tergenang air setinggi lebih dari 30 cm selama lebih dari 3 jam. Sedangkan daerah dapat disebut terjadi genangan bila daerah tergenang air maksimal 30 cm dalam kurun waktu 1 hingga 3 jam. Banjir dan genangan ini mengakibatkan sistem drainase tidak berfungsi, menganggu dan/atau merugikan masyaakat sehingga tergenang air (Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2012).

2.4.2 Faktor Penyebab Banjir dan Genangan

Banjir atau genangan dapat terjadi karena berbagai pemicu dan faktor penyebab baik karena dari alam maupun manusia. Faktor penyebab banjir dan genangan diuraikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor Penyebab Banjir dan Genangan

No	Penyebab Banjir dan Genangan	Pemicu
1	Pengaruh air pasang	Alam
2	Curah hujan tinggi	Alam
3	Kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase	Manusia
4	Perubahan tata guna lahan	Manusia
5	Sampah	Manusia
6	Kapasitas drainase yang tidak memadai	Manusia
7	Drainase lahan	Manusia
8	Bendung dan bangunan air	Manusia
9	Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat	Manusia
10	Erosi dan sedimentasi	Manusia dan alam
11	Pengaruh filosofi	Manusia dan alam
12	Kapasitas sungai	Manusia dan alam
13	Kerusakan bangunan pengendali banjir	Manusia dan alam

Sumber : Koesdaryani, 2009

2.5 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan suatu analisa awal dalam menangani permasalahan banjir dan perencanaan sistem drainase yang bertujuan untuk mengetahui besarnya debit ang akan dialirkan sehingga dapat ditentukan dimensi saluran drainase. Besar debit yang dipakai sebagai dasar perencanaan dalam penanganan masalah banjir adalah debit rancangan yang didapat dari penjumlahan debit hujan rencana pada periode ulang tertentu dengan debit air buangan dari daerah tersebut (Suripin, 2004). Analisis hidrologi ini mencakup analisis periode ulang hujan, frekuensi curah hujan harian maksimum, distribusi intensitas curah hujan, lengkung intensitas hujan rencana, limpasan air hujan, dan air limbah rumah tangga. Sedangkan data yang dibutuhkan untuk melakukan analisa tersebut adalah data curah hujan rerata daerah, curah hujan rancangan, uji kesesuaian distribusi, debit limpasan, debit air limbah, debit rencana. Berikut ini kajian pustaka mengenai analisis hidrologi.

2.5.1 Analisis Hujan Rata-Rata Daerah Aliran

Ada 3 (tiga) macam cara yang digunakan untuk menghitung hujan rata-rata daerah aliran, antara lain adalah metoda rata-rata aljabar, metoda *thiessen polygon*, dan metoda isohyet (Suripin, 2004). Berikut cara menghitung hujan rata-rata daerah aliran untuk setiap metoda.

a. Metoda Rata-Rata Aljabar

Adalah metoda paling sederhana perhitungannya karena diasumsikan semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang sama. Metoda ini cocok untuk daerah yang mempunyai topografi datar, alat penakar hujan tersebar merata, dan nilai curah hujan terlalu jauh dari nilai rata-ratannya. Curah hujan rata-rata suatu daerah dapat diperoleh dari persamaan berikut.

$$P = \frac{P1+P2+\cdots+Pn}{n} \quad (2.1)$$

Dimana :

P = Tinggi hujan rata-rata (mm)

P1, P2, Pn = Tinggi hujan stasiun 1, 2, n (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

b. Metoda *Thiessen Polygon*

Metoda ini sering dikenal sebagai metoda rata-rata timbang. Cara perhitungannya dengan memberikan proporsi luasan daerah di stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak sehingga metoda ini sering digunakan karena lebih akurat. Berikut langkah-langkah pelaksanaan metoda ini.

1. Lokasi stasiun hujan diplot pada suatu peta DAS dan dilihat garis lurus sebagai penghubung antar stasiun hujan.
2. Buat garis tegak lurus ditengah-tengah tiap garis penghubung hingga membentuk *Thiessen Polygon.* Semua titik dalam satu poligin akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun hujan yang ada di dalamnya. Kemudian curah hujan pada stasiun hujan tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
3. Luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
4. Rata-rata curah hujan DAS dapat dihitunng dengan persamaan berikut.

$$P = \frac{P1.A1+P2.A2+\cdots+PnAn}{A1+A2+\cdots+An} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P1.A1}{\sum_{i=1}^{n} A1} \quad (2.2)$$

Dimana:

P = Tinggi hujan rata-rata (mm)

P_1, P_2,P_n = Tinggi hujan pada stasiun ke 1,2,n (mm)

A_1, A_2,A_n = Luas area poligon pada stasiun ke 1,2,n (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

c. Metoda Isohyet

Adalah metoda yang paling akurat dalam menentukan rata-rata curah hujan, tetapi diperlukan suatu keahlian dan pengalaman. Metoda tersebut dapat mengoreksi asumsi metoda *Thiessen Polygon* dimana tiap stasiun hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya. Sebab pada metoda tersebut memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap stasiun hujan. Langkah-langkah penggunaan metoda Isohyet sebagai berikut.

1. Plot kedalaman air hujan untuk tiap stasiun.
2. Gambar kontur kedalamn air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama, interval Isohyet yang umum digunakan adalah 10 mm.
3. Luas area antara dua garis Isohyet dapat dihitung dengan menggunakan planimeter. Masing-masing luas area dikalikan dengan rata-rata hujan antara dua Isohyet yang berdekatan.
4. Curah hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$P = \frac{\left(\frac{P1+P2}{2}\right)A1+\left(\frac{P2+P3}{2}\right)A2+\cdots+\left(\frac{Pn1+Pn}{2}\right)An1}{A1+A2+\cdots+An-1} \quad (2.3)$$

Dimana:

P = Tinggi hujan rata-rata (mm)

P_1, P_2,P_n = Tinggi hujan pada stasiun ke 1,2,n (mm)

A_1, A_2,A_n = Luas area poligon pada stasiun ke 1,2,n (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

Dalam pemilihan ketiga metoda yang akan diterapkan dalam suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan hal berikut (Suripin, 2004).

a. Luas DAS
   - DAS besar (>5.000 km^2) : Metoda Isohyet
   - DAS sedang (500 - 5.000 km^2) : Metoda *Thiessen Polygon*
   - DAS kecil (<500 km^2) : Metoda Rata-Rata Aljabar

b. Jaring – jaring stasiun hujan

- Jumlah stasiun hujan cukup (lebih dari dua) : Metoda Isohyet, *Thiessen Polygon,* Rata-Rata Aljabar
- Jumlah stasiun hujan terbatas (hanya dua) : Metoda Rata-Rata Aljabar atau *Thiessen Polygon*

2.5.2 Analisis Periode Ulang Hujan (PUH)

Periode ulang hujan adalah suatu periode yang berulang dalam ukuran tahun tertentu yang mana kejadian hujan dengan intensitas sama berulang kembali. Misalnya 2, 5, 10, 25, 50 tahun sekali (Masduki, 1988). Penetapan periode ulang hujan ini dipakai untuk menentukan besarnya kapasitas saluran atau bangunan drainase. Hal ini berkaitan dengan penentuan skala prioritas berdasarkan kemampuan pembiayaan, resiko dan teknologi yang akan digunakan. Adapun penentuan PUH yang digunakan di dalam perencanaan drainase adalah seperti pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Penentuan PUH untuk Perencanaan Drainase Perkotaan Berdasarkan Jenis Kawasan

Jenis Kawasan	Saluran Primer	Saluran Sekunder	Saluran Tersier
Permukiman			
- Kota Sedang	10 – 20 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun
- Kota Kecil	5 – 10 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun
Industri	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun
Perumahan	5 – 20 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun

Sumber : Suripin, 2004

Selain berdasarkan jenis fasilitas, acuan penentuan PUH pada daerah penelitian atau perencanaan dapat didasarkan pada jenis fasilitas.

Tabel 2.3 Penentuan PUH untuk Perencanaan Drainase Perkotaan Berdasarkan Jenis Fasilitas

No.	Fasilitas	PUH
1.	Saluran Mikro	
	- Perumahan, taman, lahan tak berfungsi	2
	- Pusat kota	5
	- Industri besar	5

No.	Fasilitas	PUH
	- Industri menengah	10
	- Industri Sedang	25
2.	Saluran tersier	2
3.	Saluran sekunder	5
4.	Saluran primer	10
5.	Saluran tepi jalan	
	- Jalan raya biasa	5-10
	- Jalan by pass	10-25
	- Jalan tol	25-50

Sumber : Masduki, 1988

2.5.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum (HHM)

Untuk analisis curah hujan harian maksimum (HHM) dilakukan dengan metoda gumbel dan metoda log person III. Dari perhitungan kedua metoda tersebut, diambil curah HHM paling besar (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

a. Metoda Gumbel

Metoda analisa frekuensi extrem value dari H.J Gumbel, yaitu suatu metoda distribusi frekuensi yang didasarkan kepada karakteristik dari penyebaran dengan menggunakan suatu koreksi variabel, yaitu menggunakan distribusi harga-harga maksimum. Hujan harian maksimum pada metoda ini dirumuskan sebagai berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$R_T = R + \frac{\sigma_R}{\sigma_n}(Y_T - Y_n) \qquad (2.4)$$

Dimana :

R_T = HHM rencana dengan PUH T tahun (mm/24 jam)

R = harga curah hujan rata-rata selama n tahun (mm/24 jam)

S_R = standar deviasi n tahun (diperoleh dari perhitungan)

S_n = *Expected Standard Deviation*

Y_T = *Reduced Variate* untuk PUH T tahun

Y_n = *Expected Mean Reduced Variate*

Nilai σ_n, Y_T dan Y_n diperoleh dari tabel *Reduced Mean* fungsi n pada tabel berikut.

Tabel 2.4 Hubungan Nilai Y_T, σ_n dengan Jumlah Data (n)

Jumlah Data n	***Reduced Variate*** Y_T	***Standard Deviation*** S_n
10	0,4595	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5035	0,9833
13	0,5070	0,9971
14	0,5100	1,0095
15	0,5128	1,0206

Sumber : Soewarno, 1995

Untuk mendapatkan nilai standar deviasi digunakan persamaan berikut.

$$\sigma_R = \left[\frac{\sum(Ri-R)^2}{n-1}\right]^{1/2} \quad (2.5)$$

Dimana:

R = Jumlah data

R_i = Curah hujan tahunan (mm)

Rentang keyakinan (*convidence interval*) untuk harga R_k yaitu sebagai berikut.

$$R_k = \pm\, t(a).Se \quad (2.6)$$

Dimana:

R_k = Rentang keyakinan (mm/jam)

T(a) = fungsi α

Se = deviasi (*probability error*)

Untuk α = 90% → t(a) = 1,645

Untuk α = 80% → t(a) = 1,282

Untuk α = 68% → t(a) = 1,000

$$Se = b.\frac{\sigma_R}{\sqrt{n}}$$

$$b = \sqrt{1 + 1.3k + 1.1k^2}$$

$$k = \frac{Y_T - Y_n}{\sigma_R}$$

b. Metoda *Log Pearson Type III*

Metode ini berdasar pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritma. Langkah-langkah perhitungan menggunakan metode Log Person adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995).

a. Menyusun data curah hujan (R) mulai dari yang terbesar sampai terkecil.

b. Merubah sejumlah n data curah hujan R1, R2, ...,Rn yang disusun mulai dari nilai terbesar ke dalam bentuk logaritma menjadi log R1, log R2, ...log Rn yang selanjutnya dinotasikan dengan Xi.

$$X = \log X \tag{2.7}$$

c. Menghitung nilai rata-rata Xi dengan rumus.

$$\text{Log } X = \frac{\sum Log\, X_i}{n} \tag{2.8}$$

Dimana : n = jumlah data curah hujan

d. Menghitung besarnya nilai deviasi rata-rata (σ_i) dari besaran nilai logaritma dengan rumus berikut.

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum\left(logX_i - log\overline{X}\right)^2}{n-1}} \tag{2.9}$$

e. Menghitung nilai koefisien asimetri, yaitu suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (asimetri) suatu kurva dari suatu bentuk distribusi (*Skewness Coefficient*) dari besaran logaritma dengan rumus berikut.

$$C_s = \sqrt{\frac{N\sum\left(logX_i - log\overline{X}\right)^3}{(n-1)(n-2)(\sigma i)^3}} \tag{2.10}$$

f. Berdasarkan nilai *Skewness Coefficient* (Cs) yang diperoleh dari PUH (T) yang ditentukan, nilai K dapat diketahui dari tabel faktor frekuensi K. Nilai Cs bisa bernilai positif atau negatif. Berikut tabel nilai K untuk distribusi *Log Pearson Type III*.

Tabel 2.5 Nilai K untuk Distribusi *Log Pearson Type III*

	Interval kejadian (*Recurrence interval*), tahun (periode ulang)							
	1, 0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef, G	Persentase peluang terlampaui (*Percent chance of being exceeded*)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber : Suripin, 2004

g. Menghitung nilai logaritma dari masing-masing data curah hujan dengan rumus berikut.

$$\text{Log} = \log \overline{X} + K \cdot \sigma_X \quad (2.11)$$

h. Perkiraan harga hujan harian maksimum untuk PUH tertentu dengan rumus berikut.

R_T = antilog X_T atau

$$R_T = 10^{X_T} \quad (2.12)$$

2.5.4 Uji Kecocokan Distribusi Intensitas Curah Hujan

Uji kecocokan distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi jenis peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Maka dari itu dibutuhkan uji parameter. Pengujian parameter yang akan dilakukan adalah Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov.

a. Uji Chi – Kuadrat

Uji Chi Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih (Metoda Gumbel dan *Log Pearson Type III*) dapat mewakili dari distribusi sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2. Parameter ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \qquad (2.13)$$

Dimana,

X_h^2 = Parameter Chi Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O_f = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok

E_f = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok

Parameter ini merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai parameter X_h^2 adalah sama atau lebih besar dari nilai Chi Kuadrat yang sebenarnya. Jadi nilai Chi Kuadrat harus lebih kecil daripada nilai parameternya.

Berikut tahapan yang dilaksanakan dalam uji Chi Kuadrat.

a. Mengurutkan data pengamatan
b. Mengelompokkan data menjadi G sub kelompok
c. Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i.
d. Menghitung nilai kuadrat dari hasil selisih jumlah nilai pengamatan dengan nilai teoritis dengan rumus $(O_f - E_f)^2$.
e. Menghitung nilai rata2 hasil selisih tersebut dengan rumus $\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$ dan menjumlahkan semua dari tiap sub kelompok untuk menentukan Chi Square hitung.
f. Menentukan derajat kebebasan dk= G-R-1. Nilai R adalah 2 untuk distribusi normal dan binomial.

Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square

Degrees of Freedom	Probability of a larger value of x^2								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

Sumber : Soewarno, 1995

b. Uji Smirnov - Kolmogorov

Pengujian kecocokan menggunakan uji smirnov-kolmogorov tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut.

a. Mengurutkan data (X) mulai dari besar ke kecil atau sebaliknya dan menentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut P(X).
b. Mengurutkan nilai peluang teoritis dari hasil penggambaran data P'(X).
c. Dari kedua nilai peluang tersebut ditentukan selisih nilai terbesar (D maks) antara peluang pengamatan P(X) dengan peluan teoritis P'(X).

Berdasarkan tabel nilai kritis uji ini, harga Do dapat ditentukan dari Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov – Kolmogorov

N	α			
	0,2	**0,1**	**0,05**	**0,01**
5	0,45	0,51	0,546	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

Sumber : Soewarno, 1995

2.5.5 Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan

Distribusi curah hujan adalah berbeda-beda dan memiliki ciri tersendiri sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau. Seperti curah hujan tahunan, curah hujan harian dan curah hujan per jam. Harga curah hujan yang akan didistribusikan ini penting, terutama untuk mendapatkan kurva durasi intesitas hujannya. Intensitas curah hujan adalah besarnya curah hujan maksimum yang diperhitungkan dalam suatu desain (Sosrodarsono dan Takeda, 1987). Untuk mendapatkan besarnya intensitas curah hujan dapat diturunkan dengan metoda Bell, Van Breen dan Hasper Der Weduwen.

a. Metoda Bell

Rumus Bell dapat digunakan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan berdasarkan pada curah hujan 1 jam (60 menit) dengan PUH 10 tahun sebagai dasar (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$R_T^t = (0{,}21 \ln T + 0{,}52)\,(0{,}55.t^{0{,}25} - 0{,}50)\, R_{10\,tahun}^{60\,menit} \qquad (2.14)$$

$$I_T^t = \frac{60}{t} R_T^t \qquad (2.15)$$

Dimana :

R = Curah hujan harian (mm)

T = PUH (tahun)

t = Durasi hujan (menit)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

Untuk mendapatkan distribusi curah hujan dengan jangka pendek digunakan pedoman pola hujan tiap jam menurut Tanimoto.

b. Metoda Van Breen

Van Breen telah melakukan penelitian curah hujan di Indonesia. Metode ini beranggapan bahwa besarnya atau lama durasi hujan harian adalah terpusat selama 4 jam dengan hujan efektif sebesar 90% dari hujan selama 24 jam (Sosrodarsono dan Takeda, 1987). Perhitungannya menggunakan rumus berikut.

$$I_A = \frac{90\% . R_{24}}{4} \quad (2.16)$$

$$I_B = I_A . I_J \quad (2.17)$$

Dimana :

I_A = Intensitas hujan (mm/jam)

I_B = Intensitas curah hujan dengan kurva durasi tertentu, setelah mengambil bentuk kurva durasi intensitas hujan kota Jakata sebagai kurva basis (mm/jam)

I_J = Intensitas hujan kota Jakarta sebagai kurva basis

R_{24} = Curah hujan harian (mm/24 jam)

Berdasarkan rumus tersebut di atas, maka dapat dibuat kurva durasi intensitas hujan, dimana Van Breen mengambil bentuk kurva kota Jakarta sebagai kurva basis (Tabel 2.8). Kurva basis ini dapat memberikan kecenderungan bentuk kurva untuk daerah lain di Indonesia.

Tabel 2.8 Intensitas Hujan Kota Jakarta

Durasi (menit)	**Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)**				
	2	**5**	**10**	**25**	**50**
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber : Masduki, 1988

c. Metoda Hasper Der Weduwen

Hasper – Der Weduwen telah menyusun formula pendekatan untuk menentukan besarnya distribusi hujan di Indonesia. Penurunan rumusna didapat berdasarkan kecenderungan distribusi hujan harian beberapa kota di Indonesia (Sosrodarsono dan Takeda, 1987). Distribusi hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan memiliki distribusi yang simetris dengan lama hujan 0 – 1 jam dan durasi antara 1 – 24 jam. Rumus umum untuk curah harian sebagai berikut.

1. Untuk durasi hujan 0<t<1 jam

$$R = \sqrt{\frac{11300.t}{t+3,12}\left[\frac{R_i}{100}\right]} \quad (2.18)$$

$$R_i = X_T \frac{1218.t+54}{X_T+1272.t} \quad (2.19)$$

2. Untuk durasi hujan 1<t<24 jam

$$R = \sqrt{\frac{11300.t}{t+3,12}\left[\frac{X_T}{100}\right]} \quad (2.20)$$

3. Untuk menentukan intensitas curah hujan menurut Hasper – Der Weduwen

$$I = \frac{R}{t} \quad (2.21)$$

Dimana :

R, R_i = Curah hujan menurut Hasper – Der Weduwen (mm)

X_T =Tinggi curah hujan harian maksimum terpilih dengan PUH 1 – 24 jam (mm)

t = Durasi hujan (jam)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

Dari ketiga metode perhitungan intensitas hujan di atas, dipilih metode yang menghasilkan intensitas hujan yang paling tinggi, dengan pertimbangan bahwa intensitas hujan yang tinggi akan menghasilkan debit rencana maksimum yang diharapkan dapat ditampung dan disalurkan oleh saluran yang berkapasitas atau berdimensi. Dapat disimpulkan bahwa intensitas hujan tertinggi adalah salah satu faktor keamanan dalam perencanaan dan perancangan dimensi saluran drainase.

2.5.6 Analisis Lengkung Intensitas Hujan Rencana

Persamaan intensitas hujan (I) terhadap variabel t untuk perhitungan debit rencana menggunakan bentuk persamaan sederhana yang pada umumnya memakai bentuk persamaan Talbot, Sherman dan Ishiguro. Dari metoda hasil analisa intensitas curah hujan yang telah terpilih baik menurut metoda Bell, Van Breen maupun Hasper Der Weduwen, kemudian disubstitusikan ke dalam rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro dengan cara kuadrat terkecil (*least square method*) yaitu cara untuk menentukan tetapan a, b, dan n dalam rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

a. Rumus Talbot

$$I = \frac{a}{t+b} \quad (2.22)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

a,b = Tetapan atau konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran.

$$a = \frac{(\sum It)(\sum I^2)-(\sum I^2 t)(\sum I)}{N(\sum I^2)-(\sum I)^2} \quad (2.23)$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum It)-N(\sum I^2 t)}{N(\sum I^2)-(\sum I)^2} \quad (2.24)$$

I = Intensitas hujan dari metode yang telah terpilih (mm/jam)

t = Durasi curah hujan dari metode yang telah terpilih (menit)

N = Banyaknya data

b. Rumus Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (2.25)$$

Dimana :

a,n = Tetapan atau konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran

$$\text{Log } a = \frac{(\sum log\ I)(\sum log^2 t)-(\sum logt\ logI)(\sum \log t)}{N(\sum log^2 t)-(\sum Iog\ t)^2} \quad (2.26)$$

$$n = \frac{(\sum log\ I)(\sum log\ t)-N(\sum logt\ logI)}{N(\sum log^2 t)-(\sum Iog\ t)^2} \quad (2.27)$$

c. Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad (2.28)$$

Dimana :

a,b = Tetapan atau konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran

$$a = \frac{(\sum I \sqrt{t})(\sum I^2) - (\sum I^2 \sqrt{t})(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \quad (2.29)$$

$$n = \frac{(\sum I)(\sum I \sqrt{t}) - N(\sum I^2 \sqrt{t})}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2} \quad (2.30)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan deviasi antara harga intensitas hujan yang dihitung berdasarkan ketiga rumus tersebut di atas, untuk durasi dan PUH yang sama. Persamaan yang memperoleh hasil deviasi rata-rata terkecil akan dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Berdasarkan literatur dapat diketahui bahwa ternyata terdapat hubungan antara Metode Hasper – Der Weduwen, Bell dan Van Breen dengan Rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro. Hubungan tersebut sebagai berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

- Metode Bell dengan Rumus Sherman
- Metode Van Breen dengan Rumus Talbot
- Metode Hasper – der Weduwen dengan Rumus Sherman

2.5.7 Analisis Limpasan Air Hujan (Debit Rencana)

Dalam menganalisa limpasan air hujan atau debit rencana akan dijumpai beberapa komponen berikut.

A. Debit Limpasan (Q)

Dimensi saluran didesain dengan menghitung jumlah debit air hujan yang akan dialirkan pada saluran menggunakan metoda rasional. Metoda ini dapat menunjukkan hubungan antara debit limpasan air hujan dengan besar curah hujan untuk luas DAS hingga 300 ha (Suripin, 2004). Berikut rumus perhitungan debit limpasan menggunakan rumus rasional.

$$Q = \frac{1}{36} \, x \, C \, x \, I \, x \, A \quad (2.31)$$

Dimana:

Q = Debit puncak karena hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m^3/detik)

I = Intensitas hujan maksimum yang direncanakan untuk PUH tertentu (mm/jam)

A = Luas daerah aliran saluran (ha)

C = Koefisien pengaliran, tergantung pada jenis permukaan lahan (Tabel 2.3)

Metoda rasional digunakan untuk memperkirakan jumlah debit limpasan air hujan yang akan dialirkan dengan pendekatan koefisien pengaliran yang merupakan perbandingan antara debit maksimum dengan intensitas hujan. Dalam aplikasinya, saluran tidak hanya mengalirkan air hujan namun juga menampungnya dalam saluran. Berdasarkan hal tersebut perhitungan yang digunakan adalah perhitungan pengembangan dari metoda rasional untuk intensitas curah hujan yang lebih lama dari waktu konsentrasi (Subarkah, 1980). Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung debit limpasan air hujan.

$$Q = \frac{1}{36}\ x\ C\ x\ Cs\ x\ I\ x\ A \qquad (2.32)$$

Dimana:

Q = Debit puncak karena hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m^3/detik)

I = Intensitas hujan maksimum yang direncanakan untuk PUH tertentu (mm/jam)

A = Luas daerah aliran saluran (ha)

C = Koefisien pengaliran

Cs = Koefisien tampungan (digunakan untuk *catchment area* ≥80 ha)

B. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara jumlah hujan ang jatuh dengan jumlah hujan yang melimpas dan tertangkap di titik yang ditinjau (Masduki, 1988). Nilai koefisien pengaliran ini pada umumnya ditetapkan berdasarkan pada pola tata guna lahan pada daerah pengaliran yang ditinjau seperti pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Koefisien Pengaliran

Tipe Jenis Permukaan/Tata Guna Lahan pada Daerah Aliran	Koefisien Pengaliran (C)
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,50 – 0,10
Tanah pasir, datar, 2-7%	0,10 – 0,15
Tanah pasir, datar, 7%	0,15 – 0,20
Tanah gemuk, slope 2%	0,13 – 0,17
Tanah gemuk, datar, 2-7%	0,18 – 0,22
Tanah gemuk, datar, 7%	0,25 – 0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75 – 0,95
Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Daerah single family	0,30 – 0,50
Multi unit terpisah	0,40 – 0,60
Multi unit tertutup	0,60 – 0,75
Suburban	0,25 – 0,40
Daerah apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Daerah ringan	0,50 – 0,80
Daerah berat	0,60 – 0,90
Taman, kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	0,20 – 0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Jalan	
Beraspal	0,70 – 0,95
Beton	0,80 – 0,95
Batu	0,70 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95

Sumber : Triatmodjo, 2010

Untuk daerah pengaliran yang teridiri atas beberapa jenis tata guna lahan, maka nilai C diambil harga rata-ratanya sesuai dengan bobot luasannya dengan rumus :

$$C\ gab = \frac{C1.A1 + C2.A2 + \cdots + CnAn}{A1 + A2 + \cdots + An} \quad (2.33)$$

Dimana :

C gab = Koefisien C rata-rata

C1, Cn = Koefisien C masing-masing sub area

A1, An = Luas masing-masing sub area

C. Koefisien Penampungan (Cs)

Merupakan efek penampungan dari aliran terhadap banjir puncak (maksimum), dimana koefisien ini akan semakin besar jika daerah alirannya semakin luas. Efek penampungan terhadap banjir maksimum diperhitungkan sebagai koefisien penampungan (Cs = *Coeficient of Storage*) sebagaimana persamaan berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$Cs = \frac{2tc}{2tc+ts} \qquad (2.34)$$

Dimana :

tc = Waktu konsentrasi (jam)

ts = Waktu mengalir dalam saluran (jam)

D. Waktu Mengalir pada Permukaan Tanah menuju Saluran Terdekat (t_{of}, *Time of Overland Flow*)

Adalah waktu limpasan atau pengaliran air hujan sebelum masuk ke saluran terdekat. Dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004).

$$t_{of} = \frac{0{,}0195\sqrt{\frac{Lo}{So}}^{0{,}77}}{60} \qquad (2.35)$$

Dimana :

t_{of} = Waktu aliran di permukaan tanah terjauh menuju ke saluran (jam)

Lo = Panjang limpasan (m)

So = Kemiringan saluran

E. Waktu Mengalir pada Saluran (t_s, *Time of Drain*)

Adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir selama berada di dalam saluran, sampai pada titik pengamatan yang ditentukan. Dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004).

$$t_s = \frac{L}{v} \; x \; \frac{1 jam}{3600 \, detik} \qquad (2.36)$$

Dimana :

t_s = Waktu aliran di dalam saluran (jam)

L = Panjang saluran (m)

v = Kecepatan aliran air di dalam saluran (m/detik)

F. Waktu Konsentrasi (t_C, *Time of Concentration*)

Adalah waktu yang dibutuhkan air hujan untuk mengalir mulai dari titik terjauh hingga titik pengamatan. Pada daerah terbangun, waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan air untuk menuju ke saluran terdekat (t_{of}) dan waktu mengalir dari saluran ke suatu tempat yang ditinjau (t_d). Dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004).

$$t_c = t_{of} + t_d \qquad (2.37)$$

Dimana :

t_c = *Time of Concentration* (jam)

t_{of} = *Time of Overland Flow* (jam)

t_d = *Time of Drain* (jam)

G. Intensitas Hujan (I)

Adalah curah hujan rata-rata dari hujan yang mempunyai lama waktu yang sama dengan lama waktu konsentrasi (t_c) pada Periode Ulang Hujan (PUH) tertentu. Lama waktu konsentrasi untuk berbagai daerah adalah berbeda-beda dan PUH yang harus dipilih untuk menentukan intensitas hujan rencana pada tiap-tiap daerah juga tidak selalu sama (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

H. Luas Daerah Pengaliran (A)

Adalah daerah tempat kejadian hujan sehingga seluruh air hujan jatuh di suatu daeerah tertangkap di suatu titik tinjauan tertentu. Luas daerah pengaliran ini dihitung berdasarkan *catchment area* yang masuk menjadi beban pada saluran drainase (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

I. Kemiringan Medan Limpasan (So, *Slope of Overland Flow*)

Kemiringan dari aliran pada daerah yang kita tinjau. Kemiringan ini dapat diperoleh dengan persamaan berikut.

$$S = \left(\frac{v \; x \; n}{R^{2/3}}\right)^2 \qquad (2.38)$$

Persamaan di atas diturunkan dari rumus kecepatan berikut.

$$V = \frac{1}{n} \text{ x } R^{2/3} \text{ x } S^{1/2} \qquad (2.39)$$

2.6 Proyeksi Penduduk dan Fasilitas

Jumlah penduduk maupun fasilitas suatu wilayah pada tahun tertentu di waktu yang akan datang dapat diperkirakan/diproyeksikan dengan menggunakan rumus dari metode umum berikut.

2.6.1 Metode Aritmatik

Metode ini sesuai untuk daerah dengan perkembangan penduduk atau fasilitas yang selalu naik secara konstan, dan dalam kurun waktu yang pendek. Rumus yang digunakan :

$$Pn = Po + r\,(dn) \qquad (2.40)$$

Dimana :

Pn = jumlah penduduk/fasilitas pada akhir tahun periode

Po = jumlah penduduk/fasilitas pada awal proyeksi

r = rata-rata pertambahan penduduk/fasilitas tiap tahun

dn = kurun waktu proyeksi

2.6.2 Metode Geometri

Proyeksi dengan metoda ini menganggap bahwa perkembangan penduduk/fasilitas secara otomatis berganda, dengan pertambahannya. Metoda ini tidak memperhatikan adanya suatu saat terjadi perkembangan menurun dan kemudian mantap, disebabkan kepadatan penduduk/fasilitas mendekati maksimum. Rumus yang digunakan :

$$P_n = P_0(1+r)^n \qquad (2.41)$$

dimana: P_n = jumlah penduduk/fasilitas tahun akhir

P_0 = jumlah penduduk/fasilitas tahun awal

r = pertumbuhan penduduk/fasilitas

n = tahun perhitungan

2.7 Analisis Hidrolika

Analisis ini dilakukan setelah debit rencana diketahui. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perencanaan teknis sistem drainase berdasarkan pertimbangan kapasitas saluran yang ada. Menurut Suripin (2004), persamaan

yang digunakan untuk melakukan analisis tampungan adalah dengan metode Manning dari Robert Manning.

R $= \frac{A}{P}$ ` (2.42)

Dimana nilai A dan P didapat dari persamaan berikut.

A = (B + mh) h (untuk saluran berpenampang trapesium)

A = B x h (untuk saluran berpenampang persegi)

P = B + 2h x $\sqrt{1 + m^2}$ (untuk saluran berpenampang trapesium)

P = B + 2h (untuk saluran berpenampang persegi)

Dimana nilai m didapat dari :

m $= \frac{B-b}{2\,x\,H}$ ` (2.43)

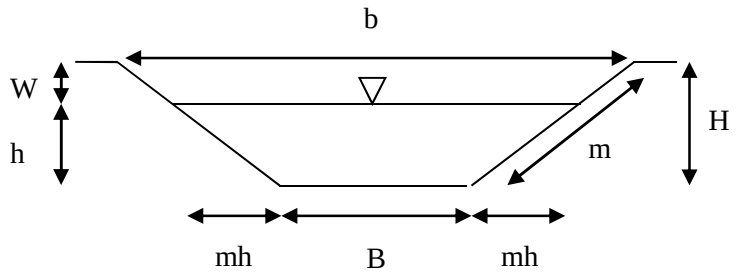
Kemudian dihitung debit kapasitas saluran menggunakan persamaan berikut.

Q = V.A ` (2.44)

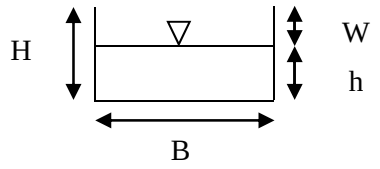
Dimana nilai V didapat dari persamaan berikut.

V $= \frac{1}{n}$ x $R^{2/3}$ x $S^{1/2}$ ` (2.45)

S $= \left(\frac{v\,x\,n}{R^{2/3}}\right)^2$ (2.46)



Gambar 2.1 Jenis Penampang Trapesium



Gambar 2.2 Jenis Penampang Persegi

Keterangan :

Q = Debit rencana (m^3/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas penampang basah (m^2)

B = Lebar dasar saluran (m)

b = Lebar atas saluran (m)

h = Kedalaman air (m)

h = Kedalaman saluran (m)

W = Tinggi jagaan (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

P = Keliling basah (m)

n = Koefisien kekasaran manning didapat dari Tabel 2.11

S = Kemiringan dasar saluran

Tabel 2.10 Koefisien Kekasaran Manning

No	Bahan Saluran	Koefisien Kekasaran n
1	Pasangan batu bata diplester halus	0,010 - 0,015
2	Pasangan batu bata tidak diplester	0,012 - 0,018
3	Pasangan batu kali dihaluskan	0,017 - 0,030
4	Pasangan batu kali tidak dihaluskan	0,023 - 0,035
5	Beton dihaluskan (*finished*)	0,011 - 0,015
6	Beton cetak tidak dihaluskan (*unfinished*)	0,014 - 0,020
7	Beton pada galian beton yang rapi	0,017 - 0,020
8	Beton pada galian beton yang tidak dirapikan	0,022 - 0,027
9	Tanah galian yang rapi	0,016 - 0,020
10	Tanah galian berbatu yang dirapikan	0,022 - 0,030
11	Tanah galian yang sedikit ditumbuhi rumput	0,022 - 0,033
12	Galian pada batuan keras	0,025 - 0,040

Sumber : Chow, 1999

2.8 Drainase Berwawasan Lingkungan

Drainase berwawasan lingkungan adalah pengelolaan drainase yang memperhatikan dan melibatkan aspek lingkungan dalam pembangunan dan pengelolaannya. Umumnya, dalam pengelolan drainase berwawasan lingkungan terdapat 2 pola yang dapat diterapkan yaitu:

a. Pola detensi yaitu menampung air sementara, contohnya adalah membuat kolam penampungan atau polder.

b. Pola retensi yaitu menampung dan meresapkan air, contohnya adalah membuat sumur resapan atau kolam konservasi.

Berikut ini upaya pengelolaan drainase yang melibatkan aspek lingkungan dengan pola retensi, yaitu sumur resapan.

2.8.1 Konsep Sumur Resapan

Konsep dasar sumur resapan adalah sebagai suatu tempat yang dapat memberikan kesempatan pada air hujan yang jatuh di permukaan yang tertutup untuk masuk ke dalam sumur resapan dan menyerap ke tanah. Sumur resapan adalah sumur yang dibuat sebagai tempat penampungan air hujan berlebih agar memiliki waktu dan ruang untuk meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi (Suripin, 2004). Berdasarkan konsep tersebut, maka dimensi suatu sumur resapan suatu daerah pengaliran bergantung kepada beberapa faktor yaitu luas permukaan lahan penutup, curah hujan, nilai permeabilitas tanah dan tinggi muka air tanah.

Sumur resapan berupa sumur gali umumnya memiliki bentuk segi empat atau lingkaran dengan kedalaman tertentu. Sumur resapan digali dengan kedalaman di atas muka air tanah karena fungsinya untuk menyerapkan air dari dalam sumur ke tanah. Beberapa fungsi lai dari sumur resapan bagi kehidupan manusia antara lain sebagai berikut.

- Sebagai pengendali banjir dan genangan

  Salah saru fungsi sumur resapan adalah sebagai upaya menekan banjir. Penggunaan sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga dapat terhindar dari aliran permukaan yang berlebihan hingga menyebabkan genangan bahkan banjir.
- Konservasi air tanah

  Air hujan yang tertampung dan teresap ke tanah akan memperbaiki kondisi dan meningkatkan volume air tanah.
- Menekan laju erosi

  Penurunan aliran permukaan akan menyebabkan laju erosi menurun. Bila aliran permukaan menurun, tanah yang tergerus dan hanyut juga akan berkurang. Dampaknya aliran permukaan hujan kecil, erosi kecil dan endapan di saluran juga berkurang.

2.8.2 Syarat Umum Pembuatan Sumur Resapan

Berdasarkan Standart Nasional Indonesia No. 02-2453- 1991 Tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan (SRAH) untuk Lahan Perkarangan diperlukan persyaratan teknis pemilihan lokasi dan jumlah sumur resapan pada pekarangan, persyaratan teknik meliputi :

A. Umum

a. Dibuat pada lahan yang lolos air dan tahan longsor, bebas dari kontaminasi dan pencemaran limbah.
b. Untuk daerah dengan sanitasi lingkungan yang tidak baik hanya digunakan menampung air hujan dari talang, mempertimbangkan aspek hidrologi, geologi dan hidrologi.
c. Penempatan SRAH harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya dan peraturan daerah setempat serta disetujui oleh instansi berwenang.

B. Teknis

a. Sumur resapan harus dijauhkan dari tempat penimbunan sampah, *septic tank* dengan jarak minimal 5m yang diukur dari tepi, dan berjarak minimal 1m dari pondasi bangunan.
b. Kedalaman muka air tanah minimal 1,5 m saat musim hujan berlangsung. Sumur resapan berjarak maksimal 2 m dari permukaan air tanah.
c. Struktur tanah yang dapat digunakan harus memiliki nilai permeabilitas tanah lebih besar atau sama dengan 2 cm/jam.

Sedangkan persyaratan teknis pembuatan sumur resapan dari SNI No. 03-2453-2002 adalah, struktur tanah yang dapat digunakan harus mempunyai nilai permeabilitas tanah ≥ 2,0 cm/jam. Terdapat 3 klasifikasi nilai permeabilitas, yaitu sebagai berikut (Badan Standarisasi Nasional, 2002).

a. Permeabilitas tanah sedang, yaitu 2,0 – 3,6 cm/jam atau 0,48 – 0,864 m^3/m^2/hari
b. Permeabilitas tanah agak cepat, yaitu 3,6 – 36 cm/jam atau 0,864 – 8,64 m^3/m^2/hari
c. Permeabilitas tanah agak cepat, yaitu lebih besar dari 36 cm/jam atau lebih besar dari 8,64 m^3/m^2/hari

Bentuk dan ukuran bangunan sumur resapan air hujan ditetapkan sebagai berikut :

a. Sumur resapan air hujan berbentuk penampang lingkaran atau segi empat
b. Ukuran minimum sesi penampang atau garis tengah atau diameter adalah 0,8 meter
c. Ukuran maksimum sesi penampang atau garis tengah atau diameter adalah 1,4 meter
d. Ukuran pipa masuk adalah diameter 12,5 cm
e. Ukuran pipa pelimpah adalah diameter 12,5 cm
f. Ukuran kedalaman maksimum untuk sumur resapan tipe I adalah 1,5 meter
g. Ukuran kedalaman maksimum untuk sumur resapan tipe II adalah 3 meter;
h. Ukuran kedalaman maksimum untuk sumur resapan tipe III adalah sama dengan muka air tanah dan kedalamam minimum adalah 6 meter.

2.8.3 Perencanaan Pembuatan Sumur Resapan

Sumur resapan harus didesain secara detail agar mampu menampung air hujan yang berlebih. Perencanaan sumur resapan memperhitungkan beberapa hal yang mempengaruhi penentuan dimensi sumur resapan, antara lain berikut ini.

a. Lama hujan dominan

   Data lama hujan yang diperhitungkan sangat mempengaruhi kapasitas sumur resapan.

b. Intensitas hujan

   Setelah diketahui lama hujan, maka intensitas hujan, debit air hujan dan debit genangan dapat dihitung.

c. Kondisi air tanah

   Pada kondisi permukaan air tanah yang dalam, sumur resapan perlu didesain secara lebih luas. Sebaliknya, pada permukaan air tanah yang dangkal, sumur resapan kurang efektif dan tidak berfungsi dengan baik akibat pasang surut dan permeabilitas tanah yang rendah (Bachtiar, 2008).

d. Koefisien permeabilitas tanah

Angka koefisien permeabilitas tanah akan mempengaruhi kecepatan peresapan. Tanah yang mempunyai angka koefisien permeabilitas tinggi memiliki daya serap yang lebih besar.

Tabel 2.11 Laju Permeabilitas Tanah Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	**Klasifikasi**	**Laju Permeabilitas tanah (k)**	
		cm/detik	**cm/jam**
Lempung	Sangat lambat	3×10^{-6}	0,0108
Lanau	lambat	$4,5 \times 10^{-4}$	1,62
Pasir sangat halus	Agak Lambat	$3,5 \times 10^{-3}$	12,6
Pasir halus	Sedang	$1,5 \times 10^{-2}$	54
Pasir sedang	Agak cepat	$8,5 \times 10^{-2}$	306
Pasir kasar	Cepat	$3,5 \times 10^{-1}$	1.260
Kerikil kecil	Sangat cepat	3	10.800

Sumber : Sasrodarsono, 1994

e. Tata guna lahan

Tata guna lahan berpengaruh pada debit air yang mengalir ke saluran dan lokasi pembangunan sumur resapan. Lahan dengan koefisien pengaliran besar, maka pembangunan sumur resapan harus ditempatkan di daerah tersebut lebih banyak (Bachtiar, 2008).

f. Ketersediaan bahan

Perencanaan sumur resapan harus mempertimbangkan ketersediaan bahan-bahan yang terjangkau untuk didapatkan di daerahnya. Bahan sumur resapan untuk daerah perkotaan dapat berupa bata, beton, tangki fiberglass atau cetakan beton.

2.8.4 Konstruksi Sumur Resapan

Sumur resapan dapat berbentuk lingkaran atau bujur sangkar dan dapat diterapkan pada lahan yang datar dengan permukaan air tanah minimal 1,5 m dari muka tanah serta permeabilitas tanah ≥ 2 cm/jam. Pada dasarnya, sumur resapan dibuat dari berbagai macam bahan yang tersedia di lokasi dan disesuaikan dengan tipe sumur resapan yang dipilih.

Sumur resapan air hujan harus dibuat dengan konstruksi tahan terhadap tekanan tanah pada kedalaman tertentu. Beberapa tipe dan konstruksi sumur resapan air hujan (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

a. Tipe I kedalaman maksimim 1,5 meter

- Penutup sumur yang terdapat beban diatasnya dibuat dari plat beton bertulang tebal minimal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil. Sedangkan penutup tanpa beban di atasnya dapat dibuat dari plat beton tanpa tulang dengan campuran yang sama dan tebal 10 cm.
- Dinding sumur bagian atas diperbolehkan tanpa dinding penguat atau tanpa pasangan, namun antara batu isian dan dinding tanah diberi lapisan ijuk.
- Dinding sumur bagian bawah tanpa dinding penguat dengan catatan antara batu isian dengan dinding tanah diberi lapisan ijuk.
- Bahan isian sumur terbuat dari batu kali kosongan ukuran 20 cm seragam atau potongan batu merah ukuran ¼ batu.

b. Tipe II kedalaman maksimum 3 meter
   - Penutup sumur yang terdapat beban diatasnya dibuat dari plat beton bertulang tebal minimal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil. Sedangkan penutup tanpa beban di atasnya dapat dibuat dari plat beton tanpa tulang dengan campuran yang sama dan tebal 10 cm.
   - Dinding sumur bagian atas terbuat dari pasangan batu merah atau batako dengan campuran spesi 5 pasir, tebal ½ bata (±15 cm) tanpa diplester atau terbuat dari pipa beton tidak bertulang (buis beton) tebal 10 cm campuran 3 pasir : 4 kerikil.
   - Bahan isian sumur terbuat dari batu kali kosongan ukuran 20 cm seragam atau potongan batu merah ukuran ¼ batu.

c. Tipe III kedalaman maksimum adalah sama dengan muka air tanah dan kedalaman minimum 6 meter

   Tipe ini terbagi menjadi 2 tipe yaitu tipe IIIa dan IIIb. Perbedaan dari tipe tersebut yaitu pada alternatif jenis bahan dinding sumur resapan.bagian bawah.
   - Penutup sumur yang terdapat beban diatasnya dibuat dari plat beton bertulang tebal minimal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil. Sedangkan penutup tanpa beban di atasnya dapat

dibuat dari plat beton tanpa tulang dengan campuran yang sama dan tebal 10 cm.

- Dinding sumur bagian atas terbuat dari pasangan batu merah atau batako dengan campuran spesi 5 pasir, tebal ½ bata (±15 cm) tanpa diplester atau terbuat dari pipa beton tidak bertulang (buis beton) tebal 10 cm campuran 3 pasir : 4 kerikil.
- Dinding sumur bagian bawah untuk tipe IIIa dibuat tanpa dinding penguat namun antara batu isian dengan dinding tanah diberi lapisan ijuk. Sedangkan untuk tipe IIIb dinding bagian bawah terbuat dari bahan beton bertulang dan dibuat lubang dengan diameter 2-3 cm berjarak 20 cm dan diantara dinding dengan tanah diberi lapisan ijuk.
- Bahan isian sumur terbuat dari batu kali kosongan ukuran 20 cm seragam atau potongan batu merah ukuran ¼ batu.

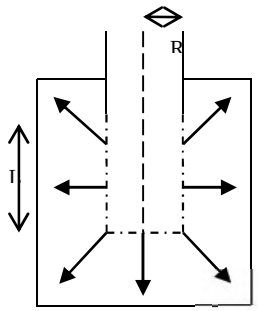
2.8.5 Analisis Teknis Sumur Resapan

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah yang dirumuskan dalam persamaan berikut (Sujanto, 1998).

$$Q_{sumur} = \frac{H.F.K}{1-e^{-\left(\frac{F.K.T}{Luas}\right)}} \qquad (2.47)$$

$$Qo = \frac{2\pi.L.K.H}{ln\left[\frac{L}{R}x\sqrt{1}+\left(\frac{L}{R}\right)^2\right]} \qquad (2.48)$$

Faktor Geometrik



$$F = \frac{Qo}{K.H} \qquad (2.49)$$

Dimana:

Q = Debit air masuk (m^3/detik)

H = Tinggi muka air dalam sumur (m)

F = Faktor geometrik (m)

K = Koefisien permeabilitas tanah (m/detik)

T = Waktu pengaliran (detik)

R = Diameter sumur (m)

2.9 Aspek Kelembagaan

2.9.1 Pengaturan Wewenang dan Tanggung Jawab

Penanganan pembangunan drainase dilakukan sejalan dengan pelaksanaan asas desentralisasi oleh pemerintah, tak terkecuali di bidang pekerjaan umum yang sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.14 Tahun 1987 mengenai penyerahan sebagian tugas Departemen Pekerjaan Umum kepada pemerintah daerah (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 1999).

- Peran Pemerintah Pusat
  a. Ditekankan kepada pembangunan drainase yang bersifat perintisan, antara lain pembangunan saluran primer dan komponen pokok (misalnya waduk, stasiun pompa, pintu pengendali air pasang) pada sistem drainase utama.
  b. Dalam rangka pengaturan dan pembinaan. Pusat menerbitkan pedoman, tata cara dan spesifikasi teknis yang berkaitan dengan proses perencanaan, pelaksanaan, operasi dan pemeliharaan sistem drainase utama.
- Peran Pemerintah Daerah (Kabupaten/Kota)

  Pada dasarnya, pemerintah daerah bertanggung jawab dalam perencanaan, pembangunan, operasi dan pemeliharaan sistem drainase utama.
- Peran serta Masyarakat

  Operasi dan pemeliharaan sistem drainase lokal menjadi tanggung jawab masyarakat perkotaan.

Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No.239/KPTS/1987 mengatur tentang Pedoman Umum mengenai Pembagian Tugas, Wewenang dan Tnaggung

Jawab Pengaturan, Pembinaan dan Pengembangan Drainase Kota sejalan dengan Peraturan Pemerintah No.14 Tahun 1987 bahwa tugas perencanaan, pengembangan dan pengelolaan drainase kota pada dasarnya merupakan tugas, wewenang dan tanggung jawab pemerintah daerah yang bersangkutan. Dalam rangka pelaksanaan tugas tersebut, maka Departemen Kimpraswil berwewenang untuk membantu pelaksanaan perencanaan dan pengembangan drainase perkotaan melalui program-program yang dibiayai bersama oleh Pemerintah Pusat, Provinsi dan Kabupaten/Kota (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 1999).

2.9.2 Analisis SWOT

SWOT merupakan alat yang dapat digunakan untuk analisis kualitatif. SWOT digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi pemerintah di dalam mengelola daerahnya. Analisis ini dapat didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan *(strengths)* dan peluang *(opportunities),* namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan *(weaknesses)* dan ancaman *(threats) (*Rangkuti, 2005*).*

Pola pikir sederhana strategi SWOT adalah ketika kita mengetahui kekuatan dan kelemahan diri sendiri (internal) maka peluang yang ada dapat diraih dan ancaman yang akan timbul bisa diantisipasi (eksternal). Faktor kekuatan dan kelemahan merupakan faktor internal sedangkan peluang dan ancaman merupakan faktor eskternal yang dihadapi oleh organisasi/instansi. Adapun yang dimaksud dengan faktor SWOT adalah sebagai berikut.

