TUGAS AKHIR – RE 141581

ANALISIS DAN EVALUASI SALURAN DRAINASE UNTUK MENGATASI GENANGAN PADA *CATCHMENT AREA* SALURAN YANG DILAYANI RUMAH POMPA *BOEZEM* KEDURUS RAYON WIYUNG SURABAYA

DITA AMALIA
3312100043

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

FINAL PROJECT – RE 141581

ANALYSIS AND EVALUATION OF DRAINAGE CANALS TO OVERCOME FLOOD AT THE CATCHMENT AREA WHICH IS SERVED BY BOEZEM KEDURUS PUMPING STATION WIYUNG STATE SURABAYA

DITA AMALIA
3312100043

SUPERVISOR
Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DAN EVALUASI SALURAN DRAINASE UNTUK MENGATASI GENANGAN PADA *CATCHMENT AREA* SALURAN YANG DILAYANI OLEH RUMAH POMPA *BOEZEM* KEDURUS RAYON WIYUNG SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DITA AMALIA
NRP. 3312 100 043

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD
NIP. 19620816 199003 1 004

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA

JULI 2016

ANALISIS DAN EVALUASI SALURAN DRAINASE UNTUK MENGATASI GENANGAN PADA *CATCHMENT* AREA SALURAN YANG DILAYANI RUMAH POMPA *BOEZEM* KEDURUS RAYON WIYUNG SURABAYA

Nama Mahasiswa : Dita Amalia
NRP : 3312100043
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., P.hD.

ABSTRAK

Rumah Pompa Kali Kedurus merupakan rumah pompa yang melayani sistem drainase Kali Kedurus Rayon Wiyung, Surabaya. Sistem drainase Kali Kedurus melayani 1 saluran primer Kali Kedurus dengan panjang 9.894,52 m dan lebar 7 - 45 m serta 15 saluran sekunder dengan panjang antara 1.056,97 m hingga 5.208,83 m dan lebar saluran antara 2 m hingga 14,40 m. Ketika musim hujan, pada *catchment area* saluran yang dilayani terdapat genangan seluas 63.568,45 m^2 yang terbagi di 12 titik. 12 titik tersebut berada di Jl. Wiyung V - VI, Dukuh Kranggan, Jl. Griya Babatan, Perumahan Lembah Harapan, Perumahan Wisma Lidah Kulon, Jl. Banjar Melati, Jl. Lakarsantri(I), Jl. Lakarsantri(II), Jl. Bangkingan, Jl. Kedurus Dukuh I, Jl. Kemlaten VIII, dan Jl. Kebraon 2 dengan rata - rata tinggi genangan mencapai 30 cm dan lama genangan mencapai 60 menit.

Oleh karena itu, diperlukan adanya analisis dan evaluasi mengenai penyebab terjadinya genangan di wilayah tersebut dengan menghitung kapasitas saluran primer dan saluran sekunder pada sistem drainase Kali Kedurus, kapasitas *Boezem* Kedurus, dan kapasitas Rumah Pompa Kali Kedurus.

Hasil analisis dan evaluasi menunjukkan bahwa terdapat genangan seluas 1.276.916,83 m^3 yang timbul akibat kapasitas saluran tidak dapat menampung debit limpasan. Terdapat 13 segmen saluran primer dan 14 segmen saluran sekunder yang tidak dapat menampung debit saluran. Permasalahan ini dapat ditanggulangi dengan melakukan pengerukan sedimen pada saluran primer dan sekunder, melakukan rekayasa saluran dengan

memperlebar dimensi saluran, melakukan pengerukan waduk, dan mengoperasikan pompa pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.

Kata kunci: Genangan, *Catchment Area*, Sistem Drainase Kali Kedurus

ANALYSIS AND EVALUATION OF DRAINAGE CANALS TO OVERCOME FLOOD AT THE CATCHMENT AREA WHICH IS SERVED BY BOEZEM KEDURUS PUMPING STATION WIYUNG STATE SURABAYA

Name Of Student : Dita Amalia
NRP : 3312100043
Study Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., P.hD.

ABSTRACT

Boezem Kali Kedurus pumping station was serve the Kali Kedurus drainage system on the Wiyung State, Surabaya. Kali Kedurus drainage system serves 1 primary canal with 9,894,52 m length and a width of 7 – 45 m and 15 secondary canals with 1.056,97 – 5.208,83 m length and a width of 2 – 14,40 m. In the rainy season, there are flood amounted 63.568,45 m^3 at the Kali Kedurus drainage system's catchment area. The flood spread on 12 points, namely Wiyung V - VI street, Dukuh Kranggan street, Griya Babatan street, Lembah Harapan Regency, Wisma Lidah Kulon Regency, Banjar Melati street, Lakarsantri(I) street, Lakarsantri(II) street, Bangkingan street, Kedurus Dukuh I street, Kemlaten VIII street, and Kebraon street with 30 cm maximum water level and reach 60 minutes long.

Therefore, it is necessary to analize and evaluate the causes of flood on the Kali Kedurus drainage system by calculate the capacity of primary and secondary canals, capacity of Boezem Kedurus, and capacity of Kali Kedurus pumping station which is serve the Kali Kedurus drainage system.

Results of the analysis and evaluation showed that there was flood which amounted to 1.276.916,83 m^3 because of the canal's capacity cannot receive the rainfall runoff. There is 13 primary canal segments and 14 secondary canal segments that can not receive the rainfall runoff. This problem can be solved by sediment dredging on the primary and secondary canals, widen some canals, sediment dredging on the boezem, and operate the pump on the Boezem Kedurus pumping station.

Keyword: Flood, Catchment Area, Kali Kedurus Drainage System

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat-NYA tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir yang berjudul Analisis dan Evaluasi Saluran Drainase untuk Mengatasi Genangan pada *Catchment* Area Saluran yang Dilayani Rumah Pompa Boezem Kedurus Rayon Wiyung Surabaya ini merupakan salah satu persyaratan akademik dalam studi program S-1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima asih sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini, antara lain kepada:

1. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan, arahan, kritik dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku dosen penguji Tugas Akhir
3. Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT selaku dosen penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc selaku dosen penguji Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua yang tak henti - hentinya memberikan dukungan secara moril maupun materil.
6. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Lingkungan ITS
7. Teman - teman Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu.

Penulis memohon maaf yang sebesar - besarnya apabila terjadi kesalahan dalam penulisan atau kata - kata yang kurang berkenan.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
ABSTRACT iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Perencanaan 3
1.4. Ruang Lingkup 4
1.5. Manfaat Perencanaan 5
BAB 2 GAMBARAN WILAYAH STUDI 7
2.1. Wilayah Perencanaan 7
2.2. Batas Wilayah Perencanaan 7
2.3. Kondisi Topografi 7
2.4. Kondisi Klimatologi 7
2.5. Tata Guna Lahan 8
2.6. Kondisi Drainase Wilayah Studi 8
2.7. *Boezem* Kedurus 10
2.8. Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Eksisting 11
BAB 3 TINJAUAN PUSTAKA 13
3.1. Drainase 13
3.1.1. Jenis Drainase 13
3.1.2. Pola Jaringan Drainase 15
3.1.3. Susunan dan Fungsi Saluran Jaringan Drainase 18
3.1.4. Tata Letak Sistem Jaringan Drainase 18
3.1.5. Bentuk - Bentuk Saluran Drainase 19
3.1.6. Prinsip - Prinsip Pengaliran 20
3.2. Banjir 20
3.3. Analisis Hidrologi 21
3.3.1. Data Curah Hujan 22
3.3.2. Analisis Curah Hujan Rata - Rata Daerah Aliran 25
3.3.3. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum 27
3.3.4. Uji Chi Square 33
3.3.5. Periode Ulang Hujan (PUH) 33

3.3.6. Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan 34
3.3.7. Analisis Lengkung Intensitas Hujan 37
3.3.8. Koefisien Aliran Rata - Rata (C) 38
3.4. Dasar - Dasar Perencanaan Drainase 39
3.4.1. Perhitungan Debit Limpasan Air Hujan 40
3.4.2. Dimensi Saluran 43
3.4.3. Kecepatan Aliran 45
3.4.4. Debit Saluran 45
3.4.5. Elevasi Saluran 46
3.4.6. Kemiringan Saluran 47
3.4.7. Bangunan Pelengkap 47
3.5. Waduk (*Boezem*) 51
3.6. Rumah Pompa dan Pompa 53
3.6.1. Rumah Pompa 53
3.6.2. Pompa Pembuangan 53
BAB 4 KERANGKA PERENCANAAN 57
4.1. Kerangka Perencanaan 57
4.1.1. Ide Perencanaan 60
4.1.2. Rumusan Masalah dan Ide Tugas Akhir 61
4.1.3. Studi Literatur 61
4.1.4. Pengumpulan Data 61
4.1.5. Analisis Data dan Pembahasan 63
4.1.6. Kesimpulan dan Rekomendasi 64
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN 65
5.1. Analisis Hidrologi 65
5.1.1. Data Curah Hujan 65
5.1.2. Uji Konsistensi Data Hujan 66
5.1.3. Uji Homogenitas 74
5.1.4. Analisis Curah Hujan Rata - Rata 76
5.1.5. Curah Hujan Maksimum 79
5.1.6. Perhitungan Uji Chi Square 85
5.1.7. Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan 86
5.1.8. Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan 94
5.2. Perhitungan Debit Limpasan Hujan 99
5.2.1. Penentuan Luas Daerah Tangkapan (*Catchment* Area) 99
5.2.2. Perhitungan Koefisien Aliran (C) 101
5.2.3. Perhitungan Kecepatan Rencana dan Kecepatan Eksisting 147

5.2.4. Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc) dan Intensitas Hujan 153
5.2.5. Perhitungan Debit Limpasan 156
5.3. Perhitungan Kapasitas Saluran 158
5.4. Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Limpasan 160
5.5. Analisis Volume dan Luas Genangan 164
5.6. Analisis Kapasitas Waduk (*Boezem*) 167
5.7. Analisis Kapasitas Pompa 169
5.8. Penanggulangan Genangan 171
5.9. *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) 175
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 181
6.1. Kesimpulan 181
6.2. Saran 181
DAFTAR PUSTAKA 183
LAMPIRAN 185
BIOGRAFI PENULIS 187

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Saluran Primer dan Sekunder pada Daerah Pematusan Rumah Pompa *Boezem* Kedurus	8
Tabel 2.2	Lokasi Area Genangan pada Wilayah yang Dilayani Rumah Pompa *Boezem* Kedurus	9
Tabel 3.1	*Reduced Mean* (Yn) dan *Standard Deviation*	27
Tabel 3.2	*Reduced Variate* (Yt) pada PUH t Tahin	28
Tabel 3.3	Nilai K Distribusi Log Person III	30
Tabel 3.4	PUH Perencanaan Saluran Drainase Kota	34
Tabel 3.5	Intensitas Hujan Kota Jakarta	34
Tabel 3.6	Pedoman Hujan Tanimoto	36
Tabel 3.7	Nilai Koefisien Aliran (C)	39
Tabel 3.8	Kekasaran Muka Tanah	43
Tabel 3.9	Koefisien Kekasaran Manning	44
Tabel 3.10	Koefisien Kekasaran Manning	46
Tabel 3.11	Pemanfaatan Waduk di Surabaya	52
Tabel 5.1	Data Curah Hujan Harian Maksimum	65
Tabel 5.2	Uji Konsistensi Stasiun 1	66
Tabel 5.3	Uji Konsistensi Stasiun 2	69
Tabel 5.4	Uji Konsistensi Stasiun 3	71
Tabel 5.5	Uji Konsistensi Stasiun 4	73
Tabel 5.6	Perhitungaan Awal Uji Homogenitas	75
Tabel 5.7	Luas Area pada Poligon Thiessen	77
Tabel 5.8	Perhitungan Metode Thiessen pada Stasiun Pengamat	78
Tabel 5.9	Perhitungan HHM Metode Gumbel	79
Tabel 5.10	HHM Metode Gumbel	80
Tabel 5.11	Perhitungan Standar Deviasi Metode Log Person III	81
Tabel 5.12	Perhitungan Kx	82
Tabel 5.13	Perhitungan HHM Metode Log Person III	82
Tabel 5.14	Perhitungan Standar Deviasi Metode Iwai Kadoya	82
Tabel 5.15	Perhitungan Nilai bi	83
Tabel 5.16	Perhitungan HHM dengan Metode Iwai Kadoya	84
Tabel 5.17	Perbandingan Nilai Hujan Harian Maksimum (HHM)	84
Tabel 5.18	Uji Chi Square	86
Tabel 5.19	Perhitungan Nilai I Metode Van Breen	87

Tabel 5.20 Intensitas Hujan untuk Kota Jakarta 87
Tabel 5.21 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode Van Breen 88
Tabel 5.22 Perhitungan Ri (0<t1 jam) 89
Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Nilai R Distribusi Intensitas Hujan Menurut Metode Hasper Weduwen 90
Tabel 5.24 Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto di Pulau Jawa 90
Tabel 5.25 Perhitungan Nilai R dengan Metode Tanimoto Pada Tiap PUH 92
Tabel 5.26 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Menurut Metode Bell 92
Tabel 5.27 Hasil Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan 93
Tabel 5.28 Perhitungan Komponen Rumus Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun 96
Tabel 5.29 Perhitungan Komponen Rumus Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun 96
Tabel 5.30 Perhitungan Nillai Konstanta a dan b atau n 97
Tabel 5.31 Perhitungan Selisih Intensitas Hujan PUH 5 Tahun 98
Tabel 5.32 Perhitungan Selisih Intensitas Hujan PUH 10 Tahun 98
Tabel 5.33 Segmen Saluran dan Luas Daerah Tangkapan 99
Tabel 5.34 Perhitungan Koefisien Aliran Kumulatif (Cr) 104
Tabel 5.35 Perhitungan Kecepatan Rencana 148
Tabel 5.36 Hasil Pengukuran Kecepatan Eksisting 151
Tabel 5.37 Nilai a dan b atau n Perhitungan Intensitas dengan Metode Ishiguro 154
Tabel 5.38 Hasil Perhitungan Nilai Waktu Konsentrasi dan Intensitas Hujan 155
Tabel 5.39 Perhitungan Debit Limpasan 157
Tabel 5.40 Perhitungan Kapasitas Saluran 159
Tabel 5.41 Perhitungan Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Limpasan 161
Tabel 5.42 Perhitungan Volume Genangan 165
Tabel 5.43 Analisis Penurunan Kapasitas Pompa 171
Tabel 5.44 Perhitungan Kapasitas Saluran Setelah Pengerukan Sedimen 173

Tabel 5.45 Perhitungan Kapasitas Sauran Setelah Dilakukan Rekayasa Dimensi 174
Tabel 5.46 Harga Tiap Pekerjaan 176
Tabel 5.47 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) 179

“halaman ini sengaja dikosongkan”

TABEL GAMBAR

Gambar 2.1	Waduk Penampung Air dari Daerah Pelayanan	10
Gambar 2.2	Lokasi Rumah Pompa *Boezem* Kedurus dan Sungai Brantas	12
Gambar 2.3	Pompa Air pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus	12
Gambar 3.1	Pola Jaringan Drainase Model Siku	16
Gambar 3.2	Pola Jaringan Drainase Model Paralel	16
Gambar 3.3	Pola Jaringan Drainase Model *Grid Iron*	16
Gambar 3.4	Pola Jaringan Drainase Model Alamiah	17
Gambar 3.5	Pola Jaringan Drainase Model Radial	17
Gambar 3.6	Pola Jaringan Drainase Model Jaring - Jaring	17
Gambar 3.7	Bentuk Saluran Trapesium	19
Gambar 3.8	Bentuk Saluran Segiempat	19
Gambar 3.9	Bentuk Saluran Segitiga	20
Gambar 3.10	Grafik Probabilitas Gumbel	24
Gambar 3.11	Grafik Homogenitas	24
Gambar 4.1	Kerangka Alur Perencanaan	60
Gambar 5.1	Grafik Uji Konsistensi Stasiun 1	68
Gambar 5.2	Grafik Uji Konsistensi Stasiun 2	70
Gambar 5.3	Grafik Uji Konsistensi Stasiun 3	72
Gambar 5.4	Grafik Uji Konsistensi Stasiun 4	74
Gambar 5.5	Pengukuran Kecepatan Eksisting Saat Hujan	151
Gambar 5.6	Pengukuran Kecepatan Eksisting Saat Tidak Hujan	151

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Gambar	A.1
Gambar A.1	Genangan pada Saluran Sekunder Lakarsantri	A.1
Gambar A.2	Genangan pada Saluran Sekunder Jeruk	A.1
Gambar A.3	Genangan pada Saluran Sekunder Bangkingan	A.1
Gambar A.4	Genangan pada Saluran Sekunder Lidah Kulon	A.1
Gambar A.5	Genangan pada Saluran Sekunder Pondok Menggala	A.2
Gambar A.6	Genangan pada Saluran Sekunder Lembah Harapan	A.2
Gambar A.7	Genangan pada Saluran Sekunder Pondok Maritim	A.2
Gambar A.8	Genangan pada Saluran Sekunder Wiyung Baru 2	A.2
Gambar A.9	Genangan pada Saluran Sekunder Wiyung Baru 3	A.3
Gambar A.10	Genangan pada Saluran Sekunder Kebraon	A.3
Gambar A.11	Genangan pada Saluran Primer Kali Kedurus	A.3
Gambar A.12	Saluran Primer Kali Kedurus Saat Tidak Hujan	A.3
Gambar A.13	Sedimen yang Menyumbat Saluran Sekunder	A.4
Gambar A.14	Enceng Gondok pada Waduk Kedurus	A.4
Gambar A.15	Pengukuran Lebar Saluran	A.4
Gambar A.16	Pengukuran Kedalaman Saluran	A.4
Gambar A.17	Pengukuran Dimensi Saluran	A.5
Gambar A.18	Pengukuran Elevasi Saluran dengan GPS	A.5
Gambar A.19	Wilayah Studi Perencanaan	A.6
Gambar A.20	Tata Guna Lahan	A.7
Gambar A.21	Sistem Drainase Kali Kedurus	A.8
Gambar A.22	Grafik Gumbel dan Homogenitas Stasiun Kandangan	A.9

Gambar A.23	Grafik Gumbel dan Homogenitas Stasiun Driyorejo	A.10
Gambar A.24	Grafik Gumbel dan Homogenitas Stasiun Gunung Sari	A.11
Gambar A.25	Grafik Gumbel dan Homogenitas Stasiun Kebon Agung	A.12
Gambar A.26	Poligon Thiessen	A.13
Gambar A.27	Blok Pelayanan Berdasarkan Peta Sistem	A.14
Gambar A.28	Blok Pelayanan	A.15
Gambar A.29	Blok Pelayanan dan Segmen Saluran	A.16
Gambar A.30	Peta Elevasi Saluran	A.17
Gambar A.31	Peta Genangan	A.18
Gambar A.32	Peta Lama Genangan	A.19
Gambar A.33	Peta Tinggi Genangan	A.20
Gambar A.34	Potongan Melintang Saluran	A.21
Gambar A.35	Potongan Memanjang Saluran Primer Kali Kedurus	A.22
Gambar A.36	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Lakarsantri	A.23
Gambar A.37	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Jeruk	A.24
Gambar A.38	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Puri Lidah Kulon	A.25
Gambar A.39	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Bangkingan	A.26
Gambar A.40	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Lidah Kulon	A.27
Gambar A.41	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Pondok Menggala	A.28
Gambar A.42	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Lembah Harapan	A.29
Gambar A.43	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Babatan Indah	A.30
Gambar A.44	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Babatan Mukti	A.31
Gambar A.45	Potongan Memanjang Saluran Sekunder Wiyung Baru	A.32

Gambar A.46 Potongan Memanjang Saluran Babatan Pratama A.33
Gambar A.47 Potongan Memanjang Saluran Sekunder Pondok Maritim A.34
Gambar A.48 Potongan Memanjang Saluran Sekunder Wiyung A.35
Gambar A.49 Potongan Memanjang Saluran Sekunder Kebraon A.36
Gambar A.50 Potongan Memanjang Saluran Sekunder Kemlaten A.37

“halaman ini sengaja dikosongkan”

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah 326,36 km^2 dengan jumlah penduduk 3.200.454 jiwa (BPS, 2016). Wilayahnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3 - 6 meter di atas permukaan air laut, kecuali di bagian selatan yang mempunyai ketinggian 25 - 50 meter di atas permukaan air laut (BPS, 2016). Hal ini mengakibatkan banyaknya daerah di Kota Surabaya yang terkena banjir maupun genangan. Dalam banyak kasus, sistem manajemen banjir dan pengelolaan air tidak berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk, penggunaan lahan dan ekonomi (Dawson et al., 2011). Banyaknya kegiatan pemukiman ditambah dengan kegiatan - kegiatan perkotaan lainnya akan menyebabkan peningkatan angka alih fungsi lahan terutama pada daerah terbuka atau resapan air (Surabaya *Drainage Master Plan*, 2016). Berdasarkan persoalan tersebut, faktor manusia yang memanfaatkan sempadan sungai atau saluran merupakan fenomena perkotaan yang dominan menjadi faktor utama penyebab terjadinya kerentanan lingkungan. Hal inilah yang kemudian meningkatkan potensi daerah terhadap bencana banjir, selain juga karena kurang diimbangi oleh ketersediaan sarana dan prasarana pengendali banjir yang memadai.

Pemerintah Kota Surabaya telah menetapkan Surabaya *Drainage Master Plan* 2018 sebagai salah satu upaya mengatasi banjir di Kota Surabaya. Berdasarkan Surabaya *Drainage Master Plan* 2018, wilayah sistem drainase di Kota Surabaya dibagi menjadi 5 rayon, antara lain Rayon Wiyung, Rayon Jambangan, Rayon Genteng, Rayon Wiyung, dan Rayon Tandes. Terdapat 54 buah rumah atau stasiun pompa yang tersebar di 5 rayon tersebut. Sebuah stasiun pemompaan adalah fasilitas pengontrol banjir paling penting dari sistem drainase perkotaan yang fungsinya mengalirkan air hujan di sebuah perkotaan ke sungai atau laut (Hsu *et al*., 2013). Pada Rayon Wiyung masih terdapat genangan air seluas 107.221,61 m^2 dengan tinggi genangan mencapai 30 cm dan lama genangan mencapai 30 menit (Dinas PU Bina Marga dan Pematusan, 2015). Pada Rayon Wiyung ini

terdapat beberapa rumah pompa, salah satunya adalah Rumah Pompa *Boezem* Kedurus. Rumah Pompa *Boezem* Kedurus ini melayani 1 saluran primer Kedurus dengan panjang 9.894,52 m dan lebar 7 - 45 m. Pada saluran primer Kedurus ini terdapat 15 saluran sekunder yang juga dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus. Saluran sekunder tersebut antara lain saluran sekunder Lakarsantri dengan panjang 1.402,09 m, saluran sekunder Jeruk dengan panjang 2.751,69 m, saluran sekunder Puri Lidah Kulon dengan panjang 1.468,30 m, saluran sekunder Bangkingan dengan panjang 1.327,81 m, saluran sekunder Lidah Kulon dengan panjang 3.331,71 m, saluran sekunder Pondok Menggala dengan panjang 1.691,80 m, saluran sekunder Lembah Harapan dengan panjang 1.056,97 m, saluran sekunder Babatan Indah dengan panjang 1.386,63 m, saluran sekunder Babatan Mukti dengan panjang 2.219,07 m, saluran sekunder Wiyung Baru dengan panjang 2.437,06 m, saluran sekunder Babatan Pratama dengan panjang 1.245,51 m, saluran sekunder Pondok Maritim dengan panjang 2.402,02 m, saluran sekunder Wiyung dengan panjang 5.208,83 m, saluran sekunder Kebraon dengan panjang 3.864,00 m, dan saluran sekunder Kemlaten dengan panjang 1.175,25 m.

Ketika terjadi hujan lebat, pada wilayah Rumah Pompa *Boezem* Kedurus ini masih terdapat genangan seluas 63.568,43 m^2 yang terbagi di 12 titik. Titik pertama berada di Jl. Wiyung V - VI dengan luas genangan 17.757,72 m^2, tinggi genangan 20 - 30 cm, dan lama genangan 10 - 15 menit. Titik kedua berada di Dukuh Kranggan dengan luas genangan 583,51 m^2, tinggi genangan 10 - 15 cm, dan lama genangan 10 - 15 menit. Titik ketiga berada di Jl. Griya Babatan dengan luas genangan 8.099,91 m^2, tinggi genangan 10 - 20 cm, dan lama genangan 10 - 20 menit. Titik keempat berada di Perumahan Lembah Harapan dengan luas genangan 3.362,80 m^2, tinggi genangan 15 - 20 cm, dan lama genangan 5 - 10 menit. Titik kelima berada di Wisma Lidah Kulon dengan luas genangan 9.025,56 m^2, tinggi genangan 5 - 10 cm, dan lama genangan 10 - 15 menit. Titik keenam berada di Jl. Banjar Melati dengan luas genangan 2.077,10 m^2, tinggi genangan 5 - 10 cm, dan lama genangan 10 - 15 menit. Titik ketujuh berada di Jl. Lakarsantri(I) dengan luas genangan 470,64 m^2, tinggi genangan 10 - 15 cm, dan lama genangan 10 -

15 menit. Titik kedelapan berada di Jl. Lakarsantri(II) dengan luas genangan 1.357,37 m^2, tinggi genangan 10 - 30 cm, dan lama genangan 10 - 20 menit. Titik kesembilan berada di Bangkingan dengan luas genangan 554,39 m^2, tinggi genangan 5 - 10 cm, dan lama genangan 20 - 30 menit. Titik kesepuluh berada di Jl. Kedurus Dukuh I dengan luas genangan 4.693,38 m^2, tinggi genangan 20 - 30 cm, dan lama genangan 10 - 15 menit. Titik ke sebelas berada di Jl. Kemlaten VIII dengan luas genangan 15.150,29 m^2, tinggi genangan 10 - 15 cm, dan lama genangan 10 - 20 menit. Titik ke dua belas berada di Jl. Kebraon 2 dengan luas genangan 435,76 m^2, tinggi genangan 10 - 15 cm, dan lama genangan 15 - 20 menit (Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Pemerintah Kota Surabaya, 2015).

Oleh karena itu, diperlukan adanya analisis dan evaluasi mengenai penyebab terjadinya genangan di wilayah tersebut dengan menghitung kapasitas saluran primer dan kapasitas saluran sekunder yang dilayani Rumah Pompa *Boezem* Kedurus, kapasitas waduk, dan kapasitas rumah pompa. Diharapkan dengan adanya analisis ini permasalahan genangan di *catchment area* Rumah Pompa *Boezem* Kedurus dapat terselesaikan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar dalam tugas akhir ini adalah :

1. Apa penyebab terjadinya genangan pada *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya?
2. Apa saja cara teknis yang dapat dilakukan untuk mengatasi terjadinya genangan pada *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya?
3. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk melaksanankan upaya teknis untuk mengatasi terjadinya genangan pada *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya?

1.3. Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan sistem drainase pada tugas akhir ini adalah :

1. Menentukan penyebab adanya genangan pada *catchment area* saluran yang dilayani oleh area Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.
2. Menentukan cara teknis yang akan dilakukan agar dapat mengatasi terjadinya genangan pada catchment area saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya.
3. Menghitung biaya yang dibutuhkan untuk melaksanankan upaya teknis untuk mengatasi terjadinya genangan pada *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya?

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup perencaan sistem drainase pada tugas akhir ini adalah :

1. Wilayah studi sistem drainase meliputi daerah pematusan saluran primer Kali Kedurus menuju Rumah Pompa *Boezem* Kedurus, yaitu Kecamatan Lakarsantri, Kecamatan Wiyung, sebagian Kecamatan Karangpilang, dan wilayah Kabupaten Gresik.
2. Perhitungan dan analisis teknis secara menyeluruh hanya dilakukan pada wilayah studi di area Surabaya.
3. Perhitungan dan analisis teknis dibatasi pada kapasitas 1 saluran primer dan 15 saluran sekunder yang dilayani Rumah Pompa *Boezem* Kedurus, kapasitas *Boezem* Kedurus, dan kapasitas pompa pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus
4. Periode Ulang Hujan (PUH) yang digunakan dalam perhitungan debit limpasan adalah 10 tahun untuk saluran primer dan 5 tahun untuk saluran sekunder.
5. Debit saluran yang diperhitungkan adalah debit limpasan air hujan pada *catchment area* wilayah studi.
6. Jumlah stasiun hujan yang digunakan sebanyak 4 stasiun hujan yang paling dekat dengan wilayah studi, yaitu stasiun hujan Simokerto, stasiun hujan Driyorejo, stasiun hujan Gunung Sari, dan stasiun hujan Kebon Agung
7. Data yang digunakan merupakan data primer, data sekunder, dan data dari penelitian terdahulu yang serupa.
8. Pengambilan data primer dilakukan pada bulan Februari

hingga bulan April 2016

1.5. Manfaat Perencanaan

Manfaat yang dihasilkan dengan adanya tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan cara teknis beserta biaya yang dibutuhkan untuk mengatasi potensi genangan di *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.
2. Memberikan masukan dan pertimbangan kepada Pemerintah Kota Surabaya dalam mengevaluasi pengelolaan sistem drainase yang sesuai dengan kebijakan program Surabaya *Drainage Master Plan* tahun 2018.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2
GAMBARAN WILAYAH STUDI

2.1. Wilayah Perencanaan

Daerah perencanaan pada tugas akhir ini adalah sistem pematusan yang dilayani Rumah Pompa *Boezem* Kedurus, yaitu Kecamatan Wiyung, Kecamatan Lakarsantri, sebagian Kecamatan Karangpilang, dan sebagian wilayah Kabupaten Gresik dengan luas wilayah mencapai 6.348,74 hektar. Wilayah studi Rumah Pompa *Boezem* Kedurus dapat dilihat pada Lampiran A.

2.2. Batas Wilayah Perencanaan

Batas administratif wilayah perencanaan adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Sawahan
- Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Gresik
- Sebelan Selatan berbatasan dengan Kabupaten Gresik dan Kecamatan Karang Pilang
- Sebelah Timur berbatasan dengan Sungai Brantas, Kecamatan Jambangan

2.3. Kondisi Topografi

Menurut data laporan Statistik Daerah Tahun 2015, secara topografis Kecamatan Lakarsantri terletak pada ketinggian ±10 meter di atas permukaan laut dengan luas wilayah 17,73 km^2, Kecamatan Wiyung terletak pada ketinggian ±6 - 8 meter di atas permukaan laut dengan luas wilayah 11,52 km^2, dan sebagian Kecamatan Karangpilang yang terdiri atas Kelurahan Kebraon dan Kedurus terletak pada ketinggian ±4 meter di atas permukaan laut dengan luas wilayah 3,94 km^2 (BPS, 2015).

2.4. Kondisi Klimatologi

Lokasi Surabaya Berada di koordinat 7° 16’ Lintang Utara hingga 112° 43’ Bujur Timur. Iklim di Surabaya seperti halnya iklim di daerah lain di Indonesia yang berada di selatan garis khatulistiwa dimana iklimnya dipengaruhi oleh perbedaan yang signifikan antara musim hujan dan musim kemarau.

2.5. Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan pada wilayah perencanaan dikelompokkan menjadi pemukiman, fasilitas umum, perdagangan dan perindustrian, area hijau yang terdiri dari persawahan dan ruang terbuka hijau, serta area biru yang terdiri dari sungai dan waduk.

Lahan pemukiman mempunyai luasan seluas 3.791,41 hektar atau 59,72% dari luas wilayah, diikuti oleh area hijau seluas 1.163,00 hektar atau 18,32% dari luas wilayah, area biru seluas 855,55 hektar atau 13,48% dari luas wilayah, area perdagangan dan perindustrian seluas 345,07 hektar atau 5,44% dari luas wilayah, dan fasilitas umum seluas 193,71 hektar atau 3,05% dari luas wilayah. Pada Lampiran A disajikan peta tata guna lahan wilayah studi.

2.6. Kondisi Drainase Wilayah Studi

Menurut Dinas Pematusan dan Bina Marga Kota Surabaya, daerah pematusan yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus melayani Kecamatan Lakarsantri, Kecamatan Wiyung, dan sebagian Kecamatan Karang Pilang seluas 5.658,31 hektar. Gambar wilayah studi daerah pematusan Kali Kedurus disajikan pada Lampiran.

Daerah pematusan yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus terdiri dari 1 saluran primer dan 15 saluran sekunder yang akan disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Saluran Primer dan Sekunder pada Daerah Pematusan Rumah Pompa *Boezem* Kedurus

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
1	Kali Kedurus	Primer	9.894,52	7,00 - 45,00	4,00
2	Lakarsantri	Sekunder	1.402,09	3,50	3,00
3	Jeruk	Sekunder	2.751,69	2,00	3,00
4	Puri Lidah Kulon	Sekunder	1.468,30	2,00	3,00
5	Bangkingan	Sekunder	1.327,81	3,00	3,00
6	Lidah Kulon	Sekunder	3.331,71	4,00 – 4,50	4,00

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
7	Pondok Menggala	Sekunder	1.691,80	3,50	3,00
8	Lembah Harapan	Sekunder	1.056,97	3,00 – 12,00	3,00 – 4,00
9	Babatan Indah	Sekunder	1.386,63	4,50 - 14,40	3,00
10	Babatan Mukti	Sekunder	2.219,07	5,00 - 10,00	3,00
11	Wiyung Baru	Sekunder	2.437,06	6,50	3,50
12	Babatan Pratama	Sekunder	1.254,51	5,00 - 10,00	3,00
13	Pondok Maritim	Sekunder	2.402,02	3,50	3,00
14	Wiyung	Sekunder	5.208,83	4,50	4,00
15	Kebraon	Sekunder	3.864,00	3,50	3,00
16	Kemlaten	Sekunder	1.175,25	2,50	3,00

Sumber : Dinas Pematusan dan Bina Marga Kota Surabaya, 2015

Pada wilayah studi 12 titik genangan dengan lama genangan mencapai 30 menit, tinggi genangan mencapai 30 cm dan area genangan total seluas 63.568,43 m^2. Pada Tabel 2.2. disajikan data genangan pada wilayah studi.

Tabel 2.2 Lokasi Area Genangan pada Wilayah yang Dilayani Rumah Pompa *Boezem* Kedurus

No	Lokasi Area Genangan	Lama Genangan (menit)	Tinggi Genangan (cm)	Luas Area Genangan (m^2)
1	Jl.Wiyung V - VI	10 - 15	20 - 30	17.757,72
2	Dukuh Kranggan	10 - 15	10 - 15	583,51
3	JL. Griya Babatan	10 - 20	10 - 20	8.099,91
4	Perum. Lembah Harapan	5 - 10	15 - 20	3.362,80
5	Wisma Lidah Kulon	10 - 15	5 - 10	9.025,56
6	Jl. Banjar Melati	10 - 15	5 - 10	2.077,10
7	Jl. Lakarsantri (I)	10 - 15	10 - 15	470,64
8	Jl. Lakarsantri(II)	10 - 20	10 - 30	1.357,37

No	Lokasi Area Genangan	Lama Genangan (menit)	Tinggi Genangan (cm)	Luas Area Genangan (m^2)
9	Bangkingan	20 - 30	5 - 10	554,39
10	Jl. Kedurus Dukuh I	10 - 15	20 - 30	4.693,38
11	Jl. Kemlaten VIII	10 - 20	10 -15	15.150,29
12	Jl. Kebraon 2	15 - 20	10 -15	435,76
Total Luas Genangan				63.568,43

Sumber : Dinas Pematusan dan Bina Marga Kota Surabaya, 2015

2.7. *Boezem* Kedurus

Pada sistem pematusan yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus terdapat suatu waduk atau *boezem* yang berfungsi sebagai area pengumpul air dari saluran primer Kali Kedurus, yaitu Waduk atau *Boezem* Kedurus. Menurut Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya, *boezem* yang mempunyai ketinggian 5 m ini selain berfungsi sebagai penampung air dari saluran primer Kali Kedurus juga berfungsi sebagai sarana olah raga dan budidaya ikan.

Gambar 2.1. Waduk Penampung Air dari Daerah Pelayanan
Sumber : Google Earth, 2016

2.8. Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Eksisting

Rumah Pompa *Boezem* Kedurus diresmikan pada tahun 1997. Rumah Pompa Boezem Kedurus dibangun untuk mengendalikan genangan air dan mencegah banjir di wilayah sistem drainase Kali Kedurus. Air hujan dari seluruh daerah pelayanan yang sebelumnya telah ditampung pada waduk/*boezem* dipompa menuju sungai Brantas. Rumah Pompa *Boezem* Kedurus terletak di Jalan Kedurus Dukuh I, Kelurahan Kedurus, Kecamatan Karangpilang, Surabaya Selatan. Rumah pompa ini berada di sekitar pemukiman penduduk dan terletak tidak jauh dari aliran Sungai Brantas.

Rumah Pompa *Boezem* Kedurus yang saat ini berada di bawah pengelolaan Pemerintah Kota Surabaya mempunyai 4 buah pompa submersible dengan kapasitas masing – masing 2,5 m^3/sik dan 2 buah pompa sludge dengan kapasitas masing – masing 0,25 m^3/sik. Keenam pompa ini merupakan bantuan dari BBWS pada tahun 2012. Tersedia 2 buah genset dengan masing – masing kapasitas 450 VA dan 650 VA untuk pengoperasian pompa yang berkekuatan masing – masing 132 VA. Pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus juga tersedia *Handy - Talkie* (HT) sebagai alat komunikasi pemantauan posisi titik hujan, ada pula waduk sedalam 5 meter untuk menampung air hujan dari seluruh daerah pelayanan. Prosedur pengoperasian pompa dilakukan apabila ketinggian air di waduk telah mencapai 3,5 meter. Apabila curah hujan rendah hingga sedang atau ketinggian air di waduk tidak terlalu tinggi, pompa yang dioperasikan sebanyak 2 buah pompa *submersible* dan 1 buah pompa *sludge*. Apabila curah hujan tinggi, pompa yang dioperasikan sebanyak 4 buah pompa *submersible* dan 2 buah pompa *sludge*. Air hujan yang telah di tampung dialirkan ke Sungai Brantas dengan bantuan pompa karena letak waduk penampung yang lebih rendah daripada Sungai Brantas. Dikarenakan letak rumah pompa yang dikelilingi oleh pemukiman penduduk mengakibatkan banyaknya timbunan sampah yang memenuhi waduk, pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus disediakan 2 buah *bar screen* untuk menyaring sampah berukuran besar yang dapat mengganggu kerja pompa. Berikut ini disajikan gambar - gambar mengenai Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.

Gambar 2.2 Lokasi Rumah Pompa *Boezem* Kedurus dan Sungai Brantas
Sumber : Google Earth, 2016

Gambar 2.3 Pompa Air pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus
Sumber : Google Earth, 2016

BAB 3
TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Drainase

Drainase, secara umum dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota tersebut. Drainase, secara teknis berfungsi untuk mengendalikan :

1. Kelebihan air hujan, agar dapat tersalurkan menuju badan air penerima dengan aman sehingga dapat dikendalikan kemungkinan terjadinya banjir maupun genangan air
2. Elevasi badan air permukaan, agar tidak melimpah, sehingga dapat dikendalikan kemungkinan terjadinya arus balik aliran maupun gangguan terhadap badan air permukaan
3. Elevasi permukaan air tanah pada lahan produktif, agar lapisan tanah pada lahan produktif tidak becek sampai permukaan tanah.

3.1.1. Jenis Drainase

Jenis drainase dapat dibagi menjadi :

1. Menurut Sejarah
   a) Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)
      Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan - bangunan penunjang seperti pasangan batu/beton, gorong - gorong dan lain - lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat daun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.
   b) Drainase Buatan
      Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan - bangunan khusus.
2. Menurut Letak Bangunan
   a) Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

b) Drainase Bawah Permukaan Tanah

Saluran drainase yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah.

3. Menurut Fungsi

a) *Single Purpose*

Saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lainnya seperti air limbah domestik, air limbah industri dan lain - lain.

b) *Multi Purpose*

Saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun secara bergantian.

4. Menurut Konstruksinya

a) Saluran Terbuka

Saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non hujan yang tidak membahayakan kesehatan atau mengganggu kelestarian lingkungan.

b) Saluran Tertutup

Saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air limbah atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

Selain jenis di atas, berbagai jenis saluran drainase yang lain adalah :

1. Saluran Tahan Erosi

Sebagian besar saluran yang diberi lapisan dan saluran - saluran yang bahan - bahannya merupakan hasil rakitan pabrik dapat menahan erosi dengan baik sehingga dianggap tahan erosi (*non erodible*). Saluran tanpa lapisan biasanya peka erosi kecuali yang digali pada dasar yang keras misalnya pada dasar yang terbuat dari batu.

2. Saluran Peka Erosi dengan Penggerusan tanpa Pengendapan

   Perilaku aliran dalam saluran peka erosi (*erodible chanel*) dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik dan oleh keadaan lapangan yang sangat kompleks dan tidak menentu, sehingga perancangan yang tepat untuk saluran semacam ini pada tingkat pengetahuan sekarang ini sesungguhnya belum sesuai dengan kenyataan.

3. Saluran Berumput

   Adanya rumput atau tetumbuhan di saluran akan menimbulkan turbulensi yang cukup besar yang berarti adanya kehilangan energi dan hambatan aliran. Namun untuk saluran lahan yang dipakai untuk pengairan, adanya lapisan rumput ini sering dipandang menguntungkan dan disukai.

   Rumput tersebut akan menstabilkan tubuh saluran, mengkonsolidasikan massa tanah di dasar saluran dan mengontrol erosi permukaan dan gerakan butir - butir tanah di sepanjang dasar saluran.