1. ***Faktor kekuatan*** adalah antara lain kompetensi yang terdapat dalam organisasi yang berakibat pada pemilikan keunggulan komparatif oleh suatu organisasi
2. ***Faktor kelemahan*** adalah keterbatasan/kekurangan dalam hal sumber keterampilan dan kemampuan yang menjadi penghalang serius bagi penampilan kinerja organisasi. Dalam praktek berbagai keterbatasan dan kekurangan kemampuan bisa terlihat pada sarana dan prasarana yang dimiliki/tidak dimiliki bahkan kemampuan manajerial yang rendah.
3. ***Faktor peluang*** adalah berbagai situasi lingkungan yang menguntungkan bagi suatu satuan organisasi. Yang dimaksud antara lain perubahan dalam

kondisi persaingan dan perubahan dalam peraturan dan perundang-undangan yang membuka bagi kesempatan baru dalam setiap kegiatan.

4. ***Faktor ancaman*** adalah merupakan kebalikan pengertian peluang, dengan demikian dapat dikatakan ancaman adalah faktor–faktor lingkungan yang tidak menguntungan bagi suatu satuan organisasi.

Analisis SWOT didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan dan peluang, namun secara bersama dapat meminimalkan kelemahan dan ancaman. Alat yang dipakai untuk menyusun faktor –faktor strategi organisasi adalah matriks SWOT, seperti pada Tabel 2.13.

Keterangan:

a) Strategi SO : Strategi ini dibuat dengan memanfaatkan seluruh kekuatan untuk membuat peluang sebesar-besarnya ;

b) Strategi ST : Strategi dalam menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman ;

c) Strategi WO : Strategi berdasarkan pemanfaatan peluang yang ada dengan cara meminimalkan kelemahan yang ada ;

d) Strategi WT : Strategi didasarkan pada kegiatan yang bersifat defensive dan berusaha meminimalkan kelemahan yang ada serta menghindari ancaman.

Tabel 2.12 Matriks Analisis SWOT

Analisis Lingk. Internal / **Analisis Lingk Ekstenal**	***Strength (S)*** Tentukan faktor-faktor internal kekuatan	***Weakness (W)*** Tentukan faktor-faktor kelemahan internal
Oppurtunities (O) Tentukan faktor-faktor peluang eksternal	**Strategi *(SO)*** Ciptakan strategi yang menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang	**Strategi *(WO)*** Ciptakan strategi yang meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang
Threath (T) Tentukan faktor-faktor ancaman eksternal	**Strategi *(ST)*** Ciptakan strategi yang menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman	**Strategi *(WT)*** Ciptakan strategi yang meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman

Sumber : Rangkuti, 2005

Prosedur rencana kerja dan teknik kegiatan SWOT dapat dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Langkah kegiatan persiapan

   Berupa persiapan dasar, pembuatan kerangka studi dan pembuatan rencana kerja

2. Langkah kegiatan survey

   Survey data instansional, berupa pengumpulan dan atau perekaman data, termasuk studi dan laporan terdahulu, gambar dan peta kondisi eksisting maupun rencana pengembangannya. Kegiatan ini lebih merupakan kegiatan pengumpulan data sekunder.

3. Langkah kegiatan kompilasi data

   Langkah ini lebih memfokuskan pada penyusunan *(compiling)* data yang tersistem dan terstruktur.

4. Langkah kegiatan kajian dan analisis

   – Identifikasi data baik berupa data primer maupun sekunder sesuai dengan SWOT.
   – Pembuatan skor atau pembobotan untuk komponen-komponen SWOT.
   – Pembuatan matrik. Setelah mengetahui kekuatan dan kelemahan dari faktor internal serta peluang dan ancaman dari faktor eksternal. Pemberian nilai rating untuk faktor kekuatan dan peluang bersifat positif (kekuatan dan peluang yang semakin besar diberi rating maksimal +4, tetapi jika kekuatan dan peluang kecil diberi rating minimal +1). Sedangkan kelemahan dan ancaman yang pengaruhnya sangat besar diberi rating 4 dan jika kelemahan dan ancaman pengaruhnya kecil ratingnya 1. Diagram posisi dinas/instansi seperti pada Gambar 2.1. Secara umum terdapat 4 (empat) posisi dan pilihan strategis pengembangan yaitu :

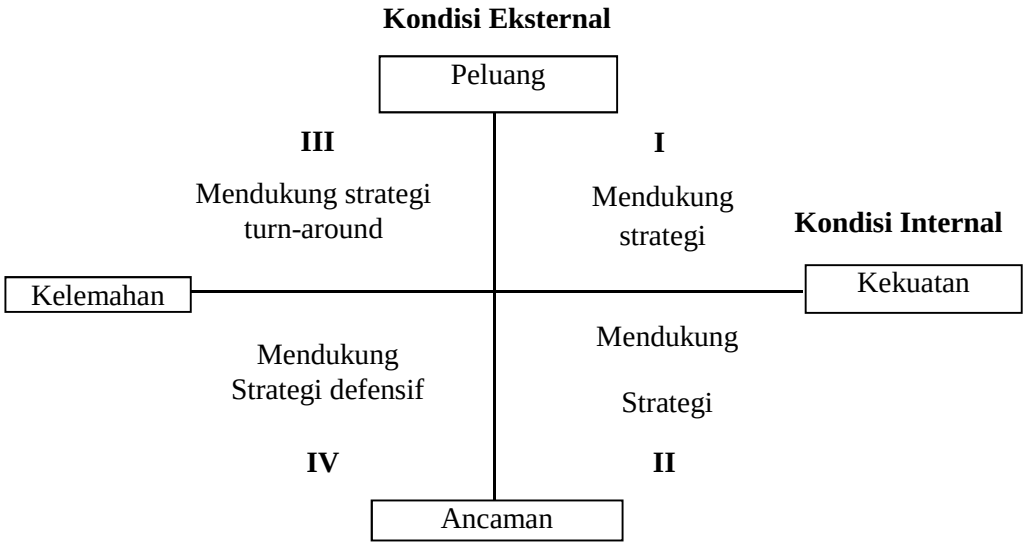
     Kuadran 1 : Merupakan situasi yang sangat menguntungkan, instansi tersebut memiliki peluang dan kekuatan sehingga dapat memanfaatkan peluang yang ada. Strategi yang harus diterapkan

dalam kondisi ini adalah mendukung kebijakan pertumbuhan yang agresif.

Kuadran 2 : Merupakan situasi yang menghadapi berbagai ancaman, tetapi instansi masih memiliki kekuatan dari segi internal. Strategi yang harus diterapkan adalah menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang jangka panjang dengan cara strategi diversifikasi.

Kuadran 3 : Instansi menghadapi peluang yang sangat besar, tetapi di lain pihak menghadapi beberapa kendala/kelemahan internal. Adapun fokus strateginya adalah meminimalkan masalah-masalah internal sehingga dapat merebut peluang yang lebih baik.

Kuadran 4 : Merupakan situasi yang tidak menguntungkan, instansi tersebut menghadapi berbagai ancaman dan kelemahan internal.



Gambar 2.3. Diagram Posisi Dinas/Instansi (Rangkuti, F., 2005)

- Menganalisis hasil matriks

5. Langkah kegiatan penentuan solusi, alternatif dan rekomendasi
   - Penyusunan rancangan sistem
   - Perumusan kebijaksanaan dasar: Penentuan fungsi, strategi dasar pengembangan dan pengelolaannya

- Penentuan dimensi biaya, waktu dan spasial mulai dari perencanaan, pelaksanaan, operasi dan pemeliharaan
- Pembahasan dalam forum diskusi, seminar, presentasi atau forum lainnya sehingga diperoleh: masukan untuk perbaikan serta aspirasi atau pendapat *stakeholders* terkait.

BAB 3
METODA PENELITIAN

3.1 Umum

Metoda penelitian merupakan cara pelaksanaan penelitian mulai dari awal hingga penyelesaian akhir. Metoda penelitian dilakukan untuk memudahkan pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan dengan mengetahui pendekatan pelaksanaan, tahapan-tahapan pelaksanaan kegiatan serta keterkaitan antar kegiatan di dalamnya. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan survey, sedangkan menurut tingkat penjelasannya merupakan penelitian deskriptif. Hal ini dilakukan untuk menggambarkan kondisi kinerja sistem drainase dalam berbagai hal yang mempengaruhinya serta menyusun strategi penanganan yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi. Tahapan kegiatan yang dilakukan adalah pengamatan, pendataan, analisis dan interpretasi data yang ada untuk mendapatkan solusi dengan menentukan indikasi permasalahan, serta menetapkan standar ideal dan korelasinya.

Data-data kualitatif yang digunakan berasal dari informasi responden yang menjadi obyek perencanaan. Sedangkan data yang bersifat kuantitatif berupa angka-angka atau hitungan yang diolah berdasarkan informasi dari lembaga terkait, badan pengelola serta fakta-fakta hasil survey lapangan yang diperoleh selama proses penelitian.

3.2 Alur Penelitian

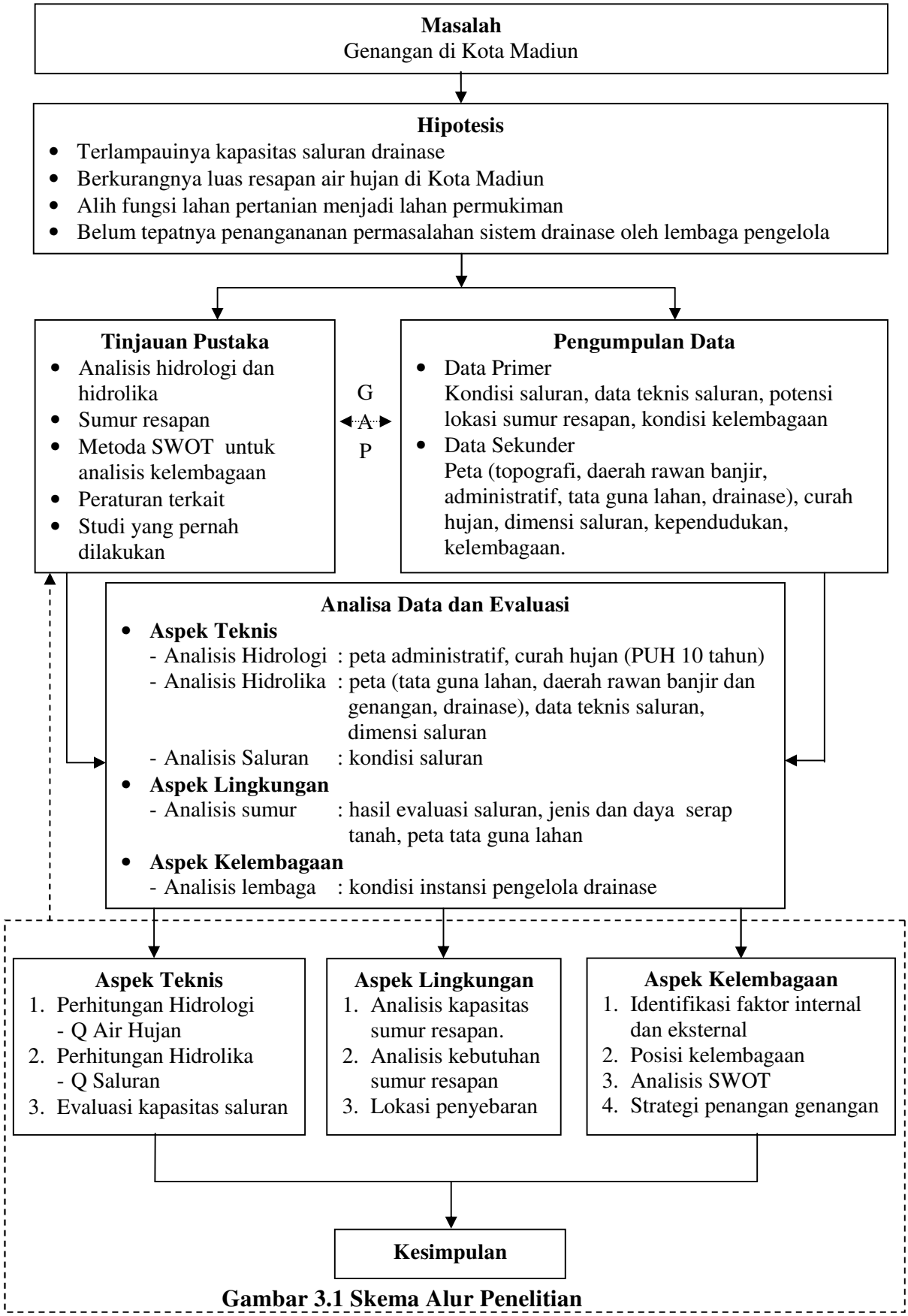
Secara skematis, metoda perencanaan dapat dilihat pada skema Gambar 3.1.

Keterangan :

——————► Arah dan tahapan kegiatan

- - - - - - - - - - ► Mengacu pada

◄·····► Perbandingan



Gambar 3.1 Skema Alur Penelitian

3.3 Tahap Perencanaan

3.3.1 Tahap Persiapan

Dalam tahap persiapan ini dilakukan kegiatan-kegiatan dasar yang bersifat pendahuluan permasalahan secara teoritis, antara lain:

a. Identifikasi dan perumusan masalah

   Melakukan identifikasi dan perumusan masalah berdasarkan berbagai fakta yang terjadi pada sistem drainase primer Kota Madiun.

b. Perumusan tujuan penelitian

   Merumuskan tujuan penelitian untuk memberikan solusi dari masalah yang sudah dirumuskan.

c. Melakukan kajian pustaka

   Melakukan kajian pustaka mengenai seluruh literatur yang mendukung untuk pengumpulan data, pengolahan data, interpretasi dan evaluasi data hingga kesimpulan.

3.3.2 Pengumpulan Data

Garis besar kegiatan pengumpulan data yang dilakukan meliputi:

a. Survey Instansional

   Melakukan pengumpulan data dari dinas/instansi/lembaga yang terkait dengan studi ini. Hasilnya adalah uraian fakta dan informasi dalam bentuk deskripsi, angka dan peta.

b. Survey Lapangan

   Menguji data dan informasi yang diperoleh dari intansi terkait dan hasil pengamatan di lapangan untuk mengetahui kondisi sistem jaringan drainase yang faktual. Sedangkan data-data yang diperlukan untuk perencanaan ini meliputi data primer dan data sekunder.

   i. Data Primer

   a) Melakukan pengamatan, pengukuran dan mendokumentasikan hal-hal yang ada di lapangan antara lain, lebar atas, lebar bawah dan kedalaman saluran, endapan saluran, titik limpasan air hujan terjauh, kondisi saluran drainase dan lokasi yang potensial untuk penempatan sumur resapan.

b) Melakukan wawancara kepada pengelola saluran drainase yaitu Dinas Pekerjaan Umum untuk mengetahui kondisi instansi yang berhubungan dengan pengelolaan sistem drainase di wilayah studi.

ii. Data Sekunder

a) Peta topografi, peta daerah rawan genangan, peta administratif, peta arah aliran, peta rencana tata guna lahan atau peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Madiun tahun 2010-2030 yang diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangungan Daerah.

b) Data teknis sistem jaringan drainase, profil hidrolis, dimensi saluran, debit, kecepatan aliran dan peta drainase primer yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum.

c) Data curah hujan selama 10 tahun dari lima (3) stasiun hujan di Kota Madiun yaitu stasiun hujan yang terletak di Kantor Madiun, Pabrik Gula Rejo Agung dan belakang kantor PLN Klegen dari UPT Dinas Pengairan dan Sumber Daya Air Wilayah Madiun.

Secara detail jenis data, kegunaan dan sumber, dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Data Sekunder yang Dibutuhkan

Jenis Data	Kegunaan Data	Sumber Data
Peta tata guna lahan tahun 2010-2030	Rencana pembangunan kota dan peruntukannya untuk menghitung koefisien pengaliran Menentukan lokasi yang potensial untuk penempatan sumur resapan	RTRW dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun
Peta administratif	Acuan dalam menghitung jarak limpasan terjauh.	RTRW dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun
Curah hujan 10 tahun	Menghitung intensitas hujan rata-rata daerah yang turun di wilayah studi	UPTD PSDA dari stasiun hujan di Kantor Madiun, Pabrik Gula Rejo Agung dan Klegen

Jenis Data	Kegunaan Data	Sumber Data
Sistem drainase, data teknis dan dimensi saluran	Menghitung kapasitas saluran eksisting dan mengetahui fungsi pompa dan pintu air	Dinas Pekerjaan Umum Bidang Cipta Karya
Muka air tanah, jenis tanah dan daya serap tanah	Menentukan kedalaman sumur resapan dan menghitung kebutuhan sumur resapan	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun dan literatur penelitian laju resapan tanah
Kondisi kelembagaan	Mengevaluasi posisi kelembagaan dan menentukan strategi penanganan permasalahan pada sistem drainase menggunakan metode SWOT	Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun

Sumber : Hasil Analisis

3.3.3 Kegiatan Analisis

a. Pengolahan Data

Data yang terhimpun kemudian diinterpretasikan. Kegiatan ini dilakukan untuk memudahkan dalam menganalisa.

b. Metode Analisis

Analisa data meliputi kegiatan menyajikan dan mengorganisasi data ke dalam suatu susunan berupa tabel, grafik dan gambar, kemudian menghitungnya untuk menginteroretasikan data yang diperoleh. Analisis yang dilakukan meliputi;

1. Aspek Teknis

   Meliputi kegiatan analisis yang terdiri dari perhitungan hidrologi perhitungan hidrolika dan evaluasi kapasitas saluran.

2. Analisis Lingkungan

   Meliputi analisa kebutuhan sumur resapan sebagai upaya pengendalian debit genangan. Sebelum menganalisa kebutuhannya, dilakukan pengumpulan data sekunder berupa tinggi muka air tanah untuk mengetahui kedalaman yang cukup tersedia untuk pembangunan dan jenis tanah untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menyerap air hujan.

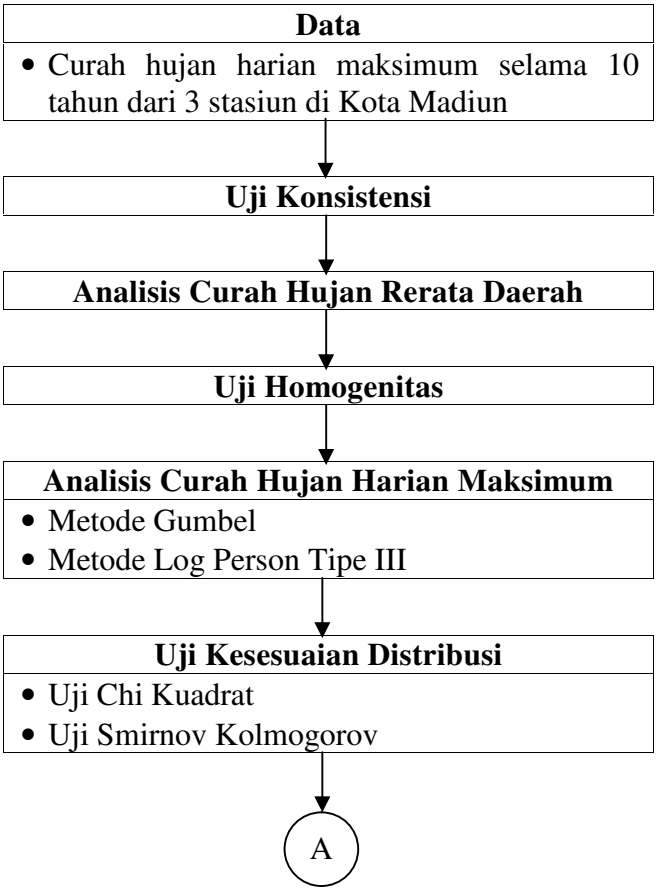
3. Aspek Kelembagaan

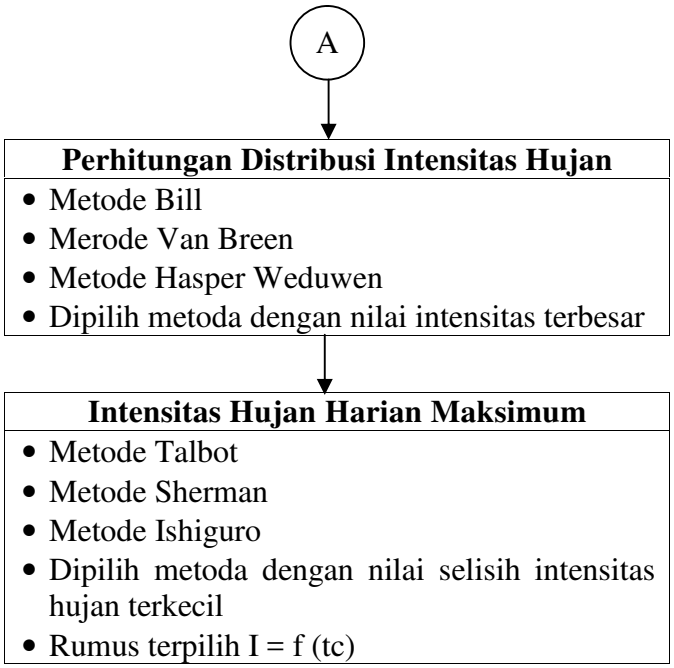
   Mengevaluasi kondisi kelembagaan menggunakan metoda SWOT dengan mengidentifikasi Sumber Daya Manusia (SDM) dan organisasi pengelola saluran drainase, upaya pengendalian genangan dan pemeliharaan saluran drainase primer di wilayah studi. Selain itu merumuskan strategi penanganan genangan di wilayah studi.

Secara skematis, kegiatan analisis di atas dapat dilihat pada gambar berikut.

A. Analisis Aspek Teknis

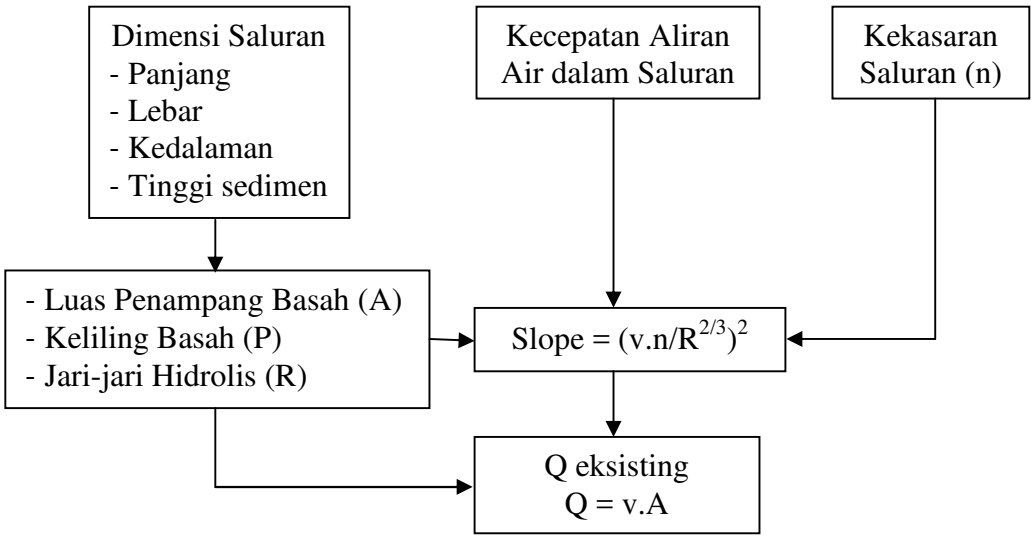
PERHITUNGAN ANALISIS HIDROLOGI





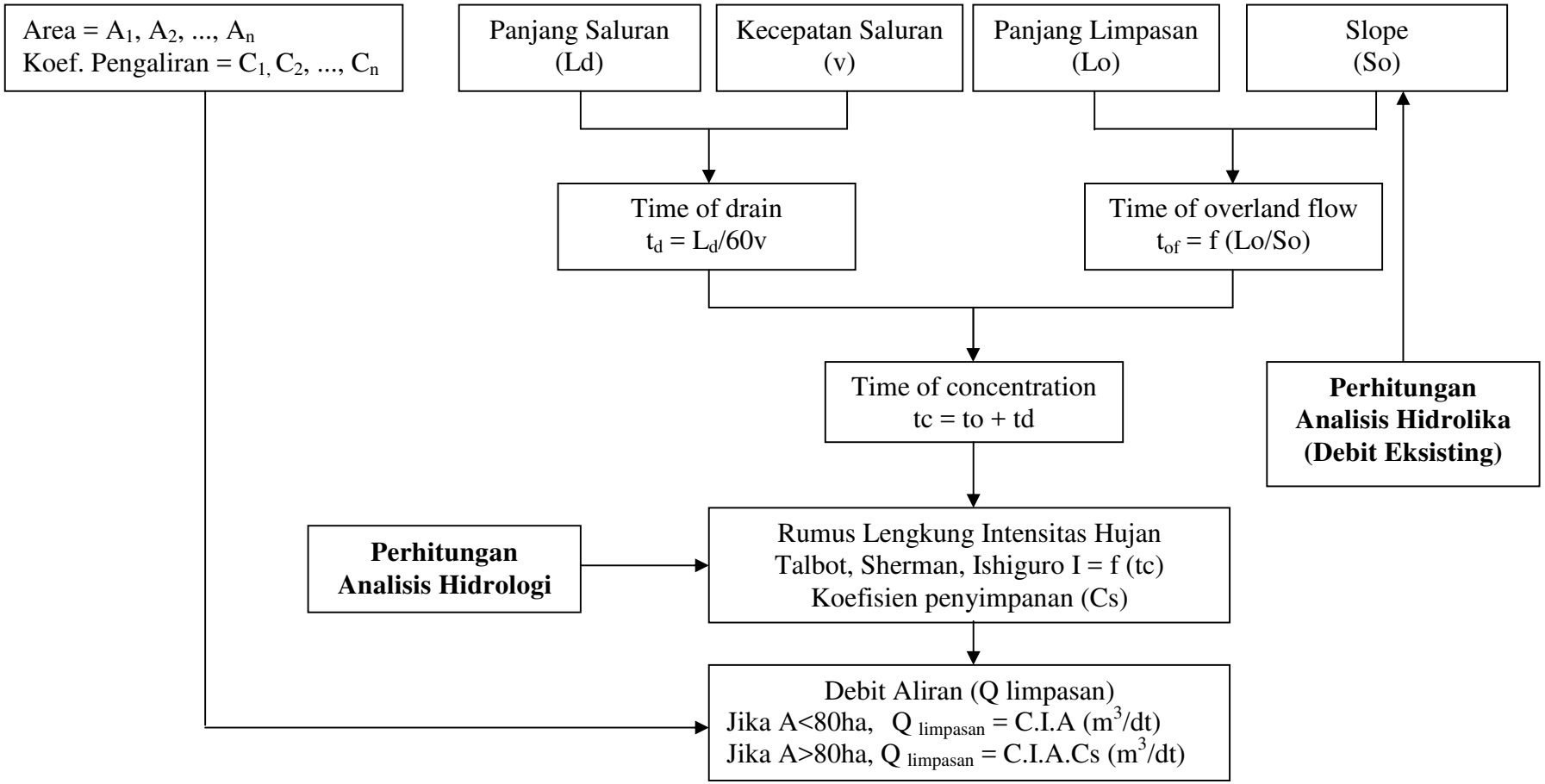
Gambar 3.2 Skema Tahap Analisis Aspek Teknis Hidrologi

PERHITUNGAN ANALISIS HIDROLIKA (DEBIT EKSISTING)



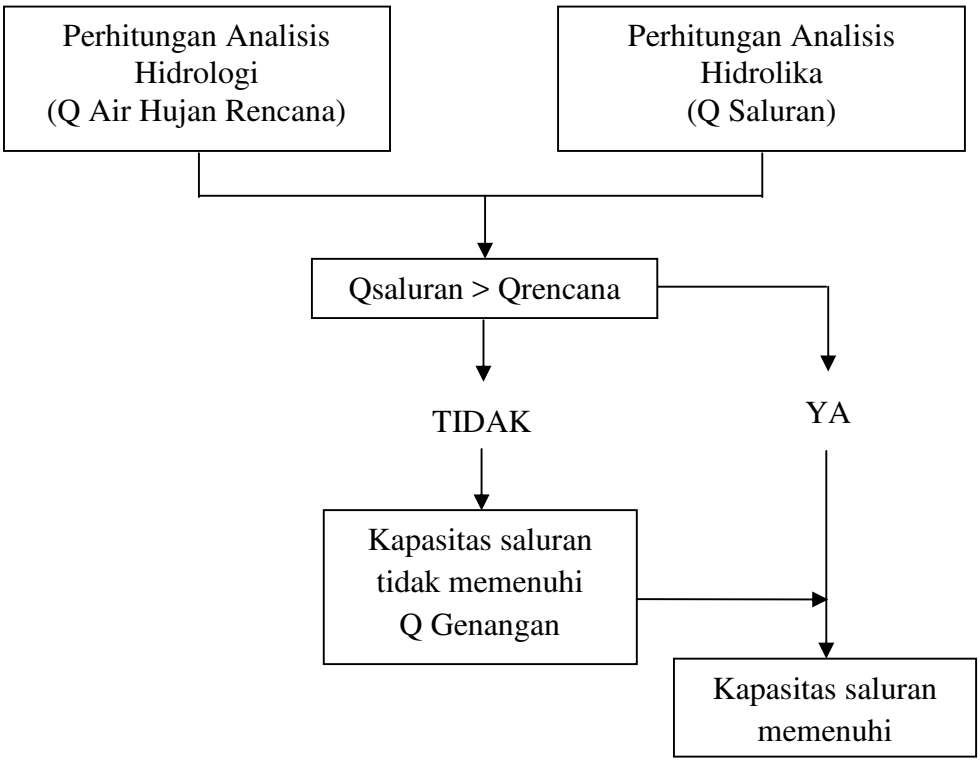
Gambar 3.3 Skema Tahap Analisis Aspek Teknis Hidrolika Debit Eksisting

PERHITUNGAN ANALISIS HIDROLIKA (DEBIT LIMPASAN AIR HUJAN)



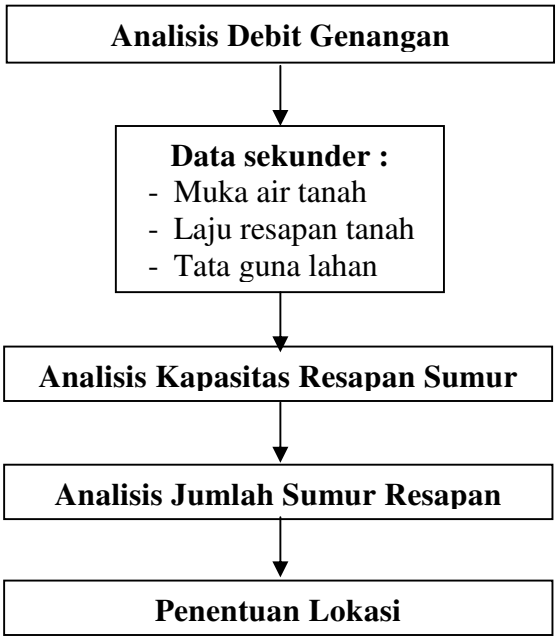
Gambar 3.4 Skema Tahap Analisis Aspek Teknis Hidrolika Debit Limpasan Air Hujan

PERHITUNGAN ANALISIS SALURAN DAN EVALUASI



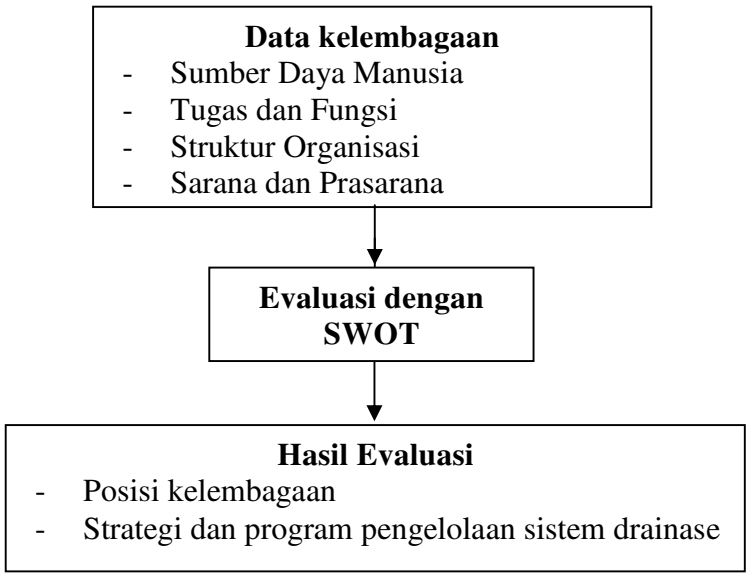
Gambar 3.5 Skema Tahap Analisis Aspek Teknis

B. Analisis Aspek Lingkungan



Gambar 3.6 Skema Tahap Analisis Aspek Lingkungan

C. Analisis Aspek Kelembagaan



Gambar 3.7 Skema Tahap Analisis Kelembagaan

3.3.4 Penyusunan Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan evaluasi yang telah dilakukan, maka disusun kesimpulan dari keseluruhan perencanaan yang dilakukan dan disusun saran berdasar hasil analisis dan kondisi yang ada saat ini. Kesimpulan mengenai hal berikut.

- Evaluasi kondisi teknis sistem drainase primer Kota Madiun meliputi :
    - Debit air hujan rencana dan debit eksisting saluran
    - Evaluasi kapasitas saluran dan potensi debit genangan
- Evaluasi pemanfaatan daya serap tanah untuk menanggulangi genangan
    - Kebutuhan jumlah sumur resapan dalam menampung debit genangan.
    - Lokasi penyebaran sumur resapan
- Analisis kondisi kelembagaan pengelola drainase primer Kota Madiun yaitu Dinas Pekerjaan Umum yang meliputi :
    - Posisi kelembagaan
    - Strategi pengelolaan yang dapat diterapkan
- Saran terhadap pembaca mengenai keberlanjutan penelitian ini yang dapat lebih dikembangkan.

BAB 4
GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN

4.1 Geografis, Administratif, dan Kondisi Fisik

Kota Madiun merupakan Kota Sedang di wilayah pemerintahan Provinsi Jawa Timur bagian barat yang mempunyai letak strategis. Kota Madiun juga menjadi perlintasan transportasi darat utama antar Provinsi di pulau Jawa, diantaranya dilewati jalur Surabaya – Madiun – Yogyakarta - Jawa Tengah – Jawa Barat – Jakarta yang dapat dijangkau dengan transportasi bus maupun kereta api. Kota Madiun terletak pada 111°BT-112°BT dan 7°LS-8°LS dan berbatasan langsung dengan Kecamatan Madiun di sebelah utara, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Geger, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Wungu dan sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Jiwan. Kota Madiun terletak pada ketinggian 60m – 75m di atas permukaan laut dengan kemiringan rata-rata 2% atau dapat dikatakan relatif datar, dapat dilihat dalam peta topografi terlampir pada Lampiran I No. Gambar 1.

Luas wilayah administratif Kota Madiun sebesar 33,23 km^2 yang terbagi dalam 3 kecamatan dan 27 kelurahan, yaitu Kecamatan Manguharjo, Kecamatan Taman dan Kecamatan Kartoharjo. Kecamatan Manguharjo memiliki luas wilayah administrasi seluas 10,04 km^2 atau 30,21% terhadap luas total Kota Madiun dan luas wilayah terbangun seluas 6,05 km^2 atau 18,21% terhadap luas total kota Madiun. Luas tiap kecamatan di Kota Madiun dan wilayah administrasi disajikan dalam Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Peta administrasi disajikan dalam Lampiran I No. Gambar 2.

Tabel 4.1 Luas Tiap Kecamatan di Kota Madiun

Kecamatan	Jumlah Kelurahan	Luas Wilayah Administrasi		Luas Wilayah Terbangun	
		(ha)	(%) thd total	(ha)	(%) thd total
Manguharjo	9	1.004	30,21	605,00	18,21
Taman	9	1.246	37,50	1.215	36,58
Kartoharjo	9	1.073	32,29	633	19,05
Jumlah	**27**	**3.323**	**100,00**	**2.453**	**73,83**

Sumber : Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2012

Tabel 4.2 Daftar Kelurahan pada Tiap Kecamatan di Kota Madiun

Kartoharjo	Manguharjo	Taman
Kelurahan Kelun	Kelurahan Winongo	Kelurahan Banjarejo
Kelurahan Tawangrejo	Kelurahan Sogaten	Kelurahan Demangan
Kelurahan Kanigoro	Kelurahan Ngegong	Kelurahan Kuncen
Kelurahan Klegen	Kelurahan Patihan	Kelurahan Josenan
Kelurahan Oro Oro Ombo	Kelurahan Madiun Lor	Kelurahan Pandean
Kelurahan Sukosari	Kelurahan Manguharjo	Kelurahan Taman
Kelurahan Kartoharjo	Kelurahan Nambangan Lor	Kelurahan Kejuron
Kelurahan Pilangbango	Kelurahan Nambangan Kidul	Kelurahan Manisrejo
Kelurahan Rejomulyo	Kelurahan Pangongangan	Kelurahan Mojorejo

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Madiun, 2014

4.2 Kondisi Iklim

Sebagai daerah tropis, Kota Madiun memiliki iklim yang sama dengan seluruh wilayah lain di Indonesia yaitu musim kemarau sekitar bulai Mei hingga Oktober, dan mengalami musim penghujan antara bulan November hingga April. Suhu udara rata-rata di seluruh Kota Madiun berkisar antara 20^0C – 35^0C dengan kelembaban nisbi udara berkisar 78%. Curah hujan di wilayah ini memiiki lama hari hujan rata-rata tahunan sekitar 100 hari dan besarnya curah hujan 2.000-2.500 mm/tahun, berdasarkan pemantauan dari 3 stasiun pengukur curah hujan yaitu di Pabrik Gula Rejo Agung, Kantor Madiun dan Klegen.

4.3 Sistem Drainase

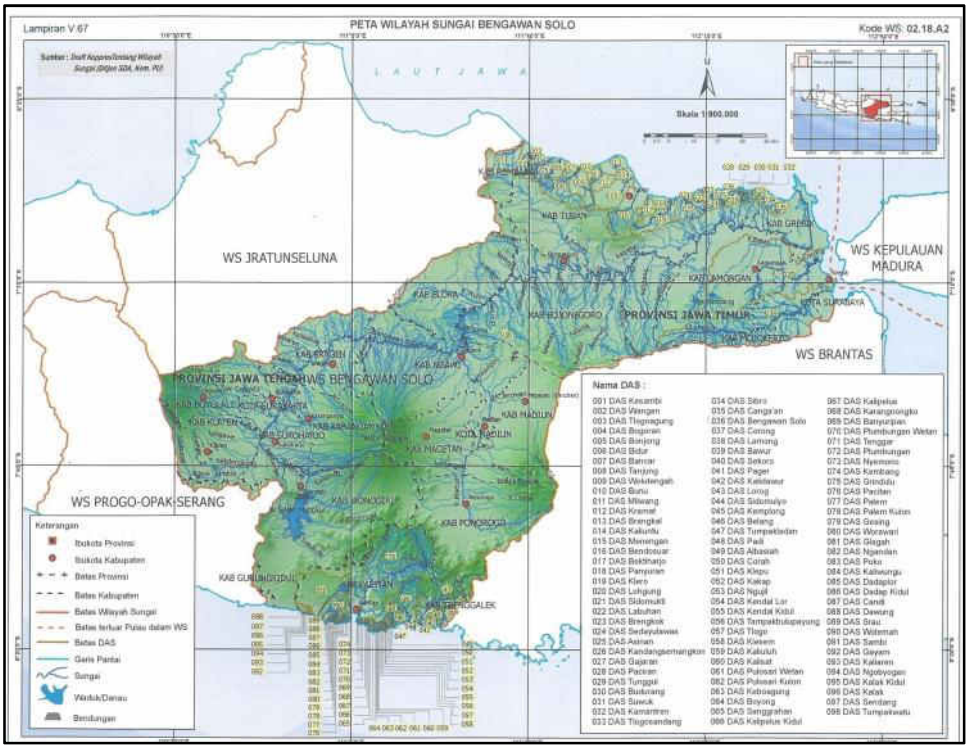
Sistem drainase primer di Kota Madiun menggunakan sistem gravitasi dan sistem pemompaan dengan panjang total saluran primer 59 km. Pengelolaan drainase Kota Madiun dibantu dengan tersedianya 8 rumah pompa yang sekaligus berfungsi sebagai pengendali banjir. Kota Madiun juga menggunakan pompa *mobile* sebagai pengendali debit genangan untuk beberapa kawasan yang membutuhkan penanganan secepatnya. Sistem drainase Kota Madiun terdiri dari badan penerima air dari saluran drainase yaitu Sungai Madiun, saluran primer, sekunder dan tersier dengan lebih dari 5 sistem drainase primer. (Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun, 2016). Sistem drainase Kota Madiun dapat dilihat pada Lampiran I No. Gambar 3.

Semua aliran saluran drainase di Kota ini mengalir ke Sungai Madiun, karena memang Kota Madiun termasuk dalam Wilayah Pengaliran Sungai

Madiun yang mana Sungai Madiun ini termasuk dalam Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo.

Hulu Sungai Madiun terletak di Kabupaten Ponorogo mengalir melewati Kota Madiun dengan hilir yang terletak di Kabupaten Ngawi. Jarak Sungai Madiun yang melewati Kota Madiun dengan jarak titik pertemuan antara Sungai Madiun dengan Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Ngawi adalah ±46,6 km. Level muka air Sungai Madiun berada pada ketinggian +68 – 73,4 m di atas permukaan air laut (Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo Unit Operasional dan Pemeliharaan Kali Madiun, 2015). Sedangkan level muka air yang berada di pertemuan Sungai Bengawan Solo dan Sungai Madiun adalah +42,5 m di atas permukaan air laut (Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2015). Data tersebut menyatakan bahwa jarak antara Sungai Madiun di Kota Madiun dengan Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Ngawi relatif cukup jauh. Selain itu, elevasi muka air banjir Sungai Bengawan Solo lebih rendah 25,5 – 30,9 meter, sehingga Sungai Madiun yang terletak di Kota Madiun tidak terpengaruh debit banjir dari Sungai Bengawan Solo.

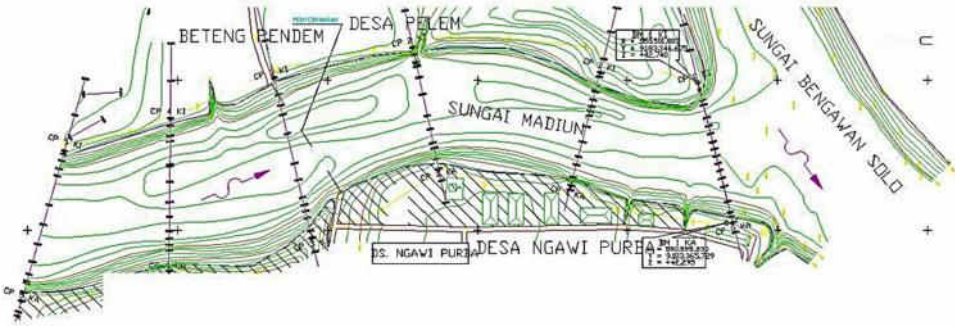
Letak Sungai Madiun terhadap Sungai Bengawan Solo dan peta *long section* kedua Sungai tersebut disajikan dalam Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Setiap saluran primer di Kota Madiun yang bermuara di Sungai Madiun difasilitasi dengan pintu air dan rumah pompa. Pintu air ini digunakan untuk menutup aliran dari saluran primer ke Sungai Madiun ketika level muka air Sungai Madiun lebih tinggi dari muka air saluran primer untuk menghindari aliran balik dari Sungai Madiun. Sedangkan pompa digunakan untuk memompa air di saluran primer yang tidak dapat mengalir ke Sungai Madiun akibat penutupan pintu air. Dokumentasi setiap rumah pompa di Kota Madiun terdapat pada lampiran II. Wilayah kajian sistem drainase meliputi saluran drainase primer di Kota Madiun. Untuk lebih jelas mengenai saluran drainase primer di Kota Madiun dapat dilihat di Tabel 4.3.



Gambar 4.1 Letak Sungai Madiun terhadap Sungai Bengawan Solo

Titik Sungai Madiun bagian Tengah Masuk ke Kota Madiun

Titik Pertemuan Sungai Madiun bagian Hilir dengan Sungai Bengawan Solo



Gambar 4.2 Long Section Sungai Madiun di Kota Madiun dan di Kabupaten Ngawi

Tabel 4.3 Saluran Primer dan Saluran Sekunder di Kota Madiun

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	Panjang (km)
1	Saluran Slarangan	Primer	2,375
2	Saluran Semar Mendem	Primer	2,800
3	Saluran Terate	Primer	12,720
4	Saluran Banjarejo	Primer	3,557
5	Saluran Mojorejo	Primer	1,090
6	Saluran Klegen	Primer	1,550
7	Saluran Pelitatama	Primer	2,220
8	Saluran Rejomulyo	Primer	1,602
9	Saluran Maling	Primer	1,032
10	Saluran Manisrejo	Primer	4,310
11	Saluran Kanigoro	Primer	1,470
12	Saluran Pilangbango	Primer	2,448
13	Saluran Sono	Primer	1,362
14	Saluran Nila	Primer	0,912
15	Saluran Nambangan Kidul	Primer	1,600
16	Saluran Nambangan Lor	Primer	2,200
17	Saluran Sumber Umis	Primer	1,370
18	Saluran Kartini	Primer	1,015
19	Saluran Pasar Sepuh	Primer	0,500
20	Saluran Madiun Lor	Primer	1,475
21	Saluran Patihan Lor	Primer	0,435
22	Saluran Manguharjo	Primer	0,772
23	Saluran Winongo	Primer	1,819
24	Saluran Ngegong	Primer	0,902

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun, 2016

4.4 Geologi dan Air Tanah

Kondisi geologi Kota Madiun memiliki jenis tanah alluvial. Jenis tanah aluvial ini memiliki potensi kandungan mineral dan organisme yang cukup tinggi karena tanah tersebut merupakan campuran dari tanah liat dengan pasir halus berwarna hitam kelabu. Selain itu tanah ini memiliki daya penahan dan daya serap air yang cukup baik. Kedalaman efektif tanah di Kota Madiun sebagian besar pada kedalaman di atas ± 90 cm. Sumber air di Kota Madiun berasal dari sumber air dangkal dengan kedalaman sekitar 15 meter, sumber air artesis terdapat pada kedalaman ± 90 meter (Badan Pembangunan dan Perencanaan Daerah Kota Madiun, 2015).

4.5 Wilayah Rawan Banjir dan Genangan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional, kriteria kawasan rawan banjir adalah kawasan yang diidentifikasikan sering dan/atau berpotensi tinggi mengalami bencana alam banjir. Bencana alam yang potensial terjadi di Kota Madiun adalah banjir, sehingga ditetapkan kawasan rawan bencana alam wilayah ini adalah kawasan rawan banjir. Untuk peta rawan banjir di kecamatan ini dapat dilihat pada Lampiran I No. Gambar 4. Kawasan rawan banjir di Kota Madiun meliputi sebagai berikut.

1. Sekitar Sungai Madiun yang meliputi 7 kelurahan yang terletak di Kecamatan Manguharjo yaitu Kelurahan Patihan, Kelurahan Sogaten, Kelurahan Madiun Lor, Kelurahan Pangongangan, Kelurahan Manguharjo, Kelurahan Nambangan Lor, dan Kelurahan Nambangan Kidul.
2. Sekitar pertemuan Saluran Sono, Saluran Pelita Tama, dan Saluran Nila yang meliputi 3 kelurahan yaitu Kelurahan Rejomulyo, Kelurahan Kelun, dan Kelurahan Tawangrejo (Kelompok Kerja Sanitasi Kota Madiun, 2013).

4.6 Kejadian Genangan dan Banjir di Kota Madiun

Banjir dan genangan yang pernah terjadi di Kota Madiun terjadi di sekitar pertemuan Saluran Sono, Saluran Pelita Tama dan Saluran Nila. Debit dari saluran drainase perkotaan di Kecamatan ini tidak mampu mengalir ke Saluran Sono atau Sungai Madiun karena elevasi muka air di sungai lebih tinggi dari muka air di saluran (Dinas Pekerjaan Umum, 2016). Berikut rekap data kejadian banjir dan genangan dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun.

Tabel 4.4 Kejadian Banjir dan Genangan di Kota Madiun

Lokasi	Tahun Kejadian	Luas (ha)	Jumlah Kejadian	Durasi (jam)	Tinggi (cm)
Kartoharjo	2008[a]	17	2	8	30-60
Tawangrejo	2008[a]	20	2	4	30-50
Oro-Oro Ombo	2008[a]	20	1	5	30-60
Kec. Kartoharjo	2010[b]	15-30	2	-	-
Kec. Kartoharjo	2012[b]	16	1	-	-
Kec. Kartoharjo	2013[b]	18-60	4	-	-

Lokasi	Tahun Kejadian	Luas (ha)	Jumlah Kejadian	Durasi (jam)	Tinggi (cm)
Kec. Kartoharjo	2014[b]	8-28	3	-	-
Kec. Kartoharjo	Februari 2015[b]	4	1	-	-

Sumber : [a]Badan Perencanaan dan Pengembangan Kota Madiun, 2008
[b]Unit Pelaksana Teknis Pengairan dan Sumber Daya Air Wilayah Madiun, 2015

4.7 Kondisi Saluran Primer di Kota Madiun

Sebagian besar kondisi sistem drainase primer di Kota Madiun dibangun dengan bentuk trapesium menggunakan jenis plengsengan batu kali. Sebagian besar, kondisi fisik bangunan saluran primer di Kota ini masih baik, namun terdapat beberapa titik saluran primer dengan kondisi rusak akibat akar pohon yang tumbuh. Sedangkan kondisi fisik di dalam saluran primer, rata-rata saluran terdapat endapan tanah yang terbawa dari limpasan air. Endapan ini menjadi media tanaman air untuk tumbuh. Selain itu beberapa titik saluran terdapat tanaman dari pinggir saluran yang roboh dalam posisi melintang ke saluran.