Faktor - faktor yang harus diperhatikan dalam perancangan adalah:

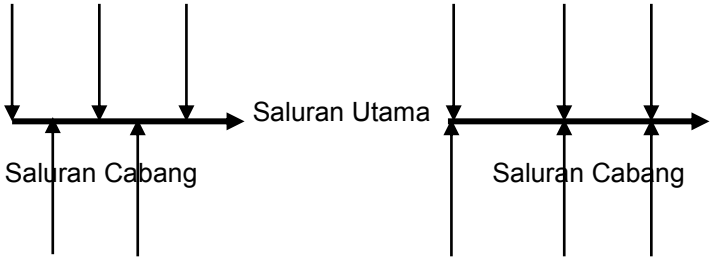
1. Jenis bahan yang membentuk tubuh saluran, yang menentukan koefisien kekasaran.
2. Kecepatan minimum yang diijinkan untuk mencegah pengendapan bila air mengangkut *silt* atau serpihan kasar lainnya.
3. Kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding.
4. Jagaan (*freeboard*).
5. Penampang yang paling efisien, ditentukan secara hidrolika maupun secara pendekatan.

3.1.2. Pola Jaringan Drainase

Pola jaringan drainase dapat dikelompokkan menjadi beberapa bentuk, yaitu :

a. Siku

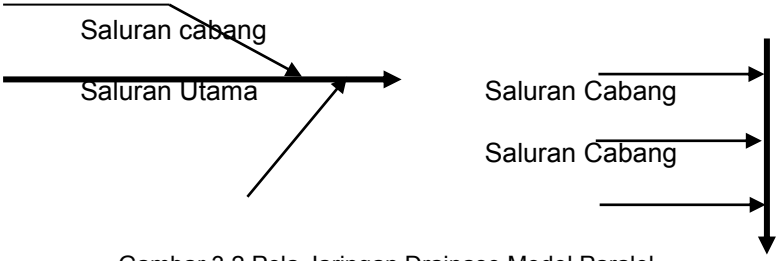
   Untuk daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari sungai. Dan sungai sebagai saluran pembuangan akhir ditengah kota.



Gambar 3.1 Pola Jaringan Drainase Model Siku
(Pandebesie, dkk, 2002)

b. Pararel

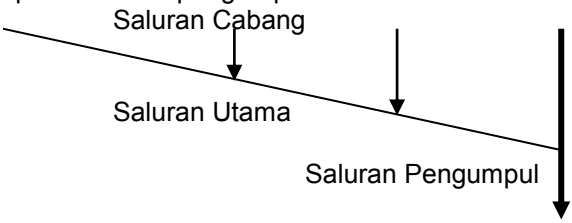
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang yang cukup banyak dan pendek - pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran - saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 3.2 Pola Jaringan Drainase Model Paralel
(Pandebesie, dkk, 2002)

c. Grid Iron

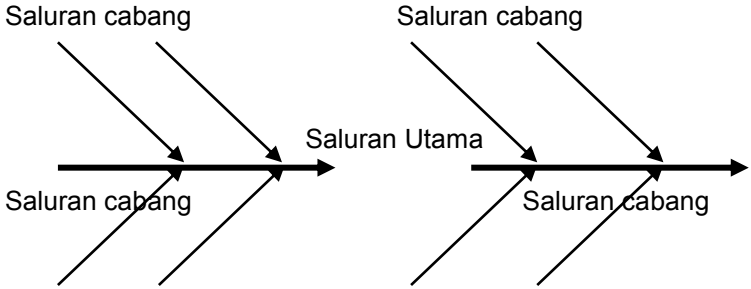
Untuk daerah dimana sungainya terletak dipinggir kota, sehingga saluran - saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 3.3 Pola Jaringan Drainase Model *Grid Iron*
(Pandebesie, dkk, 2002)

d. Alamiah

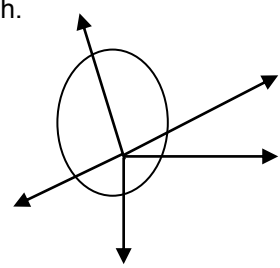
Sesuai dengan keadaan alaminya, sesuai dengan kontur tanah dan letak sungainya sebagai saluran pembuangan akhir.



Gambar 3.4 Pola Jaringan Drainase Model Alamiah
(Pandebesie, dkk, 2002)

e. Radial

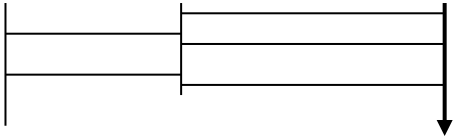
Untuk daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 3.5 Pola Jaringan Drainase Model Radial
(Pandebesie, dkk, 2002)

f. Jaring - Jaring

Mempunyai saluran - saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



Gambar 3.6 Pola Jaringan Drainase Model Jaring - Jaring
(Pandebesie, dkk, 2002)

3.1.3. Susunan dan Fungsi Saluran Jaringan Drainase

Dalam pengertian jaringan drainase, maka sesuai dengan fungsi dan sistem kerjanya, jenis saluran dapat dibedakan sebagai berikut :

- *Interceptor drain*
  Saluran *interceptor* adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain dibawahnya dan saluran ini dibangun pada bagian yang relatif sejajar dengan garis kontur. *Outlet* saluran ini terletak di saluran *collector* atau langsung di *natural drainage* (drainase alami).
- *Collector drain*
  Saluran *collector* adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari drainase yang lebih kecil dan akhirnya dibuang ke saluran *conveyor* (pembawa).
- *Conveyor drain*
  Saluran *conveyor* adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus membahayakan daerah yang dilalui. Letaknya dibagian terendah lembah dari suatu daerah sehingga dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.

3.1.4. Tata Letak Sistem Jaringan Drainase

Suatu sistem drainase agar dapat berfungsi dengan baik, maka perlu diperhatikan hal - hal sebagai berikut :

- Pola arah aliran.
- Arah aliran dapat ditentukan dengan melihat peta topografinya, yang merupakan *natural drainage system* yang terbentuk secara alamiah, dan dapat mengetahui toleransi lamanya genangan dari daerah rencana.
- Situasi dan kondisi fisik kota.
- Sistem jaringan yang ada (drainase, irigasi, air minum, telepon dan lain - lain).
- Batas - batas derah pemilikan.
- Letak dan jumlah prasarana yang ada.
- Tingkat kebutuhan drainase yang diperlukan.
- Gambaran prioritas daerah secara garis besar.

Semua hal diatas dimaksudkan agar dalam penyusunan tata letak sistem jaringan drainase tidak terjadi pertentangan kepentingan. Penentuan tata letak dari jaringan drainase bertujuan untuk mencapai sasaran sebagai berikut :

- Sistem jaringan drainase dapat berfungsi sesuai tujuan.
- Menekan dampak lingkungan negatif.
- Dapat bertahan lama ditinjau dari segi konstruksi dan fungsinya.
- Biaya pembangunan rendah.

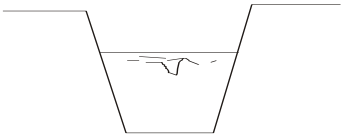
3.1.5. Bentuk - Bentuk Saluran Drainase

Terdapat macam - macam bentuk saluran drainase. Adapun beberapa macam bentuk saluran :

1. Trapesium

   Menyalurkan limbah cair hujan dengan debit besar yang sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi kecil dan digunakan apabila:

   - Selokan terbuka.
   - Tempat memungkinkan (cukup luas).

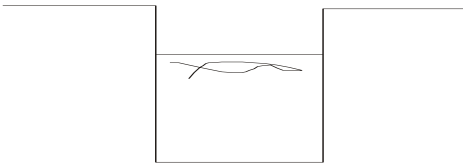


Gambar 3.7 Bentuk Saluran Trapesium

2. Segiempat

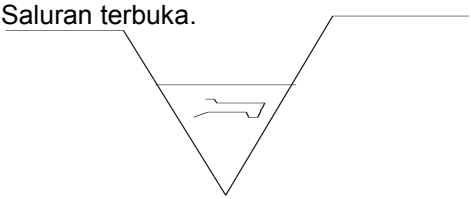
   Menyalurkan limbah cair hujan dengan debit besar yang sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi kecil pada lokasi jalur saluran tidak atau kurang tersedia lahan yang cukup dan digunakan apabila:

   - Debit besar (Q).
   - Selokan terbuka.



Gambar 3.8 Bentuk Saluran Segiempat

3. Segitiga
   Menyalurkan limbah air hujan dengan debit kecil, sampai nol dan banyak endapan dan digunakan apabila:
   - Debit (Q) kecil.
   - Saluran terbuka.



Gambar 3.9 Bentuk Saluran Segitiga

3.1.6. Prinsip - Prinsip Pengaliran

Prinsip–prinsip pokok dari perencanaan sistem penyaluran air hujan adalah sedapat mungkin memanfaatkan jalur drainase alamiah sebagai badan air penerima. Selain itu dikenal pula kaidah - kaidah pengaliran adalah sebagai berikut:

1. Limpasan air hujan dari awal saluran (*tribury*) selama masih belum berbahaya, dihemat agar ada kesempatan untuk infiltrasi sebesar - besarnya sehingga dapat mengurangi debit limpasan ke bawah aliran dan sekaligus berfungsi sebagai konversi air tanah pada daerah atas (*upstream*).
2. Saluran sebesar mungkin memberikan pengurangan debit limpasannya melalui proses infiltrasi, untuk mengendalikan besarnya profil saluran (debit aliran).
3. Kecepatan aliran tidak boleh terlalu besar agar tidak terjadi penggerusan saluran, demikian pula tidak boleh terlalu kecil agar tidak terjadi pengendapan pada saluran.
4. Profil saluran mampu menampung debit maksimum dari pengaliran sesuai dengan Periode Ulang Hujan (PUH) yang telah ditentukan berdasarkan kriteria perencanaan. Demikian pula badan air penerimanya.

3.2. Banjir

Banjir merupakan suatu keadaan sungai dimana aliran airnya tidak tertampung oleh palung sungai, karena debit banjir lebih besar dari kapasitas sungai yang ada. Secara umum penyebab terjadinya banjir dapat dikategorikan menjadi dua hal,

yaitu karena sebab - sebab alami dan karena tindakan manusia (Tingsanchali, 2012). Yang termasuk sebab alami diantaranya :

1. Curah Hujan
   Pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan banjir di sungai jika muka air melebihi tebing sungai
2. Pengaruh Fisiografi
   Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk dan kemiringan sungai dan lokasi sungai
3. Erosi dan Sedimentasi
   Erosi berpengaruh terhadap kapasitas penampungan sungai, karena tanah yang tererosi pada sungai tersebut apabila ikut terbawa air hujan ke sungai akan mengendap dan menyebabkan terjadinya sedimen. Sedimen akan mengurangi kapasitas sungai.
4. Pengaruh Air Pasang
   Air laut memperlambat aliran sungai ke laut. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi, maka tinggi genangan menjadi lebih tinggi karena terjadi aliran balik (*back water*).

Yang termasuk akibat tindakan manusia diantaranya :

1. Perubahan Tata Guna Lahan
   Perubahan tata guna lahan seperti berkurangnya ruang terbuka hijau menyebabkan semakin banyaknya air yang mengalir menuju sungai.
2. Sampah
   Pembuangan sampah di sungai dapat meninggikan muka air karena menghalangi aliran air.
3. Air Limbah Domestik
   Saluran drainase perkotaan di Indonesia tidak hanya berfungsi untuk mengalirkan limpasan air hujan, namun juga sebagai saluran pembuangan limbah domestik. Hal ini menyebabkan beban saluran bertambah.

3.3. Analisis Hidrologi

Proses hidrologi secara signifikan dipengaruhi oleh perubahan iklim, seperti curah hujan dan variasi suhu serta aktivitas manusia, seperti pembangunan waduk air, infrastruktur air, saluran modifikasi, drainase, dan perubahan tata guna lahan

(Zhang et al., 2014). Analisis hidrologi adalah salah satu bagian dalam perencanaan bangunan - bangunan air. Analisis hidrologi merupakan data awal yang sangat penting dalam analisis selanjutnya. Aspek hidrologi meliputi curah hujan melengkapi data hujan, uji konsistensi, uji homogenitas, penentuan curah hujan rata - rata daerah, analisis hujan harian maksimum, metode perhitungan distribusi hujan atau metode perhitungan intensitas hujan dan perhitungan lengkung intensitas hujan.

3.3.1. Data Curah Hujan

Curah hujan adalah data hidrologi yang paling penting untuk dikumpulkan sebelum perencanaan drainase perkotaan. Curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan adalah curah hujan rata - rata di seluruh daerah yang bersangkutan, yang dinyatakan dalam mm. curah hujan daerah diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Tetapi sebelumnya dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Tes Konsistensi Data Hujan

   Apabila dalam suatu pengamatan data hujan terdapat non homogenitas dan tidaksesuaian (incostency) dapat menyebabkan penyimpangan pada hasil perhitungan. Non Homogenitas dapat disebabkan:

   a) Pemindahan stasiun pengamat ke tempat baru.
   b) Perubahan jenis alat ukur.
   c) Perubahan cara pengukuran.
   d) Kesalahan observasi sejak tanggal tertentu.
   e) Perubahan ekosistem akibat bencana (kebakaran, hujan, tanah longsor, dan lain - lain).

   Konsistensi data hujan diuji dengan cara Garis Massa Ganda (*Double Mass Curve Technique*). Dengan metode ini dapat juga dilakukan koreksi datanya. Dasar metode ini ialah membandingkan curah hujan tahunan akumulatif dari stasiun yang diikuti dengan curah hujan tahunan akumulatif dari jaringan stasiun dasar.

   Stasiun - stasiun dasar dipilih dari tempat - tempat berdekatan dengan stasiun pengamatan, data - data stasiun dasar harus diuji konsistensinya dan kondisi meteorologis yang sama dengan stasiun pengamatan. Jumlah stasiun dasar sedikitnya adalah 5 buah.

Data - data stasiun dasar harus diuji konsistensinya dan kondisi meteorologis yang sama dengan stasiun pengamat. Data - data hujan disusun menurut urutan kronologis mundur, dimulai dengan tahun terakhir. Rumus yang digunakan adalah :

$$F_k = \frac{tg\beta}{tg\gamma} = \frac{TB}{TL} \quad \text{.....(1)}$$

$$R_k = F_k \times R$$

Dimana:

Rk = curah hujan koreksi di stasiun x.

R = curah hujan asli.

Fk = faktor koreksi.

2. Tes Homogenitas

Untuk menganalisis satu *array* data hujan diperlukan homogenitas data. Satu *array* data hujan dikatakan homogen apabila *plotting* titik H(N,T_R) berada pada kertas grafik homogenitas bagian dalam. Harga T_R didapatkan dari persamaan:

$$T_R = \frac{R_{10}}{R} x T_R \quad \text{.....(2)}$$

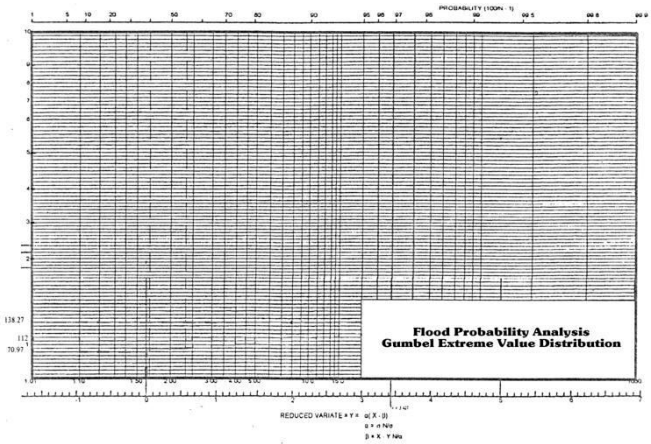
T_R merupakan ordinat, sedangkan absisnya adalah N. N adalah jumlah tahun pada data hujan, dimana:

R_{10} = Presipitasi tahunan dengan PUH 10 tahun

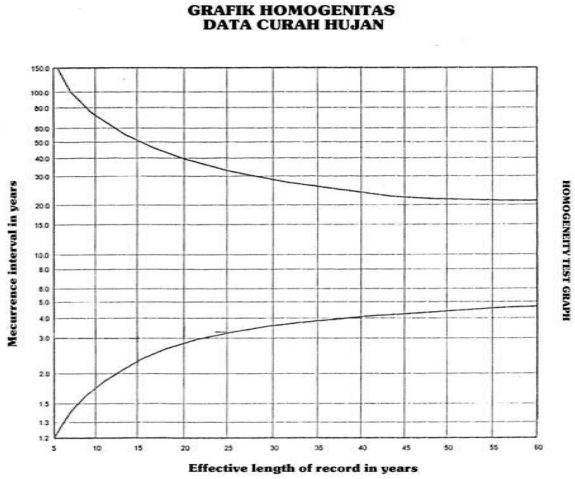
R = Presipitasi tahunan rata - rata dengan 1 *array* data

T_R = PUH dari R

Untuk mencari R10 dan T_R diperlukan persamaan regresi. Pada akhirnya akan diperoleh titik H(N,TR) berada pada bagian dalam grafik homogenitas. Grafik probabilitas Gumbel dan grafik homogenitas ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2



Gambar 3.10 Grafik Probabilitas Gumbel
Sumber: Masduki, 2005



Gambar 3.11 Grafik Homogenitas
Sumber: Masduki, 2005

Apabila *plotting* $H(N,T_R)$ pada kertas grafik homogenitas berada di luar grafik, maka pemilihan *array* data dapat

diubah dengan memotong atau menambah jumlah data stasiun hujan sedemikian hingga titik $H(N,T_R)$ berada pada bagian dalam grafik homogenitas. Adapun cara untuk mengubah 1 *array* data adalah sebagai berikut :

- Menambah jumlah data - datanya.
- Menggeser mundur dengan jumlah data yang sama.
- Mengurangi jumlah, namun cara ini tidak dianjurkan.

3.3.2. Analisis Curah Hujan Rata - Rata Daerah Aliran

Untuk merencanakan suatu saluran drainase diperlukan data curah hujan. Curah hujan yang diperlukan adalah curah hujan rata - rata diseluruh daerah yang bersangkutan. Curah hujan harus diperkirakan dari beberapa titik atau stasiun pengamat curah hujan. Metode perhitungan curah hujan daerah pengamatan di beberapa titik adalah sebagai berikut :

1. Rata - rata Aritmatik.

   Cara ini merupakan perhitungan rata - rata secara aljabar curah hujan didalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan. Cara ini biasanya digunakan untuk daerah datar dan jumlah penakarnya banyak dan sifat curah hujannya dianggap uniform. Cara rata - rata aritmatik dapat dirumuskan sebagai berikut:

   $R = 1/n\ (R_1 + R_2 + .. R_n)$.....(3)

   Atau

   $$R = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_i \quad .....(4)$$

   Dimana :

   $R_1, R_2, ... R_n$: tinggi hujan masing - masing stasiun.

   n : jumlah stasiun penakar hujan.

2. Poligon Thiessen.

   Jika titik pengamatan di dalam daearah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan rata - rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Cara ini dilakukan dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang diwakili oleh stasiun penakar hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien Thiessen.

   Besarnya faktor pembobot (*weighing factor*) tergantung dari luas daerah pengaruh yang diwakili oleh stasiun

yang dibatasi oleh poligon - poligon yang memotong tegak lurus ada tengah - tengah garis penghubung dua stasiun (tiap stasiun terletak pada poligon yang tertutup).

$$R = \frac{A_1}{A} R_1 + \frac{A_2}{A} R_2 + \frac{A_3}{A} R_3 + \cdots + \frac{A_n}{A} + R_n \text{.....(5)}$$

$$R = \frac{1}{A} \sum_{1=1}^{n} A_1 \cdot R_1 \text{ .....(6)}$$

Dimana :

A_1, A_2, A_3, ... A_n : luas daerah yang mewakili stasiun pengamat.

R_1, R_2, R_3, ... R_n : curah hujan di tiap titik pengamatan.

R : curah hujan rata - rata daerah.

Cara membuat poligon - poligon adalah sebagai berikut :

a. Hubungkan masing - masing stasiun dengan garis lurus sehingga membentuk poligon segitiga.
b. Buat sumbu - sumbu pada poligon segitiga tersebut sehingga titik potong sumbu akan membentuk poligon baru.
c. Poligon baru ini merupakan batas daerah pengaruh masing - masing stasiun penakar hujan.

Cara Thiessen ini lebih teliti dibandingkan cara aritmatik *mean* (rata - rata). Namun, penentuan stasiun serta pemilihan ketinggian mempengaruhi ketelitian hasil.

3. Garis Isohyet

Isohyet adalah garis yang menunjukkan tempat kedudukan dari harga tinggi hujan yang sama. Isohyet diperoleh dari interpolasi harga tinggi hujan lokal. Misalnya besarnya isohyet sudah diperkirakan, maka besarnya hujan antara dua isohyet adalah:

$$\mathrm{R}_{1,2} = \frac{1}{2}\left(\mathrm{I}_1 + \mathrm{I}_2\right) \text{.....(7)}$$

Pola isohyet berubah dengan harga - harga point rainfall yang tidak tetap, walaupun letak stasiun penakar hujannya tetap. Untuk menghitung luas antara dua isohyet ($A_{1,2}$) dan luas daerah aliran (A) digunakan planimeter. Rumus hujan rata - rata daerah aliran dapat dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{A_{12} \cdot R_{12}}{A} + \frac{A_{23} \cdot R_{23}}{A} + \frac{A_{34} \cdot R_{34}}{A} + \frac{A_{n,n+1} \cdot R_{n,n+1}}{A} \text{.....(8)}$$

Dimana :

$A_{i,\ i+1}$: luas daerah antara isohyet I_1 dan I_{i+1}.