Pada musim kemarau atau ketika tidak ada hujan dalam beberapa hari, tidak ada air mengalir di saluran meskipun saluran ini juga menampung debit air kotor. Debit air kotor yang terlalu kecil dari saluran sekunder telah terserap oleh sedimen di saluran primer sehingga seolah-olah tidak ada air di dalam saluran primer meskipun saat kemarau atau tidak ada hujan. Suatu saluran primer ini sebagian besar memiliki dimensi saluran yang sama, meskipun terdapat perbedaan dimensi pada titik titik tertentu seperti pada belokan saluran. Rata-rata lebar saluran primer hulu menuju saluran primer hilir semakin membesar.

Kondisi fisik dan dimensi sepanjang saluran didapatkan dari data primer hasil survey tiap saluran primer dalam satu sistem drainase primer di Kota Madiun. Hasil survey lapangan disajikan dalam Bab 5 Pembahasan sedangkan dokumentasi survey disajikan pada Lampiran II.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 5
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dari kondisi eksisting yang dipaparkan pada Bab 4, selanjutnya perlu dilakukan analisis secara teknis, lingkungan dan kelembagaan. Analisis aspek teknis untuk mengetahui kapasitas saluran, analisis lingkungan untuk mengetahui potensi penanggulangan dengan memanfaatkan lingkungan setempat, analisis aspek kelembagaan untuk mengetahui posisi lembaga dan strategi pengelolaan oleh *stakeholder*.

5.1 Analisis Aspek Teknis

5.1.1 Analisis Hidrologi

Analisis ini bertujuan menghitung curah hujan rencana pada Periode Ulang Hujan tertentu. Dalam menentukan curah hujan rencana, dilakukan berbagai uji antara lain uji konsistensi, uji homogenitas dan uji kesesuaian distribusi. Uji konsistensi dilakukan untuk menjamin konsistensi data curah hujan. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui tingkat homogenitas data curah hujan. Uji kesesuaian distribusi untuk mengetahui distribusi data curah hujan rencana sesuai atau tidak dengan parameter yang ditentukan. Berikut ini data curah hujan yang didapat dari stasiun penakar hujan di Kota Madiun.

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Maksimum Harian Tiap Stasiun

No	Tahun	Stasiun Penakar Curah Hujan		
		Kantor Madiun (ST.1) mm	Klegen (ST.2) mm	Rejoagung (ST.3) mm
1	2005	150	110	81
2	2006	100	81	80
3	2007	122	133	122
4	2008	112	115	140
5	2009	97	85	100
6	2010	115	86	120
7	2011	144	100	110
8	2012	100	114	90
9	2013	158	109	87
10	2014	60	62	54

Sumber : Unit Pelaksana Teknis Pengairan Sumber Daya Air, 2016

Pada Tabel 5.1 menunjukkan nilai curah hujan hari maksimum selama 10 tahun terakhir (tahun 2005 hingga 2014) di tiga stasiun penakar hujan yang ada di Kota Madiun. Data yang diambil adalah data curah hujan harian maksimum yang ada dalam satu tahun, agar evaluasi kapasitas saluran berlaku saat hujan turun dalam curah yang maksimum.

5.1.1.1 Analisis Uji Konsistensi

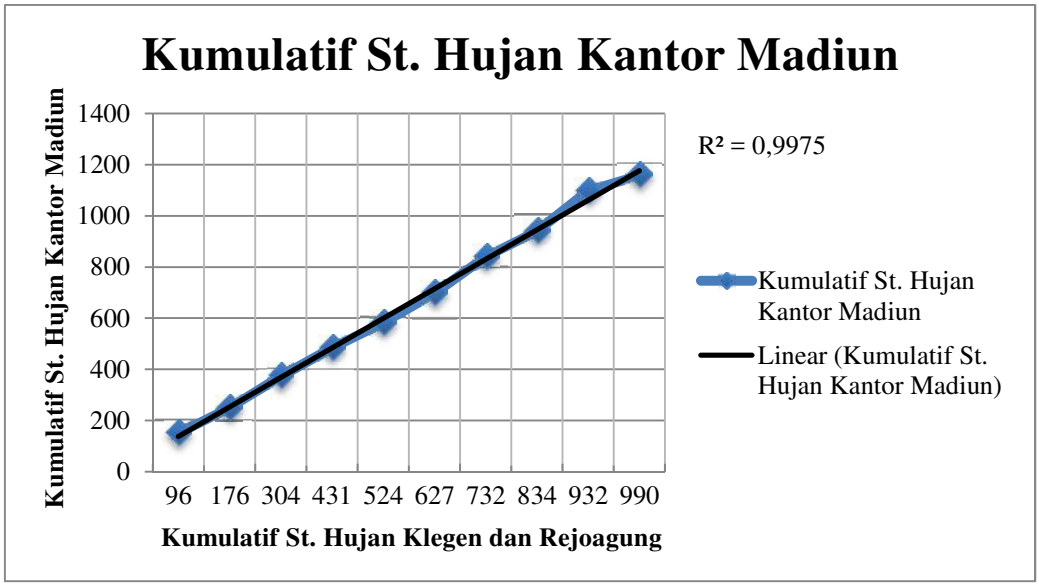
Uji konsistensi digunakan untuk mengetahui keakuratan data yang diperoleh dari lapangan sebelum data digunakan dalam analisis data curah hujan. Uji yang dilakukan adalah Uji Kurva Massa Ganda terhadap tiga stasiun penakar hujan yang ada agar tidak terjadi penyimpangan data.

Dari data curah hujan yangdisajikan dalam Tabel 5.1, dilakukan uji konsistensi dan hasil uji konsistensi data hujan pada masing-masing stasiun penakar hujan disajikan dalam Tabel 5.2 hingga Tabel 5.4 serta Gambar 5.1 hingga Gambar 5.3. Hasil uji ini menyatakan bahwa data dari setiap stasiun penakar hujan adalah konsisten sehingga dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Tabel 5.2 Analisis Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Kantor Madiun Terhadap 2 Stasiun Hujan Lainnya

No	Tahun	Data Curah Hujan di ST.1	Kumulatif	Rerata Data ST.2 dan ST.3	Kumulatif
		mm	mm	mm	mm
a	b	c	d=dn+(cn+1)	e	f = fn+(en+1)
1	2005	150	150	95,5	95,5
2	2006	100	250	80,5	176,0
3	2007	122	372	127,5	303,5
4	2008	112	484	127,5	431,0
5	2009	97	581	92,5	523,5
6	2010	115	696	103,0	626,5
7	2011	144	840	105,0	731,5
8	2012	100	940	102,0	833,5
9	2013	158	1098	98,0	931,5
10	2014	60	1158	58,0	989,5

Sumber : Hasil Analisis, 2016

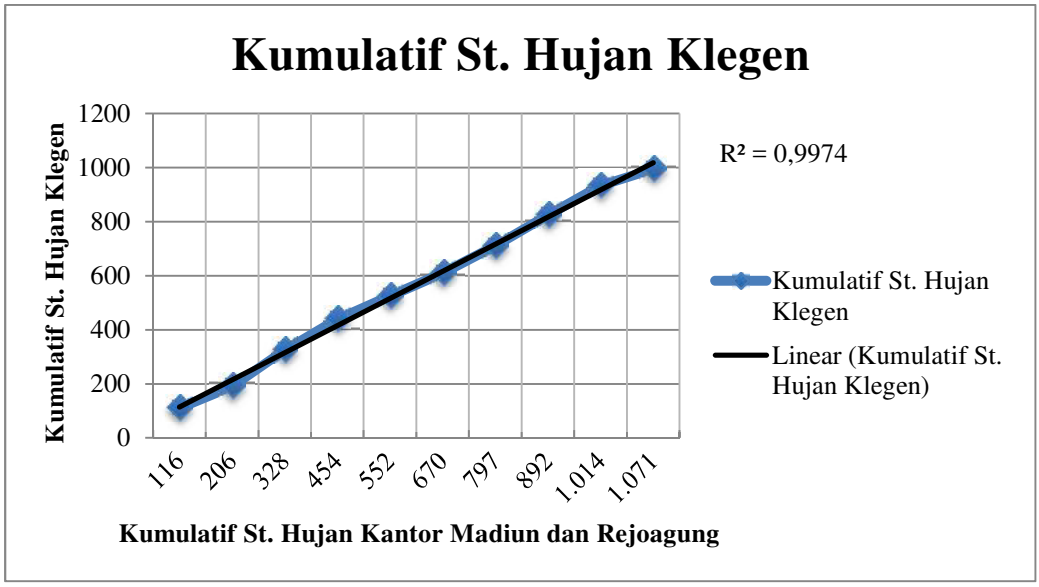


Gambar 5.1 Grafik Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Kantor Madiun (Hasil Analisis, 2016)

Tabel 5.3 Analisis Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Klegen Terhadap 2 Stasiun Hujan Lainnya

No	Tahun	Data Curah Hujan di ST.2	Kumulatif	Rerata Data ST.1 dan ST.3	Kumulatif
		mm	mm	mm	mm
a	b	c	d = dn+(cn+1)	e	f = fn+(en+1)
1	2005	110	110	115,5	115,5
2	2006	81	191	90,0	205,5
3	2007	133	324	122,0	327,5
4	2008	115	439	126,0	453,5
5	2009	85	524	98,5	552,0
6	2010	86	610	117,5	669,5
7	2011	100	710	127,0	796,5
8	2012	114	824	95,0	891,5
9	2013	109	933	122,5	1014,0
10	2014	62	995	57,0	1071,0

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

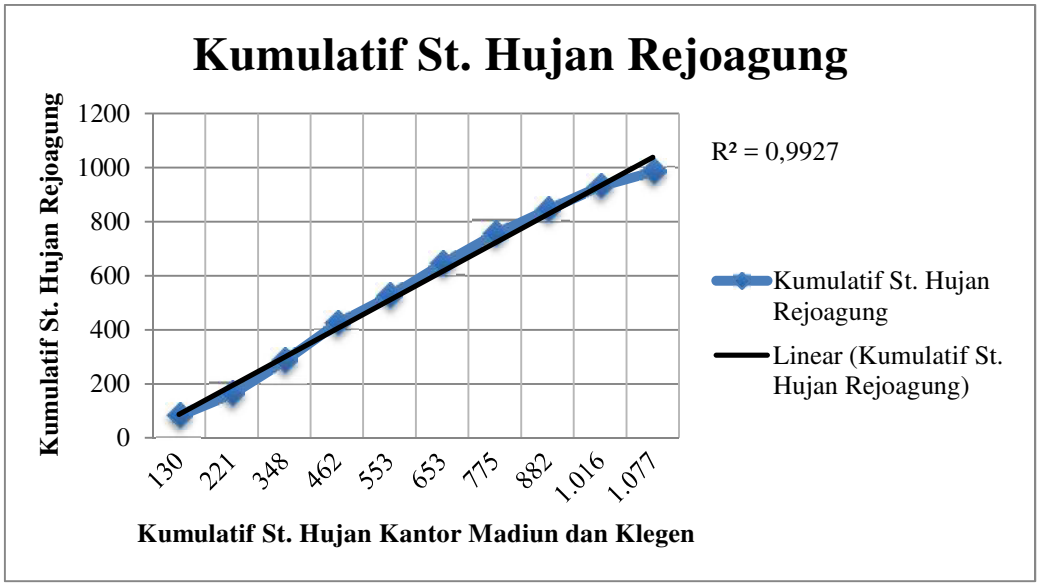


Gambar 5.2 Grafik Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Klegen (Hasil Analisis, 2016)

Tabel 5.4 Analisis Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Rejoagung Terhadap 2 Stasiun Hujan Lainnya

No	Tahun	Data Curah Hujan di ST.3	Kumulatif	Rerata Data ST.1 dan ST.2	Kumulatif
		mm	mm	mm	mm
a	b	c	d = dn+(cn+1)	e	f = fn+(en+1)
1	2005	81	81	130,0	130,0
2	2006	80	161	90,5	220,5
3	2007	122	283	127,5	348,0
4	2008	140	423	113,5	461,5
5	2009	100	523	91,0	552,5
6	2010	120	643	100,5	653,0
7	2011	110	753	122,0	775,0
8	2012	90	843	107,0	882,0
9	2013	87	930	133,5	1015,5
10	2014	54	984	61,0	1076,5

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016



Gambar 5.3 Grafik Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Rejoagung (Hasil Analisis, 2016)

Data hujan pada stasiun penakar hujan di Kantor Madiun, Klegen dan Rejoagung tidak mengalami penyimpangan yang signifikan. Hal ini berdasarkan nilai R^2yang ditunjukkan berturut turut adalah 0,9975, 0,9974 dan 0,9927. Sedangkan batas nilai R^2 adalah $0,8 \leq R^2 \leq 1$ yang mana nilai R^2 masih berada dalam batas yang diijinkan, sehingga tidak perlu mencari faktor koreksinya.

5.1.1.2 Analisis Curah Hujan Rerata Daerah

Analisis curah hujan rerata daerah pada di Kota Madiun menggunakan metoda rata-rata aljabar. Menurut Suripin (2004), dengan mempertimbangkan letak stasiun hujan yang ada cukup merata dan luas daerah aliran < 500 km^2 daerah ini dapat menggunakan metoda rata-rata aljabar. Cara ini digunakan pada daerah yang datar dengan jumlah stasiun penakar hujan yang cukup (lebih dari dua) dan curah hujan antar stasiun merata. Kondisi yang disyaratkan tersebut cocok dengan kondisi Kota Madiun yang memiliki stasiun penakar hujan lebih dari dua, letak daerah yang datar dan luas daerah aliran < 500 km^2. Sehingga, dalam menganalisa curah hujan rerata daerah di sistem drainase primer Kota Madiun dapat menggunakan metoda rata-rata aljabar. Hasil perhitungan curah hujan rerata dengan metoda aljabar disajikan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Analisis Curah Hujan Maksimum dengan Metoda Rata-Rata Aljabar

No	Tahun	Kantor Madiun (mm)	Klegen (mm)	Rejoagung (mm)	Curah Hujan Rerata (R) (mm)
a	b	c	d	e	f=(c+d+e)/3
1	2005	150	110	81	113,67
2	2006	100	81	80	87,00
3	2007	122	133	122	125,67
4	2008	112	115	140	122,33
5	2009	97	85	100	94,00
6	2010	115	86	120	107,00
7	2011	144	100	110	118,00
8	2012	100	114	90	101,33
9	2013	158	109	87	118,00
10	2014	60	62	54	58,67

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

5.1.1.3 Uji Homogenitas Data Curah Hujan

Tes Homogenitas memastikan data curah hujan yang diperoleh tidak terdapat penyimpangan yang signifikan. Berikut langkah perhitungannya.

1. Menghitung curah hujan rata-rata (R_t), menghitung selisih data curah hujan dengan curah hujan rata-rata ($R-R_t$) dan hasil kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata $(R-R_t)^2$. Berikut hasil perhitungandisajikandalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Analisis Uji Homogenitas Data Curah Hujan

Ranking	Tahun	R (mm)	R-Rt (mm)	$(R-R_t)^2$ (mm)
1	2007	125,67	21,10	445,21
2	2008	122,33	17,77	315,65
3	2011	118,00	13,43	180,45
4	2013	118,00	13,43	180,45
5	2005	113,67	9,10	82,81
6	2010	107,00	2,43	5,92
7	2012	101,33	-3,23	10,45
8	2009	94,00	-10,57	111,65
9	2006	87,00	-17,57	308,59
10	2014	58,67	-45,90	2.106,81
Total		**1.045,67**	**-**	**3.748,01**
Rt		**104,57**	**-**	**-**

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

2. Menghitung Standar Deviasi (Sx)

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum(R-R_t)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3.784,01}{10-1}} = 20,407$$

3. Pemeriksaan homogenitas data

Diketahui jumlah data hujan sebanyak 10 tahun (n =10), maka nilai Y_n dan S_n yang didapat pada Tabel 2.4 adalah sebagai berikut.

Y_n = 0,4595

S_n = 0,9496

$\frac{1}{\alpha} = \frac{S_x}{S_n} = \frac{20,407}{0,9496} = 21,49$

$\mu = R - \frac{1}{\alpha} x\ Y_n = 104,57 – 21,49 \text{ x } 0,4595 = 94,69$

Persamaan regresinya adalah:

$R = \mu + (\frac{1}{\alpha} x\ Y)$

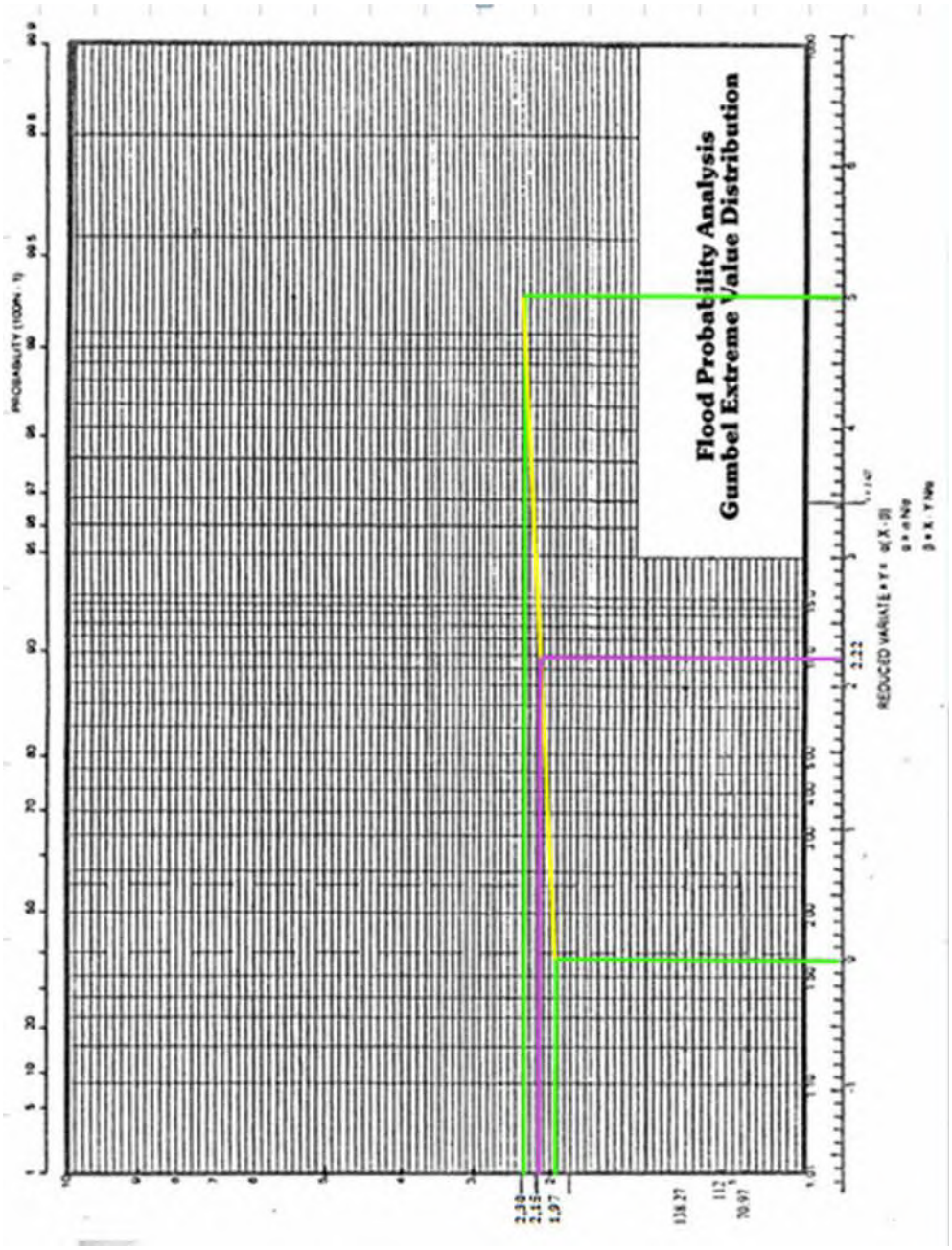
R = 94,69 + 21,49Y

Untuk:

Y_1 = 0, maka R_1 = 94,69 mm/24 jam

Y_2 = 5, maka R_2 = 202,14 mm/24 jam

Log R_1 dan R_2 diplotkan pada Grafik *Gumbel Probability Paper* dalam Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Peluang Nilai Distribusi Gumbel

Nilai log R_1 dan R_2 yang diplotkan pada Grafik *Gumbel Probability Paper*, maka diperoleh:

Log R_{10} = 2,15

R_{10} = 141,25 mm/24 jam

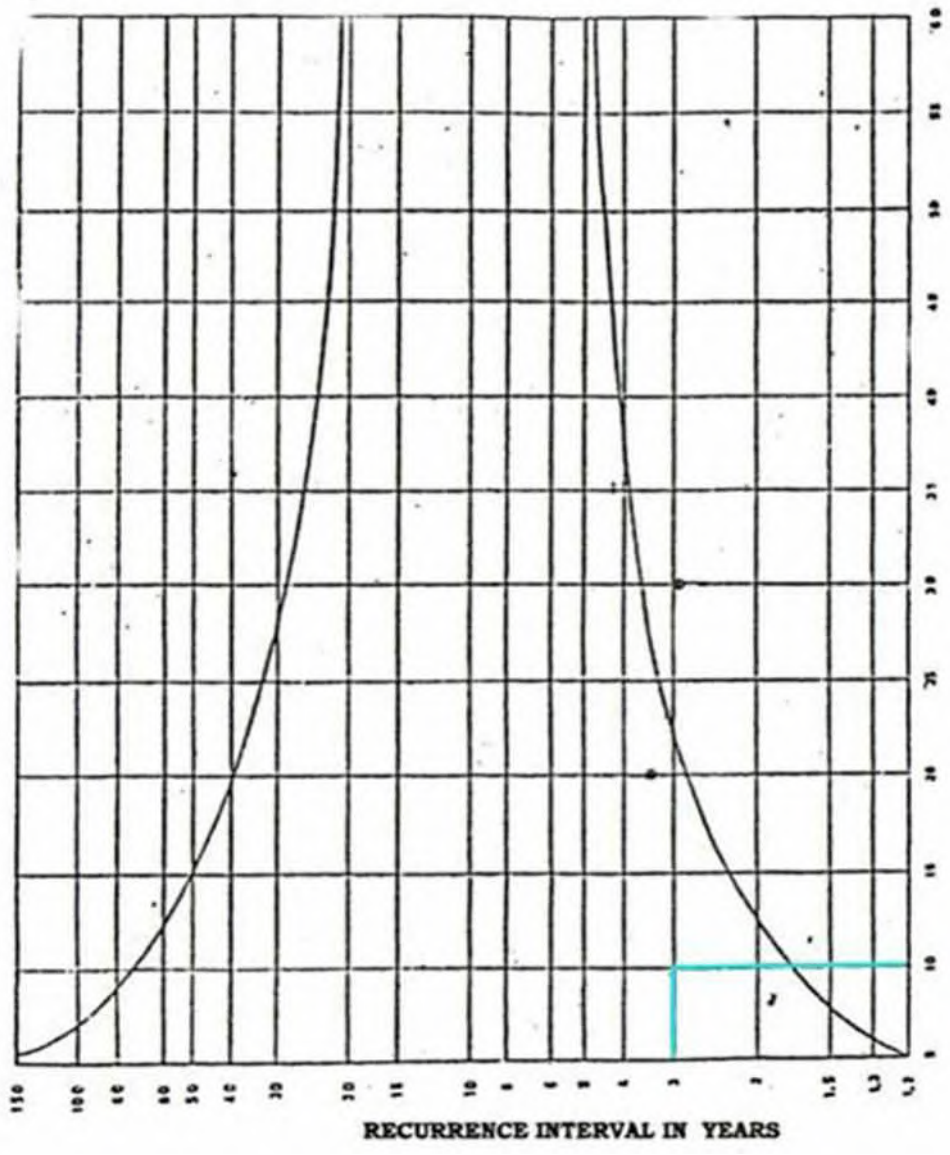
T_r = 2,22

Sehingga, titik homogenitasnya adalah:

Ordinat TR $= \frac{R_{10}}{Rt} \times T_r = \frac{141,25}{104,57} \times 2,22 = 3$

Absis n = 10

Didapatkan titik homogenitas (n, TR) adalah (10; 3). Kemudian diplot pada grafik homogenitas seperti pada Gambar 5.5. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa data hujan tersebut homogen.



Gambar 5.5 Grafik Homogenitas Data Curah Hujan

5.1.1.4 Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana bertujuan untuk mendapatkan nilai curah hujan rencana pada setiap Periode Ulang Hujan (PUH) yang ditentukan.

Berdasarkan jenis kawasan daerah sistem drainase yang diteliti merupakan kota kecil, maka untuk menentukan PUH rencana saluran primer adalah PUH 10 tahun (Suripin, 2004). Sedangkan berdasarkan jenis fasilitas yaitu saluran primer dengan resiko banjir kecil, maka PUH rencananya adalah 10 tahun (Masduki, 1998). Perhitungan curah hujan maksimum menggunakan Metoda Gumbel dan *Log Pearson Type III*.

1. Metoda Gumbel

Contoh perhitungan nilai curah hujan rata-rata dan standar deviasinya adalah berikut.

a. Perhitungan curah hujan rata-rata

$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i = \frac{1}{10}(1045{,}67) = 104{,}57$ mm

b. Perhitungan standar deviasi

$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3.784{,}01}{10-1}} = 20{,}407$

Hasil perhitungan curahhujan rencana dengan metodaGumbel menggunakan data hujan yang telah diurutkan, disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Analisis Curah Hujan Rencana Menggunakan Metoda Gumbel

No	Tahun	R	Xi	Xi^2	(Xi-X)	$(Xi-X)^2$
		(mm)	(mm)	$(mm)^2$	(mm)	$(mm)^2$
a	b	c	d	$e=d^2$	f=d-X	$g=f^2$
1	2005	113,67	125,67	15.792,11	21,10	445,21
2	2006	87,00	122,33	14.965,44	17,77	315,65
3	2007	125,67	118,00	13.924,00	13,43	180,45
4	2008	122,33	118,00	13.924,00	13,43	180,45
5	2009	94,00	113,67	12.920,11	9,10	82,81
6	2010	107,00	107,00	11.449,00	2,43	5,92
7	2011	118,00	101,33	10.268,44	-3,23	10,45
8	2012	101,33	94,00	8.836,00	-10,57	111,65
9	2013	118,00	87,00	7.569,00	-17,57	308,59
10	2014	58,67	58,67	3.441,78	-45,90	2.106,81
Jumlah (∑)			**1.045,67**	**113.089,89**		**3.748,01**
Rata-Rata (			**104,57**			
Standar Deviasi (S_x)			**20,41**			

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

Jumlah data (n) yang digunakan sebanyak 10, maka diperoleh nilai Y_n dan S_n berdasakan Tabel 2.4 adalah:

Y_n = 0,4595

S_n = 0,9496

Berikut contoh perhitungan untuk PUH dengan PUH (T) = 10 tahun.

a. Menghitung nilai *Reduced Variate* (Y_{TR}) dan Frekuensi Faktor (K)

$$Y_{TR} = -\ln \{ -\ln \frac{T_r}{T_r - 1} \}$$

$$= -\ln \{ -\ln \frac{10}{10-1} \} = 2,25$$

$$K_{10} = \frac{Y_{TR} - Y_n}{S_n}$$

$$= \frac{2,25 - 0,4595}{0,9496} = 1,89$$

b. Menghitung curah hujan rencana

$$X_{10} = \bar{X} + K_{10} \times S_x$$

$$= 104,57 + 1,89 \times 20,41$$

$$= 143,05 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan nilai Y_{TR}, K (frekuensi faktor) dan curah Hujan Harian Maksimum (HHM) rencana Metoda Gumbel, disajikan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Nilai *Reduce Variate* dan Faktor Frekuensi

PUH T	Reduced Variate YTR	Frekuensi Faktor K	Hujan Harian Maksimum HHM
a	b=ln	c=	d = S_x x c+X
2	0,3665	-0,0979	102,57
5	1,4999	1,0957	126,93
10	2,2505	1,8860	143,05
25	3,1985	2,8844	163,43
50	3,9019	3,6251	178,55

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk nilai b, S_e, R_k dengan derajat kepercayaan (alfa) sebesar 90% dengan nilai t(a)=1,645 dan T=10, perhitungannya sebagai berikut.

a. Nilai b

$$b = \sqrt{1 + 1,3k + 1,1k^2}$$

$= \sqrt{1 + 1{,}3\ x\ 1{,}89 + 1{,}1\ x\ 1{,}89^2}$ = 2,71

b. Nilai S_e

$S_e = \frac{b\ x\ S_x}{\sqrt{N}} = \frac{2{,}71\ x\ 20{,}41}{\sqrt{10}}$ = 17,51

c. Nilai R_k

R_k = ±t(a) x S_e = 1,645 x 17,27 = 28,81

Hasil perhitungan konstanta b, S_e, rentang kepercayaan (R_k) Metoda Gumbel disajikan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Rentang Keyakinan Metoda Gumbel

T	**Yt**	**b**	**Se**	**Rk**
a	**b**	**c=((1+1,3k+1,1k^2))^0,5**	**d=c*S_x/(n^0,5)**	**e=+-t(a)*d**
2	0,3665	0,9398	6,0649	9,98
5	1,4999	1,9352	12,4882	20,54
10	2,2505	2,7138	17,5127	28,81
25	3,1985	3,7285	24,0608	39,58
50	3,9019	4,4909	28,9812	47,67

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

Berikut contoh perhitungan untuk nilai HHM dengan PUH 10 tahun dan derajat kepercayaan 90% yang diperoleh dari nilai R_k sebesar 28,81.

HHM Minimum untuk T_{10} = 143,05–28,81 = 114,25 mm/24 jam

HHM Maksimum untuk T_{10} = 143,05 + 28,81 = 171,86 mm/24 jam

Hasil perhitungan HHM rencana Metoda Gumbel dengan rentang kepercayaan 90% disajikan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum (HHM) Rencana Metoda Gumbel dengan Rentang Keyakinan 90%

T	**HHM dengan Rentang Keyakinan 90% (mm/24jam)**		
2	92,59	s/d	112,55
5	106,38	s/d	147,47
10	114,25	s/d	171,86
25	123,85	s/d	203,01
50	130,87	s/d	226,22

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

2. Metoda *Log Pearson Type III*

Pada metoda ini, analisis curah HHM didasarkan pada perubahan data yang ada dan diubah ke dalam bentuk logaritma. Langkah dan contoh perhitungan parameter statistik dengan metoda ini adalah sebagai berikut.

a. Menghitung nilai rata-rata ($\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} logX_i}{n} = \frac{20,10}{10} = 2,01\text{mm}$$

b. Menghitung standar deviasi (S_x)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(logX_i - log\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,08881}{10-1}} = 0,10$$

c. Menghitung koefisien kemencengan (C_S)

$$C_S = \frac{n\,x\sum_{i=1}^{n}(logX_i - log\bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} = \frac{10\,(-0,012814)}{(10-1)(10-2)0,1^3} = -1,816 \approx -1,8$$

R_{2005}	$= X_1$	= 125,67 mm
Log X_i	= log 125,67	= 2,10
$(\log X_i - \log X)^2$	$= (2,10 - 2,01)^2$	= 0,007919
$(\log X_i - \log X)^3$	$= (2,10 - 2,01)^3$	= 0,000705

Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan Metoda*Log Pearson Type III* disajikan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Analisis Curah Hujan Rencana dengan Menggunakan Distribusi Metoda *Log Pearson Type III*

Tahun	**R**	**X_i**	**Log X_i**	**$(\text{Log } X_i - \text{LogX})^2$**	**$(\text{Log } X_i - \text{LogX})^3$**
	(mm)	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**
b	**c**	**d**	**e=log d**	**$f=(e-2,01)^2$**	**$g=(e-2,01)^3$**
2005	113,67	125,67	2,10	0,007919	0,000705
2006	87,00	122,33	2,09	0,005977	0,000462
2007	125,67	118,00	2,07	0,003801	0,000234
2008	122,33	118,00	2,07	0,003801	0,000234
2009	94,00	113,67	2,06	0,002061	0,000094
2010	107,00	107,00	2,03	0,000367	0,000007
2011	118,00	101,33	2,01	0,000020	0,000000
2012	101,33	94,00	1,97	0,001377	-0,000051
2013	118,00	87,00	1,94	0,005001	-0,000354
2014	58,67	58,67	1,77	0,058488	-0,014145
Jumlah		1.045,67	20,10	0,088810	-0,012814
Rata-Rata (		104,57	2,01	0,008881	-0,001281

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Selanjutnya, dari hasil analisis parameter statistik menggunakan metoda *Log Pearson Type III* tersebut, dapat dihitung analisis curah hujan rencana untuk berbagai PUH.

Probability didapat dari persentase kemungkinan yang terjadi dalam kurun waktu 100 tahun. Berikut perhitungannya.

Probability (%) PUH 2 Tahun $= \frac{100\ tahun}{2\ tahun}\ x\ 100\ \%$ = 50

Probability (%) PUH 5 Tahun $= \frac{100\ tahun}{5\ tahun}\ x\ 100\ \%$ = 20

Probability (%) PUH 10 Tahun $= \frac{100\ tahun}{10\ tahun}\ x\ 100\ \%$ = 10

Probability (%) PUH 25 Tahun $= \frac{100\ tahun}{25\ tahun}\ x\ 100\ \%$ = 4

Probability (%) PUH 50 Tahun $= \frac{100\ tahun}{50\ tahun}\ x\ 100\ \%$ = 2

Berdasarkan nilai *Skewness Coefficient* (Cs) yang diperoleh dari PUH (T) yang ditentukan, nilai K dapat diketahui dari didapat dari Tabel 2.5 yaitu tabel faktor frekuensi K. Dengan nilai Cs = -1,8, maka dapat dicari nilai Ktiap PUH.

Log X_T adalah nilai logaritma dari masing-masing data curah hujan. Berikut perhitungan nilai log X_T tiap PUH.

Log X_2 = $R_T + (K_x \text{ x } S_x)$ = 2,01 + (0,282 x 0,1) = 2,04

Log X_5 = 2,01 + (0,799 x 0,1) = 2,09

Log X_{10} = 2,01 + (0,945 x 0,1) = 2,10

Log X_{25} = 2,01 + (1,035 x 0,1) = 2,11

Log X_{50} = 2,01 + (1,065 x 0,1) = 2,12

R_T adalah nilai HHM untuk PUH tertentu Hujan Harian Maksimum ini dihitung dari antilog X_T. Berikut perhitungannya.

R_2 = antilog X_2 = antilog (2,04) = 109,21 mm

R_5 = antilog (2,09) = 122,91 mm

R_{10} = antilog (2,10) = 127,09 mm

R_{25} = antilog (2,11) = 129,73 mm

R_{50} = antilog (2,12) = 130,74 mm

Hasil perhitungannya terangkum dalam Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metoda *Log Pearson Type III*

PUH (Tahun)	Probability (%)	K	Log X_T	R_THHM (mm)
a	b	c	d=log X_i +(KxS_x)	e=antilog(d)
2	50	0,282	2,04	109,21
5	20	0,799	2,09	122,91
10	10	0,945	2,10	127,09
25	4	1,035	2,11	129,73
50	2	1,069	2,12	130,74

Sumber : Hasil Analisis, 2016

5.1.1.5 Uji Kesesuaian Distribusi

A. Uji Chi Kuadrat

Untuk menentukan kesesuaian fungasi distribusi yang telah dipilih dan untuk mewakili distribusi frekuensi dari data sampel yang ada, maka perlu dilakukan analisis Uji Chi-Kuadrat. Apabila pada pengujian fungsi distribusi probabilitas yang dipilih memenuhi ketentuan persyaratan kedua uji, maka perumusan persamaan distribusi yang dipilih dapat diterima dan jika tidak akan ditolak. Uji Chi Kuadrat digunakan untuk menganalisis distribusi statistik data dengan menggunakan distribusi frekuensi yang telah dipilih. Berikut adalah perhitungannya.

Jumlah data (n) = 10

Jumlah sub kelompok (G) = 1+1,37 ln(n)

= 1+1,37 ln(10)

= 4,15 ≈ 4

Derajat kepercayaan (α) = 5%

R = 2 (ketetapan nilai distribusi normal)

Derajat kebebasan (dk) = G-R-1

= 4-2-1 = 1

Kemudian, data yang diperoleh dibagi menjadi 4 sub kelompok dengan interval peluang (P) = 0,25.

(P) $= \frac{1}{4}$ x 100% = 25%

Interval distribusi adalah 25%, 50%, 75%

P = 25%, maka, T $= \frac{1}{P} = \frac{1}{25\%}$ = 4 tahun

P = 50%, maka, T $= \frac{1}{P} = \frac{1}{50\%}$ = 2 tahun

P = 75%, maka, T $= \frac{1}{P} = \frac{1}{75\%}$ = 1,33 tahun

1. Distribusi Probabilitas Gumbel

Dari jumlah data (n) = 10, maka diperoleh nilai Y_n dan S_n berdasakan Tabel 2.4 adalah:

Y_n = 0,4595

S_n = 0,9496

Sedangkan nilai Y_{TR}dan K_x didapat dari persamaan berikut.

$Y_{TR} = -\ln \{ -\ln \frac{T_r}{T_r - 1} \}$

$K_x = \frac{Y_{TR} - Y_n}{S_n}$

Jika:

T_r = 4 tahun, maka $Y_{TR} = -\ln \{ -\ln \frac{4}{4-1} \}$ = 1,24

$K_4 = \frac{1,24 - 0,4952}{0,9496}$ = 0,83

T_r = 2 tahun, maka $Y_{TR} = -\ln \{ -\ln \frac{2}{2-1} \}$ = 0,37

$K_2 = \frac{0,37 - 0,4952}{0,9496}$ = -0,10

T_r = 1,33 tahun, maka $Y_{TR} = -\ln \{ -\ln \frac{1,33}{1,33-1} \}$ = 0,33

$K_{1,33} = \frac{0,33 - 0,4952}{0,9496}$ = -0,83

Nilai hujan rata-rata ($\bar{X}$) = 104,57 mm

Nilai standar deviasi (S_x) = 20,41

Nilai interval kelas (X_t) = $R_t + S_x \times K_x$

= 104,57 + 20,41K

Dari persamaan nilai interval kelas (X_t), K disubtitusikan dengan nilai K yang sudah dihitung sebelumnya.

X_4 = 104,57 + 20,41 (0,83) = 121,47

X_2 = 104,57 + 20,41 (-0,10) = 102,57

$X_{1,33}$ = 104,57 + 20,41 (-0,83) = 87,56

Kemudian, nilai interval tersebut menjadi rentang nilai tiap kelompok atau grup yang berjumlah 4. Dengan derajat kebebasan (dk) = 1 dan derajat

signifikan alfa = 5%, maka didapatkan nilai X^2 pada Tabel 2.6 sebesar 3,841. Dari perhitungan Chi-Kuadrat dengan menggunakan distribusi Gumbel didapatkan nilai 1,2. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa X^2 hitung < X^2 tabel atau 1,2 < 3,841, sehingga distribusi Gumbel yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dapat diterima karena berdasarkan hasil uji Chi-Square bahwa distribusi normal. Hasil perhitungan Uji Chi-Kuadrat Metoda Gumbel disajikan pada Tabel 5.13. Jumlah data HHM yang termasuk dalam satu grup disimbolkan dengan f_i.

Tabel 5.13 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Metoda Gumbel

No	Nilai batas Sub Grup			Jumlah data		$(Of-Ef)^2$	$(Of-Ef)^2/Ef$
				Of	Ef		
a	b			c	d=∑Of/N	$e=(c-d)^2$	f=e/d
1	X	≤	87,56	2	2,5	0,25	0,1
2	87,56	≤ X ≤	102,57	2	2,5	0,25	0,1
3	102,57	≤ X ≤	121,47	4	2,5	2,25	0,9
4	X	≥	121,47	2	2,5	0,25	0,1
	Jumlah			**10**	**10**		**1,2**

Sumber : Hasil Analisis

2. Distribusi Probabilitas *Log Pearson Type III*

Nilai Cs = G = -1,8

Nilai K didapat dari Tabel 2.5 Faktor Frekuensi K untuk Distribusi *Log Pearson Type III* berdasarkan nilai Cs, nilai P dan PUH yang sudah diketahui. Bila tidak ada nilai yang tersedia, maka menggunakan rumus interpolasi untuk menentukan nilai K. Berikut rumus interpolasi linier yang digunakan.

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$$

$$y = y_1 + (x - x_1)\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$K_x = K_1 + (P_x - P_1)\frac{K_2 - K_1}{P_2 - P_1}$$

Dengan nilai Cs = -1,8, maka dari hasil interpolasi dapat dihitung nilai K untuk berbagai periode ulang sebagai berikut.

P = 25%; T = 4; $K_4 = K_1 + (P_x - P_1)\frac{K_2 - K_1}{P_2 - P_1}$

$= 0,282 + (25 - 50) \frac{0,799 - 0,282}{20 - 50}$

$= 0,282 + 0,431$

$= 0,713$

P = 50%; T = 2; K_2 =0,282

P = 75%; T = 1,33; $K_{1,33}$ $= K_1 + (P_x - P_1) \frac{K_2 - K_1}{P_2 - P_1}$

$= -0,643 + (75 - 80) \frac{0,282 - (-0,643)}{50 - 80}$

$= -0,643 + 0,154$

$= -0,489$

Nilai Log R rata-rata = 2,01

Standar Deviasi Log R = 0,10

Jadi nilai interval kelas Log R adalah

X_t = Log R + K x S log R

= 2,01+Kx 0,10

X_4 = 2,01 + 0,713 (0,1) = 2,08

X_2 = 2,01 + 0,282 (0,1) = 2,04

$X_{1,33}$ = 2,01 - 0,489 (0,1) = 1,96

Hasil perhitungan hujan rencana untuk Distribusi *Log Pearson Type III* disajikan pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Perhitungan untuk Menentukan Hujan Rencana

Probabilitas	**Periode Ulang Hujan**	**Faktor Probabilitas *Log Pearson Type III***	**Log Xi**	**Hujan Rencana**
P	**T**	**K**		**Rr**
(%)	**Tahun**		**(mm)**	**(mm)**
a	**b=1/a**	**c**	**d=log X+KxS**	**e=10^d**
25	4	0,713	2,08	120,52
50	2	0,282	2,04	109,21
75	1,33	-0,489	1,96	91,55

Sumber : Hasil Analisis

Dengan derajat kebebasan (dk) = 1 dan derajat signifikan (α) = 5%, maka didapatkan nilai X^2 pada Tabel 2.6 sebesar 3,841. Tabel 5.15 menyajikan perhitungan Chi-Kuadrat dengan menggunakan distribusi *Log*

*PearsonType III*dan didapatkan nilai 0,4. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa X^2 hitung < X^2 tabel atau 0,4 < 3,841, sehingga distribusi *Log Pearson Type III* yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dapat diterima karena menurut uji Chi-Kuadrat, distribusi data adalah normal. Hasil perhitungan Chi-Kuadrat untuk distribusi *Log Pearson Type III* disajikan pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Metoda *Log Pearson Type III*

Nilai batas Sub Group			**Observed Frequency**	**Expected Frequency**	**Selisih data kuadrat**	**X^2 hitung**
			Of	**Ef**	**$(Of-Ef)^2$**	**$(Of-Ef)^2/Ef$**
a			**b**	**c=∑Of/n**	**$d=(b-c)^2$**	**e=d/c**
X	≤	91,55	2	2,5	0,25	0,1
91,55	≤ X ≤	109,21	3	2,5	0,25	0,1
109,21	≤ X ≤	120,52	3	2,5	0,25	0,1
X	≥	120,52	2	2,5	0,25	0,1
Jumlah			**10**			**0,4**

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Keterangan:

X^2 hitung = nilai kritis hasil perhitungan

Ef = nilai yang diharapkan (*Expected Frequency*)

Of = nilai yang diamati (*Observed Frequency*)

B. Uji Smirnov Kolmogorov

Analisis uji ini dilakukan untuk mengetahui kebenaran suatu hipotesa frekuensi sebaran distribusi curah hujan yang dilakukan dengan membandingkan nilai D maksimum terhadap D_0 kritis dari Tabel 2.7. Tahapan uji ini yaitu mengurutkan data hujan dari nilai yang terbesar hingga terkecil dan menentukan peluang masing-masing data.

1. Distribusi Probabilitas Gumbel

Hasil perhitungan distribusi probabilitas Gumbel disajikan dalamTabel 5.15, diperoleh Dmaks = 0,2 dengan nilai D_0 = 0,41 yang didapat dari Tabel 2.7. Syarat lulus uji Smirnov Kolmogorov adalah Dmaks < D_0.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusiGumbel dapat diterima karena Dmaks = 0,2 < D_0 = 0,41.

Hasil perhitungan uji Smirnov Kolmogorov untuk metoda Gumbel dengan derajat kepercayaan (dk) sebesar 5% dan jumlah data (n) sebanyak 10, secara berurut-urut dirangkum dalam Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Perhitungan Probabilitas Curah Hujan Uji Smirnov Kolmogorov Metoda Gumbel

No	Curah Hujan Rerata	Peluang Data				Perbedaan Peluang Maks
		Jumlah Bawah	Jumlah Atas	Pengamatan	Teoritis	
	Xi (mm)	P(x) (%)	P'(x) (%)	Pe (%)	Pt (%)	Dmaks
a	b	c= a/(n+1)	d = a/(n-1)	e = b-c	f = b-d	g = e - f
1	125,67	0,09	0,11	125,58	125,56	0,02
2	122,33	0,18	0,22	122,15	122,11	0,04
3	118,00	0,27	0,33	117,73	117,67	0,06
4	118,00	0,36	0,44	117,64	117,56	0,08
5	113,67	0,45	0,56	113,21	113,11	0,10
6	107,00	0,55	0,67	106,45	106,33	0,12
7	101,33	0,64	0,78	100,70	100,56	0,14
8	94,00	0,73	0,89	93,27	93,11	0,16
9	87,00	0,82	1,00	86,18	86,00	0,18
10	58,67	0,91	1,11	57,76	57,56	**0,20**

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

2. Distribusi Probabilitas *Log Pearson Type III*

Hasil perhitungan distribusi probabilitas *Log Pearson Type III*disajikan dalam Tabel 5.17, diperoleh Dmaks = 0,82. Syarat lulus uji Smirnov Kolmogorov adalah Dmaks < D_0. Sehingga disimpulkan, distribusi *Log Pearson Type III* tidak dapat diterima karena Dmaks = 0,82 > D_0 = 0,41.

Hasil perhitungan uji Smirnov Kolmogorov untuk metoda *Log Pearson Type III* dengan derajat kepercayaan (dk) sebesar 5% dan jumlah data (n) sebanyak 10, secara berurut-urut dirangkum dalam Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Perhitungan Probabilitas Curah Hujan Uji Smirnov Kolmogorov Metoda *Log Pearson Type III*

No	Tahun	Curah Hujan Rerata	Curah Hujan Rerata	Log Curah Hujan	Peluang Empiris	Peluang Teoritis	Selisih Peluang Maks
		R (mm)	Xi (mm)	Log Xi (mm)	Pe (%)	Pt (%)	Dmaks
a	b	c	d= c urut	e= log d	f= $\frac{\%)}{\frac{a}{n+1}}$	g = $\frac{)}{\frac{e}{\sum e-1}}$	h = f - g
1	2005	113,67	125,67	2,10	0,09	0,11	-0,02
2	2006	87,00	122,33	2,09	0,18	0,11	0,07
3	2007	125,67	118,00	2,07	0,27	0,11	0,16
4	2008	122,33	118,00	2,07	0,36	0,11	0,26
5	2009	94,00	113,67	2,06	0,45	0,11	0,35
6	2010	107,00	107,00	2,03	0,55	0,11	0,44
7	2011	118,00	101,33	2,01	0,64	0,11	0,53
8	2012	101,33	94,00	1,97	0,73	0,10	0,62
9	2013	118,00	87,00	1,94	0,82	0,10	0,72
10	2014	58,67	58,67	1,77	0,91	0,09	**0,82**

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Hasil uji kesesuaian menggunakan metoda Chi Kuadrat menunjukkan bahwa kedua metoda perhitungan hujan rencana Gumbel dan *Log Pearson Type III* adalah layak karena memenuhi persyaratan metoda uji Chi-Kuadrat. Sedangkan dari hasil uji kesesuaian dengan metoda Smirnov-Kolmogorov menunjukkan bahwa hanya metoda Gumbel yang layak karena memenuhi persyaratan metoda uji Smirnov-Kolmogorov. Jadi, data curah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah data hasil perhitungan dari metoda ***Gumbel***.

Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Uji Kesesuaian Menggunakan Metoda Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov

	Uji Chi Kuadrat	
Chi-Kuadrat hitung	1,2	0,4
Chi-Kuadrat tabel	3,841	3,841
Derajat kebebasan (dk)	1	1
Derajat signifikan (α, %)	5%	5%
Syarat	X^2 hitung < X^2 tabel	
Hipotesa	diterima	diterima

Uji Smirnov Kolmogorov		
Smirnov-Kolmogorov hitung	0,2	0,82
Smirnov-Kolmogorovtabel	0,41	0,41
Derajat kebebasan (dk)	1	1
Derajat signifikan (α, %)	5%	5%
Syarat	X^2 hitung < X^2 tabel	
Hipotesa	diterima	tidak diterima

Sumber : Hasil Analisis, 2016

5.1.2 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan

Perhitungan curah hujan rencana yang dipilih sebelumnya adalah perhitungan dengan metoda Gumbel. Selanjutnya, perhitungan analisis intensitas hujan dilakukan dengan 3 metoda, yaitu Metoda Van Breen, Bell dan Hasper Weduwen. Berikut perhitungan masing-masing metoda.

5.1.2.1 Metoda Van Breen

Metoda ini menggunakan pendekatan terhadap besar atau lamanya durasi hujan harian yang terpusat selama 240 menit atau 4 jam dengan hujan efektif 90% yang mengacu pada hujan selama 24 jam.

R maks didapat dari nilai HHM metoda Gumbel. Contoh perhitungan intensitas hujan efektif dengan PUH 10 tahun adalah sebagai berikut.

$I_{10} = \frac{90\% \, x \, R^{24}}{4}$ dengan R^{24} = 143,05mm

$= \frac{90\% \, x \, 143{,}05 \text{ mm}}{4 \, jam}$

= 32,19 mm/jam

Hasil perhitungan intensitas hujan selanjutnya disajikan dalam Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Intensitas Hujan dengan Metoda Van Breen

Periode Ulang Hujan (Tahun)	R maks Gumbel (mm)	I efektif 4 jam (mm/jam)
a	b	c=90%xb/4
2	102,57	23,08
5	126,93	28,56
10	143,05	32,19
25	163,43	36,77
50	178,55	40,17

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

Selanjutnya, dilakukan perhitungan distribusi intensitas hujan menggunakan Tabel 5.20 sebagai acuan karena keterbatasan data pembanding untuk wilayah pengamatan. Data intensitas hujan pembanding yang digunakan adalah intensitas hujan Kota Jakarta untuk digunakan menghitung distribusi intensitas hujan kota penelitian menggunakan Metoda Van Breen.

Tabel 5.20 Intensitas Hujan Kota Jakarta

Durasi	**Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)**				
(menit)	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
80	52	63	71	80	87
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber: Subarkah, 1980

Berikut contoh perhitungan intensitas hujan durasi 5 menit dalam PUH 10 tahun menggunakan metoda Van Breen.

$$I_{5\ menit,\ PUH\ 10\ tahun\ daerah\ aliran} = \frac{I_{5\ menit,PUH\ 10\ tahun\ Kota\ Jakarta}}{I_{240\ menit,PUH\ 10\ tahun\ Kota\ Jakarta}}\ x\ I_{efektif\ 240\ menit}$$

$$= \frac{155}{30}\ \text{mm/jam x 32,19 mm/jam}$$

$$= 166{,}30\ \text{mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan dalam rentang durasi dari 5 menit hingga 240 menit dalam berbagai PUH disajikan dalam Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Distribusi Intensitas Hujan dengan Metoda Van Breen

Durasi	**Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)**				
(menit)	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**
5	138,47	156,54	166,30	189,11	191,82
10	125,28	133,27	148,06	163,90	168,73
20	112,09	120,58	131,97	141,83	144,62
40	83,52	92,02	103,00	110,31	114,49
60	67,04	77,21	86,91	95,61	100,43
80	57,15	66,64	76,18	84,05	87,38

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
120	39,56	47,60	54,72	60,94	63,27
240	23,08	28,56	32,19	36,77	40,17

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

5.1.2.2 Metoda Bell

Perkiraan pola distribusi intensitas hujan dalam metoda ini dilakukan apabila durasi hujan tidak ada, sehingga dalam mencari hubungan intensitas hujan setiap durasi digunakan perumusan secara empiris. Data curah hujan didasarkan pada kurun durasi per 60 menit. Distribusi hujan Tanimoto disajikan dalam Tabel 5.22 sebagai acuan dan dipilihpola curah hujan 170 mm karena nilai curah hujan ini paling mendekati dengan curah hujan maksimum di daerah penelitian.

Tabel 5.22 Pola Distribusi Hujan Setiap Jam Tanimoto

Jam ke	Curah Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	26	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10		5	10	15
11		4	9	14
12		4	9	14
13		4	9	14
14		4	9	14
15		3	8	13
16		3	8	13
17		3	7	13
18		3	7	12
19		2	7	11
20			7	11
21			7	11
22			6	11
23			4	10

Sumber : Subarkah, 1980

Dari pola curah hujan 170 mm Tanimoto pada Tabel 5.22 digunakan untuk menghitung HHM per jam PUH 10 tahun dijabarkan sebagai berikut.

HHM jam ke-1 $= \frac{I_{10} \; x \; R_{jam\,ke-1\;Tanimoto}}{170}$

$= \frac{143{,}05 \frac{mm}{jam} x \; 87 mm}{170 \; mm}$

= 73,21 mm/jam

Selanjutnya menghitung intensitas hujan berdasarkan pada rata-rata distribusi 2 jam pertama pada PUH 10 tahun. Contoh perhitungannya dijabarkan sebagai berikut.

$R_{10\,tahun}^{60\,menit} = \frac{HHM_{10\,tahun\,jam\,ke-1} + HHM_{10\,tahun\,jam\,ke-2}}{2}$

$= \frac{73{,}21 \frac{mm}{jam} + \frac{23{,}56 mm}{jam}}{2}$

= 48,39 mm/jam

Hasil perhitungan pola distribusi HHM tiap jam disajikan dalam Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Pola Distribusi Hujan Harian Maksimum Per Jam

Jam ke-	HHM (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	**5**	**10**	**25**	**50**
1	52,49	64,96	73,21	83,64	91,37
2	16,89	20,91	23,56	26,92	29,41
Jumlah	**69,38**	**85,86**	**96,77**	**110,55**	**120,78**
Rata-rata	**34,69**	**42,93**	**48,39**	**55,28**	**60,39**

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

Selanjutnya, nilai $R_{10\,tahun}^{60\,menit}$ digunakan untuk menghitung nilai R_T^i. Contoh perhitungan nilai R_T^i dan intensitas curah hujan pada PUH 10 tahun dengan t=5 menit adalah sebagai berikut.

R_T^i = (0,21 x ln T + 0,52) (0,54 x $t^{0,25}$ – 0,50) x $R_{10\,tahun}^{60\,menit}$

$R_{10\,tahun}^{5\,menit}$ = (0,21 x ln 10 + 0,52) (0,54 x $5^{0,25}$ – 0,50) x 48,39 mm/jam

= 14,93 mm

Hasil perhitungannya nilai R Tanimoto disajikan dalam Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Perhitungan Nilai R Tanimoto

Durasi (menit)	Nilai R (mm) pada Tiap PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	7,10	11,33	14,93	20,33	24,91
10	10,63	16,95	22,35	30,43	37,29
20	14,82	23,65	31,17	42,44	52,01
40	19,81	31,60	41,66	56,72	69,51
60	23,16	36,94	48,70	66,30	81,25
80	25,74	41,07	54,14	73,71	90,33
120	29,72	47,41	62,51	85,10	104,29
240	37,53	59,87	78,93	107,46	131,68

Sumber : Hasil Analisis, 2016, 2016

Nilai R Tanimoto yang sudah dihitung akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan Metoda Bell. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$I_T^t = \frac{60}{t} \text{ x } R_T^t$$

$$I_{10\ tahun}^{5\ menit} = \frac{60\frac{menit}{jam}}{5\ menit} \text{ x } 14{,}93 \text{ mm}$$

$$= 179{,}17 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan nilai intensitas hujan metoda Bell disajikan pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Distribusi Intensitas Hujan denganMetoda Bell

Durasi (menit)	Nilai R (mm) pada Tiap PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
A	b	c	d	e	f
5	85,20	135,91	179,17	243,94	298,93
10	63,77	101,72	134,10	182,57	223,73
20	44,47	70,94	93,52	127,32	156,03
40	29,72	47,41	62,50	85,09	104,27
60	23,16	36,94	48,70	66,30	81,25
80	19,31	30,80	40,61	55,28	67,75
120	14,86	23,71	31,25	42,55	52,14
240	9,38	14,97	19,73	26,86	32,92

Sumber : Hasil Analisis, 2016

5.1.2.3 Metoda Hasper Weduwen

Dalam metoda ini, penurunan rumus didasarkan pada kecenderungan distribusi hujan harian yang dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi yang simetris dengan lama hujan 0-1 jam dan durasi antara 1 jam sampai 24 jam.

Contoh perhitungan nilai R_i untuk PUH 10 tahun dengan durasi 5 menit dijabarkan sebagai berikut.

PUH (T) = 10 tahun

Durasi (t) = 5 menit = 0,083 jam

R_i $= X_r \text{ x } \left(\frac{1218\ x\ t+54}{X_r\ x\ (1-t)+1272\ x\ t}\right)$

R_i $= 143{,}05 \text{ mm/jam x } \left(\frac{1218\ x\ 0{,}083+54}{143{,}05\ x\ (1-0{,}083)+1272\ x\ 0{,}083}\right) jam$

$= 93{,}81$ mm

Sedangkan hasil perhitungan nilai R_i untuk berbagai PUH dengan durasi 5 menit hingga 240 menit, disajikan dalam Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Nilai Ri

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	13,67	15,22	16,08	17,03	17,65
10	21,21	24,57	26,57	28,88	30,44
20	31,65	37,91	41,84	46,59	49,95
40	44,91	55,07	61,69	69,95	75,99
60	53,72	66,47	74,92	85,59	93,51
80	60,24	74,91	84,71	97,17	106,49
120	69,50	86,87	98,57	113,57	124,87
240	84,21	105,83	120,52	139,51	153,93

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Setelah nilai R_i diketahui, maka nilai R dapat dihitung sesuai contoh perhitungan nilai R_i untuk PUH 10 tahun dengan durasi 5 menit berikut.

$R_{10\ tahun}^{5\ menit}$ $= \frac{R_i}{100} \text{ x } \sqrt{\frac{11300\ xt}{t+3{,}12}}$ mm

$= \frac{\frac{93{,}81 mm}{jam}}{100} \text{ x } \sqrt{\frac{11300\ xt}{t+3{,}12}}$ jam

= 16,08 mm

Hasil perhitungan nilai R untuk berbagai PUH dengan durasi 5 menit hingga 240 menit, disajikan dalam Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Nilai R

Durasi	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
(menit)	2	5	10	25	50
5	13,67	15,22	16,08	17,03	17,65
10	21,21	24,57	26,57	28,88	30,44
20	31,65	37,91	41,84	46,59	49,95
40	44,91	55,07	61,69	69,95	75,99
60	53,72	66,47	74,92	85,59	93,51
80	60,24	74,91	84,71	97,17	106,49
120	69,50	86,87	98,57	113,57	124,87
240	84,21	105,83	120,52	139,51	153,93

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Setelah nilai R diketahui, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung sesuai contoh perhitungan berikut.

$$I = \frac{R}{t} \text{ mm/jam}$$

$$= \frac{16{,}08\ mm}{\frac{5menit}{\frac{60menit}{jam}}} \text{ mm/jam} = 193{,}00 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan nilai intensitas hujan dengan durasi 5 menit hingga 240 menit, disajikan dalam Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Distribusi Intensitas Hujan dengan Metoda Hasper Weduwen

Durasi	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
(menit)	2	5	10	25	50
5	164,06	182,63	193,00	204,40	211,83
10	127,27	147,44	159,43	173,25	182,67
20	94,94	113,74	125,53	139,76	149,85
40	67,36	82,60	92,54	104,92	113,99
60	53,72	66,47	74,92	85,59	93,51
80	45,18	56,18	63,53	72,88	79,86
120	34,75	43,44	49,28	56,79	62,43
240	21,05	26,46	30,13	34,88	38,48

Sumber : Hasil Analisis, 2016

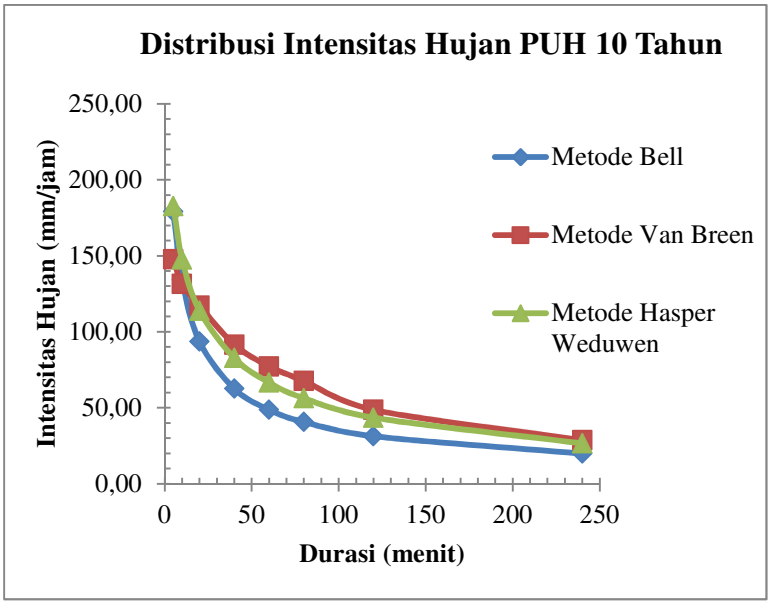
Hasil perhitungan intensitas hujan yang disajikan Tabel 5.28 menunjukkan intensitas hujan dengan berbagai variasi PUH yang ada, namun untuk perhitungan selanjutnya hanya akan dipilih salah satu PUH untuk analisis saluran primer ini yaitu PUH 10 tahun. Pemilihan PUH ini merujuk literatur pada Tabel 2.3 bahwa berdasarkan jenis saluran yang dianalisis yaitu saluran primer menggunakan PUH 10 tahun sedangkan penggunaan PUH 2 tahun, 5 tahun, 25 tahun dan 50 tahun berturut-turut adalah untuk saluran tersier, sekunder, primer untuk jalan by pass dan tol (Masduki, 1988).

Perbandingan hasil perhitungan intensitas hujan dari ketiga metoda yang digunakan disajikan pada Tabel 5.29. Grafik lengkung intensitas hujan untuk ketiga metoda dengan PUH 10 tahun disajikan pada Gambar 5.6. Metoda yang akan dipilih adalah metoda yang memiliki hasil perhitungan intensitas hujan paling besar. Pemilihan nilai intensitas hujan paling besar karena untuk meningkatkan tingkat keamanan dalam mendesain saluran.

Tabel 5.29 Perbandingan Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan PUH 10 Tahun dengan Ketiga Metoda

Durasi	**Intensitas Hujan**		
	(mm/jam)		
(menit)	**Bell**	**Van Breen**	**Hasper Weduwen**
5	179,17	166,30	193,00
10	134,10	148,06	159,43
20	93,52	131,97	125,53
40	62,50	103,00	92,54
60	48,70	86,91	74,92
80	40,61	76,18	63,53
120	31,25	54,72	49,28
240	19,73	32,19	30,13

Sumber : Hasil Analisis, 2016



Gambar 5.6 Distribusi Intensitas Hujan PUH 10 Tahun (Hasil Analisis, 2016)

Berdasarkan Tabel 5.29 dan Gambar 5.6 secara umum nilai intensitas hujan yang dihitung dengan metoda Van Breen lebih besar dari intensitas hujan yang dihitung dengan dua metoda lainnya, metoda Van Breen yang dipilih dan nilai intensitas ini akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

5.1.3 Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Perhitungan intensitas hujan rencana menggunakan Metoda Talbot, Sherman dan Ishiguro. Dari hasil perhitungan ketiga metoda tersebut dipilih satu metoda yang mempunyai lengkung intensitas hujan terkecil. Perhitungan distribusi intensitas hujan yang terpilih sebelumnya adalah pehitungan dengan Metoda Van Breen dengan PUH 10 tahun untuk saluran primer. Sehingga untuk analisis selanjutnya menggunakan intensitas hujan PUH 10 tahun untuk menghitung nilai-nilai variabel sebagai data masukan dalam rumus lengkung intensitas hujan. Perhitungan nilai variabel untuk ketiga metoda dapat dilihat pada Tabel 5.30 hingga Tabel 5.32.

5.1.3.1 Metoda Talbot

Sebelum menghitung intensitas hujan pada metoda ini, dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta a dan b terlebih dahulu. Kedua nilai

konstanta ini didasarkan pada durasi hujan yang terjadi di daerah aliran. Setelah kedua nilai tersebut diperoleh, maka dapat dihitung nilai intensitas hujan (I) PUH 10 tahun.

Berikut contoh perhitungan nilai variabel a dan b serta persamaan intensitas hujan (I) Metoda Talbot dengan PUH 10 tahun.

$$a = \frac{(\sum I.t)(\sum I^2)-(\sum I^2.t)(\sum I)}{n(\sum I^2)-(\sum I)^2}$$

$$= \frac{34.671,08x94.988,23-2.655.490,57x799,32}{8x94.988,23-799,32^2} \qquad = 9.675,97$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.t)-n(\sum I^2.t)}{n(\sum I^2)-(\sum I)^2}$$

$$= \frac{799,32x34.671,08-8x2.655.490,57}{8x94.988,23-799,32^2} \qquad = 53,47$$

$$I = \frac{a}{t+b}$$

$$= \frac{9.675,97}{t+53,47}$$

Hasil perhitungan nilai variabel untuk intensitas hujan PUH 10 tahun metoda Talbot disajikan dalam Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Nilai Variabel untuk Perhitungan Intensitas Hujan PUH 10 Tahun Metoda Talbot

t	I	I.t	I^2	I^2.t	a	b	I
a	b	c=a.b	d=b^2	e=dxa	f	g	h= $\frac{f}{a+g}$
5	166,30	831,51	27.656,02	138.280,12	9.675,97	53,47	165,50
10	148,06	1.480,62	21.922,22	219.222,20	9.675,97	53,47	152,46
20	131,97	2.639,36	17.415,53	348.310,50	9.675,97	53,47	131,71
40	103,00	4.119,97	10.608,86	424.354,50	9.675,97	53,47	103,52
60	86,91	5.214,34	7.552,60	453.155,90	9.675,97	53,47	85,28
80	76,18	6.094,13	5.802,87	464.229,82	9.675,97	53,47	72,50
120	54,72	6.566,21	2.994,10	359.292,33	9.675,97	53,47	55,78
240	32,19	7.724,95	1.036,02	248.645,21	9.675,97	53,47	32,97
	799,32	**34.671,08**	**94.988,23**	**2.655.490,57**			

Sumber : Hasil Analisis, 2016

5.1.3.2 Metoda Sherman

Pada metoda ini, perhitungan konstanta a dan k diperoleh dari hasil logaritma, kemudian diperoleh nilai antilognya. Berikut contoh perhitungannilai

variabel a dan k serta persamaan intensitas hujan (I) Metoda Sherman dengan PUH 10 tahun.

$$\text{Log a} = \frac{(\sum logI)(\sum log^2.t)-(\sum \log t.\log I)(\sum \log t)}{n(\sum log^2 t)-(\sum \log t)^2}$$

$$\text{a} = \text{anti log}\left(\frac{15{,}59x22{,}52-23{,}94x12{,}74}{8x22{,}52-12{,}74^2}\right)$$

$$= 390{,}24$$

$$\text{k} = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t)-n(\sum \log t.\log I)}{n(\sum log^2 t)-(\sum \log t)^2}$$

$$= \frac{15{,}59x12{,}74-8X23{,}94}{8x22{,}52-12{,}74^2}$$

$$= 0{,}40$$

$$\text{I} = \frac{a}{t^k}$$

$$= \frac{390{,}24}{t^{0{,}40}}$$

Hasil perhitungan nilai variabel untuk intensitas hujan PUH 10 tahun metoda Sherman disajikan dalam Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Nilai Variabel untuk Perhitungan Intensitas Hujan PUH 10 Tahun Metoda Sherman

t	I	log I	log t	log^2I	log^2t	logt.logI	a	k	I
a	b	c=log b	d=log a	e= c^2	f= d^2	g=cxd	h	i	j=
5	166,30	2,22	0,70	4,93	0,49	1,55	390,24	0,40	203,90
10	148,06	2,17	1,00	4,71	1,00	2,17	390,24	0,40	154,18
20	131,97	2,12	1,30	4,50	1,69	2,76	390,24	0,40	116,58
40	103,00	2,01	1,60	4,05	2,57	3,22	390,24	0,40	88,14
60	86,91	1,94	1,78	3,76	3,16	3,45	390,24	0,40	74,85
80	76,18	1,88	1,90	3,54	3,62	3,58	390,24	0,40	66,65
120	54,72	1,74	2,08	3,02	4,32	3,61	390,24	0,40	56,59
240	32,19	1,51	2,38	2,27	5,67	3,59	390,24	0,40	42,79
	799,32	**15,59**	**12,74**	**30,79**	**22,52**	**23,94**			

Sumber : Hasil Analisis, 2016

5.1.3.3 Metoda Ishiguro

Metoda ini menghitung nilai konstanta a dan b yang selanjutnya digunakan sebagai rumus persamaan intensitas Metoda Ishiguro. Setelah kedua nilai tersebut

diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan intensitas hujan (I) Metoda Ishiguro dengan PUH 10 tahun.

Contohperhitungan nilai variabel a dan b serta persamaan intensitas hujan (I) Metoda Ishiguro dengan PUH 10 tahun adalah sebagai berikut.

a $= \frac{(\sum I.\sqrt{t})(\sum I^2)-(\sum I^2\sqrt{t})(\sum I)}{n(\sum I^2)-(\sum I)^2}$

$= \left(\frac{4.534,24x94.988,23-435.399,21x799,32}{8x94.988,23-799,32^2}\right)$

$= 683,30$

b $= \frac{(\sum I)(\sum I.\sqrt{t})-n(\sum I^2\sqrt{t})}{n(\sum I^2)-(\sum I)^2}$

$= \left(\frac{799,32x4.534,24-8x435.399,21}{8x94.988,23-799,32^2}\right)$

$= 1,17$

I $= \frac{a}{\sqrt{t}+b}$

$= \frac{683,30}{\sqrt{t}+1,17}$

Hasil perhitungan nilai variabel untuk intensitas hujan PUH 10 tahun metoda Ishiguro disajikan dalam Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Nilai Variabel untuk Perhitungan Intensitas Hujan PUH 10 Tahun Metoda Ishiguro

t	**I**	**$t^{0,5}$**	**$I.t^{0,5}$**	**I^2**	**$I^2xt^{0,5}$**	**a**	**b**	**I**
a	**b**	**c= $a^{0,5}$**	**c= $bxa^{0,5}$**	**d=b^2**	**e=dxc**	**f**	**g**	**h=f/($a^{0,5}$+g)**
5	166,30	2,24	371,86	27.656,02	61.840,75	683,30	1,17	200,84
10	148,06	3,16	468,21	21.922,22	69.324,15	683,30	1,17	157,86
20	131,97	4,47	590,18	17.415,53	77.884,60	683,30	1,17	121,19
40	103,00	6,32	651,42	10.608,86	67.096,34	683,30	1,17	91,22
60	86,91	7,75	673,17	7.552,60	58.502,17	683,30	1,17	76,67
80	76,18	8,94	681,34	5.802,87	51.902,47	683,30	1,17	67,58
120	54,72	10,95	599,41	2.994,10	32.798,75	683,30	1,17	56,37
240	32,19	15,49	498,64	1.036,02	16.049,98	683,30	1,17	41,02
	799,32	**59,33**	**4.534,24**	**94.988,23**	**435.399,21**			

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Dari nilai konstanta masing-masing metoda, maka diperoleh persamaan intensitas hujan untuk ketiga metoda terangkum dalam Tabel 5.33 berikut.

Tabel 5.33 Rumus Intensitas Hujan untuk PUH 10 Tahun

Metoda Perhitungan Intensitas Hujan Rencana		
Talbot	**Sherman**	**Ishiguro**
$I = \frac{\text{albot}}{\frac{9.675,97}{t+53,47}}$	$I = \frac{\text{rman}}{\frac{30,24}{t^{0,40}}}$	$I = \frac{\text{guro}}{\sqrt{\frac{583,30}{t+1,17}}}$

Sumber : Hasil Analisis, 2016

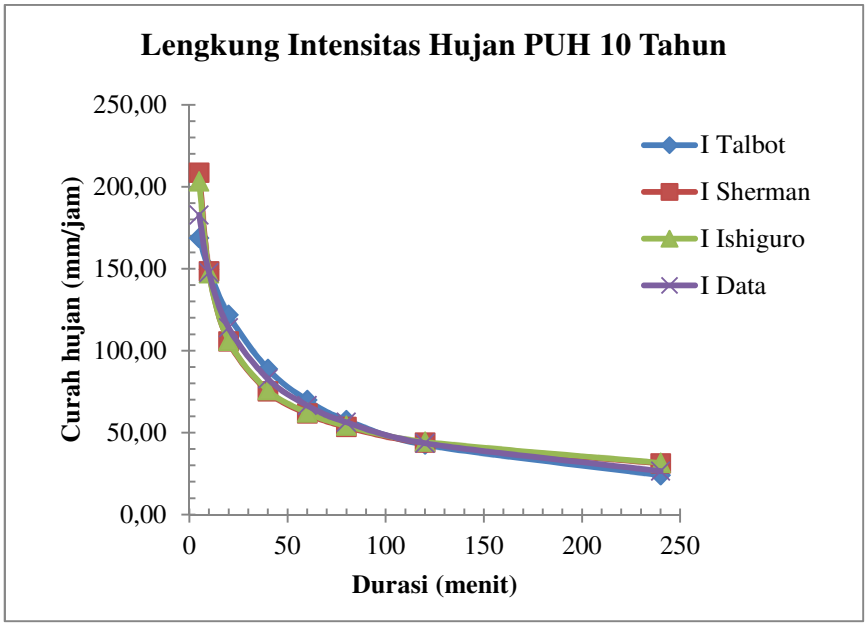
Setelah memperoleh persamaan intensitas curah hujan PUH 10 tahun, maka untuk mencari intensitas tiap waktu dapat dihitung dengan mensubstitusikan nilai waktu (t) ke tiap persamaan. Kemudian, dicari selisih intensitas hujannya. Perhitungan untuk mencari selisih hujan dengan PUH 10 tahun disajikan dalam Tabel 5.34, kemudian tiap perhitungan diplotkan pada Gambar 5.7.

Gambar 5.7 menunjukkan bahwa dari ketiga metoda perhitungan intensitas hujan rencana yang digunakan, didapatkan nilai selisih (delta) intensitas hujan terkecil dengan intensitas hujan data adalah metoda Talbot sehingga rumus Talbot ini paling dapat mempresentasikan lengkung intensitas hujan. Metoda ini yang terkait dengan metoda Van Breen. Rumus yang digunakan untuk menghitung intensitas hujan PUH 10 tahun adalah dengan persamaan berikut $I = \frac{9.675,97}{t+53,47}$.

Tabel 5.34 Selisih Intensitas Hujan PUH 10 Tahun Metoda Talbot, Sherman dan Ishiguro

t	**I Data**	**I Talbot**	**Selisih I Data dg Talbot**	**I Sherman**	**Selisih I Data dg Sherman**	**I Ishiguro**	**Selisih I Data dg Ishiguro**
(menit)				**(mm/jam)**			
a	**b**	**c**	**d=[b-c]**	**e**	**f=[b-e]**	**g**	**h=[b-g]**
5	166,30	165,50	0,80	203,90	37,60	200,84	34,54
10	148,06	152,46	4,40	154,18	6,11	157,86	9,80
20	131,97	131,71	0,26	116,58	15,39	121,19	10,78
40	103,00	103,52	0,52	88,14	14,85	91,22	11,78
60	86,91	85,28	1,63	74,85	12,06	76,67	10,24
80	76,18	72,50	3,68	66,65	9,53	67,58	8,59
120	54,72	55,78	1,06	56,59	1,87	56,37	1,66
240	32,19	32,97	0,78	42,79	10,60	41,02	8,83
Jumlah			13,14		108,03		96,21
Rata-Rata			**1,64**		13,50		12,03

Sumber : Hasil Analisis, 2016



Gambar 5.7 Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun (Hasil Analisis, 2016)

5.1.4 Analisis Hidrolika (Debit Saluran)

Analisis kapasitas saluran primer bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran yang ada dalam menampung debit pada kondisi eksisting di lapangan. Dalam perhitungan kapasitas ini dibutuhkan data-data eksisting yang diperoleh dari lapangan (data primer) maupun dari lembaga terkait (data sekunder). Untuk nilai lain dihitung menggunakan rumus yang sesuai literatur. Data yang sudah didapatkan adalah data panjang, lebar dasar, lebar permukaan, kedalaman saluran, tinggi air, tinggi sedimen dan kecepatan aliran di dalam air.

Analisis hidrolika ini menganalisis kapasitas eksisting saluran dengan menghitung kemiringan talud, luas penampang, penampang basah, jari-jari hidrolik dan kemiringan saluran (slope) sehingga didapatkan debit saluran. Bentuk penampang semua saluran primer adalah penampang trapesium kecuali Saluran Klegen yaitu berpenampang persegi. Sebagian besar dinding saluran primer adalah pasangan batu kali dihaluskan yang memiliki koefisien kekasaran 0,017.

Berikut ini dijabarkan tentang contoh perhitungan masing-masing komponen yang berpengaruh terhadap debit saluran pada Saluran Slarangan dengan kondisi eksisting di dalam saluran terdapat sedimen.

Kemiringan talud (m)

$$m = \frac{B-b}{2\ x\ h}$$

$$= \frac{4-3}{2\ x\ 1{,}67}$$

$$= 0{,}30$$

Luas penampang basah saluran (A)

$$A = (B + m x h_{air}) \times h_{air}$$

$$= (3 + 0{,}30 \times 1{,}67) \times 1{,}67$$

$$= 5{,}84\ m^2$$

Keliling saluran (P)

$$P = B + 2 x h_{air} \times \sqrt{1 + m^2}$$

$$= 3 + 2 \times 1{,}67 \times \sqrt{1 + 0{,}30^2}$$

$$= 6{,}48\ m$$

Jari-jari hidrolik (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{5{,}84}{6{,}48}$$

$$= 0{,}90\ m$$

Kemiringan dasar saluran (S_o) dengan nilai n = 0,017 (Tabel 2.11)

$$S_o = \left(\frac{V x n}{R^{2/3}}\right)^2$$

$$= \left(\frac{1{,}50 \times 0.017}{0{,}90^{2/3}}\right)^2$$

$$= 0{,}0007$$

Slope ini digunakan untuk perhitungan debit rencana. Selanjutnya dihitung jumlah debit saluran dengan contoh perhitungan berikut ini.

Debit saluran ($Q_{saluran}$) = A x v

= 5,48 m^2 x 1,50 m/detik

= 8,75 m^3/detik

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan debit yang mampu ditampung pada saluran primer Saluran Slarangan saat ini dengan kondisi terdapat sedimen adalah sebesar 8,75 m^3/detik. Hasil perhitungan analisis debit saluran dengan kondisi terdapat sedimen dan tanpa ada sedimen untuk semua saluran primer di Kota Madiun, disajikan dalam Tabel 5.35 dan Tabel 5.36.

Tabel 5.35 Hasil Perhitungan Debit Saluran Primer Kota Madiun dengan Adanya Sedimen

Nama Saluran	Dimensi Saluran							v	S	m	A	P	R	Q sal dengan sedimen
	L	B	b	h_{sal}	$h_{sedimen}$	h_{fb}	$h_{air\ maks}$							
	meter	meter	meter	meter	meter	meter	meter	m/det	m/m		m^2	m	m	m^3/det
Slarangan	2357	3,0	4,0	2,5	0,18	0,63	1,67	1,50	0,0007	0,30	5,84	6,48	0,90	8,75
Semar Mendem	2800	3,2	3,6	2,7	0,20	0,22	2,28	1,71	0,0008	0,09	7,74	7,77	1,00	13,23
Terate	2181	3,5	4,5	2,8	0,23	0,22	2,38	1,88	0,0009	0,20	9,45	8,35	1,13	17,73
Terate Timur Hulu	2544	5,5	6,6	4,2	0,18	0,49	3,51	1,81	0,0005	0,16	21,25	12,61	1,68	38,52
Terate Timur Hilir	2907	6,0	6,7	4,2	0,21	0,43	3,57	1,80	0,0005	0,10	22,77	13,20	1,72	40,99
Terate Barat Hulu	3634	3,8	4,5	3,4	0,17	0,55	2,65	1,82	0,0007	0,14	11,05	9,16	1,21	20,15
Terate Barat Hilir	1454	5,4	5,8	4,4	0,08	0,40	3,90	1,80	0,0005	0,06	21,78	13,17	1,65	39,14
Rejomulyo	1602	2,8	3,8	3,0	0,58	0,39	2,01	1,85	0,0010	0,25	6,64	6,95	0,96	12,28
Maling	1032	3,2	3,6	2,3	0,15	0,39	1,71	1,67	0,0010	0,12	5,82	6,65	0,88	9,71
Banjarejo II	1577	3,7	4,5	2,8	0,27	0,27	2,23	1,60	0,0006	0,18	9,13	8,22	1,11	14,60
Banjarejo I	1980	2,8	2,8	2,1	0,08	0,22	1,78	1,63	0,0011	0,00	4,97	6,35	0,78	8,12
Mojorejo	1090	4,0	5,4	3,1	0,30	0,50	2,30	1,78	0,0007	0,30	10,81	8,81	1,23	19,28
Klegen	1550	5,6	5,6	2,8	0,04	0,63	2,17	1,60	0,0006	0,00	12,03	9,89	1,22	19,25
Pelita Tama	2220	2,5	3,3	2,2	0,38	0,16	1,64	2,21	0,0019	0,24	4,76	5,88	0,81	10,52
Manisrejo I	1760	4,4	5,4	3,7	0,20	0,35	3,15	1,25	0,0003	0,16	15,42	10,77	1,43	19,27
Manisrejo II	2235	6,2	6,8	4,1	0,13	0,32	3,68	0,91	0,0001	0,08	23,94	13,59	1,76	21,77
Kanigoro	1470	6,4	6,8	3,6	0,07	0,58	2,92	0,86	0,0001	0,06	19,34	12,29	1,57	16,68
Pilangbango II	1599	8,9	11,0	4,8	0,27	0,57	3,93	0,73	0,0001	0,27	39,00	17,00	2,29	28,31
Sono	1362	8,9	11,0	4,7	0,23	0,67	3,83	1,14	0,0001	0,27	38,10	16,84	2,26	43,46
Nila	912	8,5	9,7	4,7	0,27	0,68	3,76	1,11	0,0001	0,16	34,27	16,14	2,12	37,88
Pilangbango I	849	2,0	2,4	1,6	0,10	0,35	1,15	1,52	0,0014	0,17	2,52	4,33	0,58	3,83

Nama Saluran	Dimensi Saluran							v	S	m	A	P	R	Q sal dengan sedimen
	L	B	b	h_{sal}	$h_{sedimen}$	h_{fb}	$h_{air\ maks}$							
	meter	meter	meter	meter	meter	meter	meter	m/det	m/m		m^2	m	m	m^3/det
Nambangan Lor	2200	2,9	4,5	3,7	0,29	0,27	3,13	1,76	0,0007	0,26	11,49	9,32	1,23	20,22
Kartini	1015	3,1	4,1	3,9	0,24	0,35	3,30	0,57	0,0001	0,15	11,87	9,77	1,21	6,71
Pasar Sepur	500	3,1	4,7	2,9	0,31	0,22	2,38	0,62	0,0001	0,34	9,27	8,11	1,14	5,75
Madiun Lor	1475	2,6	3,2	2,4	0,18	0,22	2,03	1,79	0,0011	0,14	5,83	6,69	0,87	10,43
Sumber Umis	1370	3,8	5,0	4,0	0,32	0,22	3,48	1,88	0,0006	0,17	15,30	10,86	1,41	28,68

Sumber : Hasil perhitungan, 2016

Tabel 5.36 Hasil Perhitungan Debit Saluran Primer Kota Madiun tanpa Sedimen

Nama Saluran	Dimensi Saluran						S	m	A	P	R	v	Q sal tanpa sedimen
	L	B	b	h_{sal}	$h_{sedimen}$	h_{fb}							
	meter	meter	meter	meter	meter	meter	m/m		m^2	m	m	m/det	m^3/det
Slarangan	2357	3,0	4,0	2,5	0,63	1,85	0,0007	0,27	6,47	6,83	0,95	1,55	10,03
Semar Mendem	2800	3,2	3,6	2,7	0,22	2,48	0,0008	0,08	8,42	8,17	1,03	1,75	14,73
Terate	2181	3,5	4,5	2,8	0,22	2,61	0,0009	0,18	10,36	8,80	1,18	1,93	19,97
Terate Timur Hulu	2544	5,5	6,6	4,2	0,49	3,69	0,0005	0,15	22,34	12,97	1,72	1,84	41,10
Terate Timur Hilir	2907	6,0	6,7	4,2	0,43	3,78	0,0005	0,09	24,11	13,62	1,77	1,83	44,15
Terate Barat Hulu	3634	3,8	4,5	3,4	0,55	2,82	0,0007	0,13	11,76	9,49	1,24	1,86	21,82
Terate Barat Hilir	1454	5,4	5,8	4,4	0,40	3,97	0,0005	0,06	22,21	13,32	1,67	1,81	40,12
Rejomulyo	1602	2,8	3,8	3,0	0,39	2,59	0,0010	0,19	8,54	8,07	1,06	1,98	16,90
Maling	1032	3,2	3,6	2,3	0,39	1,87	0,0010	0,11	6,35	6,95	0,91	1,71	10,87
Banjarejo II	1577	3,7	4,5	2,8	0,27	2,49	0,0006	0,16	10,22	8,75	1,17	1,66	16,92
Banjarejo I	1980	2,8	2,8	2,1	0,22	1,86	0,0011	0,00	5,21	6,52	0,80	1,65	8,61

Nama Saluran	Dimensi Saluran						S	m	A	P	R	v	Q sal tanpa sedimen
	L	B	b	h_{sal}	$h_{sedimen}$	h_{fb}							
	meter	meter	meter	meter	meter	meter	m/m		m^2	m	m	m/det	m^3/det
Mojorejo	1090	4,0	5,4	3,1	0,50	2,60	0,0007	0,27	12,22	9,39	1,30	1,86	22,67
Klegen	1550	5,6	5,6	2,8	0,63	2,21	0,0006	0,00	12,28	9,98	1,23	1,61	19,80
Pelita Tama	2220	2,5	3,3	2,2	0,16	2,02	0,0019	0,20	5,87	6,63	0,89	2,35	13,77
Manisrejo I	1760	4,4	5,4	3,7	0,35	3,35	0,0003	0,15	16,40	11,17	1,47	1,27	20,85
Manisrejo II	2235	6,2	6,8	4,1	0,32	3,81	0,0001	0,08	24,79	13,85	1,79	0,92	22,78
Kanigoro	1470	6,4	6,8	3,6	0,58	2,99	0,0001	0,06	19,78	12,42	1,59	0,87	17,19
Pilangbango II	1599	8,9	11,0	4,8	0,57	4,20	0,0001	0,26	41,67	17,52	2,38	0,74	30,99
Sono	1362	8,9	11,0	4,7	0,67	4,06	0,0001	0,26	40,42	17,29	2,34	1,17	47,13
Nila	912	8,5	9,7	4,7	0,68	4,03	0,0001	0,15	36,72	16,67	2,20	1,13	41,59
Pilangbango I	849	2,0	2,4	1,6	0,35	1,25	0,0014	0,16	2,74	4,52	0,61	1,56	4,28
Nambangan Lor	2200	2,9	4,5	3,7	0,27	3,42	0,0007	0,24	12,57	9,89	1,27	1,80	22,58
Kartini	1015	3,1	4,1	3,9	0,35	3,53	0,0001	0,14	12,72	10,24	1,24	0,57	7,31
Pasar Sepur	500	3,1	4,7	2,9	0,22	2,68	0,0001	0,30	10,47	8,70	1,20	0,64	6,72
Madiun Lor	1475	2,6	3,2	2,4	0,22	2,21	0,0011	0,12	6,35	7,05	0,90	1,83	11,62
Sumber Umis	1370	3,8	5,0	4,0	0,22	3,80	0,0006	0,16	16,72	11,50	1,45	1,92	32,03

Sumber : Hasil perhitungan, 2016

.

5.1.5 Analisis Debit Air Rencana

Berdasarkan kondisi di lapangan bahwa saluran primer seluruh Kota Madiun tidak hanya menampung air hujan tapi juga menampung dan mengalirkan air limbah domestic dan non-domestik, sehingga perlu untuk menghitungnya. Debit air limbah bersama debit air hujan bercampur dan menghasilkan debit air rencana yang direncanakan atau diperkirakan mengalir di saluran primer.

5.1.5.1 Analisis Debit Air Limbah Domestik

A. Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk bertujuan untuk menghitung jumlah penduduk selama umur perencanaan. Metode yang digunakan adalah Metode Aritmatik dan Metode Geometrik, kemudian diambil salah satu metode dengan angka korelasi mendekati satu. Proyeksi penduduk didapat dari data jumlah penduduk Kota Madiun pada Tahun 2009-2013. Hasil analisis pertumbuhan penduduk dan persentasenya disajikan dalam Tabel 5.37.

Tabel 5.37 Jumlah Penduduk dan Pertumbuhan Penduduk Kota Madiun

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Luas Wilayah (km^2)	Kepadatan Penduduk ($jiwa/km^2$)	Pertumbuhan per Tahun (jiwa)	Persentase (%)
a	b	c	d	$e = b_{n+1} - b_n$	$f = e/\sum e.100$
2009	189.015	33,23			
2010	198.805	33,23	5.983	9.790	4,92
2011	202.087	33,23	6.081	3.282	1,62
2012	203.257	33,23	6.117	1.170	0,58
2013	207.381	33,23	6.241	4.124	1,99
Jumlah				**18.366**	**9**
Rata-Rata				**4.592**	**2,28**

Sumber : Hasil Analisis

Analisis proyeksi penduduk diwalai dengan perhitungan nilai korelasi (r) dari masing-masing metode dengan persamaan berikut.

$$r = \left(\frac{n(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{\sqrt{[n.(\sum Y^2) - (\sum Y)^2] \, x \, [n(\sum X^2) - (\sum X)^2]}} \right)$$

Nilai korelasi (r) untuk masing-masing metode disajikan dalam Tabel 5.38 dan Tabel 5.39.

Tabel 5.38 Nilai Korealasi Metode Aritmatik

Tahun	X	Pertumbuhan Penduduk	(X)(Y)	X^2	Y^2
a	b	c	d	$e=b^2$	$f=c^2$
2010	1	9.790	9.790	1	95.844.100
2011	2	3.282	6.564	4	10.771.524
2012	3	1.170	3.510	9	1.368.900
2013	4	4.124	16.496	16	17.007.376
Jumlah	**10**	**18.366**	**36.360**	**30**	**124.991.900**
r	**-0,67**				

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 5.39 Nilai Korealasi Metode Geometri

Tahun	X	Jumlah Penduduk	Y = ln P	(X)(Y)	X^2	Y^2
a	b	c	d = ln c	e=b.d	$f=b^2$	$G=d^2$
2010	1	198.805	12,20	12,20	1	148,84
2011	2	202.087	12,22	24,43	4	149,24
2012	3	203.257	12,22	36,67	9	149,38
2013	4	207.381	12,24	48,97	16	149,87
Jumlah	**10**	**811.530**	**49**	**122**	**30**	**597**
r	**0,98**					

Sumber : Hasil Analisis

Hasil analisis korelasi dari kedua metode dapat diketahui nilai korealasi (r) dengan Metode Geometri mendekati nilai 1, sehingga metode analisis proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2023 yang digunakan adalah Metode Geometri. Hasil analisis proyeksi penduduk hingga tahun 2023 disajikan dalam Tabel 5.40. Sedangkan contoh perhitungan proyeksi penduduk dijabarkan sebagai berikut.

Jumlah penduduk tahun 2013 (P_o) = 207.381 jiwa

Persentase pertumbuhan penduduk tiap tahun = 2,28%

Jangka tahun (n) = 10

$P_n = P_o (1+r)^n$

$P_{2023} = P_{2013} (1+2,28\%)^{10}$

$= 207.381\ (1+0{,}0228)^{17}$

$= 259.776$ jiwa

Tabel 5.40 Hasil Proyeksi Penduduk dengan Metode Geometrik

No	Tahun	Proyeksi Jumlah Penduduk (jiwa)
1	2014	212.106
2	2015	216.938
3	2016	221.880
4	2017	226.935
5	2018	232.105
6	2019	237.392
7	2020	242.801
8	2021	248.332
9	2022	253.990
10	2023	259.776

Sumber : Hasil Analisis, 2016

B. Analisis Debit Air Limbah Domestik

Air kotor berasal dari air bersih yang telah digunakan penduduk untuk kebutuhan sehari-hari. Maka dari itu, untuk mengetahui debit air kotor, terlebih dahulu harus mengetahui debit rata-rata air bersih penduduknya. Kebutuhan air bersih rata-rata Kota Madiun adalah 150 L/hari/jiwa (PDAM Taman Sari, 2014). Diasumsikan bahwa air bersih yang terbuang sebagai air limbah sebesar 80% dan yang mengalir ke saluran drainase sebagai grey water sebesar 91,64% (Saifulloh, 2015). Sehingga perhitungan air kotor adalah sebagai berikut.

$Q_{air\ kotor} = Q_{air\ bersih} \times 80\% \times \%\ Q$ grey water

$= 150$ L/hari/jiwa $\times 80\% \times 91{,}64\%$

$= 0{,}00127$ L/detik/jiwa

$= 0{,}00000127\ m^3$/detik/jiwa

Dari debit air kotor tiap jiwa, maka dapat dicari debit air kotor tiap *catchment area* masing-masing saluran. Contoh perhitungan debit air kotor yang ditampung Saluran Slarangan adalah sebagai berikut.

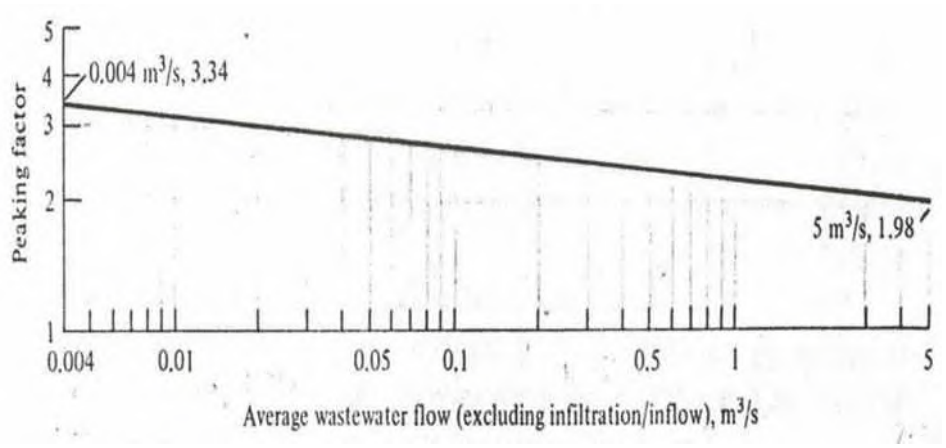
$Q_{air\ kotor\ slarangan} = Q_{air\ kotor} \times$ Jumlah Penduduk Tiap *Catchment*

$= Q_{air\ kotor} \times$ Kepadatan Penduduk x *Catchment Area*

$= 1{,}39 \times 10^{-6} m^3/det/jiwa \times 259.776\ jiwa/33{,}23 km^2 \times 0{,}40 km^2$

$= 0{,}004\ m^3/det$

Setelah mengetahui debit rata-rata air kotor pada *catchment area* Slarangan, dicari debit puncaknya dengan cara mengalikan debit rata-rata dengan faktor puncak. Faktor puncak didapatkan dengan mengeplotkan debit rata-rata ke dalam Grafik Faktor Peak yang mana sumbu x adalah debit air kotor yaitu 0,004 m^3/detik dan sumbu y adalah faktor peak. Dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini bahwa faktor peak yang didapatkan adalah 3,34.



Gambar 5.8 Grafik Penentuan Faktor Peak Berdasarkan Debit Rata-Rata Air Kotor (Metcalf dan Eddy, 1981)

Sehingga, dapat ditentukan debit air kotor pada saat puncak yaitu :

Q_{puncak} = Faktor Peak x $Q_{rata\text{-}rata}$

$= 3{,}34 \times 0{,}004\ m^3/detik$

$= 0{,}013\ m^3/detik$

Hasil perhitungan debit air kotor yang diterima oleh masing-masing saluran primer Kota Madiun dirangkum dalam Tabel 5.41.

Tabel 5.41 Debit Air Kotor Tiap Saluran

Nama Saluran	Jumlah Penduduk Tiap *Catchment*	Debit Air Kotor	Faktor Peak	Debit Air Kotor Puncak
	Po	$Q_{air\ kotor}$	Fp	$Q_{air\ kotor\ peak}$
	jiwa	m^3/det	-	m^3/det
a	b	$c=Q_{air\ bersih}$ x 80% x b	d	e = c x d
Slarangan	3.089	0,004	3,34	0,013
Semar Mendem	5.522	0,007	3,22	0,023
Terate	6.246	0,008	3,10	0,025
Terate Timur Hulu	10.567	0,013	3,10	0,042
Terate Timur Hilir	16.824	0,021	3,00	0,064
Terate Barat Hulu	6.639	0,008	3,10	0,026
Terate Barat Hilir	9.013	0,011	3,10	0,035
Rejomulyo	6.314	0,008	3,14	0,025
Maling	3.364	0,004	3,30	0,014
Banjarejo II	6.900	0,009	3,14	0,028
Banjarejo I	1.143	0,001	3,34	0,005
Mojorejo	8.923	0,011	3,00	0,034
Klegen	5.251	0,007	3,22	0,021
Pelita Tama	4.327	0,005	3,22	0,018
Manisrejo I	4.408	0,006	3,26	0,018
Manisrejo II	6.050	0,008	3,18	0,024
Kanigoro	7.253	0,009	3,14	0,029
Pilangbango II	6.123	0,008	3,18	0,025
Sono	10.306	0,013	3,10	0,041
Nila	12.544	0,016	3,34	0,053
Pilangbango I	2.189	0,003	3,34	0,009
Nambangan Lor	6.816	0,009	3,14	0,027
Kartini	1.716	0,002	3,34	0,007
Pasar Sepur	1.101	0,001	3,34	0,005
Madiun Lor	2.590	0,003	3,34	0,011
Sumber Umis	7.867	0,010	3,00	0,030

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

5.1.5.2 Analisis Debit Air Limbah Non-Domestik

A. Proyeksi Jumlah Fasilitas

Jumlah serta jenis fasilitas yang ada pada daerah pelayanan menentukan besarnya kebutuhan air non domestik. Adanya pertambahan penduduk akan menyebabkan pertumbuhan fasilitas. Dalam menentukan kebutuhan air non domestik, selain melalui proyeksi fasilitas, ada juga yang langsung

diasumsikan sebesar 25 % dari kebutuhan domestik yang telah diketahui dari proyeksi penduduk. Namun cara ini kurang representatif karena tidak memperhatikan jenis fasilitas yang ada pada daerah pelayanan tersebut, meskipun pertambahan penduduk dianggap sebanding dengan pertambahan fasilitas. Sehingga dalam memperkirakan fasilitas harus berdasarkan data jumlah masing-masing fasilitas. Metode yang digunakan adalah Metode Aritmatik dan Metode Geometrik, kemudian diambil salah satu metode dengan angka korelasi mendekati satu. Proyeksi fasilitas didapat dari data jumlah fasilitas Kota Madiun pada Tahun 2008-2014 yang disajikan dalam Tabel 5.42. Sedangkan hasil analisis pertumbuhan fasilitas dan persentasenya disajikan dalam Tabel 5.43.