$R_{i,\ i+1}$: tinggi hujan rata - rata antara isohyet I_1 dan I_{i+1}.

3.3.3. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum

Untuk analisis curah hujan Harian Maksimum (HHM) dapat digunakan beberapa metode sebagai berikut :

1. Metode Gumbel

   Metode ini menyatakan bahwa distribusi dari harga ekstrim (maksimum atau minimum) tahun yang dipilih dari n sampel akan mendekati suatu bentuk batas bila ukuran sampel meningkat. Rumus yang digunakan adalah:

$$R_T = \overline{R} + \frac{\tau_R}{\tau_n}\left(Y_t - Y_n\right) \text{.....(9)}$$

   Dimana

   R : tinggi hujan rata - rata.

   R : standar deviasi.

   n & Yn : didapat dari Tabel *reduced mean and standart deviation* di lampiran.

   Yt : didapat dari Tabel 6 *Reduced Variate* pada PUH t tahun.

Tabel 3.1 *Reduced Mean* (Yn) dan *Standard Deviation*

n	Yn	τ_n |
10	0,4952	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: J, Nemec, 2008 dalam Pandebesie, dkk 2002

Tabel 3.2 *Reduced Variate* (Yt) pada PUH t Tahun

PUH = t Tahun	Reduced Variate (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: J, Nemec, 2008 dalam Pandebesie, dkk 2002

Rentang keyakinan (*Convidence Interval*) untuk harga - harga RT.

$$R_k = \pm \cdot t(a) \cdot S_e \text{ .....(10)}$$

Dimana :

Rk : rentang keyakinan (convidence interval, mm/jam).

T(a) : fungsi α.

Se : probability error (deviasi).

Untuk α = 90 % → t (a) = 1,64

α = 80 % → t (a) = 1,282

α = 68 % → t (a) = 1,000

$$S_e = \frac{b \cdot \tau_R}{\sqrt{N}} \text{ .....(11)}$$

$$b = \sqrt{1 + 1 + 1{,}3k + 1{,}1 \cdot k^2} \text{ .....(12)}$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{\tau_n} \text{ .....(13)}$$

Dimana:

N : jumlah data

2. Metode Log Person Type III

Metode Log Person didasarkan pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritmik. Langkah - langkah perhitungannya:

a. Menyusun data - data curah hujan (R) mulai dari harga yang terbesar sampai dengan harga terkecil
b. Mengubah sejumlah N data curah hujan ke dalam bentuk logaritma →

Xi = log Ri

c. Menghitung besarnya harga rata - rata besaran tersebut, dengan persamaan:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{.....(14)}$$

d. Menghitung besarnya harga deviasi rata - rata dari besaran logaritma tersebut, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad \text{.....(15)}$$

e. Menghitung harga *skew coefficient* (koefisien asimetri) dari besaran logaritma di atas :

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2}{(N-1)(N-2)(\tau_x)^2} \quad \text{.....(16)}$$

Terkadang harga Cs disesuaikan dengan besarnya N, sehingga persamaannya menjadi :

C_{SH} = Cs . (1 + 8,5 / N).....(17)

f. Berdasarkan harga *skew cofficient* (Cs) yang diperoleh dan harga periode ulang (T) yang ditentukan, dapat diketahui nilai Kx dengan menggunakan tabel.

g. Menghitung besarnya harga logaritma dari masing - masing data curah hujan untuk suatu periode ulang T tertentu.

$$X_t = \overline{X} + Kx \cdot \tau_x \quad \text{.....(18)}$$

h. Jadi, perkiraan harga HHM untuk periode ulang T (tahun) adalah :

$$R_T = anti\log \cdot X_T \text{ atau } R_T = 10^{X_T} \quad \text{.....(19)}$$

Tabel 3.3 Nilai K Distribusi Log Person III

Skew coefficient C_s or C_w	Return period in years						
	2	5	10	25	50	100	200
	Exceedence probability						
	0.50	0.20	0.10	0.04	0.02	0.01	0.005
3.0	−0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	−0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	−0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	−0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	−0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	−0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	−0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	−0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	−0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	−0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	−0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	−0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	−0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	−0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	−0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	−0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	−0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	−0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	−0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	−0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	−0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	−0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	−0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	−0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	−0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	−0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	−0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	−0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	−0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	−0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
−0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
−0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
−0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
−0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
−0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
−0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
−0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
−0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
−0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
−1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
−1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
−1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
−1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
−1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
−1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
−1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
−1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
−1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
−1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
−2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
−2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
−2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
−2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
−2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
−2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
−2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
−2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
−2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
−2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
−3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667

Sumber: J, Nemec, 2008 dalam Pandebesie, dkk 2002

3. Metode Iwai Kadoya
   a. Disebut juga cara distribusi terbatas sepihak (*one site finite distribtion*).

b. Prinsipnya mengubah variabel (x) dari kurva kemungkinan kerapatan dari curah hujan harian maksimum ke log X atau mengubah kurva distribusi asimetris menjadi kurva distribusi normal.
c. Kemungkinan terlampauinya W (x) dengan asumsi data hidrologi distribusi log normal.
d. Harga konstanta b > 0, sebagai harga minimum variabel kemungkian (x).
e. Agar kurva kerapatan tidak < harga minimum (- b), maka setiap sukunya diambil x + b, dimana harga log (a + b) diperkirakan mempunyai distribusi normal.
f. Perhitungan cara Iwai Kadoya adalah variabel normal, dihitung dengan persamaan :

$$\xi = c \cdot \log \frac{x+b}{x_0+b} \quad \text{.....(20)}$$

Dimana:

$$\log(x_o + b) = \bar{x}_o \quad \text{.....(21)}$$

adalah rata - rata dari :

$$\log(x_i + b) \quad \text{.....(22)}$$

Langkah - langkah perhitungannya:

1) Memperkirakan harga Xo:

$$\log \cdot x_o = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \log x_i \quad \text{.....(23)}$$

2) Memperkirakan harga b:

$$b = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{n} b_i \quad \text{.....(24)}$$

Dimana : m ≈ n / 10

$$b = \frac{X_s \cdot X_t - X_0{}^2}{2X_0 - (X_s + X_T)} \quad \text{.....(25)}$$

Keterangan:

Xs : harga pengamatan dengan nomor urutan m dari yang terbesar

Xt : harga pengamatan dengan nomor urutan m dari yang terkecil

n : banyaknya data

$m \cong \frac{n}{10}$: angka bulat

W (x) : kemungkinan terlampaui

ξ : harga kemungkinan lebih sembarang

3) Memperkirakan harga Xo:

$$\bar{x}_o = \log\cdot(x_o + b) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\log\cdot(x_i + b) \text{.....(26)}$$

4) Memperkirakan harga C:

$$\frac{1}{c} = \sqrt{\frac{2}{(n-1)}\cdot\sum_{i=1}^{n}\left(\log\frac{(x_i + b)}{(x_o + b)}\right)^2} \text{.....(27)}$$

$$= \left[\left(\frac{2n}{n-1}\right)\left(\bar{x}^2 - x_o{}^2\right)\right]^{\frac{1}{2}} \text{.....(28)}$$

Dimana:

$$\bar{x}^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} = \{\log(x_i + b)\}^2 \text{.....(29)}$$

dengan menggunakan rumus $\bar{x}^2$ dan $\bar{x}_o{}^2$ maka 1/c dihitung dengan rumus:

$$\frac{1}{c} = \left(\frac{2n}{n-1}\right)\cdot\left(\bar{x}^2 - \bar{x}_o{}^2\right) \text{.....(30)}$$

harga ξ yang sesuai dengan kemungkinan lebih sembarang (*arbitrary excess probability*) didapat dari tabel dan besarnya curah hujan yang mungkin dihitung dengan rumus berikut :

$$\log\cdot(x + b) = \log\cdot(x_o + b) + \left(\frac{1}{c}\right)\cdot\xi \text{.....(31)}$$

3.3.4. Uji Chi Square

Uji Chi Square (X^2) adalah pengujian hipotesis mengenai perbandingan antara frekuensi observasi atau yang benar – benar terjadi dengan frekuensi harapan yang didasarkan atas hipotesis tertentu. Uji Chi Square secara umum, digunakan dalam penelitian untuk mencari kecocokan ataupun menguji ketidakadaan hubungan antara beberapa populasi (Dwiwinarsih, 2012).

Uji Chi Square untuk dalam mencari kecocokan digunakan untuk menguji apakah distribusi frekuensi yang diamati menyimpang secara signifikasi dari suatu distribusi frekuensi hipotesis atau yang diharapkan. Berikut ini rumus Chi Square.

$$x^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Ei - Oi)^2}{Ei}$$

Dimana :

X^2 = Nilai Chi Square

Ei = Data teoritis

Oi = Data pengamatan

Apabila jumlah nilai data teoritis lebih besar daripada nilai Chi Square data pengamatan, maka antara hasil observasi dengan frekuensi harapan terjadi kesesuaian (Wibisana, 2010).

3.3.5. Periode Ulang Hujan

Periode Ulang Hujan (PUH) adalah periode (dalam tahun) dimana suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama berkemungkinan dapat berulang kembali. PUH ditentukan untuk mendapatkan besarnya kapasitas saluran terhadap limpasan air hujan. Penentuan PUH berdasarkan pada :

- Skala kepentingan atau prioritas
- Skala kemampuan ekonomi
- Skala resiko atau dampak lingkungan
- Skala tepat guna atau teknis

Penentuan PUH berdasarkan distribusi saluran dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.4 PUH Perencanaan Saluran Drainase Kota

No	Jenis Saluran Pematusan	PUH (Tahun)
1	*Basin Drainage*	10 - 50
2	Saluran Primer	5 - 10
3	Saluran Sekunder	2 - 5
4	Saluran Tersier	1,25

Sumber : SDMP 2018 (2000)

3.3.6. Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu (mm/jam, cm/hari). Perhitungan intensitas hujan dapat menggunakan 3 metode, yaitu:

1. Metode Van Breen

   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.

   Hubungan dengan rumus :

$$I = \frac{90\% \cdot R^{24}}{4} \quad \text{.....(32)}$$

   Dimana:

   I : Intensitas hujan (mm/jam).

   R^{24} : curah hujan harian maksimum (mm/24 jam).

   Intensitas hujan yang didapat dari rumus diatas, kemudian diplotkan pada kurva durasi intensitas hujan, dimana Van Breen mengambil bentuk kurva kota Jakarta sebagai kurva basis, yang dapat dilihat pada Tabel 3.5. Kurva basis tersebut memberikan kecenderungan bentuk kurva untuk daerah lain di Indonesia pada umumnya.

Tabel 3.5 Intensitas Hujan Kota Jakarta

Durasi	INTENSITAS HUJAN JAKARTA (mm/jam)				
	Periode Ulang Hujan (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

Durasi	INTENSITAS HUJAN JAKARTA (mm/jam)				
	Periode Ulang Hujan (Tahun)				
(menit)	2	5	10	25	50
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber: Dinas PU Bina Marga dan Pematusan, 1996

2. Metode Bell

Untuk keperluan analisis frekuaensi hujan, haruslah tersedia data hujan selama selang waktu yang cukup panjang. Bila data ini tak tersedia, bila diketahui besarnya curah hujan 1 jam (60 menit) dengan periode ulang 10 tahun sebagai dasar, maka suatu rumus empiris yang diberikan oleh Bell dapat dipakai untuk menentukan curah hujan dari 5 - 120 menit dengan periode ulang 2 - 100 tahun. Hubungan ini diturunkan dari analisis curah hujan pada 157 stasiun dan tes statistik yang dapat dipergunakan di seluruh dunia. Berikut ini rumus perhitungan dengan Metode Bell :

$$R_T^t = (0{,}21 \cdot Ln(T) + 0{,}52) \cdot \left(0{,}54 \cdot t^{0{,}25} - 0{,}50\right) \cdot R_{10 \cdot tahun}^{60 \cdot menit}$$

Dimana :

R : curah hujan (mm).

T : Periode Ulang Hujan.

t : durasi hujan (menit).

Perhitungan intensitas hujan menurut Bell, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_t^t = \frac{60}{t} \cdot R_T^t \left(\frac{mm}{jam} \right) \quad \text{.....(33)}$$

3. Metode Hasper Weduwen

Penurunan rumus diperoleh berdasarkan kecenderungan curah hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi simetrsi dengan durasi hujan (t) lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai 24 jam. Perumusan dari metode Hasper - Weduwen adalah:

a. $1 \le t \le 24$, maka:

$$R = \left(\sqrt{\frac{11.300 \cdot (t)}{(t+3,12)}} \right) \cdot \left(\frac{X_t}{100} \right) \quad \text{.....(34)}$$

b. $0 \le t \le 1$, maka:

$$R = \left(\sqrt{\frac{11.300 \cdot (t)}{(t+3,12)}} \right) \cdot \left(\frac{R_i}{100} \right) \quad \text{.....(35)}$$

$$R_i = X_T \cdot \left(\frac{1218 \cdot t + 54}{X_T(1-t) + 1272 \cdot t} \right) \quad \text{.....(36)}$$

Dimana:

t : durasi hujan (jam)

R, Ri : curah hujan Hasper - Weduwen (mm)

X_T : curah hujan harian maksimum yang terpilih (mm)

Untuk menentukan intensitas hujan menurut Hasper - Weduwen, digunakan rumus :

$$I = \frac{R}{t} \quad \text{.....(37)}$$

Tabel 3.6 Pedoman Hujan Tanimoto

Jam ke	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

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
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

3.3.7. Analisis Lengkung Intensitas Hujan

Persamaan intensitas hujan terhadap variabel t umumnya untuk perhitungan debit air hujan dengan rumus :

$$I = \frac{R}{t}$$

Makin besar t, intensitas hujan makin kecil. Pemilihan rumus intensitas hujan yang akan dipakai berdasarkan selisih terkecil antara intensitas hasil analisis dengan intensitas teoritis. Untuk menghitung intensitas hujan, dimana harga 1 bervariasi dapat dipakai 3 rumus perhitungan, yaitu:

1. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t+b} \quad \text{.....(38)}$$

Dimana:

$$a = \frac{\left(\sum I \cdot t\right)\left(\sum I^2\right) - \left(\sum I^2 \cdot t\right)\left(\sum I\right)}{\left(N \cdot \sum I^2\right) - \left(\sum I\right)^2} \quad \text{.....(39)}$$

$$b = \frac{(\sum I)\cdot(\sum I \cdot t) - N\left(\sum I^2 \cdot t\right)}{\left(N \cdot \sum I^2\right) - (\sum I)^2} \quad \text{.....(40)}$$

2. Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad \text{.....(41)}$$

Dimana:

$$a = \frac{\left(\sum I\sqrt{t} \cdot \sum I^2\right) - \left(\sum I^2\sqrt{t} \cdot \sum I\right)}{N \cdot \sum I^2 - (\sum I)^2} \quad \text{.....(42)}$$

$$b = \frac{\left(\sum I \cdot \sum I\sqrt{t}\right) - N \cdot \left(\sum I^2\sqrt{t}\right)}{N\sum I^2 - (\sum I)^2} \quad \text{.....(43)}$$

Dimana:

I : intensitas hujan (mm/jam).
t : durasi hujan (menit).
a, b, n : konstanta.
N : banyaknya data.

3. Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \quad \text{.....(44)}$$

Dimana:

$$\log a = \frac{\left(\sum \log I\right)\cdot\left(\sum \log^2 t\right) - \left(\sum \log t.\sum \log I\right)\cdot\left(\sum \log t\right)}{N \cdot \sum\left(\log^2 t\right) - \left(\sum \log t\right)^2} \quad \text{....(45)}$$

$$n = \frac{\left(\sum \log I \cdot \sum \log t\right) - n \cdot \left(\sum \log t.\sum \log I\right)}{N\sum\left(\log^2 t\right) - \left(\sum \log t\right)^2} \quad \text{.....(46)}$$

Untuk pemilihan rumus intensitas hujan dari ketiga rumus diatas, maka harus dicari selisih terkecil antara I asal dan I teoritis berdasarkan rumus diatas. Persamaan intensitas dengan selisih terkecil itulah yang dipakai untuk perhitungan debit.

3.3.8. Koefisien Aliran Rata - Rata (C)

Pengaliran adalah suatu nilai koefisien yang menunjukan persentase kualitas curah hujan yang menjadi aliran permukaan dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi. Koefisien air

larian atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan (Chay, 2006). Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Daerah bervegetasi umumnya mempunyai nilai C kecil, sedangkan pada daerah pembangunan dengan sebagian besar tanah beraspal atau bentuk permukaan tanah kedap jenis lainnya mempunyai nilai C besar. Berikut ini rumus perhitungan nilai C rata - rata :

$$C\ Rata\text{-}Rata = \frac{(C1\ X\ A1) + (C2\ X\ A2) + (C3\ X\ A3) + \ldots\ (Cn\ X\ An)}{(A1 + A2 + A3 + \ldots An)}$$

Keterangan:

C Rata - Rata = koefisien rata - rata tertimbang

C1, C2, ...Cn = harga koefisien aliran sesuai penggunaan lahan

A1, A2, ... An = luas masing - masing penggunaan lahan.

Pada Tabel 3.7 berikut disajikan nilai koefisien aliran (C).

Tabel 3.7 Nilai Koefisien Aliran (C)

Penggunaan Lahan	C	Keterangan
Pemukiman	0,60	Pemukiman padat
Fasilitas umum	0,35	Sarana dan prasarana umum
Jalan raya	0,70	jalan raya beraspal
Persawahan	0,45	Sawah dan ladang
Ruang terbuka hijau (RTH)	0,15	Taman
Perdagangan	0,60	Ruko, toko, dan pusat perdagangan
Perindustrian	0,70	Daerah industri

Sumber : Chay, 2006

3.4. Dasar - Dasar Perencanaan Drainase

Di dalam perencanaan sistem penyaluran air hujan ini, digunakan beberapa parameter yang merupakan dasar perencanaan sistem. Dalam menentukan arah jalur saluran air hujan yang direncanakan terdapat batasan - batasan sebagai berikut:

- Arah aliran dalam saluran mengikuti garis ketinggian yang ada sehingga diharapkan pengaliran secara gravitasi dan menghindari pemompaan.
- Pemanfaatan sungai atau anak sungai sebagai badan air penerima dari *outfall* yang direncanakan.
- Menghindari banyaknya perlintasan saluran pada jalan, sehingga mengurangi penggunaan gotong royong.

Faktor pembatas juga berhubungan dengan kondisi topografi setempat. Dari kondisi ini dikembangkan suatu sistem dengan berbagai alternatif dengan memperhitungkan segi teknis dan ekonomisnya. Pengembangan suatu sistem mempunyai konsekuensi logis terhdap dampak perencanaan. Tetapi dengan sedikit mungkin menghindari akibat sosial yang mungkin timbul, maka diharapkan dapat dicapai perencanaan sistem seperti yang diinginkan.

3.4.1. Perhitungan Debit Limpasan Air Hujan

Untuk perhitungan debit limpasan terdapat beberapa metode, yaitu:

1. Metode Rasional

   Metode ini hanya berlaku untuk menghitung limpasan hujan untuk daerah aliran sampai dengan 80 ha, sedangkan untuk daerah yang lebih luas (> 80 ha) digunakan metode rasional yang dimodifikasi.

   - Metode Rasional:

   $$Q = \frac{1}{36} C.I.A \quad \text{.....(47)}$$

   - Metode Rasional yang dimodifikasi:

   $$Q = \frac{1}{36} Cs..C.I.A. \quad \text{.....(48)}$$

   Dimana:

   Q : debit aliran (m^3/s).

   C : koefisien pengaliran, nilainya berbeda - beda sesuai dengan tata guna lahan dan faktor - faktor yang berkaitan dengan aliran permukaan di dalam sungai terutama kelembaban tanah. Harga C biasanya

diambil untuk tanah jenuh pada waktu permulaan hujan.

Cs : koefisien penampungan atau storage coefficient.

$$C_s = {2t_c}/{2t_c + t_d} \quad \text{.....(49)}$$

Dimana:

I : rata - rata intensitas hujan (mm/jam).

A : luas daerah tangkap (ha).

Waktu yang diperlukan air hujan dalam saluran untuk mengalir sampai ke titik pengamatan (td) ditentukan oleh karakteristik hidrolis di dalam saluran dimana rumus pendekatannya adalah:

$$t_d = \frac{L}{V} \quad \text{.....(50)}$$

Dimana:

L : panjang saluran (m).

V : kecepatan aliran (m/s).

Untuk mencari nilai V dapat digunakan rumus kecepatan Manning sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad \text{.....(51)}$$

Dimana:

n : harga kekasaran saluran

R : radius hidrolis

S : kemiringan medan atau slope (m/m).

Lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik pengamatan oleh air hujan yang jatuh di tempat terjauh dari titik pengamatan disebut waktu konsentrasi atau *time of concentration* (tc). Waktu konsentrasi merupakan penjumlahan antara waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh di daerah pematusan untuk masuk kedalam saluran (to) dengan waktu yang dibutuhkan oleh air yang masuk ke dalam saluran untuk mengalir sampai ke titik pengamatan (td) sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t_c = t_o + t_d \quad \text{.....(52)}$$

Waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh di daerah pematusan untuk masuk ke dalam saluran (to), dipengaruhi oleh :

- Kekasaran permukaan tanah yang dilewati dapat menghambat pengaliran
- Kemiringan tanah mempengaruhi kecepatan pengaliran di atas permukan
- Adanya lekukan pada tanah menghambat dan mengurangi jumlah air yang mengalir
- Ukuran luas daerah aliran dan karak dari *street inlet* juga berpengaruh terhadap lamanya waktu pengaliran tersebut.

Dalam mencari besarnya to pada perhitungan kapasitas saluran dapat digunakan beberapa rumus di bawah ini:

a. Berlaku untuk daerah pengaliran dengan tali air sepanjang ± 300 m

$$t_o = \frac{3{,}26 \cdot (Li - c) \cdot (Lo)^{\frac{1}{2}}}{S_o^{1/3}} \quad \text{.....(53)}$$

Dimana :
to : waktu limpasan (menit).
c : angka pengaliran.
Lo : panjag limpasan (m).
So : kemiringan medan / slope (m/m).

b. Berlaku untuk daerah dengan panjang tali air sampai dengan 1000 m

$$t_o = \frac{108n \cdot (L_o)^{1/3}}{S_o^{1/5}} \quad \text{…….....…….....(54)}$$

Dimana:
to : waktu limpasan (menit).
n : harga kekasaran permukaan tanah.
Lo : panjang limpasan (m).
So : kemiringan medan atau slope (m/m).

Tabel 3.8 Kekasaran Muka Tanah

No	Jenis permukaan tanah	n
1	Permukaan diperkeras	0,013
2	Permukaan tanah terbuka	0,028
3	Permukaan berumput sedikit	0,035
4	Permukaan berumput sedang	0,045
5	Permukaan berumput tebal	0,060

Sumber: Masduqi, 2005

c. Berlaku untuk umum, baik untuk limpasan maupun waktu konsentrasi

$$t_c = \frac{92{,}7 \cdot L}{A^{0,1} \cdot S_r^{\,0,2}} \quad \text{.....(55)}$$

Dimana :

tc : waktu konsentrasi (menit).

L : jumlah panjang (ekivalen) aliran (Km).

A : luas daerah pengaliran kumulatif (ha).

Sr : kemiringan atau slope rata – rata (m/m).

d. Waktu untuk mengalir dalam saluran (td)

$$t_d = \frac{L}{V} \text{ (detik)} \quad \text{.....(56)}$$

atau

$$t_d = \frac{L}{V} \cdot \frac{1}{60} \text{ (menit)} \quad \text{.....(57)}$$

Dimana:

L : panjang saluran (m).

V : kecepatan aliran (m/s).

3.4.2. Dimensi Saluran

Rumus yang digunakan untuk perhitungan dimensi saluran adalah rumus Manning, yaitu:

$$Q = V \cdot A \quad \text{.....(58)}$$

$$F = \sqrt{c \times h} \quad \text{.....(59)}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h} \quad \text{.....(60)}$$

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$ .....(61)

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$ .....(62)

Dimana :

Q : debit air yang disalurkan (m^3/s).
V : kecepatan rata - rata dalam saluran (m/s).
n : koefisien kekasaran Manning.
A : luas penampang basah (m^2).
R : jari - jari hidrolis (m).
S : kemiringan dasar saluran (m/m).
F : freeboard (m).
c : koefisien, dengan syarat:

$Q \leq 0{,}6\ m^3/s$ → c = 0,14
$0{,}6\ m^3/s \leq Q \leq 8\ m^3/s$ → c = 0,14 – 0,2
$Q \geq 8 m^3/s$ → c = 0,23

Sesuai dengan sifat bahan saluran yang dipakai untuk kota, maka beberapa harga n tercantum seperti dalam Tabel berikut ini.

Tabel 3.9 Koefisien Kekasaran Manning.

Jenis Saluran	**Keterangan**	**N**
Saluran galian	Saluran tanah	0,022
	Saluran pada batuan, digali merata	0,035
Saluran dengan lapisan perkerasan	Lapisan beton seluruhnya	0,015
	Lapisan beton pada kedua sisi saluran	0,020
	Lapisan blok beton pracetak	0,017
	Pasangan batu, diplester	0,020
	Pasangan batu, diplester pada kedua sisi	0,022
Saluran dengan lapisan perkerasan	saluran	
	Pasangan batu, disiar	0,025
	Pasangan batu kosong	0,030
Saluran alam	Berumput	0,027
	Semak - semak	0,050
	Tidak berarutan, banyak semak dan pohon, batang	
	Pohon banyak jatuh ke saluran	0,150

Sumber: Subarkah, 1980

3.4.3. Kecepatan Aliran

Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran dapat dihitung dengan rumus Manning yang digunakan dalam menentukan kecepatan rencana atau awal :

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad \text{.....(63)}$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{.....(64)}$$

Dimana:

V : kecepatan rata - rata dalam saluran (m/s).
n : koefisien kekasaran Manning.
A : luas penampang basah (m^2).
R : jari - jari hidrolis (m).
S : kemiringan dasar saluran (m/m).
P : Keliling basah (m)

Penentuan kecepatan eksisting suatu saluran dapat diketahui dengan observasi lapangan sesuai Standard Nasional Indonesia 8066:2015 tentang Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung. Sesuai SNI tersebut bahwa kecepatan aliran sungai atau saluran terbuka dapat ditentukan dengan cara mengukur langsung. Kecepatan aliran tersebut dapat diukur dengan alat ukur arus dan pelampung.

3.4.4. Debit Saluran

Rumus yang digunakan untuk perhitungan debit saluran digunakan persamaan kontinuitas dan rumus Manning, yaitu :

$$Q = V \cdot A \quad \text{.....(65)}$$

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad \text{.....(66)}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h} \quad \text{.....(67)}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad \text{.....(68)}$$

Dimana:
Q : debit air yang disalurkan (m^3/s).
V : kecepatan rata - rata dalam saluran
n : koefisien kekasaran Manning.
A : luas penampang basah (m^2).
R : jari - jari hidrolis (m).
S : kemiringan dasar saluran (m/m).
Sesuai dengan sifat bahan saluran yang dipakai untuk kota, maka beberapa harga n tercantum seperti dalam Tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3.10 Koefisien Kekasaran Manning

Jenis Saluran		n
Saluran Galian	Saluran tanah	0,022
Perkerasan	Lapisan beton seluruhnya Lapisan beton pada kedua sisi saluran Lapisan blok beton pracetak Pasangan batu, diplester Pasangan batu, diplester pada kedua saluran Pasangan batu, disiar Pasangan batu kosong Berumput	0,015 0,020 0,017 0,020 0,022 0,025 0,030 0,027
Saluran Alam	Semak – semak Tidak beraturan banyak semak dan pohon, batang pohon banyak jatuh ke saluran	0,050 0,015

Sumber: Subarkah,1980

3.4.5. Elevasi Saluran

Elevasi atau beda tinggi yang dihitung dari saluran yang direncanakan antara lain :

- Elevasi dasar saluran awal
- Elevasi dasar saluran akhir
- Elevasi muka air awal
- Elevasi muka air akhir

Berikut ini cara perhitungannya :

- Elevasi dasar saluran awal
  = elevasi muka tanah awal – h air – freeboard
- Elevasi dasar saluran akhir
  = elevasi dasar saluran awal – hd saluran
- Elevasi muka air awal

= elevasi muka tanah awal – free board

- Elevasi muka air akhir
  = elevasi dasar saluran akhir + h air
- Kedalaman penanaman awal
  = elevasi muka tanah awal - elevasi dasar saluran awal
- Kedalaman penanaman akhir
  = elevasi muka tanah akhir - elevasi dasar saluran akhir

3.4.6. Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran merupakan perbandingan antara selisih elevasi dengan panjang saluran. Berikut merupakan rumus untuk memperoleh kemiringan saluran:

S = h/L.....(69)

Dimana :

H = Selisih elevasi titik awal dan titik akhir dasar saluran(m).

L = Panjang saluran (m)

S = kemiringan saluran

3.4.7. Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap dimaksudkan sebagai sarana pelengkap dan pendukung sistem penyaluran air hujan yang tujuan utamanya adalah melancarkan fungsi pengaliran sesuai yang apa yang diharapkan dan diperhitungkan (Grigg, 2005). Bangunan pelengkap adalah sebagai berikut :

1. Gorong - gorong
   Gorong - gorong merupakan bangunan perlintasan yang dibuat karena adanya saluran yang melintasi jalan. Perencanaannya tetap didasarkan pada debit yang mengalir pada gorong - gorong. Selain itu, faktor endapan lumpur yang mungkin timbul saat pengaliran harus dihindari. Caranya adalah mengatur kecepatan pengaliran lebih atau sama dengan kecepatan *self - cleansing* yaitu sebesar 1,5 - 2,0 m/s. Untuk sistem aliran penuh, dibutuhkan headloss yang besar sehingga disarankan untuk menggunakan prinsip pengaliran terbuka. Gorong - gorong mempunyai dua jenis, yaitu:
   - Gorong - gorong jalan raya
     Gorong - gorong ini melintas dibawah jalan raya. Dalam hal ini perhitungan harus secermat mungkin agar mampu menahan rembesan air dan beban kendaraan yang melewatinya.

- Gorong - gorong silang
  Gorong - gorong ini dibangun untuk mencegah ataupun menahan rembesan air yang mengalir di daerah sekitarnya.

Perhitungan dimensi gorong - gorong dapat menggunakan rumus - rumus sebagai berikut:

- Panjang gorong - gorong = lebar jalan.
- Kontrol bilangan Fraud (Fr) < 0,5 untuk menghindari gejolak air (aliran dalam kondisi laminer).

$$fr = \frac{v}{(g \times y)^{1/2}} \quad \text{.....(70)}$$

Dimana:
fr = bilangan Fraud.
v = kecepatan dalam gorong - gorong (m/s).
g = percepatan gravitasi (m/s^2).
y = kedalaman (m).

- Kehilangan tinggi energi dalam gorong - gorong dapat dihitung dengan rumus:

$$Hf_{masuk} = f_1 \frac{(v_g - v)^2}{2g} \quad \text{.....(71)}$$

$$Hf_{gesekan} = \frac{v^2 L}{C^2 R} \quad \text{.....(72)}$$

$$Hf_{keluar} = f_2 \frac{(v_g - v)^2}{2g} \quad \text{.....(73)}$$

$$Hf_{Total} = Hf_{masuk} + Hf_{gesekan} + Hf_{keluar} \quad \text{.....(74)}$$

Dimana:
Hf = kehilangan tinggi energi (m).
f1 = koefisien kehilangan energi akibat masuk = 0,4.
v_g = kecepatan air dalam gorong - gorong (m/s).
V = kecepatan di dalam saluran (m/s).
g = percepatan gravitasi (m/s^2).

L = panjang gorong - gorong (m).
C = koefisien Chezy.
f2 = koefisien kehilangan energi akibat keluar = 0,1.
R = jari - jari hidrolis (m) = P/A.
P = keliling basah gorong - gorong (m).
A = Luas penampang gorong - gorong (m^2).

2. Sambungan persil

Merupakan sambungan saluran air hujan dari rumah - rumah ke saluran air hujan yang terletak di tepi - tepi jalan. Sambungan ini berupa saluran terbuka atau tertutup dan dibuat terpisah dari saluran air buangan.

3. *Street inlet*

Street inlet ini adalah lubang yang terletak di sisi jalan di bawah trotoar yang berfungsi menyalurkan limpasan air hujan dalam jalan untuk dialirkan atau dilewatkan menuju saluran. Perletakannya sesuai dengan ketentuan - ketentuan:

- Diletakkan pada tempat yang tidak mengganggu para pelintas jalan atau pejalan kaki.
- Ditempatkan pada daerah yang rendah dimana limpasan air hujan menuju ke arah tersebut.
- Air harus dapat secepat mungkin masuk ke dalam saluran air hujan.
- Jumlah *street inlet* harus cukup untuk dapat menangkap limpasan air hujan pada jalan yang bersangkutan, denga spacing memakai rumus:

$$D = \frac{280}{W}\sqrt{S} \quad \text{.....(75)}$$

Dimana:
D = *distance* atau jarak antar *street inlet* (m).
S = kemiringan (%), D ≤ 50 m.
W = lebar jalan (m).

4. *Manhole*

Manhole merupakan bangunan yang permukaan sama dengan permukaan bangunan yang dilengkapi. *Manhole* berukuran cukup besar agar

dapat dimasuki orang untuk melakukan perawatan. Fungsinya antara lain :

- Sebagai bak kontrol, untuk pemeriksaan dan pemeliharaan saluran
- Untuk memperbaiki saluran bila terjadi kerusakan
- Sebagai ventilasi untuk keluar masuknya udara
- Sebagai terjunan saluran tertutup

Penempatan *manhole* diutamakan pada titik dimana terletak *street inlet*, belokan, pertemuan saluran dan di awal dan akhir saluran pada gorong - gorong.

5. Talang

   Talang sebenarnya tidak beda jauh dengan jembatan. Bila jembatan menyalurkan lalu lintas, maka talang berfungsi untuk menyalurkan air dan diletakkan diatas pangkal - pangkal. Talang biasanya terbuat dari kayu, pasangan batu, baja atau beton bertulang.

   Talang kayu biasanya hanya digunakan untuk saluran - saluran yang tidak penting atau yang sifatnya sementara. Talang dari pasangan batu dibuat menjadi satu dengan tembok - tembok pangkalnya. Talang dari beton bertulang dibuat cukup untuk memikul beban karena berat air dan berat talang itu sendiri, sedangkan talang baja dibuat dari besi plat yang diletakkan pada suatu kerangka yang bekerja sebagai pemikulnya, dimana pilar - pilarnya juga terbuat dari baja. Kecepatan air dalam talang dari pasangan batu atau beton biasanya diambil tidak lebih dari 1,5 - 2,5 m/s dan untuk talang baja sampai 3,5 m/s.

6. *Syphon*

   Syphon merupakan bangunan pelengkap pada suatu sistem drainase yang digunakan jika selisih antara permukaan kedua *trace* yang bersilangan kecil dan tidak memungkinkan untuk membuat talang atau gorong - gorong .

   Syphon adalah bangunan bertekanan dimana air yang mengalir didalamnya harus memiliki tekanan yang cukup besar dan kecepatan yang tidak kecil,

sehingga adanya kehilangan tekanan dalam *syphon* tidak menghambat aliran air.

3.5. Waduk (*Boezem*)

Waduk adalah kolam besar tempat menampung dan menyimpan air baik yang berasal dari air hujan maupun aliran sungai yang digunakan untuk berbagai kebutuhan, khususnya untuk mengaliri sawah. Waduk dibangun karena Surabaya merupakan kota yang rawan banjir dengan daerah resapan air yang semakin berkurang, akibat semakin berkembangnya daerah industri dan perumahan di Kota Surabaya. *Boezem* adalah kolam besar tempat menampung air, baik yang berasal dari air hujan maupun aliran sungai agar tidak banjir. Pada umumnya, waduk/*boezem* berfungsi sebagai pengatur sistem hidrologi, yaitu dengan menyeimbangkan aliran sungai di hilir dan hulu sungai, serta memasok air ke sumber air lainnya seperti akuifer (air tanah), sungai, dan persawahan. Karena itulah waduk/*boezem* didayagunakan sebagai pengendali banjir pada saat musim penghujan dan sebagai penampung air untuk cadangan irigasi pada saat musim kemarau. Ekosistem yang ada di waduk adalah hewan, seperti ikan bandeng, nila, tombro, patin, kuthuk, udang vannamei, katak, keong, burung dan tumbuhan air, seperti enceng gondok.

Tidak hanya sebagai salah satu fasilitas umum untuk menanggulangi banjir, waduk juga dimanfaatkan oleh masyarakat untuk berbagai hal. Berikut ini merupakan pemanfaatan waduk di Surabaya adalah sebagai berikut :

Tabel 3.10 Pemanfaatan Waduk di Surabaya

No.	Nama Bozem / Telaga	Pemanfaatan Bozem/Telaga
1	Sambikerep	Digunakan untuk ternak ikan bandeng, ikan tombro, dan udang vannamei
2	Telaga Manukan Tirto	Digunakan untuk mencegah banjir pada musim peghujan karena di sekitar telaga terdapat pemukiman padat. Pada saat kemarau, telaga dalam keadaan kering dan ditanami pohon pisang, digunakan untuk kolam ternak lele, ternak bebek, dan ternak ayam.
3	Telaga Manukan	Digunakan untuk mencegah banjir di wilayah Kelurahan Manukan Kulon
4	Sumber Langgeng	Dimanfaatkan untuk tambak ikan bandeng, ikan nila, dan ikan tombro
5	Sumberejo	Digunakan untuk tadah hujan dan mencegah banjir
6	Sememi	Digunakan untuk mencegah banjir dan sebagai tempat pemancingan ikan (nila, patin, kuthuk)
7	Lontar	Masih direncanakan
8	Tanjungsari	Masih direncanakan
9	Margomulyo	Masih direncanakan
10	Wonorejo 1	Digunakan untuk mengendalikan banjir dan wisata air seperti pemancingan ikan
11	Wonorejo 2	Digunakan untuk mengendalikan banjir dan wisata air seperti pemancingan ikan
12	Wonorejo 3	Digunakan untuk mengendalikan banjir dan wisata air seperti pemancingan ikan
13	Bratang	Di Bozem Bratang terdapat rumah pompa yang digunakan untuk mengatur aliran air saluran Kalisumo agar tidak terjadi banjir. Bozem ini juga digunakan untuk peternakan ikan lele, ikan kuthuk, dan ikan nila.
14	Jambangan	Digunakan untuk pemancingan ikan oleh warga sekitar
15	Rungkut (SIER)	Digunakan sebagai tadah hujan agar tidak banjir. Bozem dibangun di lingkungan daerah industri yang minim tanah terbuka sebagai tempat resapan air
16	Sidosermo (PDK)	Digunakan oleh warga untuk kolam pemancingan ikan
17	Kalidami	Di Bozem Kalidami terdapat rumah pompa yang digunakan untuk mengatur volume air dari saluran Kalidami. Digunakan juga sebagai tempat memelihara ikan (lele, kething, dan kuthuk)
18	Kenjeran (Kepiting)	Masih direncanakan
19	Morokrembangan	Digunakan untuk peternakan lele
20	Kedurus	Digunakan untuk olah raga ski air, irigasi sawah, pemancingan ikan, serta banyak ditumbuhi tanaman eceng gondok yang dimanfaatkan oleh warga untuk kerajinan tangan seperti tas, dompet, topi, mebel, dll
21	Lakarsantri	Digunakan sebagai tempat pemancingan oleh warga sekitar telaga

Sumber : Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya (2010)

3.6. Rumah Pompa dan Pompa

3.6.1. Rumah Pompa

Genangan yang terjadi di daerah perkotaan, khususnya daerah yang terletak di dataran rendah dekat pantai, dapat berasal dari tiga sumber, yaitu air kiriman dari hulu yang meluap dari saluran primer, hujan setempat, dan genangan akibat air pasang. Begitu saluran primer diperbaiki, maka genangan akibat meluapnya saluran primer dapat dicegah. Sistem drainase yang tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong, maka perku dilengkapi dengan rumah pompa. Rumah pompa merupakan sutau bangunan yang didesain untuk mengendalikan genangan air dan mencegah terjadinya banjir di daerah pelayanan rumah pompa tersebut untuk kemudian dialirkan ke sungai yang mempunyai kapasitas penampungan air lebih besar (Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya, 2012). Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan atau mengalirkan air dari saluran. Pola operasi sistem kinerja rumah pompa berdasarkan pada muka air sungai induk dan kolam penampung. Pada saat muka air kolam lebih rendah daripada air di sungai induk, pintu dibuka dan pompa diperasikan. Sebaliknya, pada saat muka air kolam lebih tainggi dibandingkan dengan tinggi muka air di sungai induk, operasi pompa dihentikan dan pintu dibuka. Debit pintu jauh lebih besar dibandingkan dengan kapasitas pompa dan operasi pompa selama aliran gravitasi menyebabkan permasalahan mekanis pada pompa.

3.6.2. Pompa Pembuangan

Menurut Linsley and Franzini (1979), pada kasus sistem drainase pompa, maka debit keluar maksimum sama dengan kapasitas pompa. Mengingat bahwa konstruksi dan biaya operasi pompa sangat mahal, maka luas atau kapasitas kolam penampung harus direncanakan dapat beroperasi selama mungkin. Dasar kolam direncanakan berdasarkan elevasi dasar penguras. Elevasi muka air rendah dan volume mati perlu diperhatikan untuk memperlancar aliran maupun untuk menampung sampah dan sedimen yang masuk. Hubungan antara aliran masuk, kapasitas pompa dan aliran keluar serta kapasitas tampungan dinyatakan dalam persamaan kontinuitas berikut.