Tabel 5.42 Data Jumlah Fasilitas berdasarkan Jenis Fasilitas di Kota Madiun

Tahun	Jumlah Fasilitas (Unit)					
	PD	K	A (Tempat Tidur)	PB	PDG	PK
2008	133	23	1.413	473	-	194
2009	133	21	1.519	458	-	208
2010	134	23	1.542	375	-	212
2011	136	20	1.531	406	238	218
2012	137	18	1.496	528	258	221
2013	138	24	1.514	483	256	218
2014	137	33	1.712	478	243	220

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Madiun, 2016

Keterangan :

PD = Pendidikan (SD/MI, SMP/MTs, SMA/SMK/MA, PT)

K = Kesehatan (Rumah sakit, Puskesmas, Rumah bersalin, Klinik)

A = Akomodasi (Hotel dan Penginapan)

PB = Peribadatan (Masjid, Musholla, Gereja, Vihara, Pura)

PDG = Perdagangan (Industri, Perusahaan berupa PT/CV)

PK = Perkantoran (Pemerintah dan Swasta

Fasilitas pendidikan terdiri dari gedung SD/MI, SMP/MTs, SMA/MA dan Perguruan Tinggi dengan trend peningkatan yang tidak signifikan atau cenderung sedikit peningkatannya. Fasilitas kesehatan terdiri dari rumah sakit, rumah bersalin, puskesmas dan balai pengobatan/klinik dengan tingkat pertumbuhan yang terus meningkat. Fasilitas akomodasi adalah fasilitas perhotelan dan penginapan dengan jumlah tempat tidur yang tersedia. Pertumbuhan fasilitas tempat tidur tersedia ini meningkat setiap tahunnya seiring dengan peningkatan unit hotel dan penginapa di Kota Madiun. Fasilitas peribadatan di Kota Madiun terdiri dari masjid, musholla, gereja, vihara dan pura. Namun seiring perkembangannya bangunan peribadatan secara umum menurun seperti pura dan musholla yang sudah berubah fungsi lahannya. Fasilitas perdaganngan terdiri dari industri atau perusahaan berupa PT, CV/Firma dan pasar. Pertumbuhan fasilitas perdagangan pada 3 tahun terakhir data menunjukkan penurunan jumlah. Sedangkan fasilitas perkantorann yang terdiri dari kantor pemerintahan dan swasta cenderung stabil dari tahun ke tahun.

Tabel 5.43 Jumlah Fasilitas Pendidikan Kota Madiun

Tahun	**Jumlah Luas Wilayah Kepadatan**			**Pertumbuhan per Tahun**	**Persentase (%)**
	unit	**km^2**	**unit/km^2**		
a	**b**			**c**	**d**
2008	133	33,23	4,00		0,00
2009	133	33,23	4,00	0,00	0,00
2010	134	33,23	4,03	1,00	0,75
2011	136	33,23	4,09	2,00	1,47
2012	137	33,23	4,12	1,00	0,73
2013	138	33,23	4,15	1,00	0,72
2014	137	33,23	4,12	-1,00	-0,73
Jumlah				**4,00**	**2,94**
Rata-Rata				**0,67**	**0,42**

Sumber : Hasil Analisis

Analisis proyeksi fasilitas kesehatan diwalai dengan perhitungan nilai korelasi (r) dari masing-masing metode dengan persamaan berikut.

$$r = \left(\frac{n(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{\sqrt{[n.(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]\, x\, [n(\sum X^2) - (\sum X)^2]}} \right)$$

Nilai korelasi (r) untuk masing-masing metode disajikan dalam Tabel 5.44 dan Tabel 5.45.

Tabel 5.44 Nilai Korealasi Metode Aritmatik

Tahun	**X**	**Pertumbuhan Fasilitas**	**(X)(Y)**	**X^2**	**Y^2**
a	**b**	**c**	**d**	**e=b^2**	**f=c^2**
2010	1	1	1	1	1
2011	2	2	4	4	4
2012	3	1	3	9	1
2013	4	1	4	16	1
2014	5	-1	-5	25	1
Jumlah	**15**	**4**	**7**	**55**	**8**
r	**-0,72**				

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 5.45 Nilai Korealasi Metode Geometri

Tahun	**X**	**Jumlah**	**Y = ln P**	**(X)(Y)**	**X^2**	**Y^2**
a	**b**	**c**	**d**	**e=b.d**	**f=b^2**	**g=d^2**
2010	1	134	4,90	4,90	1	23,99
2011	2	136	4,91	9,83	4	24,13
2012	3	137	4,92	14,76	9	24,21
2013	4	138	4,93	19,71	16	24,28
2014	5	137	4,92	24,60	25	24,21
Jumlah	**15**	**682**	**25**	**74**	**55**	**121**
r	**0,83**					

Sumber : Hasil Analisis

Hasil analisis korelasi dari kedua metode dapat diketahui nilai korealasi (r) dengan Metode Geometri mendekati nilai 1, sehingga metode analisis proyeksi jumlah fasilitas yang digunakan adalah Metode Geometri. Hasil analisis proyeksi semua fasilitas disajikan dalam Tabel 5.46. Sedangkan contoh perhitungan proyeksi penduduk dijabarkan sebagai berikut.

Jumlah fasilitas pendidikan tahun 2014 (P_o) = 137 unit

Persentase pertumbuhan penduduk tiap tahun = 0,42 %

Jangka tahun (n) = 10

P_n $= P_o (1+r)^n$

P_{2023} $= P_{2013} (1+0,42\%)^{10}$

$= 137 (1+0,42)^{10}$

$= 143$ unit

Tabel 5.46 Hasil Proyeksi Fasilitas berdasarkan Jenis Fasilitas

Tahun	Proyeksi Jumlah Fasilitas (Unit)					
	PD	K	A	PB	PDG	PK
2015	138	33	1.764	481	241	224
2016	138	33	1.817	483	239	229
2017	139	33	1.872	486	236	234
2018	139	33	1.929	488	234	239
2019	140	33	1.987	491	232	243
2020	140	33	2.048	493	230	248
2021	141	33	2.110	496	228	253
2022	142	33	2.173	499	226	259
2023	142	33	2.239	501	224	264
2024	143	33	2.307	504	222	269

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Keterangan :

PD = Pendidikan (SD/MI, SMP/MTs, SMA/SMK/MA, PT)

K = Kesehatan (Rumah sakit, Puskesmas, Rumah bersalin, Klinik)

A = Akomodasi (Hotel dan Penginapan)

PB = Peribadatan (Masjid, Musholla, Gereja, Vihara, Pura)

PDG = Perdagangan (Industri, Perusahaan berupa PT/CV)

PK = Perkantoran (Pemerintah dan Swasta

B. Analisis Debit Air Limbah Non-Domestik

Air limbah non-domestik ini berasal dari air bersih yang telah digunakan di gedung fasilitas untuk kebutuhan kegiatan yang terkait. Maka dari itu, untuk mengetahui debit air limbah, terlebih dahulu harus mengetahui debit rata-rata air bersih tiap fasilitas. Kebutuhan air bersih rata-rata fasilitas berdasarkan Diasumsikan bahwa air bersih yang terbuang sebagai air limbah sebesar 80% dan yang mengalir ke saluran drainase sebagai *grey*

water sebesar 91,64%. Sehingga perhitungan air limbah fasilitas pendidikan adalah sebagai berikut.

$Q_{\text{air limbah pendidikan}}$ = $Q_{\text{air bersih kesehatan}}$ x 80% x % Q grey water

= 6 m^3/unit/hari x 80% x 91,64%

= 0,0000508 m^3/detik/unit

Dari debit air limbah masing-masing jenis fasilitas, maka dapat dicari debit air limbah tiap *catchment area* masing-masing saluran. Contoh perhitungan debit air limbah fasilitas kesehatan yang ditampung saluran slarangan adalah sebagai berikut.

$Q_{\text{air limbah slarangan}}$= $Q_{\text{air kotor fasilitas kesehatan}}$ x Jumlah Fasilitas Tiap *Catchment*

= $Q_{\text{air kotor}}$ x Kepadatan Fasilitas x *Catchment Area*

= 0,0000508 m^3/detik/unit x 138unit/33,23km^2 x 0,2km^2

= 0,0001 m^3/det

Setelah menjumlahkan semua debit air limbah *grey water* dari 6 jenis fasilitas pada *catchment area* Slarangan, dicari debit puncaknya dengan cara mengalikan debit rata-rata dengan faktor puncak. Faktor puncak didapatkan dengan mengeplotkan debit rata-rata ke dalam Grafik Faktor Peak yang mana sumbu x adalah debit air kotor yaitu 0,0001 m^3/detik dan sumbu y adalah faktor peak berdasarkan Gambar 5.8 didapatkan nilai faktor peak adalah 3,34.

Sehingga, dapat ditentukan debit air kotor non-domestik pada saat puncak yaitu :

Q_{puncak} = Faktor Peak x $Q_{\text{rata-rata}}$

= 3,34 x 0,002 m^3/detik

= 0,007 m^3/detik

Hasil perhitungan debit air kotor yang diterima oleh masing-masing saluran primer Kota Madiun dirangkum dalam Tabel 5.47.

Tabel 5.47 Debit Air Kotor Non-Domestik Tiap Saluran

Nama Saluran	Jumlah Fasilitas Tiap Catchment						Q Air Kotor Non Domestik						Jumlah Q2	Faktor Peak	Debit Puncak Air Limbah Non Domestik
	PD	K	A	PB	PDG	PK	PD	K	A	PB	PDG	PK	Fasilitas Umum	Fp	Q2 peak
	unit	unit	tempat tidur	unit	unit	unit	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	-	m^3/det
Slarangan	2	2	2	2	2	2	0,0001	0,0007	0,0000	0,00016	0,0010	0,0000	0,002	3,34	0,007
Semar Mendem	3	3	3	3	3	3	0,0002	0,0012	0,0000	0,00028	0,0018	0,0001	0,004	3,34	0,012
Terate	3	3	3	3	3	3	0,0002	0,0014	0,0000	0,00032	0,0020	0,0001	0,004	3,34	0,014
Terate Timur Hulu	6	6	6	6	6	6	0,0004	0,0024	0,0000	0,00054	0,0034	0,0002	0,007	3,34	0,023
Terate Timur Hilir	9	9	9	9	9	9	0,0006	0,0038	0,0000	0,00085	0,0055	0,0003	0,011	3,30	0,036
Terate Barat Hulu	4	4	4	4	4	4	0,0002	0,0015	0,0000	0,00034	0,0022	0,0001	0,004	3,34	0,014
Terate Barat Hilir	5	5	5	5	5	5	0,0003	0,0020	0,0000	0,00046	0,0029	0,0001	0,006	3,30	0,019
Rejomulyo	3	3	3	3	3	3	0,0002	0,0014	0,0000	0,00032	0,0020	0,0001	0,004	3,34	0,014
Maling	2	2	2	2	2	2	0,0001	0,0008	0,0000	0,00017	0,0011	0,0001	0,002	3,34	0,007
Banjarejo II	4	4	4	4	4	4	0,0002	0,0016	0,0000	0,00035	0,0022	0,0001	0,004	3,34	0,015
Banjarejo I	1	1	1	1	1	1	0,0000	0,0003	0,0000	0,00006	0,0004	0,0000	0,001	3,34	0,002
Mojorejo	5	5	5	5	5	5	0,0003	0,0020	0,0000	0,00045	0,0029	0,0001	0,006	3,34	0,019
Klegen	3	3	3	3	3	3	0,0002	0,0012	0,0000	0,00027	0,0017	0,0001	0,003	3,34	0,011
Pelita Tama	2	2	2	2	2	2	0,0001	0,0010	0,0000	0,00022	0,0014	0,0001	0,003	3,34	0,009
Manisrejo I	2	2	2	2	2	2	0,0001	0,0010	0,0000	0,00022	0,0014	0,0001	0,003	3,34	0,010
Manisrejo II	3	3	3	3	3	3	0,0002	0,0014	0,0000	0,00031	0,0020	0,0001	0,004	3,34	0,013
Kanigoro	4	4	4	4	4	4	0,0002	0,0016	0,0000	0,00037	0,0024	0,0001	0,005	3,30	0,016
Pilangbango II	3	3	3	3	3	3	0,0002	0,0014	0,0000	0,00031	0,0020	0,0001	0,004	3,34	0,013
Sono	5	5	5	5	5	5	0,0003	0,0023	0,0000	0,00052	0,0033	0,0002	0,007	3,22	0,022

Nama Saluran	Jumlah Fasilitas Tiap Catchment						Q Air Kotor Non Domestik						Jumlah Q2	Faktor Peak	Debit Puncak Air Limbah Non Domestik
	PD	K	A	PB	PDG	PK	PD	K	A	PB	PDG	PK	Fasilitas Umum	Fp	Q2 peak
	unit	unit	tempat tidur	unit	unit	unit	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	-	m^3/det
Nila	7	7	7	7	7	7	0,0004	0,0028	0,0000	0,00064	0,0041	0,0002	0,008	3,18	0,026
Pilangbango I	1	1	1	1	1	1	0,0001	0,0005	0,0000	0,00011	0,0007	0,0000	0,001	3,34	0,005
Nambangan Lor	4	4	4	4	4	4	0,0002	0,0015	0,0000	0,00035	0,0022	0,0001	0,004	3,34	0,015
Kartini	1	1	1	1	1	1	0,0001	0,0004	0,0000	0,00009	0,0006	0,0000	0,001	3,34	0,004
Pasar Sepur	1	1	1	1	1	1	0,0000	0,0002	0,0000	0,00006	0,0004	0,0000	0,001	3,34	0,002
Madiun Lor	1	1	1	1	1	1	0,0001	0,0006	0,0000	0,00013	0,0008	0,0000	0,002	3,34	0,006
Sumber Umis	4	4	4	17	4	4	0,0003	0,0018	0,0000	0,00166	0,0026	0,0001	0,006	3,26	0,021

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Keterangan :

PD = Pendidikan (SD/MI, SMP/MTs, SMA/SMK/MA, PT)

K = Kesehatan (Rumah sakit, Puskesmas, Rumah bersalin, Klinik)

A = Akomodasi (Hotel dan Penginapan)

PB = Peribadatan (Masjid, Musholla, Gereja, Vihara, Pura)

PDG = Perdagangan (Industri, Perusahaan berupa PT/CV)

PK = Perkantoran (Pemerintah dan Swasta)

5.1.5.3 Analisis Debit Air Limbah Domestik dan Non-Domestik

Debit air limbah dari sektor domestik dan domestik dijumlahkan untuk mendapatkan debit air kotor *grey water* yang mengalir ke saluran drainase. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 5.48.

Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Debit Air Limbah Total

Nama Saluran	Debit Puncak Air Limbah Domestik	Debit Puncak Air Limbah Non Domestik	Debit Air Limbah Total
	Q1 peak	Q2 peak	Q air limbah
	m^3/det	m^3/det	m^3/det
a	b	c	d=b+c
Slarangan	0,013	0,007	0,020
Semar Mendem	0,023	0,012	0,035
Terate	0,025	0,014	0,038
Terate Timur Hulu	0,042	0,023	0,065
Terate Timur Hilir	0,064	0,036	0,100
Terate Barat Hulu	0,026	0,014	0,041
Terate Barat Hilir	0,035	0,019	0,055
Rejomulyo	0,025	0,014	0,039
Maling	0,014	0,007	0,021
Banjarejo II	0,028	0,015	0,042
Banjarejo I	0,005	0,002	0,007
Mojorejo	0,034	0,019	0,053
Klegen	0,021	0,011	0,033
Pelita Tama	0,018	0,009	0,027
Manisrejo I	0,018	0,010	0,028
Manisrejo II	0,024	0,013	0,038
Kanigoro	0,029	0,016	0,044
Pilangbango II	0,025	0,013	0,038
Sono	0,041	0,022	0,062
Nila	0,053	0,026	0,079
Pilangbango I	0,009	0,005	0,014
Nambangan Lor	0,027	0,015	0,042
Kartini	0,007	0,004	0,011
Pasar Sepur	0,005	0,002	0,007
Madiun Lor	0,011	0,006	0,017
Sumber Umis	0,030	0,021	0,051

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

5.1.5.4 Analisis Debit Air Hujan

Metoda yang digunakan dalam perhitungan debit air hujan adalah Metoda Rasional. Beberapa saluran yang memiliki luas *catchment* lebih dari 80 ha menggunakan Metoda Rasional yang telah dimodifikasi dengan mengalikan koefisien penampungan (C_s). Alasan menggunakan metoda rasional karena metoda tersebut dapat digunakan untuk menghitung debit genangan pada daerah aliran yang kecil ($\leq$500 km^2). Metoda rasional memperhitungkan koefisien pengaliran, intensitas hujan, luas daerah pengaliran atau *catchment area* serta koefisien penampungan (C_s) untuk *catchment area* lebih besar dari 80 ha.

Tahap pertama dengan menentukan masing-masing koefisien pengaliran lahan di suatu daerah pengaliran yang ditentukan dengan mengidentifikasi jenis lahan di *catchment area* masing-masing saluran kemudian memberikan penilaian pada jenis lahan dengan merujuk Tabel 2.9. Masing-masing saluran memiliki nilai koefisien pengaliran yang berbeda-beda sesuai dengan penggunaan lahan di *catchment area* saluran tersebut.

Tahap kedua adalah menghitung besarnya c*atchment area* masing-masing jenis lahan. Besarnya *catchment area* tiap jenis lahan tersebut ditentukan dengan menghitung persentase luas masing-masing penggunaan lahan terhadap luas total *catchment area* tiap saluran.

Nilai *catchment area* tiap saluran nilainya berbeda bergantung pada cakupan asal limpasan yang diterima dari saluran sekunder dan tersier. Asal limpasan ini diidentifikasi berdasarkan arah aliran saluran sekunder dan tersier dapat dilihat pada Gambar No. 5 Lampiran I. Sedangkan hasil analisis luasan daerah aliran atau *catchment area* disajikan pada Gambar No. 6 Lampiran I.

Tahap perhitungan terakhir adalah menghitung koefisien pengaliran total ditentukan dengan mengambil nilai rata-rata koefisien pengaliran dari semua jenis tata guna lahan kemudian membagi dengan *catchment area* masing-masing saluran. Analisis *catchment area* dan koefisien pengaliran (C) untuk semua saluran disajikan dalam Tabel 5.49.

Tabel 5.49 Koefisien Pengaliran tiap Daerah Tangkapan Air Saluran

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
1	Slarangan	1.0	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	6,72	1,14
			Perumahan (daerah single family)	0,50	21,73	10,87
			Industri (daerah ringan)	0,80	7,90	6,32
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	1,98	0,49
			Jalan (beraspal)	0,95	1,19	1,13
	Total				39,51	19,95
						0,50
2	Semar Mendem	1.1	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	10,59	1,80
			Perumahan (daerah single family)	0,50	28,25	14,13
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	10,59	6,36
			Perdagangan dan jasa	0,80	7,06	5,65
			Kawasan fasum	0,80	4,94	3,96
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	7,06	1,77
			Jalan (beraspal)	0,95	2,12	2,01
	Total				70,63	35,67
						0,51
3	Terate	1.1.1	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	4,00	0,68
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	35,96	21,57
			Perumahan (multi unit tertutup)	0,75	13,58	10,19
			Perdagangan dan jasa	0,80	7,99	6,39
			Kawasan fasum	0,80	7,99	6,39
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	7,99	2,00
			Jalan (beraspal)	0,95	2,40	2,28
	Total				79,90	49,50

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
						0,62
4	Terate Timur Hulu	1.1.1.1	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	6,76	1,15
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	60,83	36,50
			Perumahan (multi unit tertutup)	0,75	9,46	7,10
			Perdagangan dan jasa	0,80	27,03	21,63
			Kawasan fasum	0,80	13,52	10,81
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	13,52	3,38
			Jalan (beraspal)	0,95	4,06	3,85
	Total				135,17	84,42
						0,62
5	Terate Timur Hilir	1.1.1.2	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	107,60	18,29
			Perumahan (daerah single family)	0,50	10,76	5,38
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	43,04	25,82
			Perdagangan dan jasa	0,80	8,61	6,89
			Kawasan fasum	0,80	10,76	8,61
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	6,46	1,61
			Jalan (beraspal)	0,95	6,46	6,13
			Halaman kereta api	0,40	21,52	8,61
	Total				215,21	81,35
						0,38
6	Terate Barat Hulu	1.1.1.3	Perumahan (multi unit terpisah)	0,70	42,71	29,90
			Perdagangan dan jasa	0,80	36,61	29,29
			Kawasan fasum	0,80	12,20	9,76
			Industri (ringan)	0,80	6,10	4,88
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	20,75	5,19

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
			Jalan (beraspal)	0,95	3,66	3,48
	Total				122,04	82,50
						0,68
7	Terate Barat Hilir	1.1.1.4	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	19,60	3,33
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	40,35	24,21
			Perumahan (multi unit tertutup)	0,75	11,53	8,65
			Perdagangan dan jasa	0,80	5,76	4,61
			Kawasan fasum	0,80	11,53	9,22
			Industri (ringan)	0,80	5,76	4,61
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	11,53	2,88
			Halaman kereta api	0,40	5,76	2,31
			Jalan (beraspal)	0,95	3,46	3,29
	Total				115,30	63,11
						0,55
8	Rejomulyo	1.1.2	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	4,41	0,75
			Perumahan (daerah single family)	0,50	44,42	22,21
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	4,04	2,42
			Perdagangan dan jasa	0,80	8,08	6,46
			Kawasan fasum	0,80	4,04	3,23
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	13,73	3,43
			Jalan (beraspal)	0,95	2,42	2,30
	Total				81,14	40,81
						0,50
9	Maling	1.1.3	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	74,15	12,60
			Perumahan (daerah single family)	0,50	2,15	1,08

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	4,30	1,08
			Jalan (beraspal)	0,95	0,43	0,41
	Total				81,03	15,17
						0,19
10	Banjarejo II	1.2	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	61,79	10,50
			Perumahan (daerah single family)	0,50	13,24	6,62
			Industri (daerah ringan)	0,80	2,65	2,12
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	8,83	2,21
			Jalan (beraspal)	0,95	1,77	1,68
	Total				88,27	23,13
						0,26
11	Banjarejo I	1.2.1	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	1,46	0,25
			Perumahan (daerah single family)	0,50	10,24	5,12
			Industri (daerah ringan)	0,80	0,73	0,59
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	1,90	0,48
			Jalan (beraspal)	0,95	0,29	0,28
	Total				14,63	6,71
						0,46
12	Mojorejo	1.2.2	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	28,54	8,56
			Perumahan (daerah single family)	0,50	45,66	22,83
			Permukiman (multi unit terpisah)	0,60	5,71	3,42
			Perdagangan dan jasa	0,80	5,71	4,57
			Kawasan fasum	0,80	5,71	4,57
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	19,40	4,85
			Jalan (beraspal)	0,95	3,42	3,25

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
	Total				114,14	52,05
						0,46
13	Klegen	1.2.3	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	34,24	5,82
			Perumahan (daerah single family)	0,50	14,78	7,39
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	3,36	2,01
			Perdagangan dan jasa	0,80	10,07	8,06
			Kawasan fasum	0,80	3,36	2,69
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	13,43	3,36
			Jalan (beraspal)	0,95	2,01	1,91
	Total				81,26	31,24
						0,38
14	Pelita Tama	1.2.4	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	6,64	1,13
			Perumahan (daerah single family)	0,50	20,48	10,24
			Perdagangan dan jasa	0,80	11,07	8,86
			Kawasan fasum	0,80	4,43	3,54
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	11,07	2,77
			Jalan (beraspal)	0,95	1,66	1,58
	Total				55,34	28,11
						0,51
15	Manisrejo I	2.0	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	3,95	0,67
			Perumahan (daerah single family)	0,50	16,91	8,46
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	3,95	2,37
			Perdagangan dan jasa	0,80	2,82	2,26
			Kawasan fasum	0,80	2,82	2,26
			Industri (ringan)	0,80	1,69	1,35
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	22,55	5,64

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
			Jalan (beraspal)	0,95	1,69	1,61
	Total				56,38	24,61
						0,44
16	Manisrejo II	2.0.1	Perumahan (daerah single family)	0,50	23,22	11,61
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	5,42	3,25
			Perdagangan dan jasa	0,80	3,87	3,10
			Kawasan fasum	0,80	7,74	6,19
			Industri (ringan)	0,80	2,32	1,86
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	30,96	7,74
			Jalan (beraspal)	0,95	3,87	3,68
	Total				77,39	37,42
						0,48
17	Kanigoro Awal	2.1	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	9,28	1,58
			Perumahan (daerah single family)	0,50	41,75	20,88
			Kawasan fasum	0,80	4,64	3,71
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	35,26	8,81
			Jalan (beraspal)	0,95	1,86	1,76
	Total				92,78	36,74
						0,40
18	Pilangbango II	2.2	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	39,16	6,66
			Perumahan (daerah single family)	0,50	23,50	11,75
			Kawasan fasum	0,80	2,35	1,88
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	11,75	2,94
			Jalan (beraspal)	0,95	1,57	1,49
	Total				78,33	24,71
						0,32

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
19	Sono	2.2.1	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	92,28	15,69
			Perumahan (daerah single family)	0,50	13,18	6,59
			Kawasan fasum	0,80	3,95	3,16
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	13,18	3,30
			Halaman kereta api	0,40	5,27	2,11
			Jalan (beraspal)	0,95	3,95	3,76
	Total				131,83	34,60
						0,26
20	Nila	2.2.2	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	80,23	13,64
			Perumahan (daerah single family)	0,50	44,93	22,46
			Kawasan fasum	0,80	8,02	6,42
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	24,07	6,02
			Jalan (beraspal)	0,95	3,21	3,05
	Total				160,45	51,59
						0,32
21	Pilangbango I	2.3	Sawah (tanah gemuk, slope 2%))	0,17	17,64	3,00
			Perumahan (daerah single family)	0,50	5,60	2,80
			Kawasan fasum	0,80	1,40	1,12
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	2,80	0,70
			Jalan (beraspal)	0,95	0,56	0,53
	Total				28,00	8,15
						0,29
22	Nambangan Lor	3.0	Perumahan (daerah single family)	0,50	19,76	9,88
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	19,76	11,86
			Perdagangan dan jasa	0,80	25,69	20,56

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
			Kawasan fasum	0,80	19,76	15,81
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	9,88	2,47
			Jalan (beraspal)	0,95	3,95	3,76
	Total				98,82	64,33
						0,65
23	Kartini	4.0	Perumahan (daerah single family)	0,50	5,03	2,52
			Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	5,03	3,02
			Perdagangan dan jasa	0,80	6,29	5,03
			Kawasan fasum	0,80	6,29	5,03
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	1,26	0,31
			Jalan (beraspal)	0,95	1,26	1,20
	Total				25,17	17,11
						0,68
24	Pasar Sepur	5.0	Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	2,82	1,69
			Perdagangan dan jasa	0,80	5,63	4,51
			Kawasan fasum	0,80	2,82	2,25
			Halaman kereta api	0,40	1,41	0,56
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	0,70	0,18
			Jalan (beraspal)	0,95	0,70	0,67
	Total				14,09	9,86
						0,70
25	Madiun Lor	6.0	Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	10,84	6,50
			Perumahan (multi unit tertutup)	0,75	3,61	2,71
			Perdagangan dan jasa	0,80	9,03	7,22
			Kawasan fasum	0,80	9,03	7,22
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	2,17	0,54

No	Nama Saluran	Kode Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran C lahan	Luas A ha	Koefisien C total
a	b	c	d	e	f	g = exf
			Jalan (beraspal)	0,95	1,44	1,37
	Total				36,12	25,58
						0,71
26	Sumber Umis	7.0	Perumahan (multi unit terpisah)	0,60	11,47	6,88
			Perumahan (multi unit tertutup)	0,75	11,47	8,60
			Perdagangan dan jasa	0,80	57,33	45,86
			Kawasan fasum	0,80	22,93	18,34
			Kuburan dan Lahan Kosong	0,25	6,88	1,72
			Jalan (beraspal)	0,95	4,59	4,36
	Total				114,65	85,76
						0,75

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Selanjutnya menganalisis debit air hujan tiap saluran yang hasil perhitungannya disajikan dalam Tabel 5.51. Berikut adalah contoh perhitungan analisis debit air hujan pada Saluran Slarangan.

Luas catchment area (A) = 0,40 km^2

Koefisien pengaliran (C) = 0,50

Panjang saluran (L) = 2357 m = 2,36 km

Panjang limpasan (Lo) = 198 m

Kecepatan aliran cek dalam saluran (v) = 1,50 m/detik

Koefisien manning (n) = 0,017 (Tabel 2.10)

Kemiringan saluran (S_o) = 0,0007

Waktu aliran di permukaan (t_o) $= \frac{\left(0{,}0195\ x \sqrt{\frac{Lo}{So}}\right)^{0{,}77}}{60}$

$= \frac{\left(0{,}0195\ x \sqrt{\frac{198}{0{,}0007}}\right)^{0{,}77}}{60}$

= 0,3 jam

Waktu aliran di saluran (t_s) $= \frac{L}{v x 3600 \frac{detik}{jam}}$

$= \frac{2357}{1{,}50 \frac{m}{jam}}\ x\ \frac{3600\ detik}{jam}$

= 0,44 jam

Waktu konsentrasi (t_c) = $t_o + t_s$

= (0,3 + 0,44) jam

= 0,74 jam

Intensitas hujan rencana (I) $= \frac{9675{,}97}{t+53{,}47}$

$= \frac{9675{,}97}{0{,}74+53{,}47}$

= 178,49 mm/jam

Debit air hujan untuk *catchment area* kurang dari 80 ha menggunakan rumus rasional berikut. Sedangkan debit air hujan untuk *catchment area* lebih dari 80 ha menggunakan rumus rasional yang dimodifikasi yang mengalikan dengan koefisien penampungan (Cs).

Debit Air Hujan PUH 10 tahun

$Q_{rencana}$= C x I x A (tidak menggunakan Cs karena A < 80 ha)

Q = 0,50 x 178,49 mm/jam x 0,40 km^2

$= 0{,}50 \times 178{,}49 \frac{mm}{jam} \times \frac{1\ jam\ x\ 1\ m}{3600\ detik\ x\ 1000\ mm} \times 0{,}40\ km^2 \times \frac{10^6 m2}{km2}$

= 9,89 m^3/detik

Jadi, besarnya debit air hujan dengan PUH 10 tahun pada Saluran Slarangan adalah 9,89 m^3/detik. Hasil perhitungan debit air hujan rencana untuk semua saluran primer Kota Madiun disajikan dalam Tabel 5.50.

Setelah menghitung debit air limbah (domestik dan non-domestik) dan debit air hujan rencana selanjutnya menghitung debit air rencana dengan menjumlahkan debit air limbah dan debit air hujan. Perhitungan debit air rencana disajikan dalam Tabel 5.51.

Tabel 5.50 Hasil Perhitungan Debit Hujan Rencana Saluran Primer Kota Madiun

Nama Saluran	L	v	A	C	S	Lo	to	ts	tc	Cs	I	$Q_{air\ hujan}$
	meter	m/det	km^2	-	m/m	meter	jam	jam	jam	-	mm/jam	m^3/det
Slarangan	2,36	1,50	0,40	0,50	0,0007	198	0,30	0,44	0,74	0,77	178,49	9,89
Semar Mendem	2,80	1,71	0,71	0,51	0,0008	217	0,31	0,45	0,77	0,77	178,40	13,63
Terate	2,18	1,88	0,80	0,62	0,0009	290	0,39	0,32	0,71	0,81	178,59	20,01
Terate Timur Hulu	2,54	1,81	1,35	0,62	0,0005	140	0,28	0,39	0,67	0,77	178,73	32,45
Terate Timur Hilir	2,91	1,80	2,15	0,38	0,0005	102	0,22	0,45	0,67	0,75	178,72	30,25
Terate Barat Hulu	3,63	1,82	0,85	0,68	0,0007	285	0,40	0,55	0,96	0,78	177,78	21,99
Terate Barat Hilir	1,45	1,80	1,15	0,55	0,0005	247	0,43	0,22	0,65	0,85	178,77	26,74
Rejomulyo	1,60	1,85	0,81	0,50	0,0010	291	0,36	0,24	0,60	0,83	178,95	16,82

Nama Saluran	L	v	A	C	S	Lo	to	ts	tc	Cs	I	$Q_{air\ hujan}$
	meter	m/det	km^2	-	m/m	meter	jam	jam	jam	-	mm/jam	m^3/det
Maling	1,03	1,67	0,43	0,19	0,0010	212	0,29	0,17	0,46	0,84	179,40	4,01
Banjarejo II	1,58	1,60	0,88	0,26	0,0006	229	0,36	0,27	0,63	0,82	178,84	9,45
Banjarejo I	1,98	1,63	0,15	0,46	0,0011	217	0,29	0,34	0,62	0,79	178,88	3,33
Mojorejo	1,09	1,78	1,14	0,46	0,0007	288	0,42	0,17	0,59	0,87	178,99	22,61
Klegen	1,55	1,60	0,67	0,38	0,0006	236	0,39	0,27	0,66	0,83	178,77	12,82
Pelita Tama	2,22	2,21	0,55	0,51	0,0019	285	0,28	0,28	0,56	0,80	179,08	13,98
Manisrejo I	1,76	1,25	0,56	0,44	0,0003	265	0,56	0,39	0,95	0,83	177,81	12,15
Manisrejo II	2,24	0,91	0,77	0,48	0,0001	205	0,65	0,68	1,33	0,80	176,56	18,35
Kanigoro	1,47	0,86	0,93	0,40	0,0001	203	0,63	0,47	1,11	0,82	177,29	14,91
Pilangbango II	1,60	0,73	0,78	0,32	0,0001	134	0,64	0,61	1,25	0,80	176,82	12,14
Sono	1,36	1,14	1,32	0,26	0,0001	111	0,39	0,33	0,72	0,81	178,56	13,95
Nila	0,91	1,11	1,60	0,32	0,0001	144	0,47	0,23	0,70	0,86	178,63	21,98
Pilangbango I	0,85	1,52	0,28	0,29	0,0014	99	0,14	0,16	0,30	0,79	179,96	4,07
Nambangan Lor	2,20	1,76	0,99	0,65	0,0007	244	0,37	0,35	0,72	0,81	178,56	25,70
Kartini	1,02	0,57	0,25	0,68	0,0001	101	0,45	0,50	0,95	0,79	177,82	8,45
Pasar Sepur	0,50	0,62	0,14	0,70	0,0001	90	0,37	0,22	0,59	0,84	178,97	4,90
Madiun Lor	1,48	1,79	0,36	0,71	0,0011	295	0,36	0,23	0,58	0,84	179,01	12,72
Sumber Umis	1,37	1,88	1,15	0,75	0,0006	280	0,42	0,20	0,62	0,86	178,87	36,66

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 5.51 Perhitungan Debit Air Rencana

Nama Saluran	Debit Air Limbah Rencana	Debit Air Hujan Rencana	Debit Air Rencana
	$Q_{air\ kotor}$	$Q_{air\ hujan}$	$Q_{rencana}$
	m^3/det	m^3/det	m^3/det
Slarangan	0,020	9,891	9,911
Semar Mendem	0,035	13,630	13,665
Terate	0,038	20,005	20,043
Terate Timur Hulu	0,065	32,446	32,510
Terate Timur Hilir	0,100	30,253	30,354
Terate Barat Hulu	0,041	21,991	22,031
Terate Barat Hilir	0,055	26,745	26,800
Rejomulyo	0,039	16,820	16,859
Maling	0,021	4,014	4,035
Banjarejo II	0,042	9,450	9,493
Banjarejo I	0,007	3,332	3,339
Mojorejo	0,053	22,612	22,665
Klegen	0,033	12,824	12,857
Pelita Tama	0,027	13,983	14,010
Manisrejo I	0,028	12,153	12,181
Manisrejo II	0,038	18,352	18,390
Kanigoro	0,044	14,906	14,951
Pilangbango II	0,038	12,138	12,176
Sono	0,062	13,946	14,008
Nila	0,079	21,982	22,062
Pilangbango I	0,014	4,075	4,089
Nambangan Lor	0,042	25,701	25,749
Kartini	0,011	8,454	8,466
Pasar Sepur	0,007	4,902	4,909
Madiun Lor	0,017	12,718	12,736
Sumber Umis	0,051	36,656	36,714

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

5.1.6 Evaluasi Kapasitas Saluran Primer di Daerah Penelitian

Evaluasi kapasitas saluran dilakukan untuk mengetahui kemampuan saluran eksisting dalam menampung debit genangan. Hal ini untuk mengetahui resiko genangan di Kota Madiun. Resiko genangan dapat diketahui dengan membandingkan debit saluran eksisting dengan debit air rencana. Apabila $Q_{rencana} < Q_{saluran}$, maka saluran dikatakan aman terhadap genangan, namun bila $Q_{rencana} > Q_{saluran}$ maka saluran akan meluap karena tidak mampu menampung $Q_{rencana}$. Hasil selengkapnya disajikan dalam Tabel 5.52.

Tabel 5.52 Hasil Evaluasi Kapasitas Saluran Primer Kota Madiun

Nama Saluran	Debit Air Limbah Rencana	Debit Air Hujan Rencana	Debit Air Rencana	Kondisi dengan Sedimen			Kondisi Tanpa Sedimen		
	Qlimbah	Qhujan	Qrencana	Q sal	Q genangan	Syarat Q sal > Q rancangan	Q sal	Q genangan	Syarat Q sal > Q rancangan
	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det
Slarangan	0,02	9,89	9,91	8,75	1,16	Tidak memenuhi	10,03	-0,12	Memenuhi
Semar Mendem	0,03	13,63	13,67	13,23	0,43	Tidak memenuhi	14,73	-1,06	Memenuhi
Terate	0,04	20,01	20,04	17,73	2,31	Tidak memenuhi	19,97	0,07	Tidak memenuhi
Terate Timur Hulu	0,06	32,45	32,51	38,52	-6,01	Memenuhi	41,10	-8,59	Memenuhi
Terate Timur Hilir	0,10	30,25	30,35	40,99	-10,63	Memenuhi	44,15	-13,80	Memenuhi
Terate Barat Hulu	0,04	21,99	22,03	20,15	1,88	Tidak memenuhi	21,82	0,21	Tidak memenuhi
Terate Barat Hilir	0,05	26,74	26,80	39,14	-12,34	Memenuhi	40,12	-13,32	Memenuhi
Rejomulyo	0,04	16,82	16,86	12,28	4,58	Tidak memenuhi	16,90	-0,04	Memenuhi
Maling	0,02	4,01	4,04	9,71	-5,67	Memenuhi	10,87	-6,84	Memenuhi
Banjarejo II	0,04	9,45	9,49	14,60	-5,11	Memenuhi	16,92	-7,43	Memenuhi
Banjarejo I	0,01	3,33	3,34	8,12	-4,78	Memenuhi	8,61	-5,27	Memenuhi
Mojorejo	0,05	22,61	22,67	19,28	3,38	Tidak memenuhi	22,67	-0,01	Memenuhi
Klegen	0,03	12,82	12,86	19,25	-6,39	Memenuhi	19,80	-6,94	Memenuhi
Pelita Tama	0,03	13,46	13,49	10,52	3,49	Tidak memenuhi	13,77	0,24	Tidak memenuhi
Manisrejo I	0,03	12,15	12,18	19,27	-7,09	Memenuhi	20,85	-8,67	Memenuhi
Manisrejo II	0,04	18,35	18,39	21,77	-3,38	Memenuhi	22,78	-4,39	Memenuhi
Kanigoro	0,04	14,91	14,95	16,68	-1,73	Memenuhi	17,19	-2,24	Memenuhi
Pilangbango II	0,04	12,14	12,18	28,31	-16,14	Memenuhi	30,99	-18,81	Memenuhi
Sono	0,06	13,95	14,01	43,46	-29,45	Memenuhi	47,13	-33,12	Memenuhi
Nila	0,08	21,98	22,06	37,88	-15,82	Memenuhi	41,59	-19,53	Memenuhi
Pilangbango I	0,01	4,07	4,09	3,83	0,25	Tidak memenuhi	4,28	-0,19	Memenuhi
Nambangan Lor	0,04	25,70	25,75	20,22	5,53	Tidak memenuhi	22,58	3,17	Tidak memenuhi

Nama Saluran	Debit Air Limbah Rencana	Debit Air Hujan Rencana	Debit Air Rencana	Kondisi dengan Sedimen			Kondisi Tanpa Sedimen		
	Qlimbah	Qhujan	Qrencana	Q sal	Q genangan	Syarat Q sal > Q rancangan	Q sal	Q genangan	Syarat Q sal > Q rancangan
	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det
Kartini	0,01	8,45	8,47	6,71	1,75	Tidak memenuhi	7,31	1,16	Tidak memenuhi
Pasar Sepur	0,01	4,90	4,91	5,75	-0,84	Memenuhi	6,72	-1,81	Memenuhi
Madiun Lor	0,02	12,72	12,74	10,43	2,31	Tidak memenuhi	11,62	1,11	Tidak memenuhi
Sumber Umis	0,05	36,66	36,71	28,68	8,03	Tidak memenuhi	32,03	4,68	Tidak memenuhi
Jumlah					**35,10**			**10,65**	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Berikut perhitungan evaluasi kapasitas Saluran Primer Slarangan.

$Q_{rencana}$ = 9,91 m^3/detik

$Q_{saluran\ dengan\ sedimen}$ = 8,75 m^3/detik

$Q_{saluran\ tanpa\ sedimen}$ = 10,03 m^3/detik

$Q_{rencana} > Q_{saluran}$, saluran tidak mampu menampung debit rencana. $Q_{rencana} > Q_{saluran\ cek}$, saluran cek tidak mampu menampung debit rencana sehingga debit luapan dari saluran adalah sebagai berikut.

$Q_{genangan\ sal\ dengan\ sedimen} = Q_{rencana} - Q_{saluran\ dengan\ sedimen}$

= 9,91 m^3/detik – 8,75 m^3/detik

= 1,16 m^3/detik

Artinya, kapasitas Saluran Slarangan dengan kondisi terdapat sedimen adalah tidak memenuhi karena menghasilkan debit genangan sebesar 1,16 m^3/detik.

$$Q_{genangan\ sal.tanpa\ sedimen} = Q_{rencana} - Q_{saluran\ tanpa\ sedimen}$$
$$= 9{,}91\ m^3/detik - 3{,}95\ m^3/detik$$
$$= -0{,}12\ m^3/detik$$

Artinya, Saluran Slarangan masih mampu menampung debit air sebesar 0,12 m^3/detik yang menjadi debit genangan.

Berdasarkan perhitungan debit saluran dalam kondisi terdapat sedimen, didapatkan jumlah saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya sebanyak 12 saluran dengan total debit genangan sebesar 35,10 m^3/detik. Sedangkan pada perhitungan debit saluran dalam kondisi tanpa sedimen, didapatkan jumlah saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya berkurang menjadi 7 saluran dengan total debit genangan 10,65 m^3/detik. Selisih genangan tersebut diakibatkan adanya endapan sedimen di saluran, sehingga untuk memaksimalkan kapasitas saluran dan mengurangi debit genangan perlu dilakukan pengerukan sedimen sebagai upaya penanganan genangan. Debit saluran yang berkurang akibat adanya sedimen sebesar 24,45 m^3/detik.

5.1.7 Operasional Pompa Eksisting

Sistem drainase primer Madiun didukung fasilitas 8 rumah pompa yang terdiri dari 20 unit pompa dalam 8 rumah pompa (dokumentasi pada Lampiran II) untuk mengalirkan air dari saluran drainase primer ke Sungai Madiun untuk mengatasi debit genangan dari Saluran Primer. Masing-masing rumah pompa memiliki jumlah pompa dan kapasitas pompa yang berbeda-beda. Kapasitas pompa pada rumah pompa dan *catchment area* yang dilayani oleh pompa di sistem drainase primer Kota Madiun disajikan dalam Tabel 5.53.

Tabel 5.53 Jumlah, Kapasitas dan Cakupan *Catchment Area* Pompa di Sistem Drainase Kota Madiun

No	Nama Pompa	Jumlah (unit)	Kapasitas (m^3/det/pompa)	Kapasitas (m^3/det)	Cakupan *Catchment Area*
1	Kaswari	2	0,8	1,6	Nambangan Kidul

No	Nama Pompa	Jumlah (unit)	Kapasitas (m^3/det/pompa)	Kapasitas (m^3/det)	Cakupan *Catchment Area*
		1	0,85	0,85	
2	Pancasila	2	1	2	Nambangan Lor
		2	0,5	1	
3	Pandan	4	1	4	Sumber Umis
		2	0,3	0,6	
4	Beteng	2	0,5	1	Kartini
5	Madiun Lor	2	0,5	1	Madiun Lor
6	Patihan	1	0,3	0,3	Patihan
		1	0,04	0,04	
7	Sogaten	1	0,3	0,3	Sogaten
8	Mobile pump	2	0,5	1	Wilayah Tergenang

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun, 2016

Operasional pompa ini dapat membantu mengurangi debit genangan yang ada pada *catchment area* Nambangan Lor, Sumber Umis, Kartini, dan Madiun Lor dengan total debit pemompaan 9,60 m^3/detik. Namun, masih terdapat debit genangan yang tidak mampu dialirkan menggunakan pompa karena keterbatasan kapasitas pompa. Hasil perhitungannya dirangkum dalam Tabel 5.54.

Tabel 5.54 Debit Genangan Setelah Pemompaan

Nama Saluran	Sebelum Pemompaan		Setelah Pemompaan	
	Q genangan	Syarat Q sal > Q rancangan	Q genangan	Syarat Q sal > Q rancangan
Terate	0,07	Tidak memenuhi	0,07	Tidak memenuhi
Terate Barat Hulu	0,21	Tidak memenuhi	0,21	Tidak memenuhi
Pelita Tama	0,24	Tidak memenuhi	0,24	Tidak memenuhi
Nambangan Lor	3,17	Tidak memenuhi	0,17	Tidak memenuhi
Kartini	1,16	Tidak memenuhi	0,16	Tidak memenuhi
Madiun Lor	1,11	Tidak memenuhi	0,11	Tidak memenuhi
Sumber Umis	4,68	Tidak memenuhi	0,08	Tidak memenuhi
Total	**10,65**		**1,05**	

Sumber : Haail Analisis, 2016

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa pengoperasian pompa dapat mengurangi debit genangan sebesar 9,60 m^3/detik. Debit genangan sebelum penggunaan pompa sebesar 10,65 m^3/detik dan setelah penggunaan pompa sebesar 1,05 m^3/detik. Penanganan selanjutnya pada debit genangan sisa ini adalah dengan membangun sumur resapan.

5.2 Analisis Aspek Lingkungan

Analisis aspek lingkungan ini dilakukan dengan menganalisis kondisi dan kemampuan dari Saluran Sekunder Sono di Kota Madiun untuk mengetahui jenis pemanfaatan daya dukung lingkungan tersebutdalam mengatasi debit genangan.

5.2.1 Pemanfaatan Daya Dukung Lingkungan (Daya Serap Tanah) dalam Penanganan Debit Genangan

Analisis aspek lingkungan ini dilakukan dengan tujuan memanfaatkan daya dukung lingkungan yang ada untuk mengatasi debit genangan. Kota Madiun memiliki topografi yang relatif datar, sehingga bila terjadi luapan dari saluran primer, dapat dipastikan genangan terjadi di sekitar saluran. Di sisi lain, daerah penelitian memiliki tanah subur yang mampu menyerap air dengan cukup baik karena jenis tanah wilayah ini adalah tanah alluvial (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2016).

Tanah alluvial bertekstur pasir halus yang diklasifikasikan jenis tanah dengan permeabilitas sedang. Tabel 2.12 menunjukkan jenis tanah dengan kelas sedang yang mampu menyerap air sebesar 1,5 x 10^{-2} cm/detik atau 1,5 x 10^{-4} m/detik. Selain itu, daerah penelitian yang terletak di Kota Madiun berada pada kedalaman air tanah lebih dari 15 m dari muka tanah (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2015). Sehingga dari segi *suitability*, pembangunan sumur resapan untuk menangani debit genangan dan sebagai media pengisian air tanah di Kota Madiun ini terpenuhi.

Daya dukung dari lingkungan tersebut yang akan dimanfaatkan untuk menyerap dan menampung debit genangan. Dengan mempertimbangkan daya dukung lingkungan dari daerah penelitian tersebut, terdapat alternatif konservasi yang memungkinkan untuk diimplementasikan di Kota Madiun yaitu sumur resapan. Upaya konservasi tersebut dilakukan untuk menjamin keseimbangan air akibat perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi lahan permukiman.

Sumur resapan ini berfungsi untuk menampung dan menyerap debit genanganyang tertampung di dalamnya. Berikut ini adalah perhitungan dari kebutuhan sumur resapan untuk mencegah luapan debit genangan saluran

sekunder. Sumur resapan direncanakan mampu menampung seluruh debit genangan yang ada.

5.2.2 Kebutuhan Sumur Resapan

Sumur resapan yang direncanakan adalah sumur resapan tipe IIIa. Tipe IIIa dipilih karena sesuai dengan jenis tanah yaitu tanah berpasir. Sumur resapan tipe IIIa ini memiliki kriteria perencanaan berdasarkan Standart Nasional Indonesia No. 02-2453- 1991, adalah sebagai berikut.

- Penutup sumur yang terdapat beban diatasnya dibuat dari plat beton bertulang tebal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil. Sedangkan penutup tanpa beban di atasnya dapat dibuat dari plat beton tanpa tulang dengan campuran yang sama dan tebal 10 cm.
- Dinding sumur bagian atas terbuat dari pasangan batu merah atau batako dengan campuran spesi 5 pasir, tebal ½ bata (±15 cm) tanpa diplester atau terbuat dari pipa beton tidak bertulang (buis beton) tebal 10 cm campuran 3 pasir : 4 kerikil.
- Dinding sumur bagian bawah dibuat tanpa dinding penguat namun antara batu isian dengan dinding tanah diberi lapisan ijuk.
- Bahan isian sumur terbuat dari batu kali kosongan ukuran 20 cm seragam atau potongan batu merah ukuran ¼ batu.
- Sumur resapan ini berbentuk tabung dengan diameter 1,4 m dan kedalaman 6 m yang dibangun di bawah muka tanah dengan kedalaman muka air tanah lebih dari 15 m dari muka tanah.
- Kedalaman sumur 6 m sudah mencakup tebal penutup sumur terbuat dari plat beton yaitu 10 cm yang diberi celah sebagai inlet air ke dalam sumur resapan dan 40 cm untuk kerikil sebagai dasar porus. Sehingga tinggi efektif sebesar 5,5 m.

Berikut contoh perhitungan analisis kebutuhan sumur resapan untuk Saluran Terate.

Jari jari hidrolik (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{\pi r^2}{\pi r^2 t + 2(2\pi r)}$$

$$= \frac{\frac{22}{17} 0{,}7^2}{\frac{22}{17} 0{,}7^2\ 6 + 2\left(2\frac{22}{17} 0{,}7\right)}$$

$$= \frac{1{,}54}{18{,}04} \qquad = 0{,}085 \text{ m}$$

Debit Sumur (Qo)

$$Qo = \frac{2\pi.L.K.H}{ln\left[\frac{L}{R} x\sqrt{1} + \left(\frac{L}{R}\right)^2\right]}$$

$$= \frac{2\frac{22}{7}\ 5{,}5\ .0{,}00015.6}{ln\left[\frac{5{,}5}{0{,}085} x\sqrt{1} + \left(\frac{5{,}5}{0{,}085}\right)^2\right]}$$

$$= 0{,}00639 \text{ m}^3\text{/detik}$$

Faktor Geometrik (F)

$$F = \frac{Qo}{k.H}$$

$$= \frac{0{,}00639}{0{,}00015.\ 6}$$

$$= 7{,}098$$

Kapasitas sumur (Q sumur)

$$Q_{sumur} = \frac{H.F.K}{1 - e^{-\left(\frac{F.K.T}{Luas}\right)}}$$

$$= \frac{6\ .7{,}098\ .0{,}00015}{1 - e^{-\left(\frac{7{,}098\ .0{,}00015.7200}{1{,}54}\right)}}$$

$$= 0{,}00643 \text{ m}^3\text{/detik}$$

Selanjutnya dihitung jumlah kebutuhan sumur resapan berdasarkan Q genangan dan Q sumur. Berikut contoh perhitungan jumlah kebutuhan sumur resapan di Saluran Pelita Tama.

Jumlah sumur (n)

$$n = \frac{Q\ genangan}{Q\ sumur}$$

$$= \frac{0{,}07}{0{,}00639}$$

$$= 11 \text{ unit}$$

Berikut hasil perhitungan kebutuhan sumur resapan yang dibutuhkan untuk menyerapkan debit genangan dari tiap saluran primer disajikan dalam Tabel 5.55.

Tabel 5.55 Rekomendasi Kebutuhan Sumur Resapan

Nama Saluran	I	Q rencana	Q genangan	k	A	H	L	P	R	Qo	F	Qsumur	n
	mm/jam	m^3/det	m^3/det	m/detik	m^2	m	m	m	m	m^3/det	m	m^3/det	unit
Terate	178,59	20,04	0,07	0,00015	1,54	6	5,5	18,04	0,085	0,00639	7,098	0,00643	11
Terate Barat Hulu	177,78	22,03	0,21	0,00015	1,54	6	5,5	18,04	0,085	0,00639	7,098	0,00643	33
Pelita Tama	179,08	14,01	0,24	0,00015	1,54	6	5,5	18,04	0,085	0,00639	7,098	0,00643	37
Nambangan Lor	178,56	25,75	0,17	0,00015	1,54	6	5,5	18,04	0,085	0,00639	7,098	0,00643	26
Kartini	177,82	8,47	0,16	0,00015	1,54	6	5,5	18,04	0,085	0,00639	7,098	0,00643	25
Madiun Lor	179,01	12,74	0,11	0,00015	1,54	6	5,5	18,04	0,085	0,00639	7,098	0,00643	18
Sumber Umis	178,87	36,71	0,08	0,00015	1,54	6	5,5	18,04	0,085	0,00639	7,098	0,00643	13
Total			**1,05**										**136**

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Berdasarkan hasil analisis teknis dan perhitungan kebutuhan jumlah sumur resapan, bahwa untuk menangani debit genangan di *catchment area* saluran primer dibutuhkan sumur resapan sebanyak 136 unit. Pembangunan sumur resapan ini sudah diatur dalam Peraturan Daerah Kota Madiun Nomor 06 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Madiun Tahun 2010-2030. Peraturan ini menyebutkan bahwa sumur resapan dibangun pada beberapa lokasi berikut.

1. Kawasan permukiman penduduk sebagai upaya penanganan atau pengelolaan kawasan rawan banjir dalam Pasal 33 ayat (3).
2. Pengembangan lahan terbangun, sebagai rencana pengelolaan kawasan perumahan dalam Pasal 34 ayat (13).
3. Ruang Terbuka Non Hijau (RTNH) sebagai bagian dari pengembangan perkotaan dalam Pasal 41.

Berdasarkan peraturan yang berlaku, maka alternatif lokasi sumur resapan adalah di tanah milik Pemerintah Kota Madiun seperti taman kota, lapangan, kawasan kantor pemerintahan dan fasilitas umum milik pemerintah lainnya. Selain itu, sumur resapan dapat dibangun di pekarangan rumah dan lahan baru terbangun. Sumur resapan ini diletakkan di daerah yang lebih rendah dari daerah lain agar genangan dapat mengalir ke sumur resapan. Gambar *detail engineering design* dari sumur resapan dan distribusi lokasi sumur resapan disajikan dalam lampiran III.

Diharapkan sumur resapan ini dapat mengurangi debit genangan dan mengisi air tanah, sehingga saat musim penghujan Kota Madiun tidak tergenang dan saat musim kemarau penduduk setempat yang tidak dilayani PDAM tidak kekeringan air.

5.3 Analisis Aspek Kelembagaan

Sesuai Peraturan Walikota Madiun No. 40 Tahun 2008 tentang Rincian Tugas dan Fungsi Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun, bahwa Dinas Pekerjaan Umum bertugas memimpin, mengoordinasikan, mengawasi pelaksanaan pembangunan, pemeliharaan jalan dan jembatan, penataan ruang, perumahan, tata kota dan tata bangunan sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Dengan mengkaji tugas dan fungsi dari Dinas Pekerjaan Umum, selanjutnya dilakukan identifikasi komponen yang berpengaruh dalam faktor internal maupun eksternal. Komponen-komponen yang berpengaruh terhadap kinerja organisasi tersebut akan dianalisis menggunakan metoda SWOT untuk menyusun strategi dan kebijakan pengelolaan Saluran Drainase Primer di daerah penelitian.

5.3.1 Identifikasi Komponen Kelembagaan pada Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun

5.3.1.1 Struktur Organisasi Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun

Secara struktural, dinas ini memiliki tiga unsur pelaksana, meliputi :

1. Bidang Bina Marga, dengan dua seksi:
   - Seksi Pembangunan Jalan dan Jembatan
   - Seksi Pemeliharaan Alat Berat Jalan dan Jembatan
2. Bidang Tata Kota, dengan dua seksi:
   - Seksi Tata Ruang
   - Seksi Pengawasan Bangunan
3. Bidang Cipta Karya, dengan tiga seksi:
   - Seksi Bangunan Gedung dan Permukiman
   - Seksi Penyehatan Lingkungan dan Drainase
   - Seksi Pengendalian Air Kotor

Susunan organisasi Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun diuraikan pada Gambar 5.9. Dari struktur organisasi tersebut, terlihat bahwa pengelolaan drainase masih di bawah satu Sie saja yang tanggung jawabnya digabung dengan penyehatan lingkungan. Sehingga, tanggung jawab Sie tersebut tidak hanya mengelola dan memelihara drainase tapi juga bertanggung jawab dalam pengelolaan kesehatan lingkungan.

5.3.1.2 Sumber Daya Manusia Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun

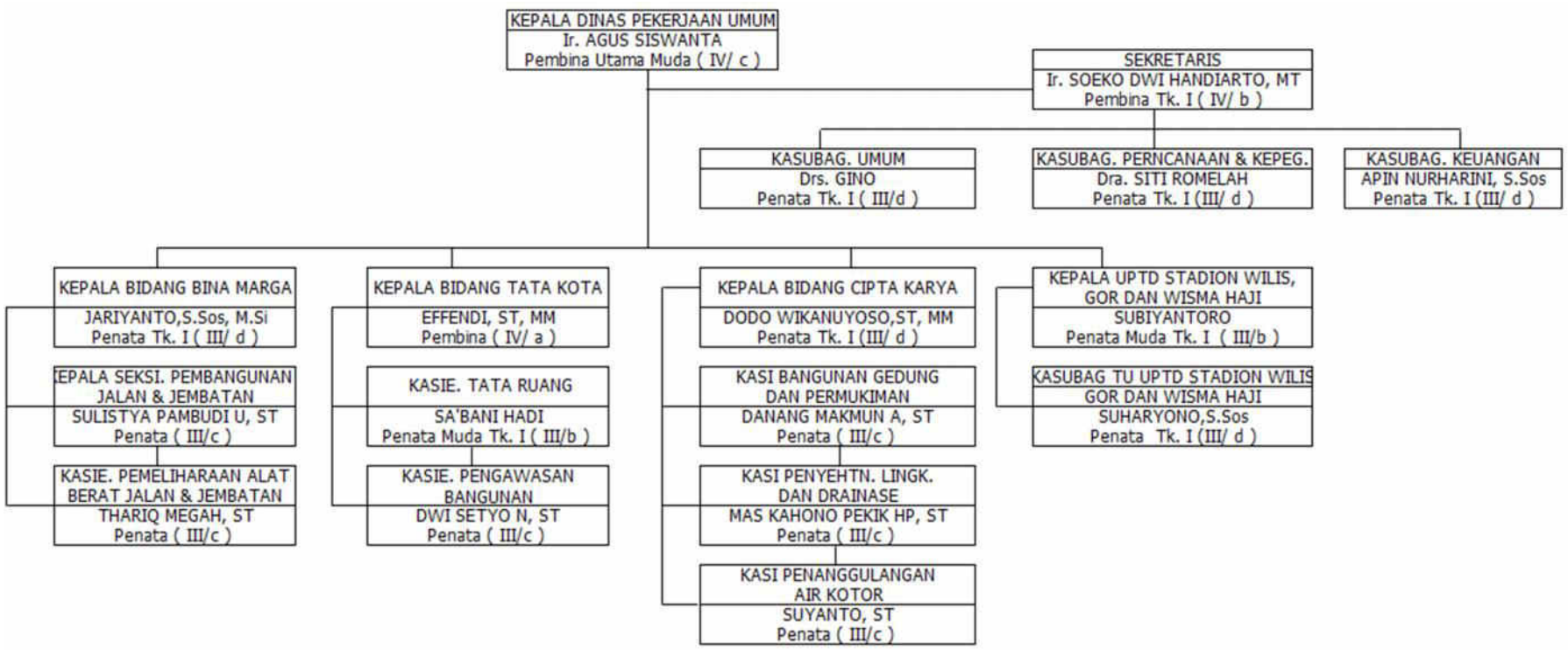
Secara keseluruhan, jumlah pegawai di Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun sebanyak 116 pegawai yang terdiri dari 82 PNS dan ditunjang oleh tenaga kontrak sebanyak 34 pegawai. Berikut daftar pegawai baik PNS maupun pegawai

kontrak Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun berdasarkan golongan dan pendidikan.

a. Berdasarkan Golongan (PNS)
   - Golongan I =2
   - Golongan II =43
   - Golongan III = 34
   - Golongan IV = 3
b. Berdasarkan Pendidikan (PNS)
   - SD = 6
   - SMP = 2
   - SMA = 35
   - Diploma 3 = 15
   - Sarjana = 22
   - Magister = 4 orang
c. Berdasarkan Pendidikan (Pegawai Kontrak)
   - SD = 4
   - SMP = 3
   - SMA = 27

Jika dilihat dari jenjang pendidikan struktural maka pegawai yang telah menempuh pendidikan struktural sesuai dengan jabatannya adalah 65% dan dilihat dari pendidikan fungsional maka jumlah pegawai yang telah menempuh pendidikan fungsional sebanyak 20 orang (Dinas Pekerjaan Umum, 2016). Bidang Cipta Karya memiliki pegawai sebanyak 32 orang PNS dengan rata-rata pegawai tiap Sie adalah 9 orang PNS.

Menurut hasil kuisioner dan wawancara dengan Kepala Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun, bahwa SDM sudah mencukupi dari segi kualitas karena pegawai telah diberikan pelatihan, bimbingan teknis untuk meningkatkan kompetensi. Menurut narasumber, yang belum mencukupi dari SDM adalah kuantitas pegawai yang dirasakan kurang karena jumlah SDM tidak sebanding dengan *catchment area* yang harus dikelola. Maka untuk mengatasi jumlah SDM yang kurang, pemerintah merekrut pegawai kontrak maupun pegawai honorer.



Gambar 5.9 Struktur Organisasi Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun (Dinas Pekerjaan Umum, 2016)

5.3.1.3 Tugas dan Fungsi Lembaga Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun

Pengelolaan drainase dilaksanakan oleh Seksi Penyehatan Lingkungan dan Drainase dengan berbagai tugas sebagai berikut.

a. melakukan penyusunan perencanaan program dan evaluasi pelaksanaan tugas-tugas pada Seksi Penyehatan lingkungan dan Drainase ;
b. melakukan pengumpulan dan pengolahan data dalam rangka penyusunan perencanaan teknis pembangunan, perbaikan peremajaan sarana dan prasarana dasar, air bersih dan penyehatan lingkungan perumahan dan permukiman ;
c. melakukan penyiapan bahan dalam rangka pembinaan dan bimbingan dalam melaksanakan penyehatan lingkungan perumahan dan permukiman pembangunan ;
d. melakukan pembinaan, pengawasan, pengendalian terhadap pembangunan maupun pemeliharaan prasarana dan saran air bersih dan penyehatan lingkungan perumahan dan permukiman ;
e. melakukan penyiapan bahan dalam rangka pengaturan dan pemberian izin bangunan sarana iar bersih dan penyehatan lingkungan perumahan dan permukiman ;
f. melakukan pemantauan, pengawasan dan pengendalian dalam melaksanakan pembangunan, perbaikan, peremajaan dan pengembangan sarana dan prasarana dasar perumahan dan permukiman ;
g. melakukan penyiapan bahan dalam rangka pembinaan pengawasan dan pengendalian terhadap pembangunan maupun pemeliharaan prasarana dan sarana lingkungan perumahan dan permukiman ;
h. melakukan penyiapan bahan dalam rangka penyusunan perencanaan teknis dan pelaksanaan pembangunan, perbaikan/peremajaan dan pemeliharaan system drainase/saluran pematusan ;
i. melakukan penyiapan bahan dalam rangka pemantauan, pengendalian, pembangunan serta pengembangan sistem drainase/saluran pematusan ;
j. melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh Kepala Bidang Cipta Karya.

5.3.1.4 Sarana dan Prasarana

Pemerintah Kota Madiun memiliki sarana dan prasarana yang menunjang kinerja dalam penanganan banjir maupun genangan. Sarana dan prasarana yang ada disesuaikan dengan kebutuhan penanganan banjir maupun genangan. Berikut sarana dan prasarana yang dimiliki dan yang telah dilaksanakan oleh Pemerintah Kota Madiun khususnya Dinas Pekerjaan Umum sebagai pelaksana teknis.

A. Sarana

- Rumah Pompa

  Terdapat 8 rumah pompa dengan total pompa 19 unit yang tersebar di sepanjang Sungai Madiun untuk memompa air dari saluran primer ke Sungai Madiun. Diantaranya adalah sebagai berikut.

  1. Pompa Patihan 2 unit
  2. Pompa Pandan 6 unit
  3. Pompa Pancasila 4 unit
  4. Pompa Beteng 2 unit
  5. Pompa Madiun Lor 2 unit
  6. Pompa Kaswari 2 unit
  8. Pompa Sogaten 1 unit

  Rumah pompa ini dibangun oleh UPTD Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo Wilayah Madiun dan dioperasikan serta dipelihara oleh Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun. Dokumentasi masing-masing rumah pompa disajikan pada Lampiran II.

- *Mobile Pump*

  Terdapat 1 unit *mobile pump* yang dimiliki Pemerintah Kota. Alat ini difungsikan untuk menangani genangan atau banjir di daerah perkotaan atau di catchment area yang tidak dilayani rumah pompa.

- Kendaraan Alat Berat

  Terdapat *excavator, dump truck*, dll.

- Pintu Air

  Terdapat pintu air dan rumah pompa pada semua aluran primer yang bermuara di Sungai Madiun.

- Sarana Komunikasi dan Mobilisasi

Telepon menjadi sarana komunikasi antar pegawai di Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun dan juga sarana komunikasi dengan posko banjir milik BBWS Bengawan Solo Wilayah Madiun. Komunikasi ini dilakukan sebagai upaya antisipasi aliran banjir dari Sungai Madiun agar pintu air ditutup secara dini. Sedangkan sarana mobilisasi pegawai untuk mencapai ke lapangan adalah kendaraan bermotor pribadi maupun milik pemerintah.

B. Prasarana

- Normalisasi Saluran

  Pada tahun 2014 hingga 2015 dilakukan normalisasi saluran atau peningkatan kapasitas Saluran Primer Sono dengan menambah dimensi saluran.Peningkatan kapasitas dilakukan ketika kapasitas suatu saluran primer yang ada sudah tidak memenuhi hingga terjadi genangan. Selain itu saat ini tahun 2016, sedang dilakukan pelelangan proyek normalisasi saluran primer oleh Pemerintah Kota Madiun. Saluran tersebut antara lain adalah Saluran Terate Barat, Saluran Manisrejo, Saluran Terate, Saluran Kanigoro, Saluran Sono.

- Pembersihan Saluran

  Kegiatan ini dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun untuk membersihkan endapan maupun sampah yang ada di saluran primer, namun tidak ada frekuensi waktu tertentu untuk membersihkan sedimen dan sampah.

- Pemeliharaan Rumah Pompa dan Sarana Lain.

  Pemeliharaan sarana ini dilakukan secara berkala sesuai dengan prioritas.

5.3.2 Analisis Metoda SWOT

Analisis metoda SWOT diperlukan untuk mengetahui perbandingan antara beban kerja instansi dan kemampuan instansi dalam menyelesaikannya dengan dukungan ketersediaan sarana, prasarana, kewenangan dan SDM. Analisis ini dilakukan dengan mengumpulkan data dengan cara kuisioner dan wawancara kemudian dari data tersebut diperolehbobot penilaian terhadap masing-masing

indikator pada faktor kekuatan (*Strength),* kelemahan *(Weakness),* peluang *(Oppurtunity)* dan tantangan *(Threat)*. Nilai pembobotan adalah 1 hingga 4 dengan nilai positif (+) untuk faktor *Strength* dan *Oppurtunity*, dan nilai negatif (-) untuk faktor *Weakness* dan *Threat*. Semakin besar nilai pembobotan pada faktor bernilai positif, maka semakin besar pula kekuatan dan peluang. Semakin besar nilai pembobotan pada faktor bernilai negatif, maka semakin besar pula kelemahan dan tantangan.

Analisis SWOT ini dibedakan menjadi dua analisis faktor yaitu internal yang terdiri dari faktor *Strength* dan *Weakness*, serta eksternal yang terdiri dari faktor *Oppurtunity* dan *Threat.* Pada sub bab selanjutnya ini akand dijelaskan secara rinci setiap faktor dan komponennya. Pembahasan analisis ini berdasarkan data, kuisioner dan wawancara pada narasumber terkait di Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun. Berikut ringkasan langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis SWOT.

1. Analisis Faktor Internal
2. Analisis Faktor Eksternal
3. Posisi Lembaga Pengelola Drainase
4. Analisis Strategi SWOT

5.3.2.1 Analisis Faktor Internal

A. Identifikasi Faktor *Strength*

Kondisi internal pada instansi pengelola yang merupakan faktor penilaian komponen kekuatan adalah sebagai berikut.

a. Struktur Kelembagaan

Pembagian struktur kelembagaan Dinas Pekerjaan Umum telah tersusun sesuai dengan tupoksi yang tertuang dalam Peraturan Walikota Madiun No. 40 Tahun 2008 tentang Rincian Tugas dan Fungsi Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun. Komponen faktor ini bersifat tidak mendesak karena struktur kelembagaan sudah tersusun, namun faktor ini menjadi sangat penting dan berpengaruh sebagian karena menjadi arahan pembagian tugas dan fungsi masing-masing pegawai.

b. Perekrutan pegawai dan program peningkatan kualitas SDM

Perekrutan pegawai menjadi sangat mendesak dan sangat penting untuk dilakukan dalam mengatasi beban kerja yang besar dan cakupan layanan yang cukup luas. Pelaksanaan program peningkatan kualitas SDM juga menjadi faktor yang sangat mendesak dan sangat penting untuk diselenggarakan agar pegawai memiliki kemampuan perencanaan yang mumpuni. Pelaksanaan program ini antara lain terselenggaranya pelatihan, bimbingan teknis secara berkala dan tersedia kesempatan beasiswa dalam negeri. Komponen faktor ini menjadi faktor yang sangat mendesak, sangat penting dan sangat berpengaruh mengingat pegawai merupakan pelaksana untuk mencapai tujuan lembaga.

c. Sarana dan prasarana bangunan drainase

Sarana dan prasarana ini tidak mendesak karena lembaga sudah memiliki sarana dan prasarana yang cukup dan memadai untuk mengelola maupun memelihara sistem drainase. Namun komponen faktor ini menjadi sangat penting dan berpengaruh hampir keseluruhan dari pelaksanaan pengelolaan dan pemeliharaan sistem drainase mengingat faktor ini merupakan alat dan teknologi yang digunakan untuk pengelolaan drainase.

d. Tersedianya anggaran pemeliharaan

Anggaran pemeliharaan saluran selalu disediakan untuk memelihara sarana drainase. Anggaran ini bersifat mendesak dan penting karena diperlukan untuk memelihara dan menangani masalah teknis dari sarana yang ada. Selain itu anggaran ini berpengaruh sebagian terhadap kinerja lembaga karena dengan tersedianya anggaran ini maka lembaga mampu untuk melaksanakan pemeliharaan.

e. Alokasi anggaran pengelolaan sistem drainase yang rutin dan cukup

Alokasi anggaran pengelolaan system saluran drainase bersifat sangat mendesak dan sangat penting karena sangat diperlukan

untuk mengelola sistem drainase agar tidak terjadi banjir dan meminimalisasi genangan. Komponen faktor ini sangat berpengaruh terhadap tingkat capaian kinerja lembaga karena dengan adanya alokasi anggaran yang cukup maka lembaga dapat mengelola system drainase dengan maksimal.

f. Pembagian tugas pengelolaan yang spesifik

   Pembagian tugas pengelolaan yang spesifik diperlukan agar arah kerja pegawai tepat sasaran. Komponen ini tidak mendesak tapi sangat penting untuk dilaksankan dan berpengaruh hampir keseluruhan pengelolaan drainase oleh lembaga ini.

g. Adanya monitoring dan evaluasi pegawai

   Monitoring dan evaluasi pegawai adalah hal yang mendesak dan penting untuk dilaksanakan secara rutin agar lembaga dapat meningkatkan performa tiap pegawai. Komponen ini berpengaruh terhadap hampir keseluruhan pengelolaan drainase, karena pegawai sebagai *tools* untuk mencapai target pengelolaan drainase.

h. Adanya tindak lanjut dari laporan masyarakat

   Laporan masyarakat selalu ditindak lanjuti oleh lembaga. Tindak lanjut terhadap laporan masyarakat adalah hal yang mendesak dan penting untuk dilakukan karena menyinggung masyarakat secara langsung. Namun tindak lanjut ini berpengaruh kecil terhadap pengelolaan drainase secara umum.

B. Identifikasi Faktor *Weakness*

Kelemahan yang mempengaruhi pelaksanaan kegiatan penanganan genangan di Kota Madiun adalah sebagai berikut.

a. Jumlah pegawai yang sedikit

   Jumlah SDM ini juga kurang memadai karena luas daerah dan banyaknya saluran drainase yang dikelola tidak sebanding dengan jumlah pegawai di Sie Penyehatan dan Lingkungan. Jumlah pegawai menjadi hal yang sangat mendesak, sangat penting dan

sangat berpengaruh hampir keseluruhan jalannya kinerja kelembagaan.

b. Jumlah tingkat pendidikan pegawai yang kurang memadai

Dari data yang diperoleh dalam Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase terdapat 9 orang pegawai, dengan tingkat pendidikan SMA, Diploma maupun Sarjana. Namun pegawai yang telah menempuh pendikan di perguruan tinggi cukup terbatas, sebagian besar pegawai masih lulusan SMA. Tingkat kualitas pegawai merupakan hal mendesak, penting dan sangat berpengaruh hampir keseluruhan untuk dilaksanakan mengingat pegawai merupakan pelaksana dalam mencapai target kinerja.

c. Tidak ada data teknis saluran drainase secara lengkap

Hampir seluruh saluran drainase primer yang telah terbangun, tidak memiliki data teknis saluran. Hal ini menyulitkan pengelola dalam menangani kapasitas saluran yang tidak memenuhi. Padahal data teknis adalah hal ynag sangat mendesak, sangat penting dan sangat berpengaruh terhadap pengelolaan drainase.

d. Frekuensi dan pembagian tugas dalam memelihara saluran yang tidak pasti

Penetapan frekuensi pemeliharaan ini tidak menjadi prioritas karena pengelolaan saluran lebih menjadi prioritas penanganan lembaga. Jumlah saluran yang banyak dan cakupan yang luas sedangkan jumlah pegawai yang sedikit, maka sulit untuk membagi tugas pemeliharaan saluran secara merata. Meskipun tidak menjadi prioritas karena tidak mendesak dan berpengaruh sebagian terhadap jalannya sistem drainase, namun pemeliharaan menjadi hal yang sangat penting untuk dilakukan mengingat sarana seperti saluran adalah komponen utama sistem drainase.

e. Kapasitas saluran yang tidak memenuhi

Kapasitas salurann yang tidak memenuhi perlu dilakukan penanganan lebih lanjut untuk menghindari terjadinya banjir atau genangan. Komponen faktor ini bersifat sangat mendesak, sangat

penting untuk segera ditangani dan juga sangat berpengaruh terhadap pengelolaan drainase.

f. Kemampuan perencanaan dari pegawai yang rendah

Tidak semua pegawai pada lembaga ini adalah lulusan sarjana teknik dengan ilmu terkait, sehingga sebagian pegawai juga belum mampu untuk merencanakan sistem drainase secara menyeluruh. Sehingga dalam pelaksanaannya, pegawai dibantu oleh jasa konsultan. Kemampuan perencanaan pegawai merupakan hal yang mendesak dan penting untuk dipenuhi mengingat hal ini berpengaruh hampir keseluruhan terhadap pengelolaan drainase karena kemampuan perencanaan pegawai merupakan *tools* untuk melaksanakan tugas yang sesuai.

g. Monitoring dan evaluasi jasa konsultan oleh pegawai

Jasa konsultan sebagai mitra kerja lembaga ini dalam pelaksanaan tahap pra-konstruksi dan konstruksi. Monitoring jasa konsultan dilakukan oleh pegawai dengan kemampuan perencanaan yang paling mumpuni. Namun, sering kali jasa konsultan tidak memperbaiki apa yang telah menjadi hasil evaluasi dari lembaga. Komponen faktor ini bersifat tidak mendesak namun sangat penting untuk dilakukan dan berpengaruh sebagian terhadap pengelolaan sistem drainase.

h. Biaya operasional dan pemeliharaan rumah pompa tinggi

Tingginya biaya operasional dan pemeliharaan rumah pompa berpengaruh sebagian terhadap anggaran pengelolaan sistem drainase. Komponen ini bersifat tidak mendesak namun penting untuk dianggarkan.

Faktor internal ini diberikan penilaian pada masing-masing komponen faktor. Penilaian bobot kepentingan dan rating berdasarkan kriteria berikut :

Bobot Kepentingan

Sangat mendesak dan sangat penting = 0,5

Mendesak dan penting = 0,4

Tidak mendesak tapi sangat penting = 0,3

Tidak mendesak tapi penting = 0,2

Tidak mendesak dan tidak penting = 0,1

Rating

Tidak berpengaruh = 1

Berpengaruh kecil = 2

Berpengaruh sebagian = 3

Berpengaruh hampir keseluruhan = 4

Sangat berpengaruh = 5

Masing-masing komponen faktor diberikan penilaian bobot kepentingan dan rating berdasarkan analisis kondisi eksisting kelembagaan. Analisis faktor *Strength* dan *Weakness* untuk penanganan genangan dapat dilihat pada Tabel 5.47. Dari Tabel 5.56, diketahui selisih faktor kekuatan dan kelemahan memiliki nilai +0,10.

Tabel 5.56 Faktor Kekuatan *(Strength)* dan Kelemahan *(Weakness)* Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun

Komponen Faktor Internal	Nilai Bobot Kepentingan	Persentase Bobot Kepentingan	Rating	Penilaian
a	**b**	**c=b/total b/2**	**d**	**e=cxd**
Kekuatan *(Strength)*				
Struktur Kelembagaan Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase	0,3	0,05	3	0,15
Perekrutan pegawai dan peningkatan kualitas SDM	0,5	0,08	5	0,40
Sarana dan prasarana bangunan drainase	0,3	0,05	4	0,19
Tersedianya anggaran pemeliharaan	0,4	0,06	3	0,19
Alokasi anggaran pengelolaan sistem drainase yang rutin dan cukup	0,5	0,08	5	0,40
Pembagian tugas pengelolaan yang spesifik	0,3	0,05	4	0,19
Adanya monitoring dan evaluasi pegawai	0,4	0,06	4	0,26
Adanya tindak lanjut dari laporan masyarakat	0,4	0,06	2	0,13
Jumlah	3,1	0,50		**1,92**
Kelemahan *(Weakness)*				
Jumlah pegawai yang sedikit	0,5	0,08	5	0,40
Jumlah tingkat pendidikan pegawai yang kurang memadai	0,4	0,06	4	0,26
Tidak ada data teknis saluran drainase secara lengkap	0,5	0,08	5	0,40
Frekuensi dan pembagian tugas pemeliharaan saluran yang tidak pasti	0,3	0,05	3	0,15
Kapasitas saluran yang tidak memenuhi	0,5	0,08	5	0,40
Kemampuan perencanaan dari beberapa pegawai yang rendah	0,4	0,06	4	0,26
Monitoring dan evaluasi jasa konsultan oleh pegawai	0,3	0,05	3	0,15
Biaya operasional dan pemeliharaan rumah pompa tinggi	0,2	0,03	3	0,10
Jumlah	3,1	0,50		**2,11**
(Kekuatan - Kelemahan)/2				**-0,10**

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

5.3.2.2 Analisis Faktor Eksternal

A. Identifikasi Faktor *Oppurtunity*

Kondisi eksternal pada instansi pengelola yang merupakan faktor penilaian komponen peluang adalah sebagai berikut.

a. Tersedia lahan terbuka dan tertutup untuk lokasi sumur resapan

   Terdapat banyak lahan terbuka seperti di halaman atau pekarangan rumah maupun Ruang Terbuka Hijau Publik yang mencakup lingkungan taman dan lapangan yang tersebar di Kota Madiun. Terdapat juga lahan tertutup yang sudah dibangun paving seperti halaman bangunan dan halaman fasilitas publik lainnya. Ketersediaan lahan ini bersifat mendesak dan penting karena sebagai potensi lokasi sumur resapan dalam menanggulangi debit genangan. Ketersediaan lahan ini juga berpengaruh terhadap sebagian bentuk pengelolaan drainase.

b. Adanya Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Madiun Tahun 2010-2030

   Terdapat dokumen RTRW ini memuat tentang rencana pengembangan saluran drainase dan lokasi daerah rawan banjir dan genangan. Adanya RTRW ini dapat menjadi acuan dalam melaksanakan proyek pembangunan dan pengelolaan drainase. Sehingga, faktor ini tidak mendesak karena dokumen RTRW sudah ada namun sangat penting untuk dijadikan acuan pembangunan drainase dan sangat berpengaruh bagi pembangunan pengelolaan drainase.

c. Terjalinnya komunikasi pada Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo Operasional dan Pemeliharaan Sungai Madiun dan Dinas di Pemerintahan Kota Madiun

   Komunikasi kepada BBWS Bengawan Solo OP Sungai Madiun dilakukan untuk antisipasi banjir kota sebelum level muka air sungai lebih tinggi dari level muka air saluran. Sedangkan komunikasi antar Dinas Pemerintahan Kota Madiun dilakukan dalam rapat yang dipimpin oleh Wali Kota untuk merencanakan pembangunan kota yang berkelanjutan.Terjalinnya komunikasi ini bersifat tidak mendesak tapi penting untuk dilakukan dan berpengaruh hampir keseluruhan rencana dan tindak pengelolaan drainase.

d. Adanya potensi sumber dana dari Pemerintah Pusat dan Provinsi

Pemerintah Kota Madiun menggelontorkan dana APBD dengan jumlah yang besar, selain itu tersedia juga dana APBD Provinsi dan APBN. Jumlah belanja Dinas Pekerjaan Umum dalam APBD 2015 sebesar Rp. 72.098.278.000,-. Dinas Pekerjaan Umum saat ini menggunakan biaya dari APBD Kota saja karena Dinas Pekerjaan Umum menganggap dari tenaga pegawai yang dimiliki hanya mampu menyerap dari APBD Kota. Maka dari itu, Dinas Pekerjaan Umum terutama Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase tidak menggunakan APBD Provinsi maupun APBN. Maka dari itu komponen faktor ini bersifat tidak mendesak namun penting dan juga sangat berpengaruh terhadap pelaksanaan pengelolaan drainase.

e. Adanya potensi peran serta masyarakat

Pemeliharaan saluran drainase sudah seharusnya tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah tapi juga tanggung jawab bersama masyarakat. Masyarakat dapat turut serta memelihara saluran dengan cara tidak membuang sampah ke saluran dan tidak menanami tumbuhan di dalam saluran. Peran serta masyarakat ini dapat membantu meringankan beban kerja lembaga pengelola drainase mengingat terdapat banyak saluran di Kota Madiun yang harus dikelola. Maka dari itu, komponen faktor ini bersifat tidak mendesak tapi sangat penting untuk dilakukan serta berpengaruh sebagian terhadap pengelolaan drainase.

f. Tersedia mitra kerja sebagai jasa konsultan

Lembaga ini memiliki beban tugas kerja yang tinggi dan waktu penyelesain yang cukup singkat untuk menyelesaikan kegiatan-kegiatan pengelolaan drainase. Sehingga lembaga pengelola sering kali bekerjasama dengan mitra kerja yaitu jasa konsultan dalam perencanaan dan pembangunan saluran drainase. Maka dari itu komponen ini bersifat mendesak dan penting untuk dilakukan serta berpengaruh hampir keseluruhan terhadap pengelolaan drainase.

g. Muka air tanah yang dalam

Kota Madiun memiliki muka air tanah ±15 meter di atas permukaan tanah. Muka air tanah yang dalam ini berpotensi untuk pembangunan sumur resapan yang syarat kedalaman air tanah minimal 1,5 meter. Maka dari itu komponen faktor ini bersifat tidak mendesak tapi penting untuk dimiliki dan juga berpengaruh kecil terhadap pengelolaan drainase.

h. Adanya Peraturan Daerah tentang pembangunan sumur resapan

Pemerintah Kota Madiun dalam Peraturan Daerah Kota Madiun Nomor 06 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Madiun Tahun 2010-2030 membahas alternatif lokasi pembangunan sumur resapan. Alternatif lokasi tersebut digunakan sebagai acuan pembangunan sumur resapan sebagai upaya pengendalian genangan. Maka dari itu, komponen faktor ini bersifat tidak mendesak tapi penting untuk dimiliki dan juga berpengaruh sebagian terhadap pengelolaan sistem drainase.

B. Identifikasi Faktor *Threat*

Faktor ancaman dari luar merupakan faktor yang menyebabkan terganggu atau terhambatnya kinerja institusi dalam mengatasi genangan dan pengelolaan drainase. Komponen faktor tantangan adalah sebagai berikut.

a. Topografi landai

Kemiringan lereng Kota Madiun rata-rata adalah < 2% meski ada beberapa lokasi yang memiliki kemiringan > 2%. Maka dari itu, kemiringan lereng bersifat tidak mendesak tapi penting dan berpengaruh kecil terhadap pengelolaan drainase.

b. Air limpasan hujan membawa sedimen dari erosi lahan

Jenis lahan dari catchment area beberapa saluran adalah kawasan pertanian sehingga terjadi erosi lahan dan membawa sedimen bersama air limpasan. Faktor ini menjadi tantangan bagi lembaga dalam mengelola drainase dan menjaga saluran tetap dalam kapasitas maksimalnya. Maka dari itu, faktor ini bersifat tidak mendesak tapi penting dan berpengaruh kecil terhadap pengelolaan drainase.

c. Alih fungsi lahan terbuka menjadi lahan tertutup akibat pembangunan

Setiap tahun terjadi peningkatan lahan tertutup dan penurunan lahan terbuka akibat pembangunan. Komponen faktor ini bersifat sangat penting dan berpengaruh sebagian terhadap pengelolaan drainase tapi tidak mendesak dalam penangannya.

d. Kendala pembebasan lahan

Berbagai macam penanganan genangan yang dapat dilakukan Pemerintah Kota adalah pembangunan sumur resapan, kolam resapan, pembuatan saluran baru maupun pembangunan bangunan pengendali banjir yang tentu saja membutuhkan lahan. Lahan yang dibutuhkan tidak hanya dari lahan milik pemerintah tapi juga terdapat lahan masyarakat. Sehingga pembebasan lahan dilakukan untuk mendapatkan lahan yang sesuai studi kelayakan. Masyarakat pada umumnya menuntut harga ganti-rugi lahan yang jauh dari harga pasaran. Maka dari itu, komponen faktor ini bersifat tidak mendesak tapi penting dan berpengaruh sebagian terhadap pelaksanaan pengelolaan drainase.

e. Perilaku buruk masyarakat dalam memelihara saluran

Pada beberapa saluran drainase terdapat sampah yang ikut mengalir di saluran, atau sampah yang tertumpuk di pinggir saluran. Hal tersebut adalah perilaku masyarakat yang daerahnya tidak dilayani TPS. Selain itu terdapat bangunan liar di atas saluran yang digunakan sebagai jamban. Perilaku ini dapat menyebabkan endapan dan sumbatan di sepanjang saluran yang akan mengurangi kecepatan dan kapasitas saluran sehingga berpotensi menyebabkan banjir. Maka dari itu, faktor ini bersifat tidak mendesak namun penting untuk ditangani serta berpengaruh sebagian terhadap pengelolaan drainase.

f. Terbatasnya peraturan yang mengatur perilaku masyarakat

Belum ada peraturan yang mengatur perilaku masyarakat seperti larangan Buang Air Besar Sembarangan dan sampah di saluran. Jadi, komponen faktor ini bersifat tidak mendesak namun penting untuk ditangani serta berpengaruh sebagian terhadap pengelolaan drainase.

g. Prosedur perolehan pendanaan dari Pemerintah Pusat dan Provinsi yang rumit

Dinas terkait yang membutuhkan dana dari Pemerintah Pusat dan Provinsi harus memenuhi persyaratan tertentu. Pemenuhan persyaratan ini juga memerlukan waktu yang cukup lama mengingat dibutuhkan mobilisasi untuk mengurus pendanaan tersebut. Maka dari itu penilaian dari prosedur ini adalah mendesak dan penting serta berpengaruh hampir keseluruhan pengelolaan drainase.

h. Muka air sungai lebih tinggi dari muka air saluran

Ketika musim hujan dengan intensitas hujan tinggi dalam beberapa waktu muka air sungai menjadi lebih tinggi daripada muka air saluran. Sehingga pintu air digunakan untuk menahan aliran air dari Sungai Madiun dan air di saluran drainase primer dipompa ke Sungai Madiun agar mengurangi debit air di saluran. Maka dari itu, komponen ini bersifat tidak mendesak namun penting serta berpengaruh sebagian terhadap pengelolaan drainase.

Faktor eksternal ini diberikan penilaian pada masing-masing komponen faktor. Analisis faktor *Oppurtunity* dan *Threat* untuk penanganan genangan dapat dilihat pada Tabel 5.57.

Tabel 5.57 Faktor Peluang *(Oppurtunity)* dan Tantangan *(Threat)* Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun

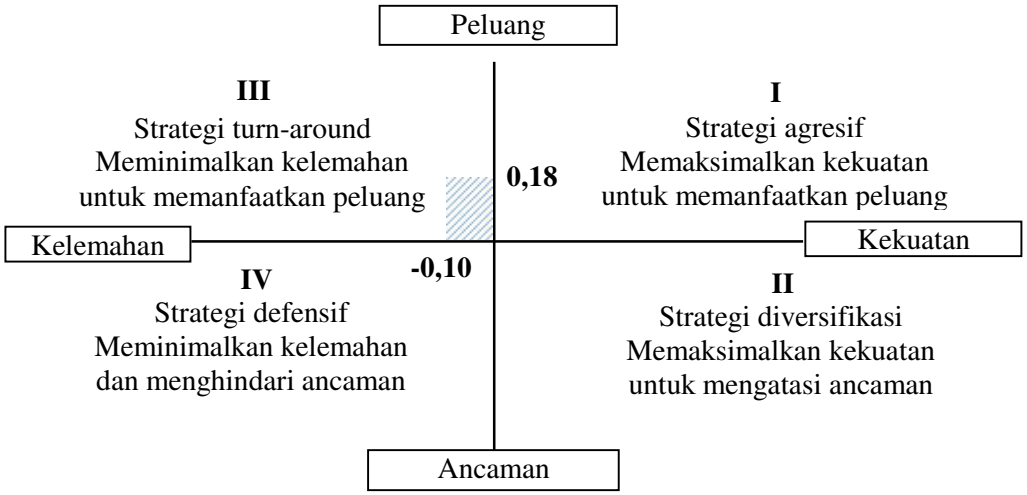
Komponen Faktor Eksternal	Bobot Kepentingan	Persentase Bobot Kepentingan	Rating	Penilaian
a	b	c=b/total b/2	d	e=cxd
Peluang *(Oppurtunity)*				
Tersedia lahan terbuka dan tertutup untuk lokasi sumur resapan	0,40	0,08	3	0,25
Adanya Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Madiun Tahun 2010-2030	0,30	0,06	5	0,31
Terjalinnya komunikasi pada Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo Operasional dan Pemeliharaan Sungai Madiun dan Dinas di Pemerintahan Kota Madiun	0,30	0,06	4	0,25
Adanya potensi sumber dana dari Pemerintah Pusat dan Provinsi	0,30	0,06	5	0,31
Adanya potensi peran serta masyarakat	0,30	0,06	3	0,19
Tersedia mitra kerja sebagai jasa konsultan	0,40	0,08	4	0,33
Muka air tanah yang dalam	0,20	0,04	2	0,08
Adanya Peraturan Daerah tentang pembangunan sumur resapan	0,20	0,04	3	0,13
Jumlah	2,40	0,50		**1,85**
Tantangan *(Threat)*				
Topografi landai	0,2	0,05	2	0,10
Air limpasan hujan membawa sedimen dari erosi lahan	0,2	0,05	2	0,10
Alih fungsi lahan terbuka menjadi lahan tertutup akibat pembangunan	0,3	0,07	3	0,21
Kendala pembebasan lahan	0,2	0,05	3	0,14
Perilaku buruk masyarakat dalam memelihara saluran	0,3	0,07	3	0,21
Terbatasnya peraturan yang mengatur perilaku masyarakat	0,3	0,07	3	0,21
Prosedur perolehan pendanaan dari Pemerintah Pusat dan Provinsi yang rumit	0,4	0,10	4	0,38
Muka air sungai lebih tinggi dari muka air saluran	0,2	0,05	3	0,14
Jumlah	2,1	0,50		**1,50**
(Peluang - Tantangan)/2				**0,18**

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Dari Tabel 5.57, diketahui selisih faktor peluang dan tantangan bernilai +0,18.

5.3.2.3 Posisi Lembaga Pengelola Drainase

Kedua nilai selisih dari faktor internal dan eksternal menjadi nilai absis x dan y (-0,10; +0,18). Absis ini menunjukkan posisi lembaga yang berada pada kuadran III. Hasil analisis SWOT menggunakan faktor S, W, O dan T terdapat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Posisi Lembaga dalam Kuadran Hasil Analisis SWOT

Posisi kuadran diatas menunjukkan strategi yang dapat dikembangkan dengan menggunakan strategi turn around yaitu meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang.

5.3.2.4 Penyusunan Strategi Hasil Analisis SWOT

Hasil analisis SWOT menunjukkan posisi lembaga berada di kuadran III, sehingga strategi yang digunakan adalah strategi turn around yang meminimalkan kelemahan dan memanfaatkan peluang. Berikut ini beberapa strategi yang didapat dari hasil analisis matriks strategi SWOT dirangkum dalam Tabel 5.58.

BAB 6
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan kajian dalam bab-bab sebelumnya, maka dapat ditentukan beberapa kesimpulan berikut ini.

1. Hasil analisis aspek teknis antara lain, sebagai berikut.
    a. Pada kondisi saluran terdapat sedimen, terdapat 12 saluran primer yang tidak memenuhi kapasitas karena debit saluran tidak dapat menampung debit rencana dengan PUH 10 tahun. Saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya adalah Saluran Slarangan, Semar Mendem, Terate, Terate Barat Hulu, Rejomulyo, Mojorejo, Pelita Tama, Pilangbango I, Nambangan Lor, Kartini, Madiun Lor dan Sumber Umis dengan total debit genangan adalah 35,10 m^3/detik.
    b. Pada kondisi saluran tidak terdapat sedimen, terdapat 7 saluran primer yang tidak memenuhi kapasitas karena debit saluran tidak dapat menampung debit rencana dengan PUH 10 tahun. Saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya adalah Saluran Terate, Terate Barat Hulu, Pelita Tama, Nambangan Lor, Kartini, Madiun Lor dan Sumber Umis dengan total debit genangan adalah 10,65 m^3/detik.
    c. Penanganan genangan secara teknis dilakukan dengan pengerukan sedimen di setiap saluran agar memaksimalkan kapasitas saluran. Pengerukan sedimen ini berpengaruh terhadap penurunan debit genangan sebesar 24,45 m^3/detik. Selain itu juga dioperasikan pompa pada *catchment area* saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya agar debit genangan dapat berkurang. Terdapat 14 unit pompa yang tersebar dalam 4 rumah pompa di *catchment area* yang tidak memenuhi kapasitas salurannya. Pengoperasian pompa ini berpengaruh terhadap penurunan debit genangan sebesar 9,60 m^3/detik. Sehingga total debit genangan yang tersisa adalah 1,05 m^3/detik.

2. Penanganan genangan lainnya dilakukan dengan memanfaatkan daya dukung lingkungan yaitu kemampuan tanah untuk meresapkan air genangan diwujudkan dengan pembangunan sumur resapan. Berdasarkan debit genangan yang ada, dibutuhkan 136 unit sumur resapan yang tersebar di *catchment area* 7 saluran tersebut. Sumur resapan yang digunakan adalah tipe IIIa dengan dimensi diameter 1,4 m dan kedalaman total 6 m. Distribusi sumur resapan terletak pada *catchment area* saluran yang tidak memenuhi dengan beberapa alternatif lokasi yaitu di tanah milik Pemerintah Kota Madiun seperti di taman kota, lapangan, kawasan kantor pemerintahan atau di tanah milik non Pemerintah Kota yaitu fasilitas umum lainnya dan kawasan permukiman.
3. Berdasarkan hasil analisis SWOT, didapatkan nilai koordinat (-0,10; +0,18) dan posisi lembaga pengelola saluran drainase berada pada kuadran III. Sehingga, strategi yang digunakan adalah strategi *turn around* dengan meminimalkan kelemahan dan memanfaatkan peluang yang tersedia. Beberapa strategi turn around (Weakness-Oppurtunity) tersebut adalah sebagai berikut.
    a. Meningkatkan jumlah pegawai dengan merekrut pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase dengan kriteria yang sesuai dan menganggarkan biaya dari potensi sumber dana yang ada.
    b. Meningkatkan kualitas SDM pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase dengan menganggarkan biaya dari potensi sumber dana yang ada.
    c. Memberikan pelatihan rutin kepada semua pegawai tetap Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sesuai dengan jabatan.
    d. Menata dan mengumpulkan data teknis saluran drainase secara lengkap sebagai *database* yang dapat digunakan untuk kerjasama pengelolaan drainase dengan Pemerintah Pusat, Provinsi maupun mitra kerja seperti jasa konsultan.
    e. Menetapkan frekuensi minimal pemeliharaan tiap saluran, membagi tugas pemeliharaan saluran berdasarkan prioritas penanganan dengan memanfaatkan potensi sumber dana dan

potensi peran serta masyarakat untuk memaksimalkan tingkat pemeliharaan saluran.

f. Menangani kapasitas saluran yang tidak memenuhi dengan memanfaatkan muka air tanah yang dalam, lahan terbuka dan tertutup untuk pembangunan sumur resapan yang lokasinya disesuaikan dengan Peraturan Daerah yang ada. Selain itu dalam penanganan kapasitas saluran yang tidak memenuhi, Dinas Pekerjaan Umum dapat bekerjasama dalam penanganan genangan dengan Dinas terkait lainnya.

g. Beberapa pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase dengan kemampuan perencanaan yang rendah dapat berkonsultasi dan bekerjasama dengan mitra kerja sebagai jasa konsultan perencanaan agar memudahkan melaksanakan kegiatan. Selain itu pegawai dapat mempelajari RTRW Kota Madiun 2010-2030 sebagai acuan dalam merencanakan pengelolaan drainase.

h. Melaksanakan monitoring dan evaluasi oleh pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase yang memiliki kemampuan perencanaan yang mumpuni dalam kerjasama dengan mitra kerja seperti jasa konsultan.

i. Menganggarkan biaya operasional dan pemeliharaan rumah pompa sesuai kebutuhan dengan memanfaatkan potensi dana yang tersedia.