Menurut Suripin (2004), muka air maksimum dan kapasitas pompa yang diperlukan dapat ditentukan berdasarkan elevasi muka terendah dan tata guna lahan daerah studi. Sehingga terjadi keseimbangan antara lahan yang sedikit, kapasitas pompa masih bisa diatasi. Lokasi stasiun pompa atau bangunan pembuang lainnya yang berhubungan dengan muka air diluar areal drainase dipilih pada bagian yang mempunyai muka air yang paling rendah. Jenis - jenis pompa menurut penggunaannya, pompa dibedakan atas :

a. Pompa air kotor
   Pompa jenis ini melayani bak penampung air kotor, dan memompakannya ke luar. Karena air kotor mengandung bagian padat, untuk menghindari kemungkinan tersumbat, digunakan jenis anti - tersumbat (*non - clog*).
b. Pompa drainase
   Pompa drainase atau disebut juga pompa air bekas digunakan untuk memompakan air bekas yang hanya sedikit mengandung bagian kotoran padat.
c. Pompa penguras
   Pompa ini untuk menguras air buangan yang tidak mngandung bagian kotoran padat, misalnya rembesan air pada lantai bawah tanah.

Kapasitas pompa pembuangan terdiri atas :

a. Pompa air kotor
   Sebenarnya penentuan kapasitas pompa air kotor lebih cenderung didasarkan pada kemampuannya menghisap lumpur dan bagian padat dalam air kotor, daripada kemampuannya mengangkat air kotor tersebut ke luar bak. Diameter minimumnya 75 mm, tetapi lebih baik lagi 100 mm atau lebih. Sebagai pegangan dapat dikatakan bahwa sebaiknya diameter pompa sekurang - kurangnya tiga kali ukuran padat terbesar yang harus nelalui pompa tersebut.
b. Pompa Drainase
   Dibandingkan dengan pompa air kotor, dapat digunakan pompa drainase lebih kecil. Kalau air buangan yang ditampung termasuk air buangan dari dapur, dapat digunakan pompa jenis ini kalau jumlah air buangan dapur relatif kecil ; ukurannya tidak boleh lebih kecil dari

65 mm. tetapi kalau jumlah air buangan dapurnya besar dan banyak mengandung bagian padat, sebaiknya digunakan jenis pompa air kotor.

c. Pompa penguras

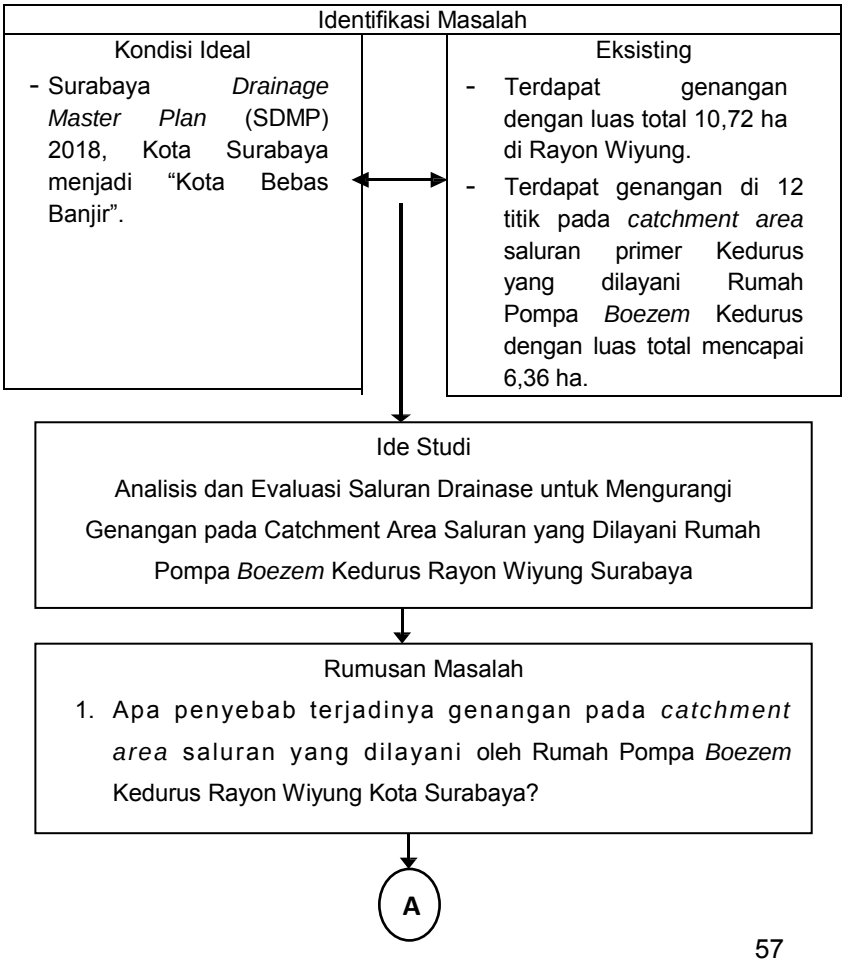
Kapasitas pompa ditentukan berdasarkan laju aliran air rembesan yang harus dibuang. Ukuran pompanya sebaiknya tidak kurang dari 40 mm.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4
METODE PERENCANAAN

4.1. Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan rangkaian kegiatan yang akan dilakukan dalam perencanaan. Kerangka alur perencanaan ini diharapkan dapat mempermudah proses pengerjaan perencanaan dan dapat mencapai tujuan yang telah direncanakan. Kerangka alur perencanaan tercantum pada Gambar 4.1.



A

Rumusan Masalah

1. Apa saja cara teknis yang dapat dilakukan untuk mengurangi terjadinya genangan pada catchment area saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya?
2. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan upaya teknis untuk mengurangi terjadinya genangan pada *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya?

Tujuan Penelitian

1. Menentukan penyebab adanya genangan pada *catchment area* saluran yang dilayani oleh area Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.
2. Menentukan cara teknis yang akan dilakukan agar dapat mengurangi terjadinya genangan pada catchment area saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya.
3. Menghitung biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan upaya teknis untuk mengurangi terjadinya genangan pada catchment area saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa Boezem Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya

B

B

Studi Literatur

- Analisis Hidrologi
- Perhitungan Kapasitas Saluran
- Hidrolika Saluran Terbuka
- Perhitungan Debit Limpasan
- Analisis Waduk / *Boezem* dan Rumah Pompa

Pengumpulan Data

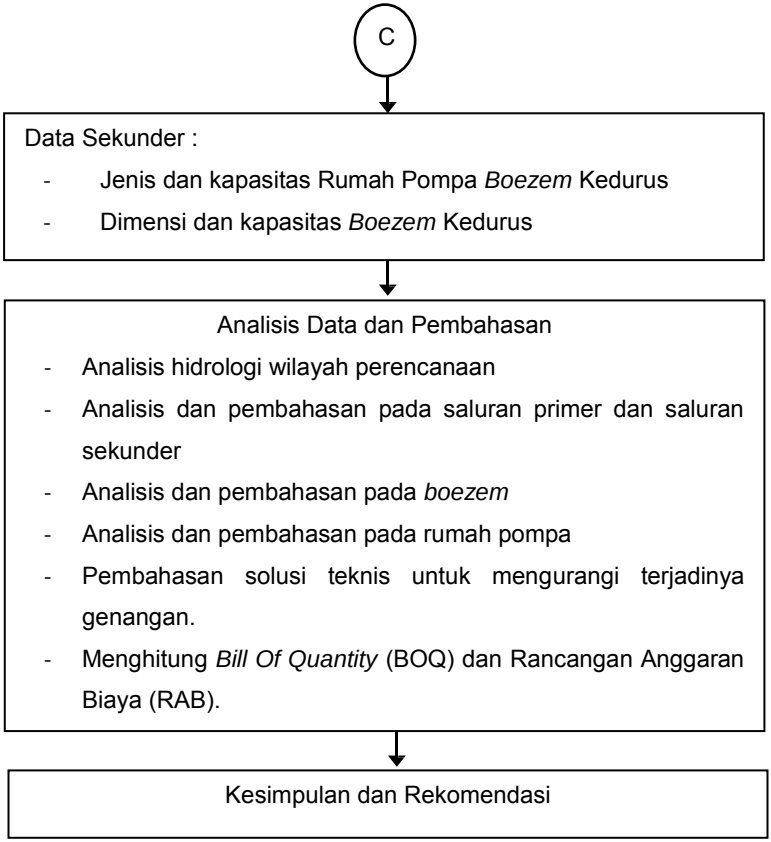
Data Primer :

- Arah dan kecepatan aliran pada saluran primer dan sekunder
- Kemiringan saluran
- Dimensi saluran primer dan sekunder eksisting
- Jenis dan kapasitas Rumah Pompa *Boezem* Kedurus
- Tinggi dan lama genangan
- Ketebalan sedimen pada saluran primer dan sekunder

Data Sekunder :

- Data curah hujan
- Dimensi saluran rencana
- Tinggi, luas, dan lama genangan
- Peta tata guna lahan, peta SDMP, peta *catchment area* wilayah studi, peta topografi, peta genangan, peta wilayah studi Rayon Wiyung, peta wilayah studi Rumah Pompa *Boezem* Kedurus

C



Gambar 4.4 Kerangka Alur Perencanaan

4.1.1. Ide Perencanaan

Ide analisis dan evaluasi Rumah Pompa *Boezem* Kedurus untuk mengurangi genangan pada *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus Rayon Wiyung Kota Surabaya ini dilatarbelakangi oleh banyaknya genangan yang terdapat di Rayon Wiyung, terutamanya di wilayah *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.

4.1.2. Rumusan Masalah dan Ide Tugas Akhir

Dari ide perencanaan, kemudian ditentukan rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini. Setelah itu dijelaskan tujuan dari dilaksanakannya tugas akhir analisis dan evaluasi sistem pematusan yang dilayani Rumah Pompa *Boezem* Kedurus sebagai upaya untuk mengurangi genangan pada wilayah Rayon Wiyung.

4.1.3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan perencanaan sehingga dapat menjadi acuan dalam melaksanakan perencanaan. Sumber literatur yang digunakan antara lain adalah *text book*, tugas akhir, dan peraturan - peraturan. Literatur yang digunakan meliputi analisis hidrologi, perhitungan koefisien aliran rata - rata, penentuan Periode Ulang Hujan (PUH) pada saluran primer dan sekunder, hidrologi saluran terbuka, penggunaan waduk/*boezem*, penggunaan pompa dan literatur lain yang menunjang. Studi literatur ini dilakukan mulai dari awal hingga penarikan kesimpulan.

4.1.4. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam perencanaan merupakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapat langsung dari survei lapangan, pengambilan data primer bertujuan untuk membandingkan kondisi rencana dengan kondisi eksisting. Data sekunder merupakan data yang diambil dari instansi - instansi yang berkaitan, seperti Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota (BAPPEKO) Surabaya dan Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya.

Data - data primer yang diperlukan antara lain :

1. Arah Aliran dan Kecepatan Saluran
   Pengambilan data arah aliran digunakan untuk mengetahui ada tidaknya aliran balik pada saluran, pengambilan data kecepatan saluran digunakan untuk mengetahui kecepatan air eksisting.
2. Kemiringan Saluran
   Pengambilan data kemiringan saluran digunakan untuk mengukur kemiringan saluran (*slope*) dan membandingkan keadaan eksisting dengan rencana.

Pengambilan data dilakukan dengan alat GPS dan *Google Earth*.

3. Dimensi Saluran Eksisting
   Pengambilan data dimensi saluran eksisting digunakan untuk membandingkan dimensi saluran eksisting dengan dimensi saluran rencana. Dimensi yang diukur meliputi panjang, lebar, dan bentuk saluran.
4. Tinggi dan Lama Genangan
   Pengambilan data tinggi dan lama genangan digunakan sebagai pembanding data sekunder.
5. Tinggi Sedimen
   Digunakan untuk mengetahui volume sedimen pada saluran dan waduk
6. Jenis dan Kapasitas Rumah Pompa *Boezem* Kedurus
   Digunakan untuk membandingkan jenis dan kapasitas dari kondisi rencana dan eksisting

Data - data sekunder yang diperlukan untuk perencanaan ini antara lain:

1. Data Curah Hujan
   Digunakan untuk mengetahui curah hujan, hujan harian maksimum, dan intensitas hujan yang dimaksudkan untuk merencanakan dimensi saluran drainase dan bangungan pelengkap
2. Dimensi Saluran Rencana
   Digunakan sebagai pembanding antara keadaan rencana dengan keadaan eksisting
3. Peta Tata Guna Lahan
   Digunakan untuk mengetahui segala kondisi penggunaan lahan di daerah perencanaan yang dimaksudkan untuk menentukan koefisien tata guna lahan guna menghitung besarnya debit limpasan hujan.
4. Peta Surabaya *Drainage Master Plan*
   Digunakan sebagai rujukan dalam mengerjakan tugas akhir.
5. Peta *Catchment Area* Wilayah Studi
   Digunakan untuk mengetahui *catchment area* saluran yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus

6. Peta Topografi
   Digunakan untuk mengetahui kontur tanah dan karakteristiknya yang dimaksudkan untuk merencanakan arah aliran saluran drainase dan perlu tidaknya penggunaan pompa
7. Peta Genangan
   Digunakan untuk mengetahui lokasi – lokasi atau titik – titik terjadinya genangan pada wilayah studi
8. Peta Wiayah Studi Rayon Wiyung
   Digunakan untuk memberi penjelasan mengenai lokasi perencanaan
9. Peta Wilayah Studi Rumah Pompa Boezem Kedurus
   Digunakan untuk memberi penjelasan mengenai lokasi pelayanan rumah pompa
10. Tinggi, Luas, dan Lama Genangan
    Digunakan sebagai rujukan keadaan tinggi, luas, dan lama genangan eksisting
11. Jenis dan Kapasitas Rumah Pompa Boezem Kedurus
    Digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi Rumah Pompa

4.1.5. Analisis Data dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan data dilakukan dengan melakukan evaluasi terhadap keseluruhan sistem pematusan, yaitu kapasitas saluran primer, kapasitas saluran sekunder, kapasitas *boezem*, dan kapasitas rumah pompa. Setelah itu dilakukan perhitungan kapasitas pompa yang sesuai dengan debit limpasan pada saluran primer dan sekunder. Berikut ini analisis dan evaluasi yang akan dilakukan :

a. Analisis hidrologi wilayah perencanaan
b. Analisis dan pembahasan pada saluran primer dan saluran sekunder
   - Membagi saluran menjadi segmen - segmen
   - Menghitung debit limpasan sesuai dengan *catchment area* di wilayah studi
   - Menghitung kecepatan rencana dan mengukur kecepatan eksisting
   - Menghitung waktu konsentrasi (tc)
   - Menghitung kapasitas saluran

- Melakukan perbandingan kapasitas saluran eksisiting dengan debit limpasan
- Melakukan analisis antara kapasitas eksisting saluran dengan debit limpasan
- Menganalisis volume dan luas genangan

c. Analisis dan pembahasan pada *boezem*
   Menghitung kapasitas *boezem* sesuai dengan data primer dan sekunder yang meliputi, data dimensi *boezem*, data endapan pada *boezem*, dan data pengerukan *boezem*.
d. Analisis dan pembahasan pada rumah pompa
   Menghitung kapasitas pompa sesuai dengan data sekunder yang meliputi jenis, jumlah, dan kapasitas pompa pada rumah pompa dengan memperhatikan kondisi eksisiting rumah pompa.
e. Pembahasan solusi teknis untuk mengurangi terjadinya genangan.
f. Menghitung *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB).

4.1.6. Kesimpulan dan Rekomendasi

Kesimpulan diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data perencanaan yang dilakukan, sehingga diperoleh masalah utama yang menjadi penyebab timbulnya genangan pada wilayah studi yang dilayani oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus. Selanjutnya memberikan rekomendasi teknis beserta besaran biaya yang diperlukan untuk mengurangi genangan yang timbul pada wilayah studi yang dilayani Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.

BAB 5
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisis Hidrologi

Pada perencanaan ini dilakukan analisis hidrologi. Analisis hidrologi yang dilakukan membutuhkan data curah hujan harian maksimum dari empat stasiun hujan yang paling dekat dengan wilayah studi perencanaan, yaitu stasiun hujan Kandangan (stasiun 1), stasiun hujan Driyorejo (stasiun 2), stasiun hujan Gunung Sari (stasiun 3), dan stasiun hujan Kebon Agung (stasiun 4).

5.1.1. Data Curah Hujan

Data curah hujan merupakan data sekunder dari Pengelola Sumber Daya Air Wilayah Sungai Butung Paketing Surabaya dan Stasiun Hujan Driyorejo Gresik. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum 10 tahun terakhir, yaitu data curah hujan harian maksimum tahun 2006 hingga 2015. Pada Tabel 5.1 disajikan data curah hujan harian maksimum empat stasiun hujan terdekat di wilayah studi dari tahun 2006 hingga tahun 2015.

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)			
		Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
1	2006	130	132	110	98
2	2007	97	107	96	100
3	2008	120	87	81	83
4	2009	78	107	78	76
5	2010	127	89	114	109
6	2011	79	84	102	85
7	2012	82	45	102	114
8	2013	75	52	71	95
9	2014	81	78	86	89
10	2015	63	88	70	68

Sumber : PSAWS Butung Paketing Surabaya, 2015

5.1.2. Uji Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi sangat diperlukan dalam suatu pengamatan data hujan dengan tujuan untuk mengetahui apakah dalam data tersebut terdapat non homogenitas dan ketidaksesuaian *(inconsistency*) yang nantinya dapat menyebabkan penyimpangan pada hasil perhitungan. Konsistensi data hujan diuji dengan cara Garis Massa Ganda (*Double Mass Curve Technique*). Dasar metode ini ialah dengan membuat grafik yang berisi perbandingan antara akumulasi data hujan stasiun yang di uji konsistensinya (sumbu x) dengan akumulasi data hujan rata - rata stasiun pembanding (sumbu y). Stasiun pembanding merupakan stasiun – stasiun lain yang digunakan dalam perencanaan ini.

a. Uji Konsistensi Stasiun 1

Pada uji konsistensi data hujan stasiun 1 ini stasiun pembanding yang digunakan merupakan stasiun 2, 3, dan 4. Tabel 5.2 menyajikan data uji konsistensi stasiun 1.

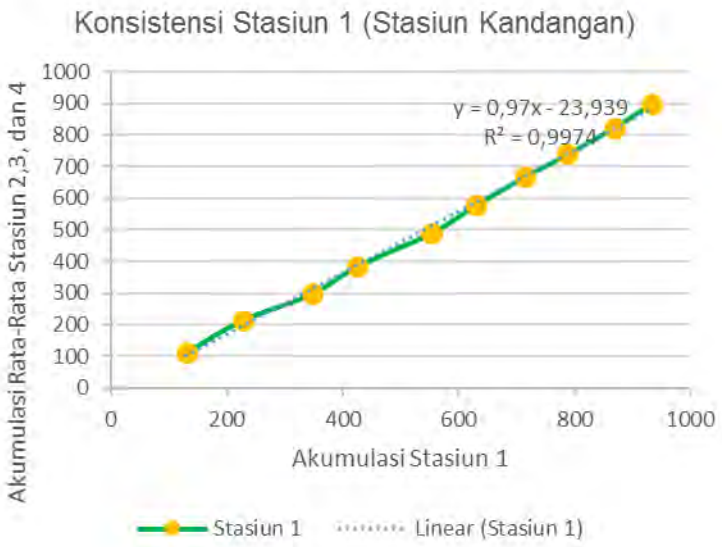
Tabel 5.2 Uji Konsistensi Stasiun 1

No	Tahun	Stasiun 1	Akumulasi Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Jumlah Stasiun 2, 3, dan 4	Rata - Rata Stasiun 2, 3, dan 4	Akumulasi Rata - Rata Stasiun 2, 3, dan 4
1	2006	130,00	130,00	132,00	110,00	98,00	340,00	113,33	113,33
2	2007	97,00	227,00	107,00	96,00	100,00	303,00	101,00	214,33
3	2008	120,00	347,00	87,00	81,00	83,00	251,00	83,67	298,00
4	2009	78,00	425,00	107,00	78,00	76,00	261,00	87,00	385,00
5	2010	127,00	552,00	89,00	114,00	109,00	312,00	104,00	489,00

No	Tahun	Stasiun 1	Akumulasi Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Jumlah Stasiun 2, 3, dan 4	Rata - Rata Stasiun 2, 3, dan 4	Akumulasi Rata - Rata Stasiun 2, 3, dan 4
6	2011	79,00	631,00	84,00	102,00	85,00	271,00	90,33	579,33
7	2012	82,00	713,00	45,00	102,00	114,00	261,00	87,00	666,33
8	2013	75,00	788,00	52,00	71,00	95,00	218,00	72,67	739,00
9	2014	81,00	869,00	78,00	86,00	89,00	253,00	84,33	823,33
10	2015	63,00	932,00	88,00	70,00	68,00	226,00	75,33	898,67

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel uji konsistensi tersebut dibuat grafik uji konsistensi stasiun 1 dengan sumbu x merupakan akumulasi data hujan stasiun 1 dan sumbu y merupakan akumulasi rata - rata tiga stasiun pembanding. Grafik dari uji konsistensi stasiun 1 dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Uji Konsistensi Stasiun 1
Sumber : Hasil Perhitungan

b. Uji Konsistensi Stasiun 2

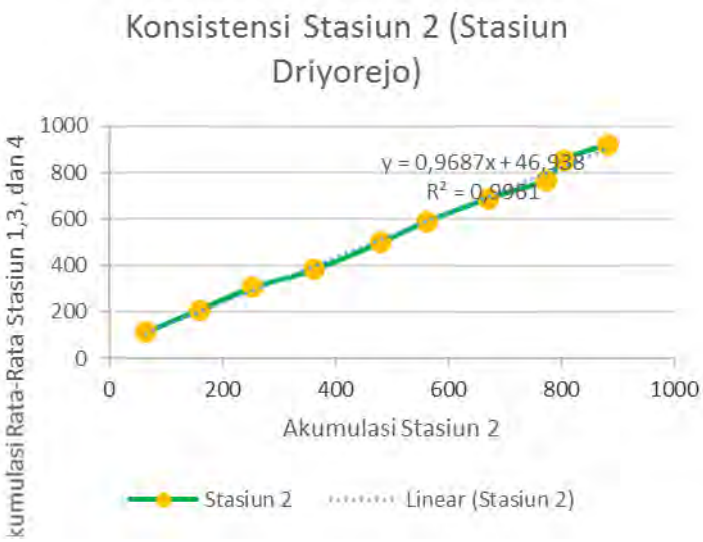
Pada uji konsistensi data hujan stasiun 2 ini stasiun pembanding yang digunakan merupakan stasiun 1, 3, dan 4. Tabel 5.3 menyajikan data uji konsistensi stasiun 2.

Tabel 5.3 Uji Konsistensi Stasiun 2

No	Tahun	Stasiun 2	Akumulasi Stasiun 2	Stasiun 1	Stasiun 3	Stasiun 4	Jumlah Stasiun 1, 3, dan 4	Rata - Rata Stasiun 1, 3, dan 4	Akumulasi Rata - Rata Stasiun 1, 3, dan 4
1	2006	64,00	64,00	130,00	110,00	98,00	338,00	112,67	112,67
2	2007	95,00	159,00	97,00	96,00	100,00	293,00	97,67	210,33
3	2008	94,00	253,00	120,00	81,00	83,00	284,00	94,67	305,00
4	2009	110,00	363,00	78,00	78,00	76,00	232,00	77,33	382,33
5	2010	118,00	481,00	127,00	114,00	109,00	350,00	116,67	499,00
6	2011	80,00	561,00	79,00	102,00	85,00	266,00	88,67	587,67
7	2012	110,00	671,00	82,00	102,00	114,00	298,00	99,33	687,00
8	2013	102,00	773,00	75,00	71,00	95,00	241,00	80,33	767,33
9	2014	31,00	804,00	81,00	86,00	89,00	256,00	85,33	852,67
10	2015	78,00	882,00	63,00	70,00	68,00	201,00	67,00	919,67

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel uji konsistensi tersebut dibuat grafik uji konsistensi stasiun 2 dengan sumbu x merupakan akumulasi data hujan stasiun 2 dan sumbu y merupakan akumulasi rata - rata tiga stasiun pembanding. Grafik dari uji konsistensi stasiun 2 dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Uji Konsistensi Stasiun 2
Sumber : Hasil Perhitungan

c. Uji Konsistensi Stasiun 3

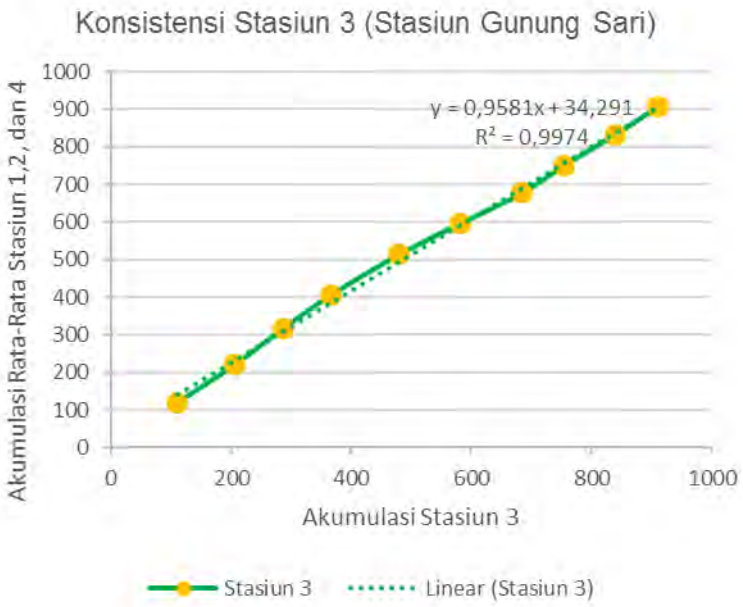
Pada uji konsistensi data hujan stasiun 3 ini stasiun pembanding yang digunakan merupakan stasiun 1, 2, dan 4. Tabel 5.4 menyajikan data uji konsistensi stasiun 3.

Tabel 5.4 Uji Konsistensi Stasiun 3

No	Tahun	Stasiun 3	Akumulasi Stasiun 3	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 4	Jumlah Stasiun 1, 2, dan 4	Rata - Rata Stasiun 1, 2, dan 4	Akumulasi Rata - Rata Stasiun 1, 2, dan 4
1	2006	110,00	110,00	130,00	132,00	98,00	360,00	120,00	120,00
2	2007	96,00	206,00	97,00	107,00	100,00	304,00	101,33	221,33
3	2008	81,00	287,00	120,00	87,00	83,00	290,00	96,67	318,00
4	2009	78,00	365,00	78,00	107,00	76,00	261,00	87,00	405,00
5	2010	114,00	479,00	127,00	89,00	109,00	325,00	108,33	513,33
6	2011	102,00	581,00	79,00	84,00	85,00	248,00	82,67	596,00
7	2012	102,00	683,00	82,00	45,00	114,00	241,00	80,33	676,33
8	2013	71,00	754,00	75,00	52,00	95,00	222,00	74,00	750,33
9	2014	86,00	840,00	81,00	78,00	89,00	248,00	82,67	833,00
10	2015	70,00	910,00	63,00	88,00	68,00	219,00	73,00	906,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel uji konsistensi tersebut dibuat grafik uji konsistensi staisun 3 dengan sumbu x merupakan akumulasi data hujan stasiun 3 dan sumbu y merupakan akumulasi rata - rata tiga stasiun pembanding. Grafik dari uji konsistensi stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Uji Konsistensi Stasiun 3
Sumber : Hasil Perhitungan

d. Uji Konsistensi Stasiun 4

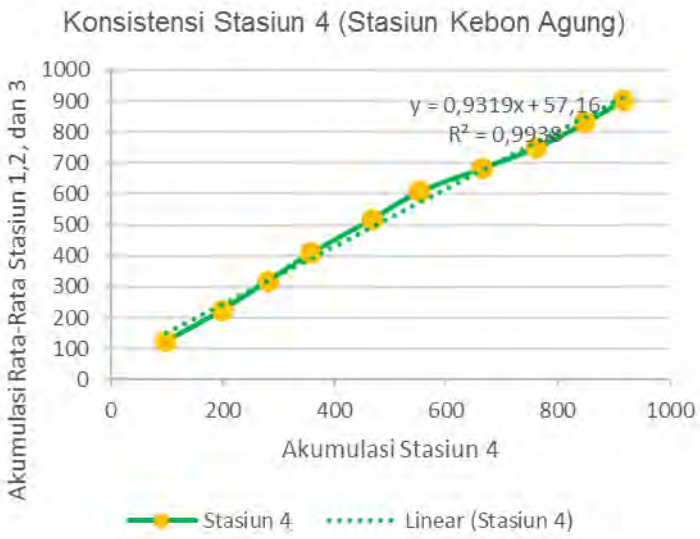
Pada uji konsistensi data hujan stasiun 4 ini stasiun pembanding yang digunakan merupakan stasiun 1, 2, dan 3. Tabel 5.5 menyajikan data uji konsistensi stasiun 4.

Tabel 5.5 Uji Konsistensi Stasiun 4

No	Tahun	Stasiun 4	Akumulasi Stasiun 4	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Jumlah Stasiun 1, 2, dan 3	Rata - Rata Stasiun 1, 2, dan 3	Akumulasi Rata - Rata Stasiun 1, 2, dan 3
1	2006	98,00	98,00	130,00	132,00	110,00	372,00	124,00	124,00
2	2007	100,00	198,00	97,00	107,00	96,00	300,00	100,00	224,00
3	2008	83,00	281,00	120,00	87,00	81,00	288,00	96,00	320,00
4	2009	76,00	357,00	78,00	107,00	78,00	263,00	87,67	407,67
5	2010	109,00	466,00	127,00	89,00	114,00	330,00	110,00	517,67
6	2011	85,00	551,00	79,00	84,00	102,00	265,00	88,33	606,00
7	2012	114,00	665,00	82,00	45,00	102,00	229,00	76,33	682,33
8	2013	95,00	760,00	75,00	52,00	71,00	198,00	66,00	748,33
9	2014	89,00	849,00	81,00	78,00	86,00	245,00	81,67	830,00
10	2015	68,00	917,00	63,00	88,00	70,00	221,00	73,67	903,67

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel uji konsistensi tersebut dibuat grafik uji konsistensi stasiun 4 dengan sumbu x merupakan akumulasi data hujan stasiun 4 dan sumbu y merupakan akumulasi rata - rata tiga stasiun pembanding. Grafik dari uji konsistensi stasiun 4 dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Uji Konsistensi Stasiun 4
Sumber : Hasil Perhitungan

5.1.3. Uji Homogenitas

Uji ini dilakukan untuk menghindari adanya ketidakhomogenan data, dimana jika terjadi hal tersebut mengakibatkan penyimpangan data hasil perhitungan. Uji homogenitas dilakukan agar data yang diukur dapat mencapai keakuratan dan *error* dapat dikurangi sekecil mungkin.Langkah perhitungan dari uji homogenitas ini yaitu hasil perhitungan rata - rata pertahun di urutkan dari nilai yang paling besar sampai yang terkecil. Setelah itu, dihitung nilai R dari tahun 2006 hingga tahun 2015. Setelah diketahui nilai rata - rata tersebut, masing - masing R di setiap tahunnya di kurangi nilai R. Hasil tersebut kemudian di kuadratkan. Perhitungan dilakukan untuk mencari standar deviasi (δ). Berikut ini contoh perhitungan untuk uji homogenitas Stasiun Kandangan :

Tabel 5.6 Perhitungan Awal Uji Homogenitas

NO	R1	R1 - R	$(R1 - R)^2$
1	130,00	36,80	1354,24
2	127,00	33,80	1142,44
3	120,00	26,80	718,24
4	97,00	3,80	14,44
5	82,00	- 11,20	125,44
6	81,00	- 12,20	148,84
7	79,00	- 14,20	201,64
8	78,00	- 15,20	231,04
9	75,00	- 18,20	331,24
10	63,00	- 30,20	912,04
Jumlah	932,00		5179,60
Rata – Rata	93,20		

Sumber : Hasil Perhitungan

- Menghitung standar deviasi

$$\sigma_R = \left[\frac{\Sigma\left(R_i - \overline{R}\right)^2}{n-1}\right]^{1/2} = \left[\frac{5179{,}60^2}{10-1}\right]^{1/2} = 23{,}99$$

- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari Tabel *Reduce Mean and Standard Deviation* pada tinjauan pustaka, diperoleh nilai (σn = 0,9496 dan Yn = 0,4952)

$$\frac{1}{a} = \frac{\sigma R}{\sigma n} = \frac{23{,}99}{0{,}9496} = 25{,}26$$

$$\mu = \overline{R} - \frac{1}{a}.Yn = 93{,}2 - (25{,}26x0.4952) = 69{,}21$$

Persamaan regresi :

$$\overline{R} = \mu + \frac{1}{a}.Y$$

$$\overline{R} = 69{,}21 + 25{,}26Y$$

Maka,

Y1 = 0, R1 = 69,21 ; Log R1 = 1,84

Jika Y2 = 5, R2 = 195,53 : Log R2 = 2,29

Nilai R1 dan R2 diplot pada grafik *Gumbels probability* (Lampiran A Gambar A1) sehingga dapat diperoleh Log R10 = 190 dan Tr = 1,89. Kemudian titik homogenitas dapat dari ordinat

$$T_R = \frac{R_{10}}{\overline{R}}.T_r = \frac{190}{93{,}2}.1{,}89 = 3{,}79$$

sehingga titik homogenitas Stasiun Gunungsari berada pada koordinat (n,T_R) = (10;3,79) dimana data berada pada range homogen (Lampiran A). Maka, dapat disimpulkan data hujan yang digunakan homogen. Perhitungan uji homogenitas untuk stasiun lainnya terdapat pada lampiran.

5.1.4. Analisis Curah Hujan Rata - Rata

Perhitungan analisa curah hujan rata - rata daerah menggunakan metode Thiessen dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Cara ini dilakukan dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang diwakili oleh stasiun penakar hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien Thiessen. Langkah perhitungan metode Thiessen :

a. Membuat garis yang menghubungkan antar titik pada stasiun pengamat.
b. Menentukan titik tengah dari tiap garis pada area yang diwakili oleh satu stasiun pengamat dan dibuat garis yang membagi titik tengah tersebut. Dipastikan bahwa garis dengan garis poligon membentuk sudut 90 derajat
c. Kemudian meneruskan garis tersebut hingga ke dalam bagian poligon hingga bertemu dengan garis pada area stasiun pengamat yang lain.

Gambar poligon Thiessen dibuat melalui program Autocad yang dipresentasikan dalam Lampiran A. Dari gambar yang didapat kemudian dilakukan langkah - langkah berikut ini :

a. Menghitung luas area yang terbentuk
   Perhitungan luas area dilakukan dengan Autocad diperoleh hasil yang ditunjukkan dalam Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Luas Area pada Poligon Thiessen

Stasiun	Luas Area (ha)
1	4.092,82
2	3.298,19
3	1.735,67
4	2.846,92
Total	11.973,59

b. Menghitung curah hujan peringkat 1 dari uji homogenitas dikalikan dengan luas area yang diperoleh dari masing - masing stasiun. Berikut ini contoh perhitungan metode poligon Thiessen :

Stasiun Kandangan

Curah hujan peringkat 1(R1) = 130 mm

Luas area yang dilayani (A1) = 4.092,82 ha

(perhitungan dengan *Polyline* pada Auto cad)

R1 x A1 = 130 mm x 4.092,82ha = 532.066,86

Stasiun Driyorejo

Curah hujan peringkat 1(R2) = 118 mm

Luas area yang dilayani (A2) = 3.298,19 ha

(perhitungan dengan *Polyline* pada Auto cad)

R2 x A2 = 118 mm x 3.298,19ha= 389.186,18

Stasiun Gunung Sari

Curah hujan peringkat 1(R3) = 114 mm

Luas area yang dilayani (A3) = 1.735,67 ha

(perhitungan dengan *Polyline* pada Auto cad)

R3 x A3 = 114 mm x 1.735,67ha = 197.865,83

Stasiun Kebon Agung

Curah hujan peringkat 1(R4) = 114 mm

Luas area yang dilayani (A4) = 2.846,92 ha

(perhitungan dengan *polyline* pada Auto cad)

R4 x A4 = 127 mm x 2.846,92ha = 324.548,75

c. Menghitung curah hujan rata - rata keempat stasiun dengan rumus :

$$\bar{R} = \frac{1}{Total\ Luas\ Lahan} x \sum [Rn\ x\ An]$$

Contoh perhitungan curah hujan rata - rata peringkat 1:

$= \frac{1}{5.9860,60}$ x [(532.066,86) + (389.186,18) + (197.865,83) + (324.548,75)] = 120,57 mm

Tabel 5.8 Perhitungan Metode Thiessen pada Stasiun Pengamat

No	Stasiun Kandangan		Stasiun Driyorejo		Stasiun Gunung Sari		Stasiun Kebon Agung		$\bar{R}$
	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3		Stasiun 4		
	R1 (mm)	R1 x C	R2 (mm)	R2 x B	R3 (mm)	R3 xA	R4 (mm)	R4 x D	mm
1	130,00	532.066,86	118,00	389.186,18	114,00	197.865,83	114,00	324.548,75	120,57
2	127,00	519.788,40	110,00	362.800,67	110,00	190.923,17	109,00	310.314,16	115,57
3	120,00	491.138,64	110,00	362.800,67	102,00	177.037,85	100,00	284.691,89	109,88
4	97,00	397.003,74	102,00	336.415,17	102,00	177.037,85	98,00	278.998,05	99,34
5	82,00	335.611,41	95,00	313.327,85	96,00	166.623,86	95,00	270.457,29	90,70
6	81,00	331.518,58	94,00	310.029,67	86,00	149.267,20	89,00	253.375,78	87,21
7	79,00	323.332,94	78,00	257.258,66	81,00	140.588,88	85,00	241.988,10	80,44
8	78,00	319.240,12	80,00	263.855,04	78,00	135.381,88	83,00	236.294,27	79,74
9	75,00	306.961,65	31,00	102.243,83	71,00	123.232,23	76,00	216.365,83	62,54
10	63,00	257.847,79	64,00	211.084,03	70,00	121.496,56	68,00	193.590,48	65,48
Rata - rata									91,15

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- R_1 : Data homogenitas stasiun pengamat
- R1 x A : Data homogenitas stasiun pengamat x Luas area letak stasiun pengamat
- Akumulasi : (1/Total Area) x (Total RxA) tiap stasiun pengamat
- Total : Total dari akumulasi
- Rata - rata : Total / Banyaknya data (10)

5.1.5. Curah Hujan Harian Maksimum

Dari data curah hujan daerah penelitian dilakukan analisa terhadap kecenderungan besarnya hujan maksimum (HHM) dalam satuan millimeter perhari. Tiga metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan harian maksimum yakni :

1. Metode Gumbel

   R dari rata - rata Aljabar yang dihitung deviasinya pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Perhitungan HHM Metode Gumbel

No	Rata - Rata (R1)	R1 - R	$(R1 - R)^2$
1	120,57	29,42	865,76
2	115,57	24,43	596,63
3	109,88	18,73	350,95
4	99,34	8,19	67,12
5	90,70	- 0,45	0,20
6	87,21	- 3,94	15,52
7	80,44	- 10,71	114,62
8	79,74	- 11,41	130,13
9	62,54	- 28,61	818,49
10	65,48	- 25,67	658,86
Jumlah	911,47		3618,27
Rata - Rata (R)	91,15		361,83

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

- $Ri = \frac{\sum Ri}{n} = 91{,}15\ mm$
- $\sigma_R = \left[\frac{\Sigma\left(R_i - \overline{R}\right)^2}{n-1}\right]^{1/2} = \left[\frac{0{,}09^2}{10-1}\right]^{1/2} = 0{,}10$
- Untuk data sebanyak sepuluh (n=10) dari tabel r*educe mean and* s*tandard deviation* pada tinjauan pustaka, diperoleh nilai (σn = 0,9496 dan Yn = 0,4952)

Berikut ini contoh perhitungan curah hujan harian maksimum untuk PUH 5 :

- Dari tabel r*educed variate* pada tinjauan pustaka didapatkan nilai Yt = 2,25 untuk PUH 5, sehingga curah hujan harian maksimum dihitung menggunakan rumus :

$$R_T = \overline{R} + \frac{\sigma_R}{\sigma_n}\left(Yt - Y_n\right)$$

$$R_T = 91{,}15 + \frac{20{,}05}{0{,}9496}\left(1{,}50 - 0{,}4952\right) = 112{,}36$$

Dari perhitungan Rk tersebut diperoleh nilai HHM metode Gumbel untuk PUH 10 adalah 112,36 mm/24jam. Penentuan hujan harian maksimum ini dilakukan untuk setiap PUH, hasil perhitungan hujan harian maksimum ini dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 HHM Metode Gumbel

PUH	Yt	Rt	k	b	Se	Rk
5	1,50	112,36	1,06	1,90	40,10	40,10
10	2,25	128,20	1,85	2,68	56,50	56,50

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Metode Log Person III

Pada metode ini, analisa curah hujan harian maksimum (HHM) didasarkan pada perubahan data yang ada ke dalam bentuk logaritma. Pada Tabel 5.11 menunjukkan

data curah hujan rata - rata dalam bentuk logaritma sebelum penghitungan hujan harian maksimum (HHM) dengan Metode *Log Person* III.