6.2 Saran

Penelitian ini tidak terlepas dari berbagai kekurangan yang ada, sehingga terdapat saran yang terkait dengan kajian evaluasi penanganan genangan pada saluran primer di Kota Madiun ini, yaitu sebagai berikut.

1. Strategi yang didapat dari analisis SWOT dapat digunakan sebagai acuan pemerintah setempat dalam mengambil kebijakan untuk menanggulangi genangan yang terjadi setiap musim penghujan. Selain itu juga perlu dikaji lagi cara pengelolaan drainase yang tidak hanya mengandalkan Dinas

Pekerjaan Umum Kota Madiun tetapi juga melibatkan lembaga lain dan masyarakat dalam pemeliharaannya.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Perencanaan Pembangunan Kota Madiun. 2008. *Dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Madiun*. Pemerintah Kota Madiun. Madiun.

Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun. 2010. *Draft Dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Madiun Tahun 2010-2030*. Pemerintah Kota Madiun. Madiun.

Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun. 2015. *Data Pembangunan Wilayah Kota Madiun*. Pemerintah Kota Madiun. Madiun.

Badan Pusat Statistik Kota Madiun. 2014. *Madiun Dalam Angka 2014*. Pemerintah Kota Madiun. Kota Madiun.

Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Nasional Indoneisa No. 03-2453-2002 Tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Perkarangan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta

Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Nasional Indoneisa No. 02-2453-1991 Tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan (SRAH) untuk Lahan Perkarangan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta

Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun. 2016. *Data Drainase Kota Madiun*. Pemerintah Kota Madiun. Madiun.

Direktorat Jenderal Cipta Karya. 1999. *Petunjuk Teknis Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan.* Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta

Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. 2012. *Sistem Drainase Perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.

Kelompok Kerja Sanitasi Kota Madiun. 2013. *Buku Putih Sanitasi Kota Madiun 2013*. Pemerintah Kota Madiun. Madiun.

Koesdaryani. 2009. “Penggunaan Modifikasi Desain Sumur Resapan Sebagai Pengisian Kembali Air Tanah dan Pengendalian Banjir di Kelurahan Sewu Surakarta”. *Media Teknik Sipil*, IX. 2, hal 136-139.

Masduki, H. S. 1988. *Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Unit Pelaksana Teknis Pengairan Sumber Daya Air. 2015. *Data Curah Hujan Harian dari Stasiun Penakar Hujan Klegen, Kantor Madiun dan Rejoagung.* Unit Pelaksana Teknis Pengairan Sumber Daya Air Wilayah Madiun. Kota Madiun.

Unit Pelaksana Teknis Pengairan Sumber Daya Air. 2015. *Data Kejadian Banjir Wilayah Sungai Madiun.* Unit Pelaksana Teknis Pengairan Sumber Daya Air Wilayah Madiun. Kota Madiun.

Pemerintah Kota Madiun. 2011. *Peraturan Daeraah Kota Madiun Nomor 06 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Madiun Tahun 2010-2030.* Wali Kota Madiun. Kota Madiun.

Pemerintah Republik Indonesia. 2008. *Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional*. Presiden Republik Indonesia. Jakarta.

Rangkuti, F. 2005. *Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis Reorientasi Konsep Perencanaan Strategis untuk Menghadapi Abad 21,* PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Saifulloh, F. 2015. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Susun Penjaringan Sari I dan II dengan Kombinasi Anaerobc Baffled Reactor dan Kolam Fakultatif.* Insitutut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, 1st edition*. Andi Offset. Yogyakarta.

Soewarno. 1995. *Hidrologi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Nova. Bandung.

Sosrodarsono dan Takeda. 1987. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Triatmodjo. 2010. *Hidrologi Terapan*, 2nd edition. Beta Offset. Yogyakarta.

BIOGRAFI PENULIS

YULIANA SURYANI, penyusun dan penulis dari tesis ini dilahirkan di Jakarta pada tanggal 21 Juli 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal yang dimulai dari SDN 1 Ketawang pada tahun 1998 hingga 2004, SMP N 1 Dolopo pada tahun 2004 hingga 2007, dan SMA N 3 Madiun pada tahun 2007 hingga 2010. Pada tahun 2010 penulis mengikuti tes SNMPTN dan diterima pada pilihan pertama di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Penulis menempuh pendidikan Program Studi Sarjana selama 4 tahun mulai dari tahun 2010 hingga 2014. Selepas menyelesaikan studi tersebut, penulis mengikuti tes masuk beasiswa *freshgraduate* pada Program Studi Pascasarjana, Bidang Sanitasi Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada masa perkuliahan tahun 2010-2014 penulis aktif melaksanakan program kerja Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas dan Badan Eksekutif Mahasiswa Institut sebagai *organizing committee* hingga *steering committee*. Penulis pernah menjadi asisten laboratorium mata kuliah Kimia Lingkungan 2012-2013. Penulis pernah mengikuti Kerja Praktek di Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Sari Husada, Yogyakarta pada tahun 2013. Penulis pernah menjadi penilai Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Hijau yang dilaksanakan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2015. Segala bentuk komunikasi terkait dengan tesis ini dapat disampaikan melalui email penulis di yulianasuryani.ys@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel 5.58 Analisis Strategi Kelembagaan

MATRIKS SWOT	**Peluang *(Oppurtunity)***
	1. Tersedia lahan terbuka dan tertutup untuk lokasi sumur resapan 2. Adanya Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Madiun Tahun 2010-2030 3. Terjalinnya komunikasi pada Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo Operasional dan Pemeliharaan Sungai Madiun dan Dinas di Pemerintahan Kota Madiun 4. Adanya potensi sumber dana dari Pemerintah Pusat dan Provinsi 5. Adanya potensi peran serta masyarakat 6. Tersedia mitra kerja sebagai jasa konsultan 7. Muka air tanah yang dalam 8. Adanya Peraturan Daerah tentang pembangunan sumur resapan
Kelemahan *(Weakness)*	**Strategi (W-O)**
1. Jumlah pegawai yang sedikit	1. Meningkatkan jumlah pegawai dengan merekrut pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase dengan kriteria yang sesuai dan menganggarkan biaya dari potensi sumber dana yang ada. (W1-O4)
2. Jumlah tingkat pendidikan pegawai yang kurang memadai	2. Meningkatkan kualitas SDM pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase dengan menganggarkan biaya dari potensi sumber dana yang ada. (W2-O4)
3. Tidak ada data teknis saluran drainase secara lengkap	3. Menata dan mengumpulkan data teknis saluran drainase secara lengkap sebagai *database* yang dapat digunakan untuk kerjasama pengelolaan drainase dengan Pemerintah Pusat, Provinsi. (W3-O3) *Database* juga dapat digunakan untuk kerjasama dalam kegiatan pengelolaan drainase dengan mitra kerja seperti jasa konsultan. (W3-O6)
4. Frekuensi dan pembagian tugas pemeliharaan saluran yang tidak pasti	4. Menetapkan frekuensi minimal pemeliharaan tiap saluran, membagi tugas pemeliharaan saluran berdasarkan prioritas penanganan dengan memanfaatkan potensi sumber dana dari Pemerintah Pusat dan Provinsi. (W4-O4) Membagi tugas pemeliharaan saluran berdasarkan prioritas penanganan dengan memanfaatkan potensi peran serta masyarakat. (W4-O5)

MATRIKS SWOT	Peluang *(Oppurtunity)*
	1. Tersedia lahan terbuka dan tertutup untuk lokasi sumur resapan 2. Adanya Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Madiun Tahun 2010-2030 3. Terjalinnya komunikasi pada Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo Operasional dan Pemeliharaan Sungai Madiun dan Dinas di Pemerintahan Kota Madiun 4. Adanya potensi sumber dana dari Pemerintah Pusat dan Provinsi 5. Adanya potensi peran serta masyarakat 6. Tersedia mitra kerja sebagai jasa konsultan 7. Muka air tanah yang dalam 8. Adanya Peraturan Daerah tentang pembangunan sumur resapan
5. Kapasitas saluran yang tidak memenuhi	5. Menangani kapasitas saluran yang tidak memenuhi dengan memanfaatkan muka air tanah yang dalam. (W5-O7) Menangani kapasitas saluran yang tidak memenuhi dengan memanfaatkan lahan terbuka dan tertutup untuk pembangunan sumur resapan. (W5-O1) Menangani kapasitas saluran yang tidak memenuhi pembangunan sumur resapan yang lokasinya disesuaikan dengan Peraturan Daerah yang ada. (W5-O8) Selain itu dalam penanganan kapasitas saluran yang tidak memenuhi, Dinas Pekerjaan Umum dapat bekerjasama dalam penanganan genangan dengan Dinas terkait lainnya. (W5-O3)
6. Kemampuan perencanaan dari beberapa pegawai yang rendah	6. Pegawai Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase dengan kemampuan perencanaan yang rendah dapat berkonsultasi dan bekerjasama dengan mitra kerja sebagai jasa konsultan perencanaan agar memudahkan melaksanakan kegiatan. (W6-O6) Selain itu pegawai Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase dapat mempelajari RTRW Kota Madiun 2010-2030 sebagai acuan dalam merencanakan pengelolaan drainase. (W6-O2)
7. Monitoring dan evaluasi jasa konsultan oleh pegawai	7. Melaksanakan monitoring dan evaluasi oleh pegawai yang memiliki kemampuan perencanaan yang mumpuni dalam kerjasama dengan mitra kerja seperti jasa konsultan. (W7-O6)
8. Biaya operasional dan pemeliharaan rumah pompa tinggi	8. Menanggarkan biaya operasional dan pemeliharaan rumah pompa sesuai kebutuhan dengan memanfaatkan potensi dana yang tersedia. (W8-O4)

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Strategi yang telah disusun dengan cara meminimalkan kelemahan dan memanfaatkan peluang dapat diwujudkan dengan menyusun program berikut ini.

1. Meningkatkan jumlah pegawai dengan merekrut pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase dengan kriteria yang sesuai dan menganggarkan biaya dari potensi sumber dana yang ada.
   - Pengajuan dana untuk pengadaan pegawai kontrak. Dana tersebut digunakan sebagai gaji untuk pegawai kontrak.
   - Perekrutan pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sebagai pegawai kontrak dengan syarat utama lulusan jurusan teknik terkait (sipil dan lingkungan) dengan sistem kontrak selama 2 tahun. Pegawai kontrak ini bertugas sebagai staff untuk pemeliharaan saluran, survey data teknis saluran, penyusunan dokumen perencanaan dan konstruksi yang masing-masing terdiri dari 6 personil.
2. Meningkatkan kualitas SDM pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase dengan menganggarkan biaya dari potensi sumber dana yang ada.
   - Memberikan pelatihan rutin kepada semua pegawai tetap Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sesuai dengan jabatan. Pelatihan harus memuat tentang hal berikut :
     - Menjalin mitra dengan swasta
     - Perhitungan teknis hidrologi, hidrolika, ekonomi
     - Perencanaan pengelolaan drainase
     - Monitoring konstruksi
3. Menata dan mengumpulkan data teknis saluran drainase secara lengkap sebagai *database* yang dapat digunakan untuk kerjasama pengelolaan drainase dengan Pemerintah Pusat, Provinsi maupun mitra kerja seperti jasa konsultan.
   - Melaksanakan survey lapangan di 26 saluran primer selama 3 bulan. Bulan pertama sebanyak 7 saluran yang berpotensi menghasilkan debit genangan, sedangkan bulan kedua sebanyak 10 saluran primer lain yang berdekatan dengan 7 saluran sebelumnya.

Survey bulan ketiga sebanyak 9 saluran primer. Data teknis yang diukur adalah sebagai berikut :

- Kemiringan lahan dan saluran

– Melaksanakan survey lapangan di beberapa saluran sekunder dan tersier yang belum terdapat data. Data teknis yang diukur adalah sebagai berikut:
    - Debit air
    - Kecepatan aliran air (v) saat hujan
    - Elevasi muka air
    - Elevasi muka tanah
    - Kemiringan lahan dan saluran
    - Tinggi air saat hujan
    - Tinggi saluran
    - Tinggi jagaan saluran
    - Tinggi sedimen
    - Foto kondisi saluran
– Merekapitulasi data dari semua saluran dalam bentuk dokumen kondisi eksisting saluran drainase Kota Madiun.
– Menggunakan dokumen tersebut untuk keperluan perencanaan pembangunan dan pengelolaan drainase agar dapat digunakan oleh lembaga sendiri atau kerja sama dengan pihak lain.

4. Menetapkan frekuensi minimal pemeliharaan tiap saluran, membagi tugas pemeliharaan saluran berdasarkan prioritas penanganan dengan memanfaatkan potensi sumber dana dan potensi peran serta masyarakat untuk memaksimalkan tingkat pemeliharaan saluran.
    – Program pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.
    – Program pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.
    – Program pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier

ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.

- Program kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.
- Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.
- Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.
- Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.
- Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan
- Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.

5. Menangani kapasitas saluran yang tidak memenuhi dengan memanfaatkan muka air tanah yang dalam, lahan terbuka dan tertutup untuk pembangunan sumur resapan yang lokasinya disesuaikan dengan Peraturan Daerah yang ada. Selain itu dalam penanganan kapasitas saluran yang tidak memenuhi, Dinas Pekerjaan Umum dapat bekerjasama dalam penanganan genangan dengan Dinas terkait lainnya.
   - Pembangunan sumur resapan di lahan yang tersedia dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Daerah Kota Madiun.
   - Survey lokasi yang berpotensi sebagai lokasi pembangunan sumur resapan

- Pembangunan saluran baru bila diperlukan
- Program kerjasama dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan untuk mengeruk saluran sebagai upaya penanganan genangan.
- Menjalin komunikasi rutin kepada BBWS Bengawan Solo dan Dinas Pemerintah Kota untuk pengelolaan perkotaan yang bebas genangan dan banjir dengan mengadakan rapat rutin.

6. Beberapa pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase dengan kemampuan perencanaan yang kurang dapat berkonsultasi dan bekerjasama dengan mitra kerja sebagai jasa konsultan perencanaan agar memudahkan melaksanakan kegiatan. Selain itu pegawai dapat mempelajari RTRW Kota Madiun 2010-2030 sebagai acuan dalam merencanakan pengelolaan drainase.
    - Program bimbingan teknis untuk pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase
    - Penggunaan jasa konsultan perencanaan dalam perencanaan pengelolaan drainase
7. Melaksanakan monitoring dan evaluasi oleh pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase yang memiliki kemampuan perencanaan yang mumpuni dalam kerjasama dengan mitra kerja seperti jasa konsultan.
    - Program monitoring dan evaluasi dengan bekerjasama dengan pihak konsultan pengawas.
8. Menanggarkan biaya operasional dan pemeliharaan rumah pompa sesuai kebutuhan dengan memanfaatkan potensi dana yang tersedia.
    - Pengajuan pendanaan kepada Pemerintah Provinsi untuk pemeliharaan rumah pompa.

Masing-masing program tersebut dilaksanakan dengan frekuensi yang berbeda-beda. Waktu pelaksanaan tiap program dapat dilihat pada Tabel 5.60 hingga Tabel 5.63.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Tabel 5.59 Waktu Pelaksanaan Program selama Tahun 2016 hingga Tahun 2017

No.	Program	Waktu Pelaksanaan																
		2016					2017											
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengajuan dana untuk pengadaan pegawai kontrak.				v													
2	Perekrutan pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sebagai pegawai kontrak dengan syarat utama lulusan jurusan teknik terkait (sipil dan lingkungan).					6												
3	Memberikan pelatihan rutin kepada semua pegawai tetap Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sesuai dengan jabatan.	v			v			v			v			v			v	
4	Pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x					
5	Pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x					
6	Pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
7	Menjalin kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
8	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
9	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
10	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
11	Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan				v												v	
12	Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.		1x												1x			
13	Melaksanakan survey lapangan di 26 Saluran Primer (26SP)			7SP	10SP	9SP												
14	Melaksanakan survey lapangan di beberapa saluran sekunder dan tersier yang belum terdapat data.						20%	50%	80%	100%								
15	Merekapitulasi data dari semua saluran dalam bentuk dokumen kondisi eksisting saluran drainase Kota Madiun.			15%	30%	45%	60%	75%	90%	100%								
16	Menggunakan dokumen tersebut untuk keperluan perencanaan pembangunan dan pengelolaan drainase untuk dapat digunakan oleh lembaga sendiri, kerja sama dengan pihak lain atau publik.							v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
17	Pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	20%	40%	60%	80%	100%						20%	40%	60%	80%	100%		
18	Pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.								30%	60%	80%	100%						
19	Pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.					20%	40%	60%	80%	100%						20%	40%	60%
20	Kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.	4x				4x			4x			4x			4x			4x
21	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
22	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
23	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
24	Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan				v												v	

No.	Program	Waktu Pelaksanaan																
		2016					2017											
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.	1x												1x				
26	Pembangunan sumur resapan di lahan yang tersedia dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Daerah Kota Madiun.										20%	50%	70%	80%	90%	100%		
27	Survey lokasi yang berpotensi sebagai lokasi pembangunan sumur resapan							v	v	v								
28	Pembangunan saluran baru bila diperlukan																	
29	Program kerjasama dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan untuk mengeruk saluran sebagai upaya penanganan genangan.					v			v			v			v			v
30	Menjalin komunikasi rutin kepada BBWS Bengawan Solo dan Dinas Pemerintah Kota untuk pengelolaan perkotaan yang bebas genangan dan banjir dengan mengadakan rapat rutin.	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
31	Program bimbingan teknis untuk pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
32	Penggunaan jasa konsultan perencanaan dalam perencanaan pengelolaan drainase	v	v	v	v		v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
33	Program monitoring dan evaluasi dengan bekerjasama dengan pihak konsultan pengawas.	v	v	v	v		v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
34	Pengajuan pendanaan kepada Pemerintah Provinsi untuk pemeliharaan rumah pompa.				v												v	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 5.60 Waktu Pelaksanaan Program selama Tahun 2018

No.	Program	Waktu Pelaksanaan											
		2018											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengajuan dana untuk pengadaan pegawai kontrak.											v	
2	Perekrutan pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sebagai pegawai kontrak dengan syarat utama lulusan jurusan teknik terkait (sipil dan lingkungan).												v
3	Memberikan pelatihan rutin kepada semua pegawai tetap Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sesuai dengan jabatan.		v			v			v			v	
4	Pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.								8x	8x	8x	8x	8x
5	Pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.								8x	8x	8x	8x	8x
6	Pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
7	Menjalin kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
8	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
9	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
10	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
11	Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan											v	
12	Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.									1x			
13	Melaksanakan survey lapangan di semua saluran primer												
14	Melaksanakan survey lapangan di beberapa saluran sekunder dan tersier yang belum terdapat data.												
15	Merekapitulasi data dari semua saluran dalam bentuk dokumen kondisi eksisting saluran drainase Kota Madiun.												
16	Menggunakan dokumen tersebut untuk keperluan perencanaan pembangunan dan pengelolaan drainase untuk dapat digunakan oleh lembaga sendiri, kerja sama dengan pihak lain atau publik.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
17	Pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.						20%	40%	60%	80%	100%		
18	Pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.			30%	60%	80%	100%						

No.	Program	Waktu Pelaksanaan 2018											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	Pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.	80%	100%								20%	40%	60%
20	Kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.			4x			4x			4x			4x
21	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
22	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
23	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
24	Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan											v	
25	Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.								1x				
26	Pembangunan sumur resapan di lahan yang tersedia dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Daerah Kota Madiun.												
27	Survey lokasi yang berpotensi sebagai lokasi pembangunan sumur resapan												
28	Pembangunan saluran baru bila diperlukan			v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
29	Program kerjasama dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan untuk mengeruk saluran sebagai upaya penanganan genangan.			v			v			v			v
30	Menjalin komunikasi rutin kepada BBWS Bengawan Solo dan Dinas Pemerintah Kota untuk pengelolaan perkotaan yang bebas genangan dan banjir dengan mengadakan rapat rutin.	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
31	Program bimbingan teknis untuk pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
32	Penggunaan jasa konsultan perencanaan dalam perencanaan pengelolaan drainase	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
33	Program monitoring dan evaluasi dengan bekerjasama dengan pihak konsultan pengawas.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
34	Pengajuan pendanaan kepada Pemerintah Provinsi untuk pemeliharaan rumah pompa.											v	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 5.61 Waktu Pelaksanaan Program selama Tahun 2019

No.	Program	Waktu Pelaksanaan 2019											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengajuan dana untuk pengadaan pegawai kontrak.												
2	Perekrutan pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sebagai pegawai kontrak dengan syarat utama lulusan jurusan teknik terkait (sipil dan lingkungan).												
3	Memberikan pelatihan rutin kepada semua pegawai tetap Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sesuai dengan jabatan.		v			v			v			v	
4	Pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.	8x	8x	8x	8x	8x							
5	Pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.	8x	8x	8x	8x	8x							
6	Pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
7	Menjalin kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
8	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
9	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
10	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
11	Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan											v	
12	Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.									1x			
13	Melaksanakan survey lapangan di semua saluran primer												

No.	Program	Waktu Pelaksanaan 2019											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	Melaksanakan survey lapangan di beberapa saluran sekunder dan tersier yang belum terdapat data.												
15	Merekapitulasi data dari semua saluran dalam bentuk dokumen kondisi eksisting saluran drainase Kota Madiun.												
16	Menggunakan dokumen tersebut untuk keperluan perencanaan pembangunan dan pengelolaan drainase untuk dapat digunakan oleh lembaga sendiri, kerja sama dengan pihak lain atau publik.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
17	Pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.						20%	40%	60%	80%	100%		
18	Pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.			30%	60%	80%	100%						
19	Pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.	80%	100%								20%	40%	60%
20	Kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.			4x			4x			4x			4x
21	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
22	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
23	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
24	Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan											v	
25	Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.								1x				
26	Pembangunan sumur resapan di lahan yang tersedia dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Daerah Kota Madiun.												
27	Survey lokasi yang berpotensi sebagai lokasi pembangunan sumur resapan												
28	Pembangunan saluran baru bila diperlukan												
29	Program kerjasama dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan untuk mengeruk saluran sebagai upaya penanganan genangan.			v			v			v			v
30	Menjalin komunikasi rutin kepada BBWS Bengawan Solo dan Dinas Pemerintah Kota untuk pengelolaan perkotaan yang bebas genangan dan banjir dengan mengadakan rapat rutin.	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
31	Program bimbingan teknis untuk pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
32	Penggunaan jasa konsultan perencanaan dalam perencanaan pengelolaan drainase	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
33	Program monitoring dan evaluasi dengan bekerjasama dengan pihak konsultan pengawas.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
34	Pengajuan pendanaan kepada Pemerintah Provinsi untuk pemeliharaan rumah pompa.											v	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

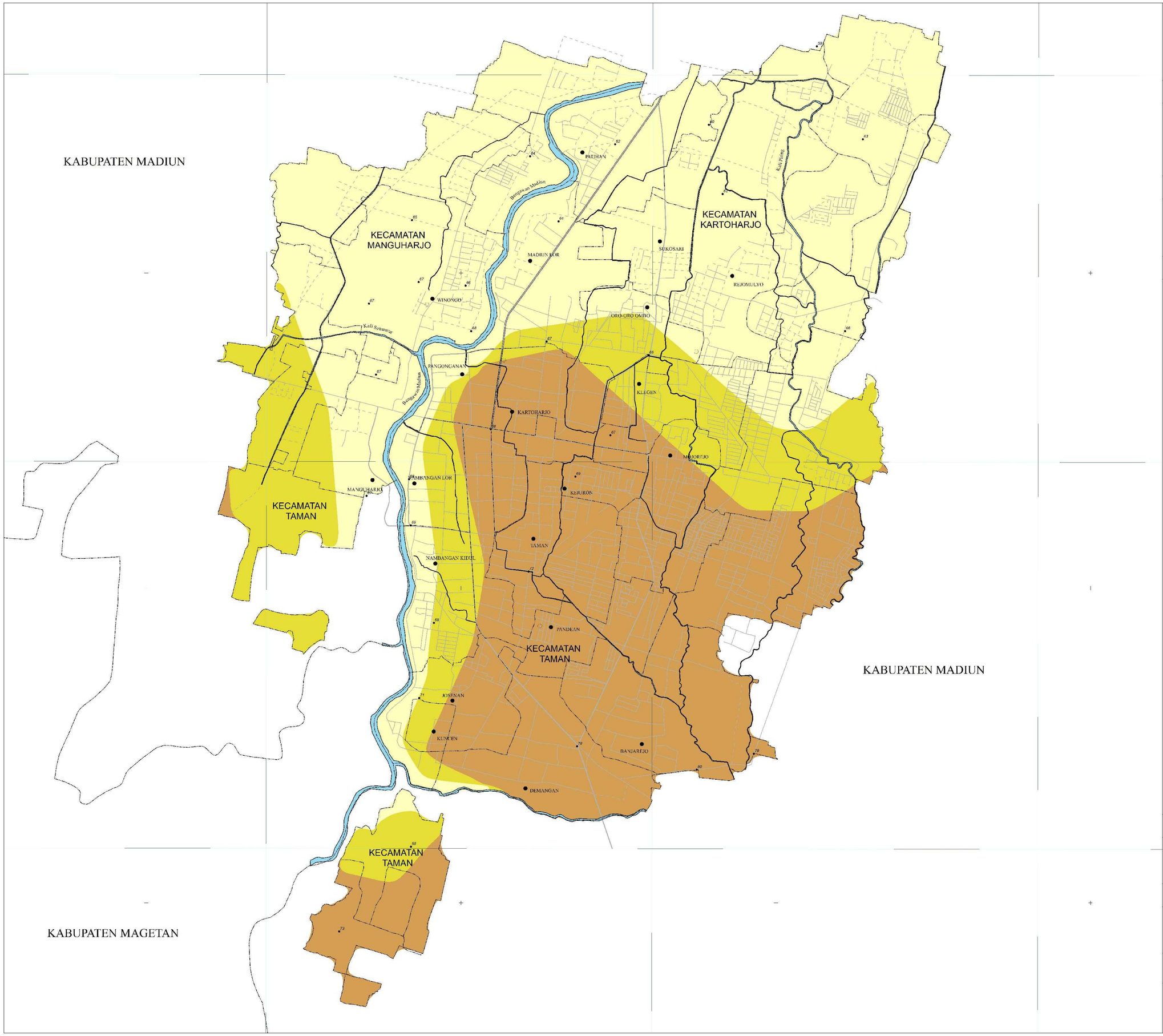
Tabel 5.62 Waktu Pelaksanaan Program selama Tahun 2020

No.	Program	Waktu Pelaksanaan 2020											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengajuan dana untuk pengadaan pegawai kontrak.											v	
2	Perekrutan pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sebagai pegawai kontrak dengan syarat utama lulusan jurusan teknik terkait (sipil dan lingkungan).												v
3	Memberikan pelatihan rutin kepada semua pegawai tetap Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase sesuai dengan jabatan.		v			v			v			v	
4	Pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.				8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x
5	Pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.				8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x	8x
6	Pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
7	Menjalin kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
8	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
9	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x

No.	Program	Waktu Pelaksanaan											
		2020											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
11	Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan											v	
12	Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.								1x				
13	Melaksanakan survey lapangan di semua saluran primer												
14	Melaksanakan survey lapangan di beberapa saluran sekunder dan tersier yang belum terdapat data.												
15	Merekapitulasi data dari semua saluran dalam bentuk dokumen kondisi eksisting saluran drainase Kota Madiun.												
16	Menggunakan dokumen tersebut untuk keperluan perencanaan pembangunan dan pengelolaan drainase untuk dapat digunakan oleh lembaga sendiri, kerja sama dengan pihak lain atau publik.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
17	Pengerukan sedimen pada semua saluran primer dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.						20%	40%	60%	80%	100%		
18	Pengerukan sedimen pada semua saluran sekunder dengan frekuensi 2 kali setiap minggu.			30%	60%	80%	100%						
19	Pengerukan sedimen pada semua saluran tersier dengan frekuensi minimal 1 kali setiap bulan. Pemeliharaan saluran tersier ini dilakukan berdasarkan program pemeliharaan yang bekerjasama dengan masyarakat setempat.	80%	100%								20%	40%	60%
20	Kerjasama pemeliharaan saluran dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun untuk mengeruk sedimen dan sampah setiap 1 minggu sekali.			4x			4x			4x			4x
21	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Taman dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
22	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Kartoharjo dengan frekuensi 1 kali setiap minggu.	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x	4x
23	Pemeliharaan fungsi bangunan drainase dan kondisi fisik saluran (dinding saluran) di Kecamatan Manguharjo dengan frekuensi 2 kali setiap bulan.	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
24	Pengajuan pengadaan biaya untuk mengganti bangunan pelengkap drainase yang sudah tidak dapat digunakan											v	
25	Pemasangan spanduk dan papan di sisi saluran yang rawan menjadi tempat pembuangan sampah dan berdirinya bangunan liar sebagai bentuk sosialisasi kepada masyarakat agar tidak membuang sampah, melakukan Buang Air Besar sembarangan dan mendirikan bangunan di atas saluran drainase dengan frekuensi minimal 1 tahun 1x.								1x				
26	Pembangunan sumur resapan di lahan yang tersedia dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Daerah Kota Madiun.												
27	Survey lokasi yang berpotensi sebagai lokasi pembangunan sumur resapan												
28	Pembangunan saluran baru bila diperlukan												
29	Program kerjasama dengan Dinas Kebersihan dan Pertamanan untuk mengeruk saluran sebagai upaya penanganan genangan.			v			v			v			v
30	Menjalin komunikasi rutin kepada BBWS Bengawan Solo dan Dinas Pemerintah Kota untuk pengelolaan perkotaan yang bebas genangan dan banjir dengan mengadakan rapat rutin.	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
31	Program bimbingan teknis untuk pegawai Sie Penyehatan dan Lingkungan Drainase	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x
32	Penggunaan jasa konsultan perencanaan dalam perencanaan pengelolaan drainase	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
33	Program monitoring dan evaluasi dengan bekerjasama dengan pihak konsultan pengawas.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
34	Pengajuan pendanaan kepada Pemerintah Provinsi untuk pemeliharaan rumah pompa.											v	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Peta Topografi Kota Madiun

KETERANGAN

- 60 - 65 meter dpl
- 65 - 70 meter dpl
- 70 - 75 meter dpl

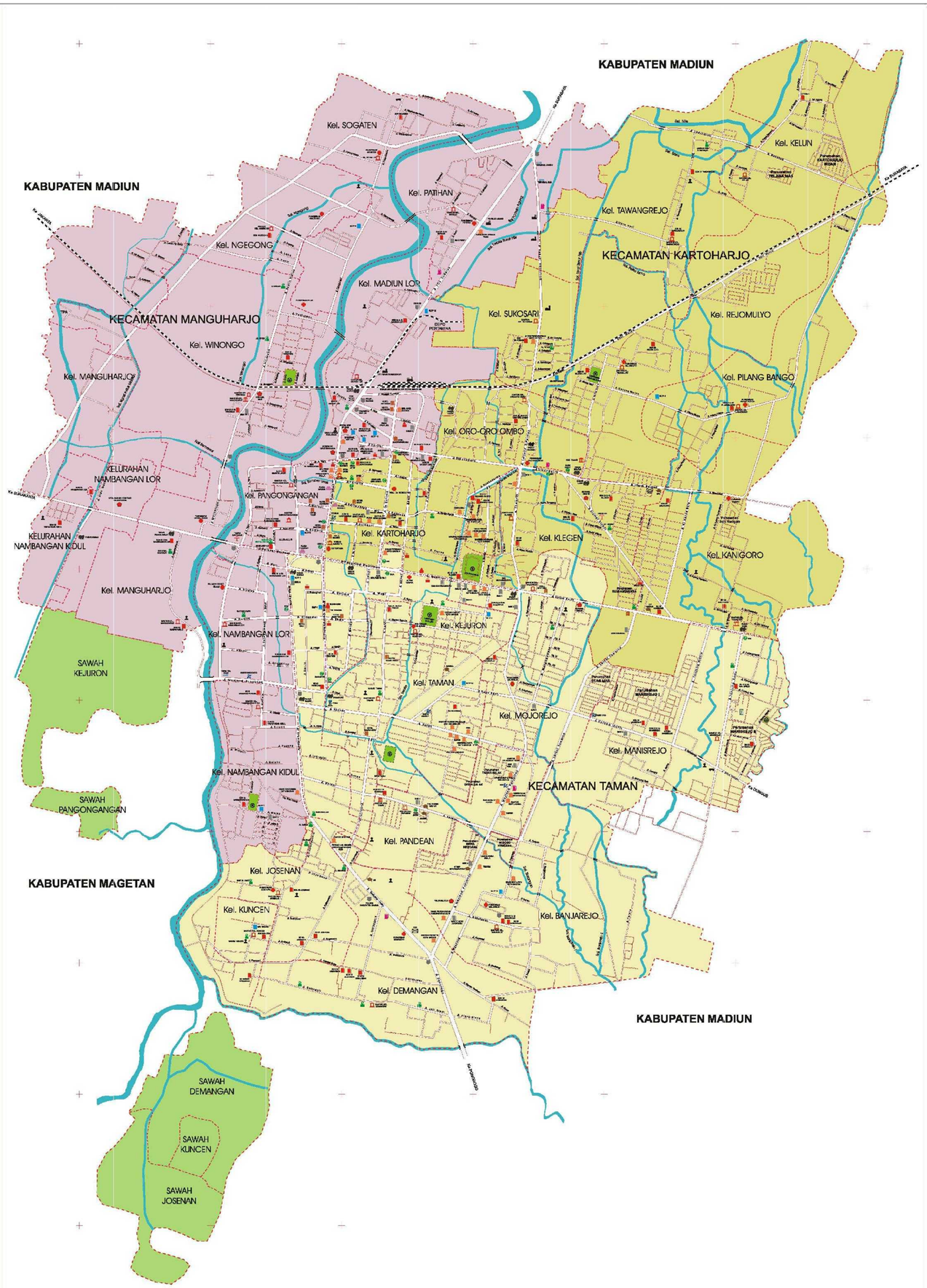
DRAFTER

Yuliana Suryani

SUMBER

Badan Perecanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2010

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 20.000 0 10.000	I.1 / 173



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Peta Administratif Kota Madiun

KETERANGAN

Batas Administratif

Sungai Madiun

Jaringan Jalan

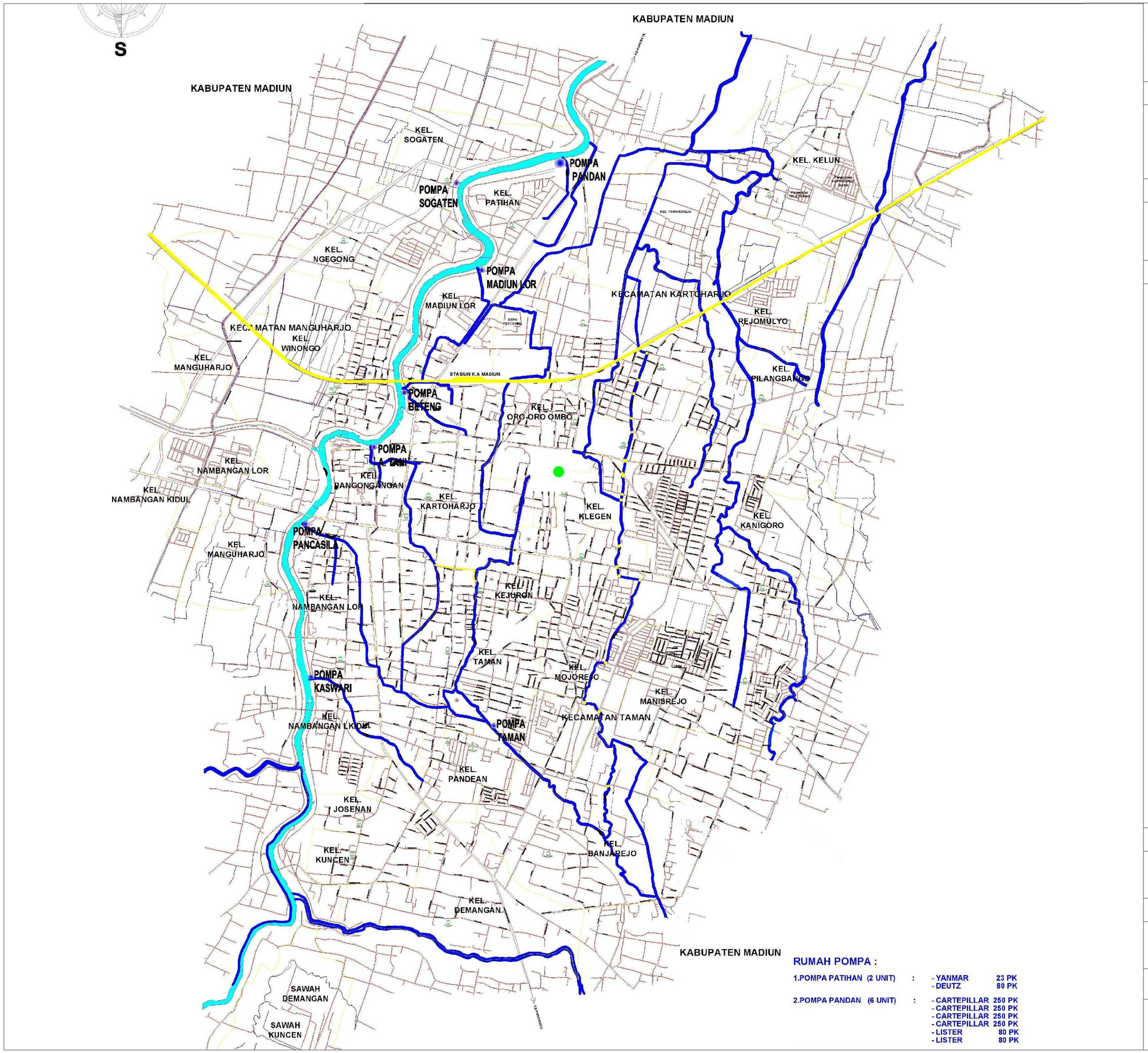
DRAFTER

Yuliana Suryani

SUMBER

Badan Perecanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2010

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 20.000 0 10.000	I.2 / 174



RUMAH POMPA :

1.POMPA PATIHAN (2 UNIT)	:	- YANMAR	23 PK
		- DEUTZ	80 PK
2.POMPA PANDAN (6 UNIT)	:	- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- LISTER	80 PK
		- LISTER	80 PK

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Peta Sistem Drainase Primer Kota Madiun

KETERANGAN

- Saluran Drainase Primer
- Rel Kereta Api
- Sungai Madiun
- Jaringan Jalan

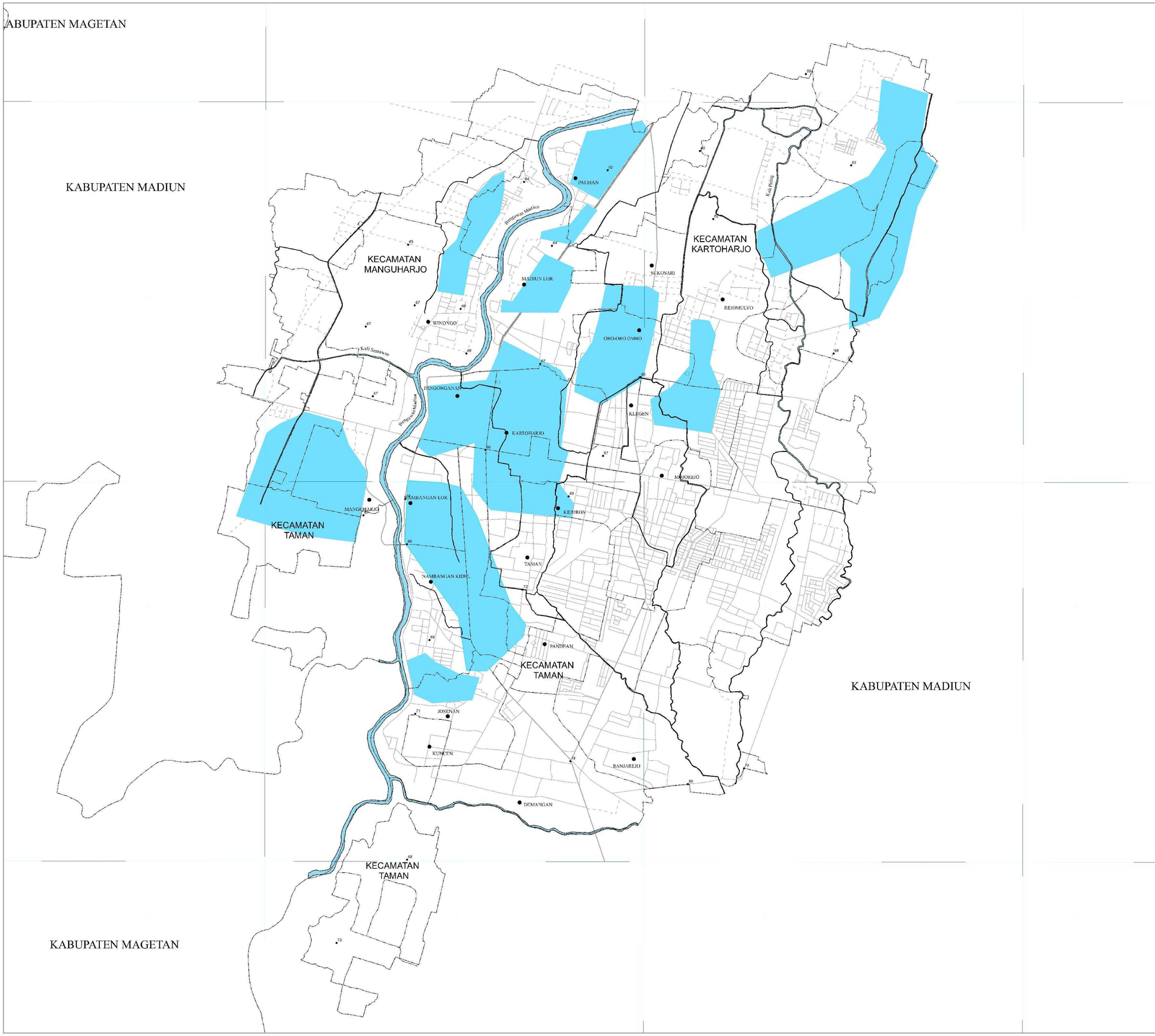
DRAFTER

Yuliana Suryani

SUMBER

Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun, 2015

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 20.000 0 10.000	I.3 / 175



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Peta Daerah Rawan Bencana Banjir Kota Madiun

KETERANGAN

Daerah genangan

DRAFTER

Yuliana Suryani

SUMBER

Badan Perecanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2010

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 20.000 0 10.000	1.4 / 176

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Peta Arah Aliran Drainase Kota Madiun

KETERANGAN

- Arah Aliran Sungai Madiun
- Arah Aliran Saluran Primer
- Arah Aliran Saluran Sekunder
- Batas Administratif

DRAFTER

Yuliana Suryani

SUMBER

Badan Perecanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2010

MATA ANGIN	SKALA	NOMOR GAMBAR
U	1 : 25.000 0 10.000	1.5 / 177

RUMAH POMPA :

1.POMPA PATIHAN (2 UNIT)	:	- YANMAR	23 PK
		- DEUTZ	80 PK
2.POMPA PANDAN (6 UNIT)	:	- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- LISTER	80 PK
		- LISTER	80 PK
3.POMPA PANCASILA (4 UNIT)	:	- DEUTZ	120 PK
		- DEUTZ	120 PK

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Peta Catchment Area Saluran Drainase Primer Kota Madiun

KETERANGAN

- Saluran Drainase Primer
- Rel Kereta Api
- Sungai Madiun
- Jaringan Jalan
- Catchment area

DRAFTER

Yuliana Suryani

SUMBER

Badan Perecanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2010

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 20.000 0 10.000	1.6 / 178

RUMAH POMPA :

1.POMPA PATIHAN (2 UNIT)	:	- YANMAR	23 PK
		- DEUTZ	80 PK
2.POMPA PANDAN (6 UNIT)	:	- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- LISTER	80 PK
		- LISTER	80 PK

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Overlay Peta Saluran Primer dengan Sedimen yang Menghasilkan Debit Genangan dengan Peta Rawan Genangan

KETERANGAN

- Daerah genangan
- Catchment area saluran yang tidak memenuhi
- Catchment area beririsan dengan daerah rawan genangan

DRAFTER

Yuliana Suryani

SUMBER

Badan Perecanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2010

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 20.000 0 10.000	I.7 / 179

RUMAH POMPA :

1.POMPA PATIHAN (2 UNIT)	:	- YANMAR	23 PK
		- DEUTZ	80 PK
2.POMPA PANDAN (6 UNIT)	:	- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- CARTEPILLAR	250 PK
		- LISTER	80 PK
		- LISTER	80 PK

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Overlay Peta Saluran Primer tanpa Sedimen yang Menghasilkan Debit Genangan dengan Peta Rawan Genangan

KETERANGAN

- Daerah genangan
- Catchment area saluran yang tidak memenuhi
- Catchment area beririsan dengan daerah rawan genangan

DRAFTER

Yuliana Suryani

SUMBER

Badan Perecanaan Pembangunan Daerah Kota Madiun, 2010

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 20.000 0 10.000	I.8 / 180

II.1

FOTO SALURAN DRAINASE PRIMER KOTA MADIUN

1. Saluran Slarangan

2. Saluran Semar Mendem

3. Saluran Terate

4. Saluran Terate Timur Hulu

5. Saluran Terate Timur Hilir

6. Saluran Terate Barat Hulu

7. Saluran Terate Barat Hilir

8. Saluran Rejomulyo

9. Saluran Maling

10. Saluran Banjarejo II

11. Saluran Banjarejo I

12. Saluran Mojorejo

13. Saluran Klegen

14. Saluran Pelita Tama

15. Saluran Manisrejo I

16. Saluran Manisrejo II

17. Saluran Kanigoro

18. Saluran Pilangbango II

19. Saluran Sono

20. Saluran Nila

21. Saluran Pilangbango I

22. Saluran Nambangan Lor

23. Saluran Kartini

24. Saluran Pasar Sepur

25. Saluran Madiun Lor

26. Saluran Sumber Umis

27. Saluran Pembawa Drainase Primer Kota Madiun ke Kali Nglames

II. 2

PELAKSANAAN SURVEY DATA TEKNIS SALURAN DRAINASE

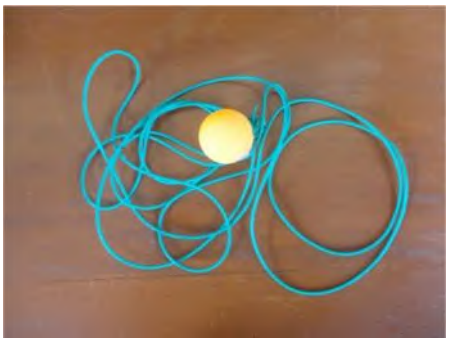
1. Pengukuran Data Fisik Saluran

2. Pengukuran Kecepatan Air di Dalam Saluran

II.3
ALAT SURVEY

1. Meteran

2. Tali Pengukur Kedalaman dan Pengukur Kecepatan Air



3. Tongkat Besi Pengukur Ketinggian Sedimen

II.4

DOKUMENTASI RUMAH POMPA KOTA MADIUN

1. Rumah Pompa Patihan

2. Rumah Pompa Pancasila

3. Rumah Pompa Beteng

4. Rumah Pompa Kaswari

II.5

DOKUMENTASI KONDISI GENANGAN EKSISTING

Area Saluran Terate

Area Saluran Terate Barat Hulu

Area Saluran Nambangan Lor

Area Saluran Sumber Umis

Area Saluran Kartini

II.6

LOKASI POTENSIAL PEMBANGUNAN SUMUR RESAPAN

Halaman Rumah Sakit

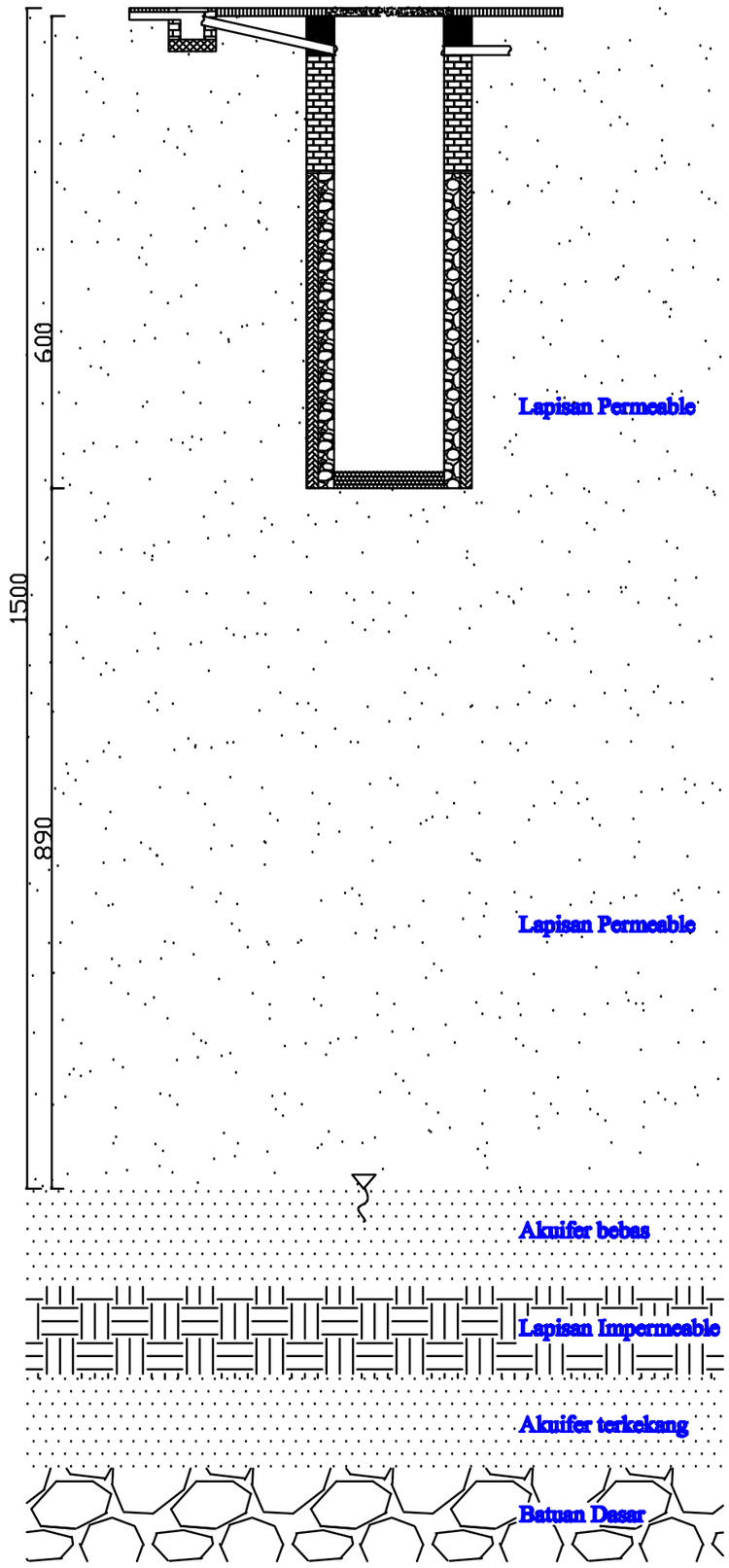
Halaman Perkantoran

Halaman Sekolah

Halaman Masjid

Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau Lapangan



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Letak Sumur Resapan terhadap Muka Air Tanah

KETERANGAN

- Plat Beton
- Pasangan Batu Bata
- Batu Koral
- Ijuk
- Pipa
- Trasaram
- Pasangan Batu Kosong
- Rollag Bata
- Permukaan Tanah
- Muka Air
- Akuifar
- Lapisan Permeable
- Lapisan Impermeable
- Batuan Dasar

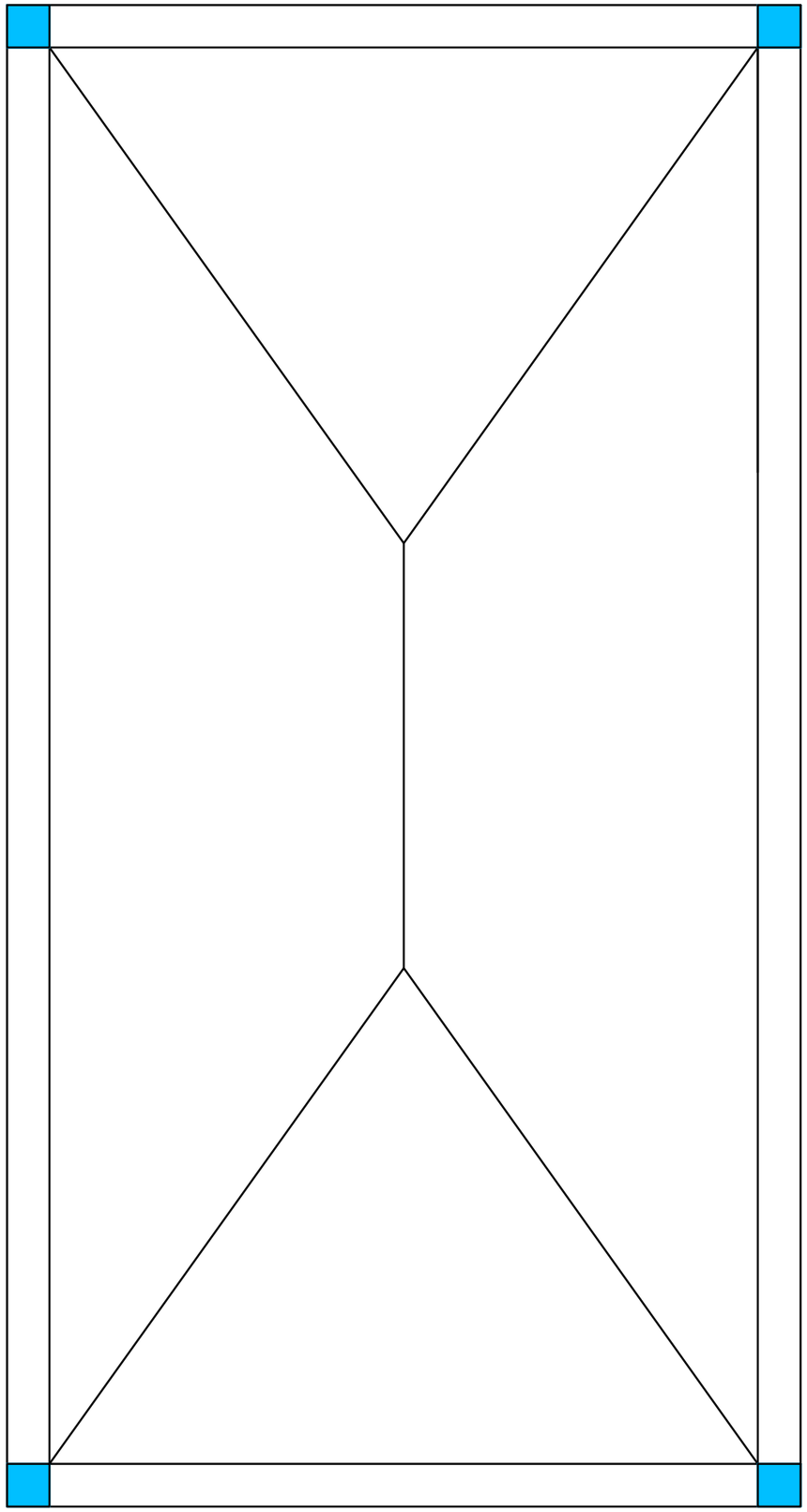
DRAFTER

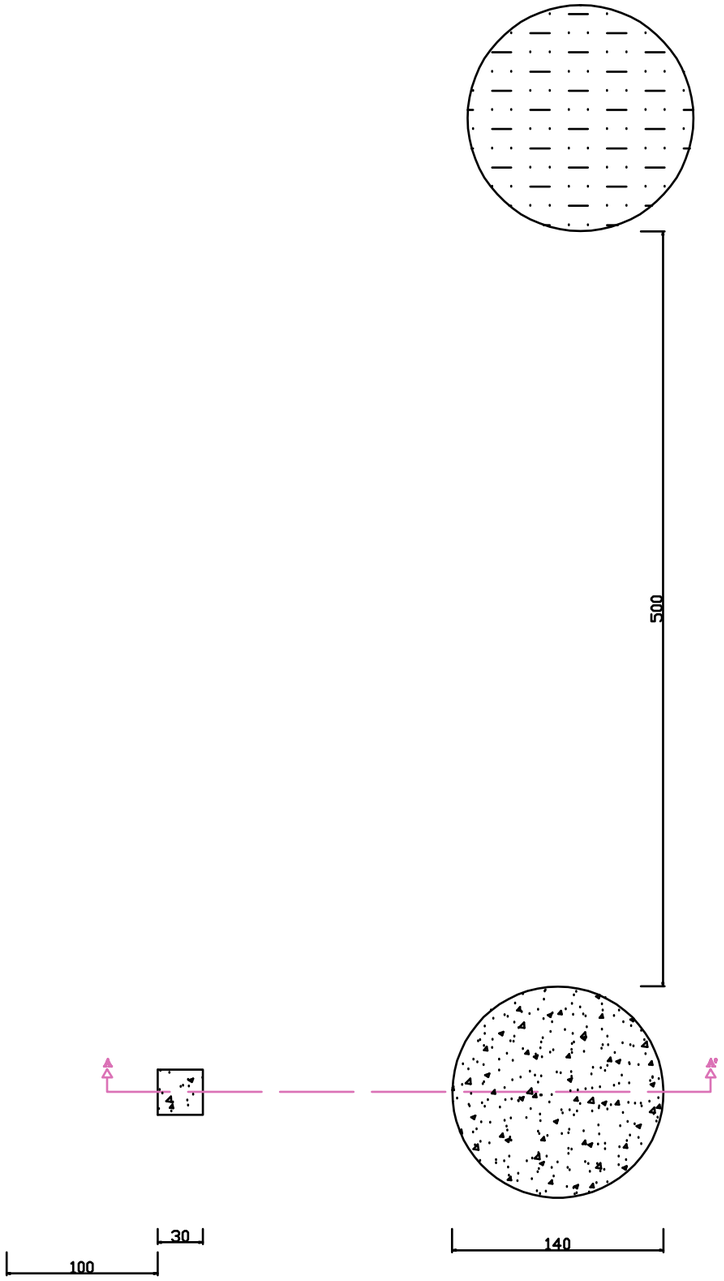
Yuliana Suryani

SUMBER

Mengacu pada Soarodarsono, S. dan Takeda, K., 1987

MATA ANGIN	SKALA	NO.GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 0 10.000	III.1 / 195





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Denah Sumur Resapan di Lokasi Pekarangan Rumah, Halaman Gedung dan Bangunan Lain

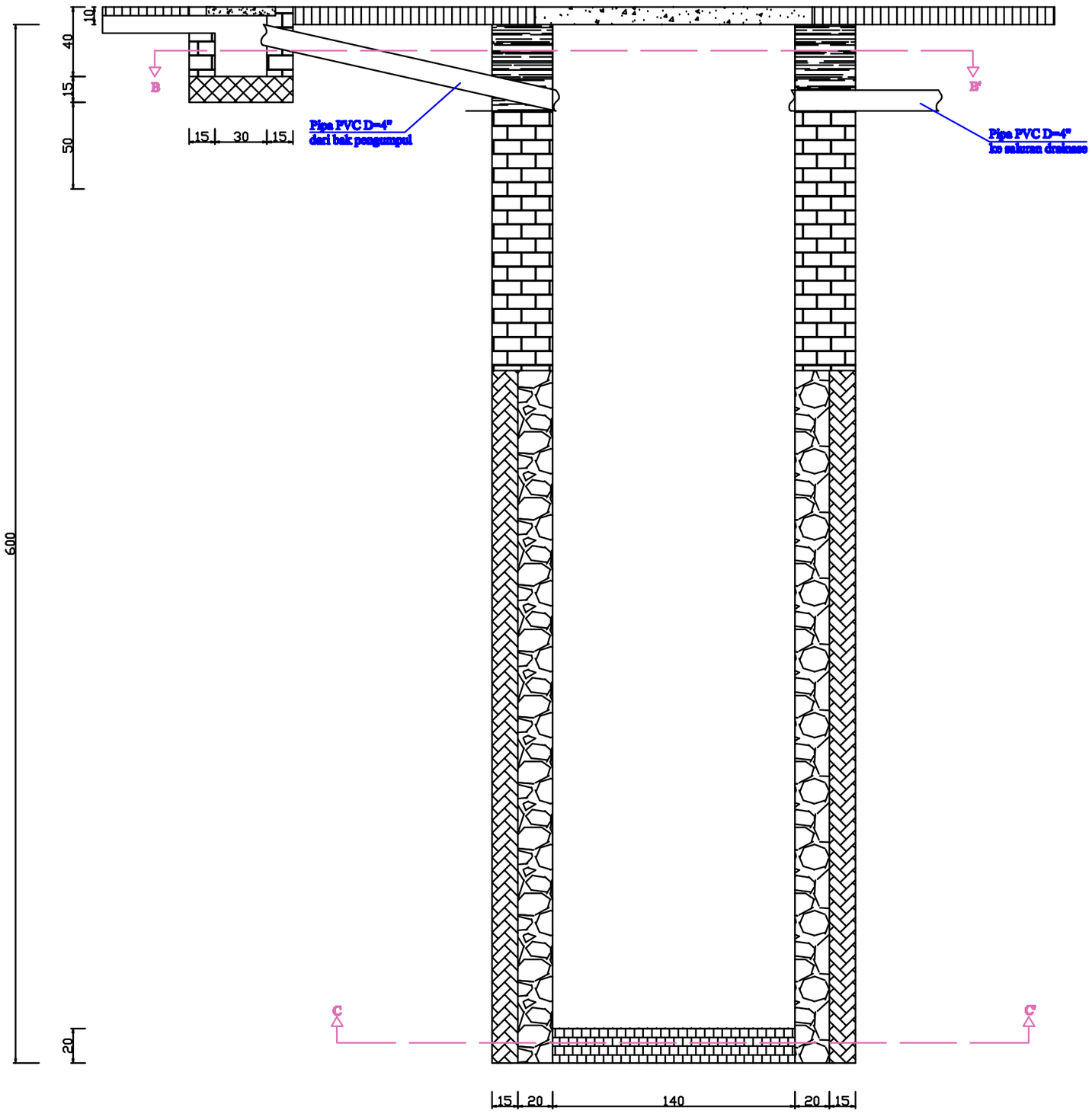
KETERANGAN

- Tutup Plat Beton Sumur Resapan
- Septic Tank
- Bangunan
- Talang Air

DRAFTER

Yuliana Suryani

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 0 10.000	III.2 / 196



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Potongan A-A' Sumur Resapan di Lokasi Pekarangan Rumah, Halaman Gedung dan Bangunan Lain

KETERANGAN

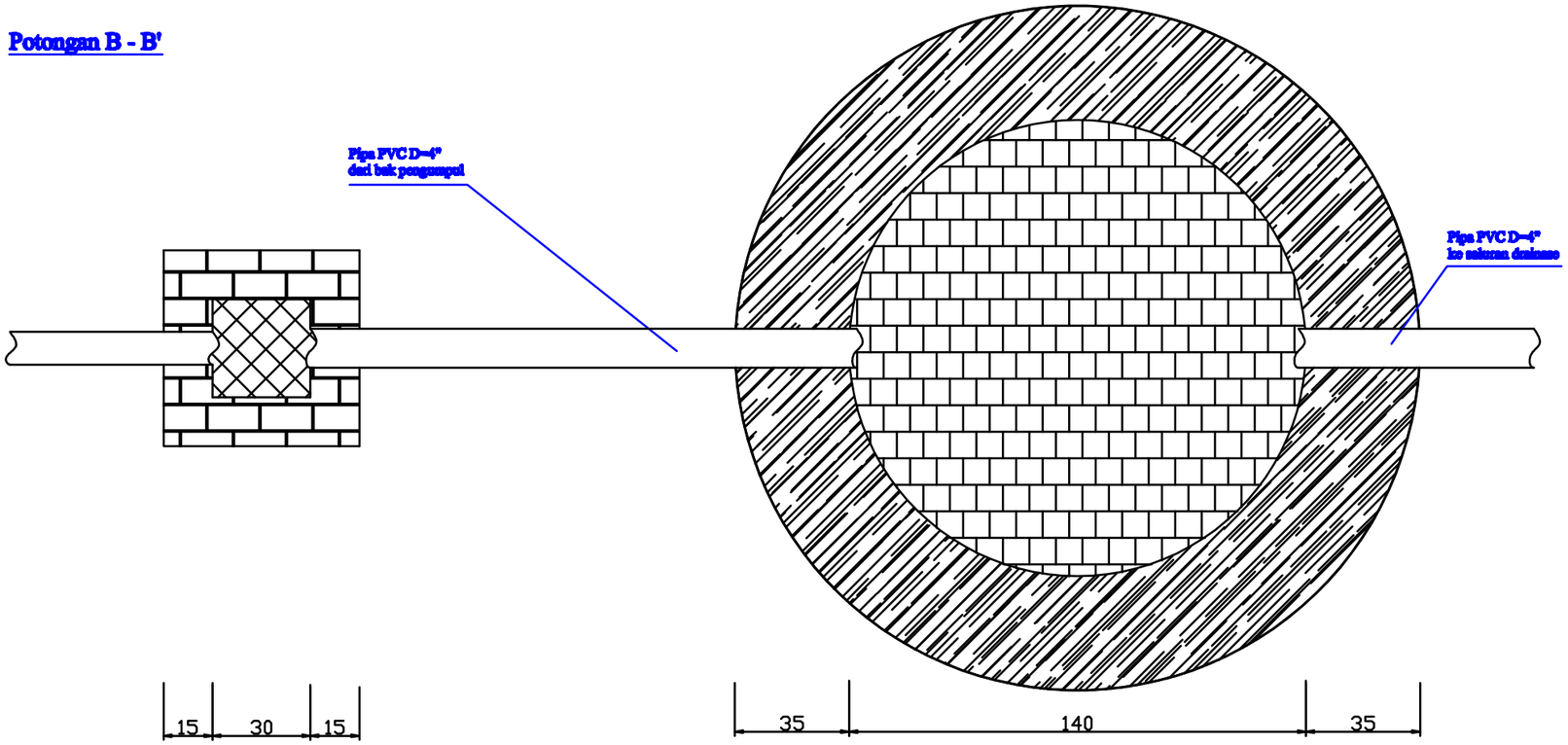
- Plat Beton Bertulang 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil
- Pasangan Bata Merah
- Batu Isian
- Ijuk
- Pipa
- Trassram
- Potongan Batu Merah ½ Batu
- Rollag Bata
- Permukaan Tanah

DRAFTER

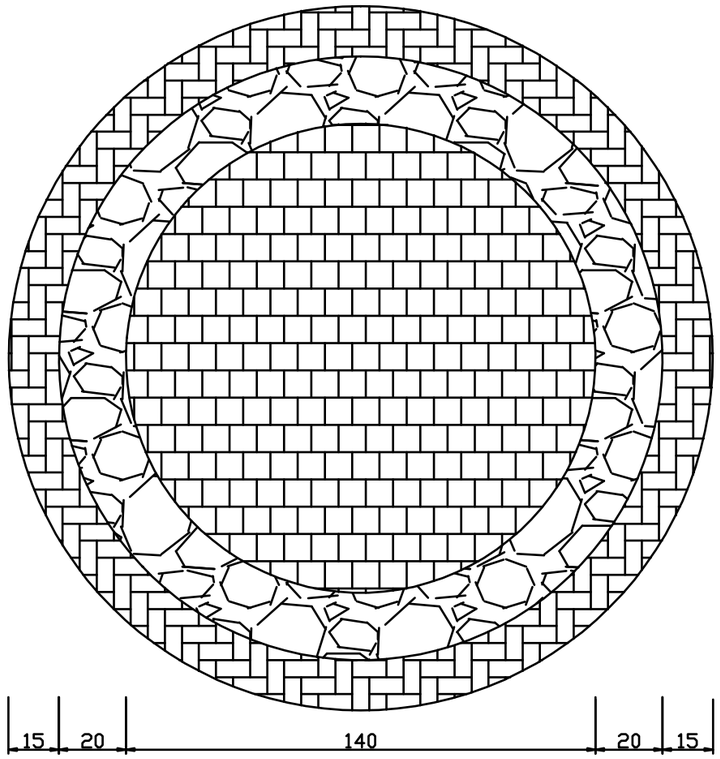
Yuliana Suryani

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 0 — 10.000	III.3 / 197

Potongan B - B'



Potongan C - C'



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Potongan B- B' dan Potongan C - C' Sumur Resapan di Lokasi Pekarangan Rumah, Halaman Gedung dan Bangunan Lain

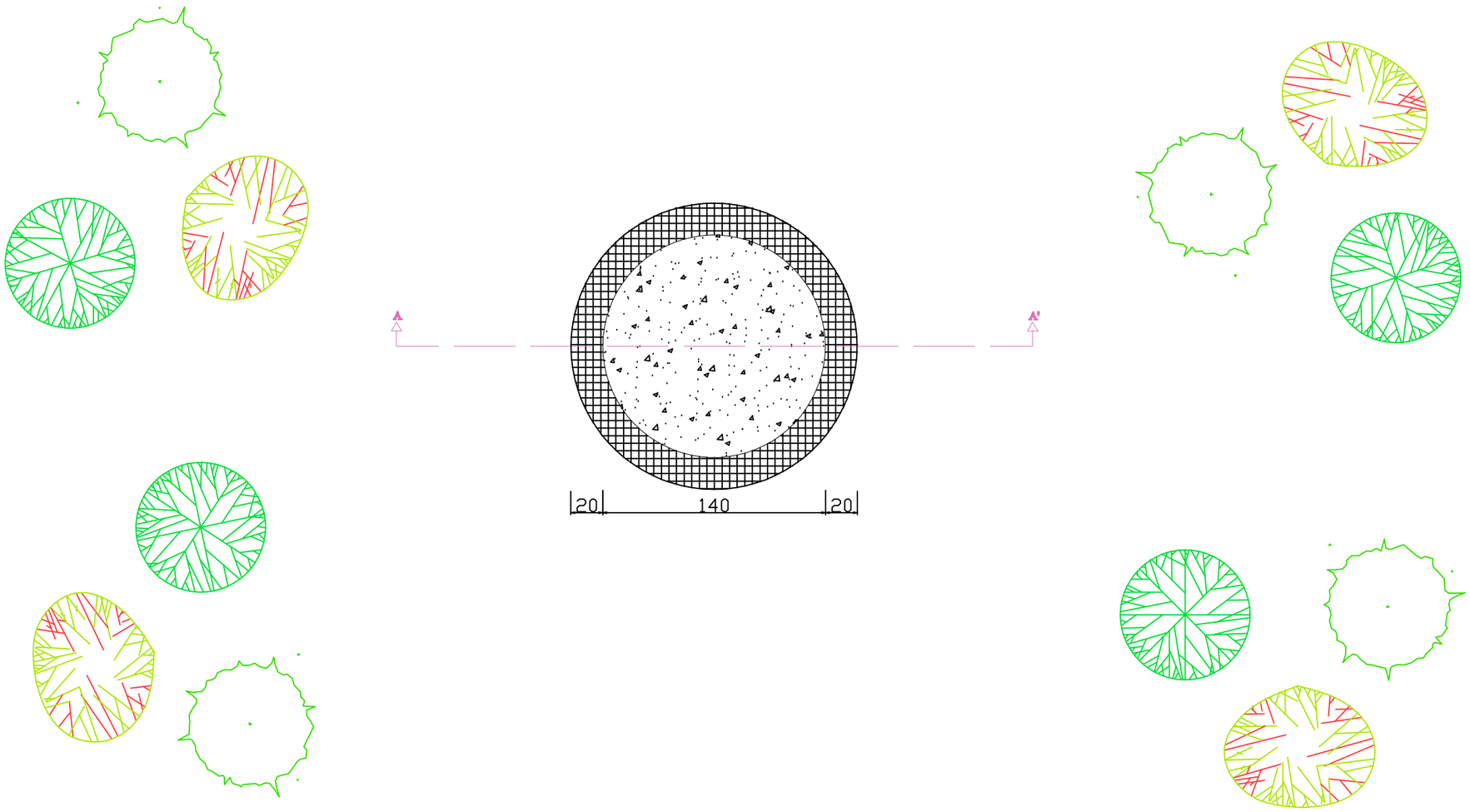
KETERANGAN

- Pasangan Bata Merah
- Batu Kali
- Ijuk
- Pipa
- Tanaman
- Potongan Batu Merah ½ Batu
- Rolling Bata

DRAFTER

Yuliana Suryani

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 0 10.000	III.4 / 198



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Denah Sumur Resapan di Lokasi Ruang Terbuka Hijau Publik

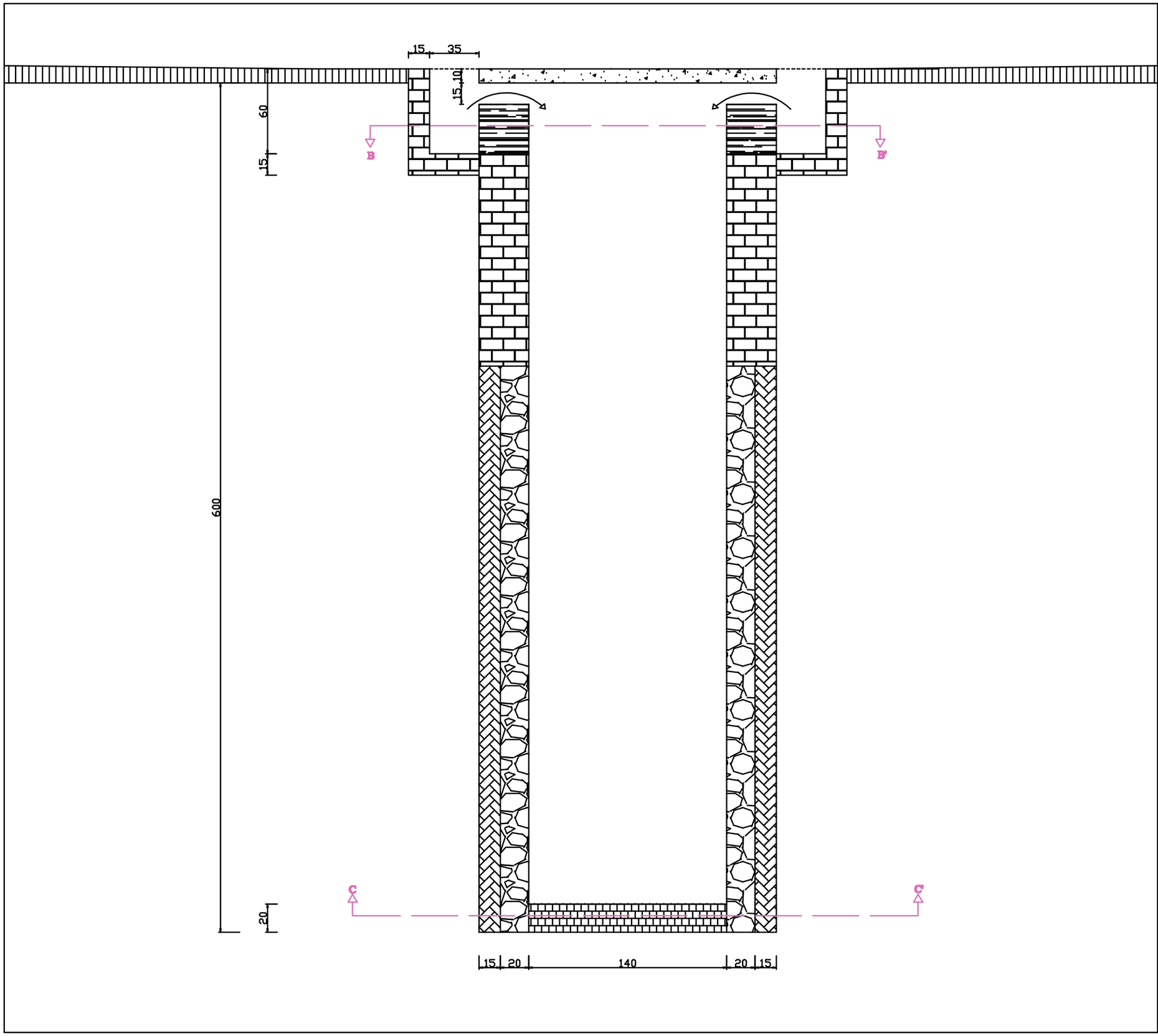
KETERANGAN

- Tutup Plat Beton Sumur Resapan
- Septic Tank
- Bangunan
- Talang Air

DRAFTER

Yuliana Suryani

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 0 10.000	III.5 / 199



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Potongan A-A' Sumur Resapan di Lokasi Ruang Terbuka Hijau Publik

KETERANGAN

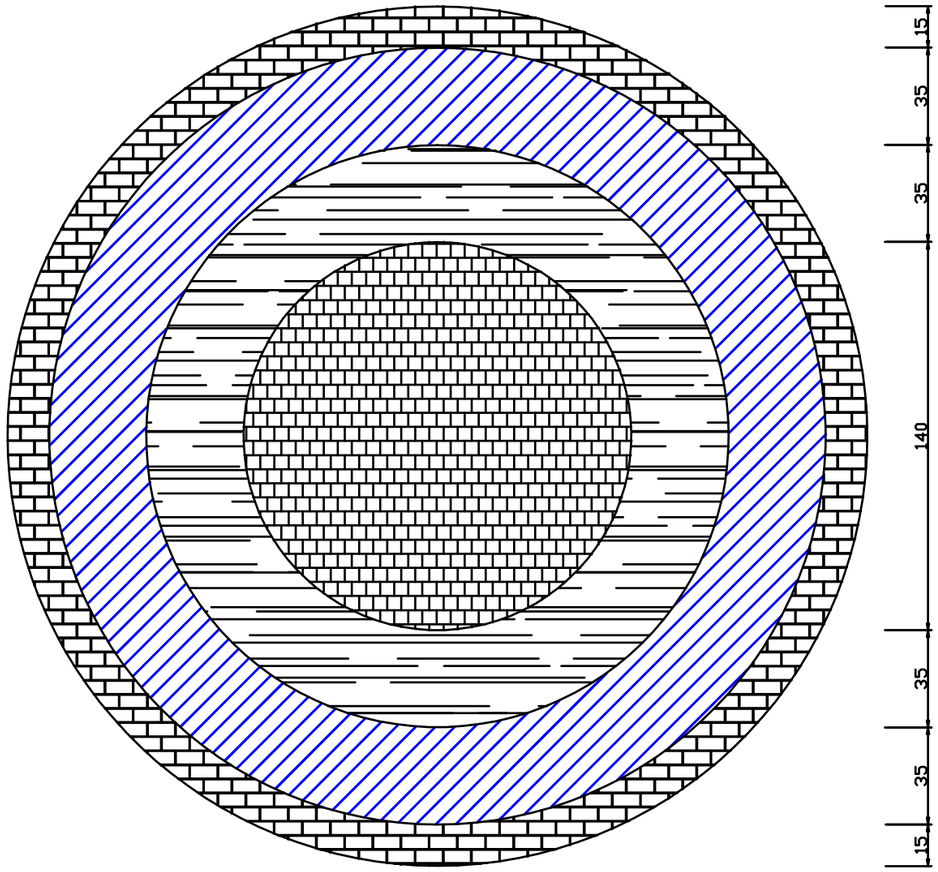
- Plat Beton Bertulang 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil
- Pasangan Bata Merah
- Batu kisu
- Ijuk
- Besi Tulangan Penutup Saluran Pelimpah
- Tanaman
- Potongan Batu Merah ½ Batu
- Rolling Bata
- Permukaan Tanah

DRAFTER

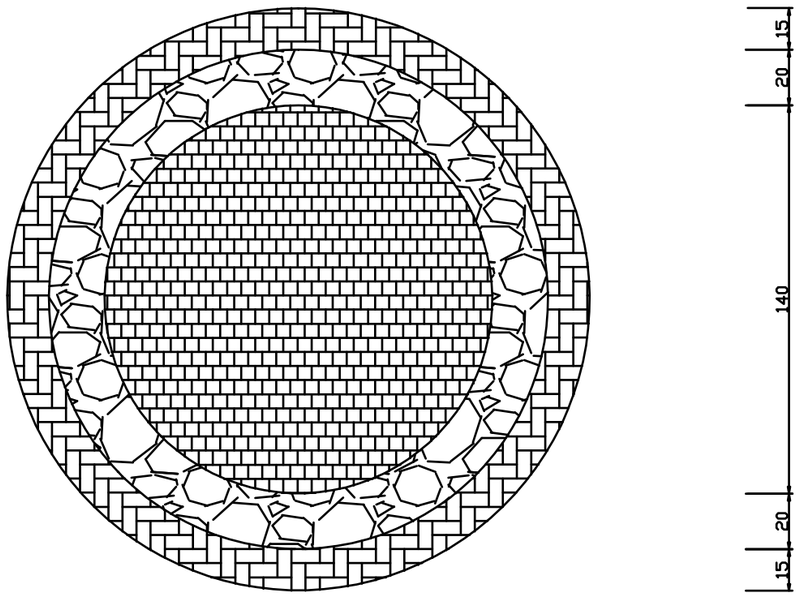
Yuliana Suryani

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 0 10.000	III.6 / 200

Potongan B - B'



Potongan C - C'



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Potongan B- B' dan Potongan C - C' Sumur Resapan di Lokasi Ruang Terbuka Hijau Publik

KETERANGAN

- Plat Beton Bertulang 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil
- Pasangan Bata Merah
- Batu Kali
- Ijuk
- Air di Saluran Pelingkah
- Tanaman
- Potongan Bata Merah ½ Bata

DRAFTER

Yuliana Suryani

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 0 10.000	III.7 / 201

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Peta Distribusi Lokasi Sumur Resapan di Catchment Area Saluran dengan Kapasitas Saluran yang Tidak Terpenuhi

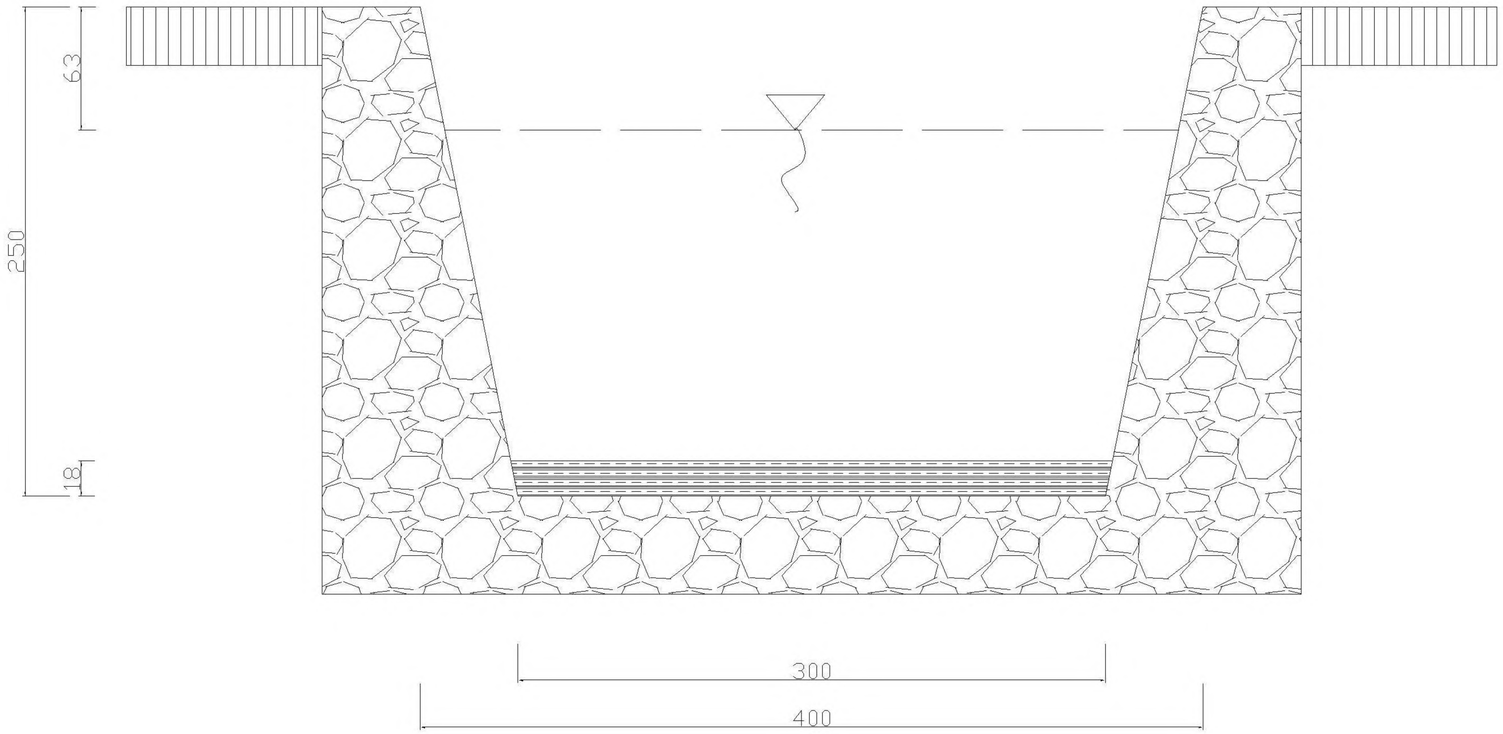
KETERANGAN

- Daerah genangan
- Catchment area saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya
- Titik Distribusi Sumur Resapan (mewakili 2-3 unit)

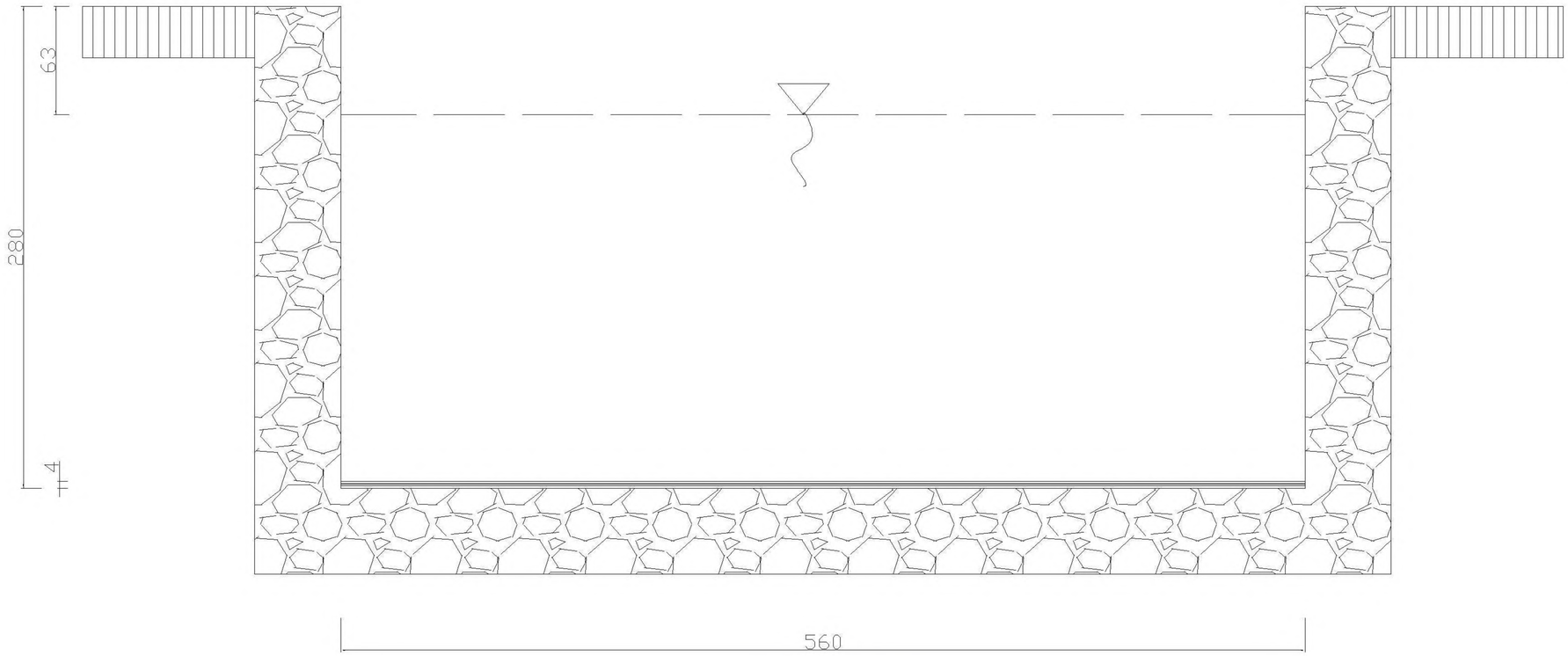
DRAFTER

Yuliana Suryani

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 20.000 0 10.000	III.8 / 202



Saluran Slarangan



Saluran Klegen

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Evaluasi Sistem Drainase Primer di Kota Madiun

NAMA GAMBAR

Tipikal Saluran Drainase Primer dengan Penampang Trapesium dan Persegi

KETERANGAN

- Pasangan Batu Kali
- Permukaan Tanah
- Muka Air
- Sedimen

DRAFTER

Yuliana Suryani

MATA ANGIN	SKALA	NO. GAMBAR / HALAMAN
U	1 : 0 10.000	III.9 / 203

Tanggal: ……

Kuisioner A

Mohon untuk mengisi kuisioner ini sesuai dengan sudut pandang dan pengetahuan Bapak.
Cara pengisian:

1. Untuk pertanyaan bersifat tertutup (pilihan), silahkan memberi tanda silang (X) pada salah satu atau pada beberapa jawaban yang dianggap sesuai.
2. Untuk pertanyaan bersifat terbuka (uraian), silahkan memberi uraian yang sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.
3. Bila ada yang perlu dikomentari, silahkan untuk menulis pendapat Bapak/Ibu pada bagian yang disediakan.

Survey ini dilakukan untuk memperoleh data yang menunjang bagi penelitian tesis Bidang Teknik Sanitasi Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Data-data ini dibutuhkan sematan-mata untuk kepentingan analisa studi kelembagaan dan kami sanggup menjaga kerahasiaan setiap data yang diberikan. Mohon kiranya kuisioner ini diisi dengan sebenar-benarnya.

LEMBAR PERTANYAAN
A. IDENTITAS RESPONDEN

1. Nama :
   ……
   ……
2. Instansi :
   ……
   ……
   …
3. Jabatan :
   ……
   ……
4. Alamat Kantor :
   ……
   ……
   ……

B. PERTANYAAN

1. Apakah ada struktur organisasi yang terkait dengan penanganan banjir pada *catchment area* Saluran Primer di Kota Madiun?
   a. Ada
   b. Tidak ada
2. **Bila ada**, apakah struktur organisasi tersebut sudah berjalan optimal?
   a. Sudah
      Alasannya
      adalah……..……
      ……..……..……..
      ……..……..……..
      Belum
      Alasannya
      adalah……..……
      ……..……..……..
      ……..……..……..
      Bagaimana kualitas SDM yang selama ini terlibat dalam pengelolaan drainase pada Instansi Bapak?
   a. Cukup
      Alasannya
      adalah……..……
      ……..……..……..
      ……..……..……..
      Kurang
      Alasannya
      adalah……..……
      ……..……..……..
      ……..……..……..
      ……
3. Bagaimana jumlah SDM yang selama ini terlibat dalam pengelolaan drainase pada Instansi Bapak?
   a. Cukup
      Alasannya
      adalah……..……
      ……..……..……..
      ……..……..……..
      Kurang
      Alasannya
      adalah……..……
      ……..……..……..
      ……..……..……..
      ……

4. Apakah ada Instansi lain, selain Dinas Pekerjaan Umum – Bidang Cipta Karya yang mengelola Saluran Primer Kota Madiun?
   a. Ada
      Yaitu……..……..……
      ……..……..……..……Ti
      dak ada

5. **Bila ada**, apakah ada koordinasi antar Instansi pengelola dalam penanganan Saluran Drainase Primer?
   a. Ada
      Dalam bentuk
      ……..……
      ……
      Tidak ada
6. Apakah ada Peraturan Daerah yang mengatur pengelolaan drainase, khususnya Saluran Primer di Kota Madiun?
   a. Ada
      Yaitu……..……..……
      ……..……..……..……
   b. Tidak ada
7. **Bila ada**, bagaimana penerapan Peraturan Daerah tersebut, apakah sudah diterapkan dengan baik oleh Instansi Bapak?
   a. Sudah
   b. Belum seluruhnya
      Alasannya
      ……..……
      ……..……
      Belum sama sekali
      Alasannya
      ……..……
      ……..……
      Apakah ada program dan kegiatan pembangunan dan penanganan banjir pada Saluran Primer di Kota Madiun?
   a. Ada
      Yaitu……..……..……
      ……..……..……..……
      Tidak ada
8. **Bila ada**, siapakah yang merencanakan strategi dan program-program banjir pada Instansi Bapak?
   a. Pemerintah Pusat
   b. Pemerintah Provinsi
   c. Pemerintah Kota

d. Lain-lain……..……..……..……..……..……

9. Pihak manakah yang menjadi pelaksana program tersebut?
   a. Pemerintah Kota
   b. Swadaya masyarakat
   c. Pemerintah kota dan swadaya masyarakat
   d. Lain-lain……..……..……..……..……..……
10. Dari manakah sumber pendanaan program tersebut?
   a. Pemerintah Pusat
   b. Pemerintah Provinsi
   c. Pemerintah Kota
   d. Lain-lain……..……..……..……..……..……
11. Apakah sumber dana tersebut mencukupi?
   a. Lebih
   b. Cukup
   c. Tidak cukup
12. **Bila berlebih**, mengapa sumber dana tersebut tidak terserap seluruhnya?
   a. Keterbatasan waktu pelaksanaan program
   b. Keterbatasan SDM
   c. Lain-lain……..……..……..……..……..……
13. **Bila tidak cukup**, apakah ada usulan dana tambahan untuk pembangunan dan penanganan banjir Saluran Primer Kota Madiun?
   a. Ada
   b. Tidak ada
14. Dari manakah sumber pendanaan untuk pemeliharaan saluran?
   a. Pemerintah Pusat
   b. Pemerintah Provinsi
   c. Pemerintah Kota
   d. Lain-lain……..……..……..……..……..……
15. Apakah pernah dilakukan pemeriksaan kondisi bangunan dan bantaran Saluran Primer?
   a. Pernah
   b. Tidak pernah
16. **Bila pernah**, berapa frekuensi pemeriksaan tersebut?
   a. 1 tahun 3 kali
   b. 1 tahun 2 kali
   c. 1 tahun 1 kali
   d. Lainnya……..……..……..……..……..…

17. Pernahkan diadakan penyuluhan terhadap masyarakat tentang arti pentingnya menjaga lingkungan agar tidak banjir?
    a. Pernah (lanjut ke pertanyaan no.20-21)
    b. Tidak pernah (lanjut ke pertanyaan no. 22 dst)
18. **Bila pernah**, apakah materi penyuluhan tersebut?
    a. Pemeliharaan drainase
    b. Air limbah dan drainase
    c. Drainase dan lingkungan
    d. Sampah di saluran
    e. Lain-lain……..……..……..……..……
19. **Bila pernah**, sumber dana penyuluhan dari?
    a. Pemerintah Pusat
    b. Pemerintah Provinsi
    c. Pemerintah Kota
    d. Lain-lain……..……..……..……..……..……
20. **Bila tidak pernah**, materi apa yang lebih tepat untuk disampaikan pada penyuluhan?
    a. Pemeliharaan drainase
    b. Air limbah dan drainase
    c. Drainase dan lingkungan
    d. Sampah di saluran
    e. Lain-lain ……..……..……..……..……
21. **Bila tidak pernah**, sumber dana penyuluhan lebih tepat dianggarkan dari?
    a. Pemerintah Pusat
    b. Pemerintah Provinsi
    c. Pemerintah Kota
    d. Lain-lain……..……..……..……..……..……
22. **Bila tidak pernah ada program penyuluhan**, apakah sudah ada program lain dari Instansi Bapak yang bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan drainase?
    a. Ada
       Yaitu……..……..……
       ……..……..……..……
    b. Tidak ada
23. Apakah program tersebut berjalan efektif untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan drainase?
    a. Iya
       Indikatornya antara lain
       ……

……..……..……
……..……..……..……
……

b. Tidak
Indikatornya antara lain
……
……..……..……
……..……..……..……

24. Bagaimana kondisi sarana dan prasarana di Instansi Bapak untuk mengatasi banjir?
a. Cukup
Alasannya adalah
……..……..……..
……..……..……..
……..……..……..
Kurang
Alasannya adalah
……..……..……..
……..……..……..
……..……..……

25. Apa pendapat bapak/ibu tentang sistem drainase Saluran Primer Kota Madiun?
a. ……..……..……..……..……..……..…
……..……..……..……..……..……
……..……..……..……..……..……
..……..……..……..……..……..……..
…

b. ……..……..……..……..……..…….
……..……..……..……..……..……
……..……..……..……..……..……
……..……..……..……..……..……
..……
……..……..……..……..……..……
….

Terima kasih atas partisipasi Bapak dalam meluangkan waktu untuk mengisi lembar kuisioner ini.

Tanggal: ……

Wawancara A

Survey dengan metode wawancara ini dilakukan untuk memperoleh data yang menunjang bagi penelitian tesis Bidang Teknik Sanitasi Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Data-data ini dibutuhkan sematan-mata untuk kepentingan analisa studi kelembagaan dan kami sanggup menjaga kerahasiaan setiap data yang diberikan. Mohon kiranya kuisioner ini diisi dengan sebenar-benarnya.

LEMBAR PERTANYAAN

C. IDENTITAS RESPONDEN

1. Nama :
   ……
   ……
2. Instansi :
   ……
   ……
3. Jabatan :
   ……
   ……
4. Alamat Kantor :
   ……
   ……

D. PERTANYAAN

1. Apakah ada perencanaan program dan evaluasi rutin dalam lembaga Bapak?
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……

2. Apakah sudah ada pengumpulan dan pengolahan data terkait teknis pembangunan Saluran Primer?
   ……
   ……
   ……
   ……
3. Apakah ada program pembinaan kepada staff teknis atau masyarakat terkait pembangunan, pemeliharaan bangunan?
   ……
   ……
   ……
   ……
4. Apakah ada pengawasan pada setiap pembangunan dan pemeliharaan bangunan?
   ……
   ……
   ……
   ……
5. Apakah ada Standar Operasional Prosedur untuk pembangunan dan pemeliharaan Saluran Primer?
   c. Ada
      ……
      ……
      ……
      ……
      ……
      Tidak ada
6. Bila ada pembangunan sumur resapan, kolam konservasi, dan bangunan konservasi air lainnya siapakah yang berwenang melaksanakan pembangunannya?
   ……
   ……
   ……
   ……
7. Bagaimana Standar Operasional Prosedur untuk pembangunan dan pemeliharaan bangunan tersebut?
   ……
   ……
   ……
   ……

8. Bagaimana dengan kebutuhan lahan yang digunakan? Apakah menggunakan lahan milik Pemerintah Kota atau dengan membeli lahan penduduk?
   ……
   ……
   ……
   ……
9. Darimana dana investasi pembangunan tersebut?
   ……
   ……
10. Siapa yang berwenang memelihara bangunan konservasi air tersebut?
   ……
   ……
   ……
11. Darimana dana investasi pemeliharaan bangunannya?
   ……
   ……
   Apakah ada tugas-tugas lain (di luar TUPOKSI) yang diberikan oleh Kepala Bidang Cipta Karya atau Kepala Dinas Pekerjaan Umum kepada Sie Penyehatan Lingkungan dan Drainase?
   a. Ada
      ……
      ……
      ……
      ……
      ……
      ……
   b. Tidak ada

“Halaman ini sengaja dikosongkan”