Tabel 5.11 Perhitungan Standar Deviasi Metode Log Person III

No	R1	Xi	Xi - R	$(R1 - R)^2$	$(R1 - R)^3$
1	120,571	2,081	0,131	0,017	0,002
2	115,573	2,063	0,113	0,013	0,001
3	109,881	2,041	0,091	0,008	0,001
4	99,340	1,997	0,047	0,002	0,000
5	90,701	1,958	0,008	0,000	0,000
6	87,208	1,941	- 0,009	0,000	0,000
7	80,441	1,905	- 0,044	0,002	0,000
8	79,740	1,902	- 0,048	0,002	0,000
9	62,538	1,796	- 0,154	0,024	- 0,004
10	65,479	1,816	- 0,134	0,018	- 0,002
Jumlah	911,472	19,500		0,087	- 0,002
Rata - Rata	91,147	1,950		0,009	- 0,0002

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 5.11 diatas dapat digunakan untuk mencari nilai standar deviasi. Berikut ini merupakan rangkaian perhitungan analisa HMM metode Log Person III.

- $$R = \left[\frac{\Sigma(Xi)}{n}\right] = \left[\frac{19{,}500}{10}\right] = 1{,}95$$
- $$\sigma_R = \left[\frac{\Sigma\left(R_i - \overline{R}\right)^2}{n-1}\right]^{1/2} = \left[\frac{0{,}087^2}{10-1}\right]^{1/2} = 0{,}10$$
- $$C_s = \frac{10(-0{,}0002)}{(10-1)(10-2)(0{,}10)^3} = -0{,}10$$

Berikut ini contoh perhitungan curah hujan harian maksimum untuk PUH 5.

- Menentukan nilai K_x. Nilai Kx dapat dilihat pada tabel *frequency factor* untuk distribusi metode log pearson dari nilai Cs yang ada. Untuk Cs dengan nilai - 0,10 didapatkan nilai Kx 0,85 dengan metode interpolasi.

- Menghitung nilai curah hujan harian maksimum
  Xt = 1,95 + (0,85 x 0,10) = 2,03
  R_{10}= antilog 2,03 = 107,88 mm/24 jam

Perhitungan selengkapnya analisa HHM Metode Log Person III dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13.

Tabel 5.12 Perhitungan Kx

CS	KX	
	PUH 5	PUH 10
0,00	0,84	1,28
- 0,20	0,85	1,26
- 0,10	0,85	1,27

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5.13 Perhitungan HHM Metode Log Person III

PUH	Kx	XT	HHM
5	0,85	2,03	107,88
10	1,27	2,07	118,70

Sumber : Hasil Perhitungan

3. Metode Iwai Kadoya

Metode ini disebut juga dengan metode distribusi terbatas sepihak (*One Side Finite Distribution*). Prinsipnya adalah dengan merubah variabel (X) dari kurva kemungkinan kerapatan dari curah hujan harian maksimum ke log X atau merubah kurva distribusi yang *asimetris* menjadi kurva distribusi normal. Pada Tabel 5.14 merupakan Perhitungan Standar Deviasi Metode Iwai Kadoya.

Tabel 5.14 Perhitungan Standar Deviasi Metode Iwai Kadoya

NO	Xi	b = Log Xi	Xi + b	Log (Xi + b)	(Log Xi + b)^2
1	120,57	2,08	122,65	2,09	4,36
2	115,57	2,06	117,64	2,07	4,29
3	109,88	2,04	111,92	2,05	4,20

NO	Xi	b = Log Xi	Xi + b	Log (Xi + b)	(Log Xi + b)^2
4	99,34	2,00	101,34	2,01	4,02
5	90,70	1,96	92,66	1,97	3,87
6	87,21	1,94	89,15	1,95	3,80
7	80,44	1,91	82,35	1,92	3,67
8	79,74	1,90	81,64	1,91	3,66
9	62,54	1,80	64,33	1,81	3,27
10	65,48	1,82	67,30	1,83	3,34
Rata – Rata		1,95	93,10	1,96	3,85
Jumlah		19,50	930,97	19,59	38,48

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut ini contoh perhitungan curah hujan harian maksimum untuk PUH 5 :

- Log Xo = Σlog Xi / n = 19, 50/10 = 1,95
- Xo = antilog (Log Xi) = antilog (1,95) = 89,12
- bi $= \frac{(Xs.Xt) - (Xo)^2}{2.Xo - (Xs+Xt)} = \frac{(120{,}57\ x\ 65{,}48) - (89{,}12)^2}{(2\ x\ 89{,}12) - (120{,}57\ +65{,}48)}$ = 6,06

Berikut perhitungan nilai bi pada Tabel 5.15

Tabel 5.15 Perhitungan Nilai bi

m	Xs	Xt	Xs+Xt	Xs*Xt	Xs*Xt - (Xo)^2	2Xo - (Xs+Xt)	bi
1	120,57	65,48	186,05	7894,86	- 47,37	- 7,81	6,06
2	115,57	62,54	178,11	7227,71	- 714,52	- 174,21	4,10
Rata - Rata							5,08

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan:
nilai b = 5,08

- Menghitung curah hujan harian maksimum

Dari tabel variabel normal pada tinjauan pustaka didapatkan nilai variabel normal (ξ) untuk PUH 5 adalah 0,595.

$$\frac{1}{C} = \sqrt{\frac{2n}{n-1}}.\sqrt{\left(\overline{X}^2 - Xo\right)^2}$$

$$\frac{1}{C} = \sqrt{\frac{2x20}{10-1}}.\sqrt{(3{,}81-3{,}80)^2} \quad = 0{,}14$$

Pada Tabel 5.16 hasil perhitungan HHM dengan metode Iwai Kadoya

Tabel 5.16 Perhitungan HHM dengan Metode Iwai Kadoya

PUH	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ξ	1/C x (1)	Xo + (2)	ANTILOG (3)	HHM = (4) - b
5	0,60	0,08	2,03	107,77	102,68
10	0,91	0,13	2,08	119,02	113,94

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan perhitungan curah hujan harian maksimum (HHM) dengan ketiga metode diatas dapat dibandingkan hasil perhitungannya. Pada Tabel 5.17 berikut disajikan perbandingan hasil perhitungan nilai curah hujan harian maksimum (HMM) dari ketiga metode yang di gunakan, yaitu metode Gumbel, metode Log Person III, dan metode Iwai Kadoya.

Tabel 5.17 Perbandingan Nilai Hujan Harian Maksimum (HHM)

PUH	Gumbel	Log Person	Iwai Kadoya	HHM Maksimum	Metode yang Dipakai
5	112,36	107,88	102,68	112,36	Gumbel
10	128,20	118,70	113,94	128,20	Gumbel

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk menentukan nilai HHM yang akan digunakan, dipilih yang memiliki nilai terbesar. Pada Tabel 5.17 diketahui bahwa nilai HHM terbesar terdapat pada hasil perhitungan dengan metode Gumbel, sehingga untuk PUH 5 tahun dan 10 tahun dipilih metode Gumbel.

5.1.6. Perhitungan Uji Chi Square

Dari data HHM yang dipilih, dilakukan uji Chi Square untuk menentukan apakah data yang dipilih dan akan digunakan memiliki kesesuain dengan data sebenarnya, sehingga didapatkan data yang cukup signifikan mendekati frekuensi sebenarnya. Berikut ini perhitungannya.

- Menentukan jumlah kelas (G)
  G = 1 + log n
  Dimana, n = jumlah data (10 data)
  G = 1 + log (10)
  G = 1 + 3,32 = 4,32 kelas ≈ 5 kelas
- Melakukan pembagian sub kelas
  Pada uji ini ditentukan batasan sub kelas sebagai berikut
  Sub kelas 1 = x < 25,00
  Sub kelas 2 = 25,00 ≤ x < 50,00
  Sub kelas 3 = 50,00 ≤ x < 75,00
  Sub kelas 4 = 75,00 ≤ x < 100,00
  Sub kelas 5 = x ≥ 100,00
- Melakukan perhitungan data perhitungan
  Ei = Jumlah data menurut perhitungan (5)
  $X^2 = \frac{\sum Ei^2}{\sum Ei}$
  $X^2 = \frac{5^2}{5}$
  X^2 = 10,00
- Melakukan perhitungan chi square dengan data sebenarnya
  Contoh perhitungan pada sub kelas 1
  Ei = Jumlah data menurut perhitungan (2)
  Oi = Jumlah data sebenarnya (0)
  $X^2 = \frac{\sum(Ei - Oi)^2}{\sum Ei}$
  $X^2 = \frac{(2-0)^2}{2}$ = 2,00

Pada Tabel 5.18 disajikan perhitungan uji Chi Square

Tabel 5.18 Uji Chi Square

No	Nilai batas Sub Grup	Jumlah data (Oi)	Ei	$(Ei-Oi)^2$	$X^2 = (Ei-Oi)^2 / Ei$
1	X < 25,00	0,00	2,00	4,00	2,00
2	25,00 ≤ X < 50,00	0,00	2,00	4,00	2,00
3	50,00 ≤ X < 75,00	2,00	2,00	0,00	0,00
4	75,00 ≤ X < 100,00	5,00	2,00	9,00	4,50
5	X ≥ 100,00	3,00	2,00	1,00	0,50
Total		10,00	10,00	18,00	9,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 5.18 diketahui bahwa nilai X^2 menurut perhitungan lebih besar dari nilai X^2 menurut observasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan memiliki kesesuaian atau kecocokan dan dapat digunakan pada perhitungan selanjutnya.

5.1.7. Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan

Distribusi curah hujan adalah berbeda – beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan (jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (jumlah curah hujan sebulan), curah hujan harian (jumlah curah hujan 24 jam), curah hujan perjam. Harga – harga yang diperoleh ini dapat digunakan untuk penentuan prospek dikemudian hari dan akhirnya untuk perancangan sesuai dengan tujuan yang dimaksud.

Perhitungan distribusi hujan dapat digunakan 3 metode, yaitu :

1. Metode Van Breen

   Pada metode ini dilakukan pendekatan terhadap besar atau lamanya durasi hujan harian yang terpusat selama 4 jam dengan hujan efektif 90% mengacu pada hujan selama 24 jam. Berikut rumus yang digunakan, yaitu PUH 5 tahun, maka nilai HHM yang digunakan adalah 112,36 mm/24 jam (Metode Gumbel)

$$I = \frac{90\% . R^{24}}{4}$$

$$I = \frac{90\% \ x \ 112,36}{4}$$

I = 25,28 mm/jam

Nilai I yang diperoleh tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Perhitungan Nilai I Metode Van Breen

HHM (mm/24 jam)		
PUH	PUH 5	PUH 10
HHM	112,36	128,20
I (mm/jam)	25,28	28,85

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk mendapatkan intensitas hujan pada masing - masing durasi. Maka digunakan Tabel 5.20 mengenai intensitas hujan untuk Kota Jakarta yang digunakan sebagai acuan mengingat keterbatasan data pembanding untuk daerah pengamatan.

Tabel 5.20 Intensitas Hujan untuk Kota Jakarta

Durasi	INTENSITAS HUJAN JAKARTA (mm/jam)				
	Periode Ulang Hujan (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
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber: Dinas PU Bina Marga dan Pematusan, 1996

Contoh perhitungan :

Untuk PUH (T) = 5 tahun, durasi (t) = 5 menit

$I = \frac{148}{27} \; x \; 25{,}28$

I = 138,58 mm/jam

Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan dengan metode Van breen dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode Van Breen

Durasi	Intensitas Hujan Surabaya (mm/jam)	
	untuk PUH (tahun)	
(menit)	5	10
5	138,58	149,04
10	117,98	132,69
20	106,74	118,27
40	81,46	92,31
60	68,35	77,88
120	42,14	49,04
240	25,28	28,85

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Metode Hasper Weduwen

Didalam metode ini penurunan rumus didasarkan pada kecenderungan curah hujan harian yang di kelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan memiliki distribusi simetris dengan durasi hujan (t) yang lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai dengan 24 jam. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Untuk durasi $0 \leq t < 1$ jam

  $Ri = Xr \left(\frac{1218t + 54}{Xr(1-t) + 1272t} \right)$

  $Ri = \left(\frac{Ri}{100} \right) \sqrt{\frac{11300t}{r + 3{,}12}}$

- Untuk durasi $1 \leq t \leq 24$ jam

Ri = $\left(\frac{Xt}{100}\right)\sqrt{\frac{11300t}{r+3,12}}$

- I = $\left(\frac{R}{t}\right)$

  Dimana:

  I = Intensitas hujan menurut Hasper Weduwen (mm/jam)

  R,Ri = Curah hujan menurut Hasper Weduwen (mm/jam)

  Xt = HHM terpilih (mm/24 jam)

  t = Durasi hujan (jam)

Contoh perhitungan untuk durasi 0 ≤ t < 1 jam pada PUH (T) = 5 tahun ; durasi (t) = 5 menit 0,08 jam ; nilai HHM terpilih (Xt) = 112,36 mm/24 jam (Metode Gumbel)

- Ri = Xr $\left(\frac{1218t+54}{Xr(1-t)+1272t}\right)$

  = 112,36 $\left(\frac{1218(0,08)+54}{112,36(1-0,08)+1272(0,08)}\right)$

  = 83,60 mm

- R = $\left(\frac{Xt}{100}\right)\sqrt{\frac{11300t}{r+3,12}}$

  = $\left(\frac{83,60}{100}\right)\sqrt{\frac{11300(0,08)}{(0,08)+3,12}}$

  = 14,33 mm/jam

- I = $\left(\frac{R}{t}\right)$

  = $\left(\frac{14,33}{0,08}\right)$ = 172,00 mm/jam

Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan menurut metode hasper Weduwen yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.22 hingga Tabel 5.24.

Tabel 5.22 Perhitungan Ri (0<t<1 jam)

Durasi		PUH	
menit	jam	5	10
5	0,08	83,60	89,19
10	0,17	94,48	103,34
20	0,33	103,60	115,76

Durasi		PUH	
menit	jam	5	10
40	0,67	109,89	124,64
60	1,00	112,36	128,20
120	2,00	115,06	132,14
240	4,00	116,50	134,27

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Nilai R Distribusi Intensitas Hujan Menurut Metode Hasper Weduwen

Durasi		PUH	
menit	jam	5	10
5	0,08	14,33	15,29
10	0,17	22,62	24,74
20	0,33	34,21	38,23
40	0,67	49,02	55,59
60	1,00	46,85	46,85
120	2,00	59,44	59,44
240	4,00	71,28	71,28

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Metode Bell

   Perkiraan pola distribusi intensitas hujan ini dilakukan apabila durasi hujan tidak ada, sehingga dalam mencari hubungan intensitas hujan pada setiap durasi digunakan perumusan secara empiris, dimana data curah hujan didasarkan pada rentang durasi per 60 menit. Berikut ini Tabel 5.24 mengenai pola hujan setiap jam menurut Tanimoto.

Tabel 5.24 Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto di Pulau Jawa

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
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

Dengan mengacu pada Tabel diatas, maka pola distribusi curah hujan hanya diambil 2 jam pertama untuk curah hujan 170 mm. Berikut ini contoh perhitungan pada PUH (T) = 5 tahun, nilai HHM terpilih (Xt) = 112,36 mm/24 jam (Metode Gumbel) :

Jam ke - 1 $HHM_1 = \frac{\text{HHM jam ke} - 1}{Xt} = \frac{87}{112,36}$ = 57,50 mm/jam

Jam ke - 2 $HHM_2 = \frac{\text{HHM jam ke} - 2}{Xt} = \frac{28}{112,36}$ = 18,51 mm/jam

$R_{5\,tahun}^{60\,menit} = \frac{57,50+18,51}{2} =$ 38,00 mm/jam

Contoh perhitungan untuk PUH (T) = 5 tahun; durasi (t) = 5 menit

R_T^t = (0,21 x ln T + 0,52) x (0,54 x $t^{0,25}$ – 0,50) x $_{5\,tahun}^{60\,menit}$ mm/jam

= (0,21 x ln(5) + 0,52) x (0,54 x $(5)^{0,25}$ – 0,50) x 38,00 mm/jam = 10,03 mm/jam

$I_{5\,tahun}^{5\,menit} = \frac{60}{t}$ x $R_{5\,tahun}^{5\,menit}$ (mm/jam)

= $\frac{60}{5}$ x 10,03 mm/jam = 120,32 mm/jam

Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan dan nilai R dengan metode tanimoto yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26.

Tabel 5.25 Perhitungan Nilai R dengan Metode Tanimoto pada Tiap PUH

Durasi (menit)	PUH (tahun)	
	5	10
5	10,03	13,38
10	15,01	20,03
20	20,93	27,94
40	27,98	37,34
60	32,70	43,64
120	41,97	56,02
240	53,00	70,73

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.26 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Menurut Metode Bell

Durasi (menit)	PUH (tahun)	
	5	10
5	120,32	160,57
10	90,05	120,18
20	62,80	83,81

Durasi (menit)	PUH (tahun)	
	5	10
40	41,97	56,01
60	32,70	43,64
120	20,99	28,01
240	13,25	17,68

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah melakukan perhitungan intensitas hujan dengan ketiga metode diatas, akan dipilih hasil perhitungan intensitas hujan dari metode yang memiliki nilai intensitas hujan cakupan atau rentang intensitas hujan yang paling tinggi, sehingga nilai yang akan digunakan adalah dari metode yang memiliki nilai intensitas hujan yang paling besar. Data HHM yang akan digunakan diambil dari data HHM metode Gumbel yang telah dipilih pada perhitungan sebelumnya.

Tabel dibawah ini merupakan hasil perbandingan perhitungan nilai distribusi intensitas hujan dari ketiga metode yang digunakan, yaitu metode van breen, bell dan hasper weduwen.

Tabel 5.27 Hasil Perbandingan Nilai Distribusi Intensitas Hujan

Durasi (Menit)	Metode Intensitas Hujan (mm)					
	Van Breen		Hasper Weduwen		Bell	
	5	10	5	10	5	10
5	138,58	149,04	172,00	183,50	120,32	160,57
10	117,98	132,69	135,70	148,42	90,05	120,18
20	106,74	118,27	102,64	114,69	62,80	83,81
40	81,46	92,31	73,52	83,39	41,97	56,01
60	68,35	77,88	58,84	67,14	32,70	43,64
120	42,14	49,04	38,22	43,90	20,99	28,01
240	25,28	28,85	23,21	26,75	13,25	17,68

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas, maka nilai distribusi intensitas hujan yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah nilai distribusi intensitas hujan hasil perhitungan metode Van Breen karena memiliki nilai yang paling besar diantara metode lainnya.

5.1.8. Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan

Dalam perhitungan ini untuk memilih rumus digunakan 3 metode yaitu metode Talbot, metode Ishiguro, metode Sherman yang mana telah di jelaskan pada tinjauan pustaka. Dari metode ini dapat diketahui bahwa ketiga metode yang dipakai akan dapat menghasilkan selisih terkecil terhadap intensitas data yang dipakai pada perencanaan. Pada perencanaan ini dipakai periode ulang hujan (PUH) 5 dan 10 tahun. Data tersebut kemudian diolah, selanjutnya di tentukan rumus intensitas hujan untuk masing - masing metode (Talbot, Ishiguro, dan Sherman) kemudian ditentukan selisih I. berikut perhitungan pemilihan rumus intensitas hujan.

1. Metode Talbot

   Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta “a” dan “b”. Kedua nilai konstanta tersebut tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan metode Talbot.

   Adapun rumus dan hasil perhitungan untuk konstanta “a” dan “b” untuk PUH (T) = 5 tahun adalah sebagai berikut :

- a $= \frac{[(\sum I \times t)(\sum I^2)] - [(\sum I^2 \times t)(\sum I)]}{[N \times (\sum I^2)] - (\sum I)^2}$

  $= \frac{[(22.490,99)(58.240,10)] - [(58.240,10)(580,53)]}{[7 .(58.240,10)] - [(580,53)^2]}$

  a = 18.058,81

- b $= \frac{[(\sum I \times t)(\sum I)] - [N(\sum I^2 \times t)]}{[N \times (\sum I^2)] - (\sum I)^2}$

  $= \frac{[(22.490,99)(580,53)] - [7 \times (1.375.307,41)]}{[7 .(58.240,10)] - [(580,53)^2]}$

  b = 48,54

- I $= \frac{a}{tc+b} = \frac{18.058,81}{tc+48,54}$

2. Metode Sherman

Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta “a” dan “n”. Kedua nilai konstanta tersebut diperoleh dari hasil logaritmanya, yang kemudian diperoleh nilai antilognya. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan nilai intensitas hujan metode Sherman.

Adapun rumus dan hasil perhitungan untuk konstanta “a” dan “b” untuk PUH (T) = 5 tahun adalah sebagai berikut :

- a $= \frac{[(\sum \log I)(\sum \log^2 t)] - [(\sum \log t \, x \log I)(\sum \log t)]}{[N.(\sum \log^2 t)] - [(\sum \log t)^2]}$

  $= \frac{[(13,02)(18,90)] - [(19,25)(10,84)]}{[7.(18,90)] - [(10,84)^2]}$

  a = 293,54

- n $= \frac{[(\sum \log I)(\sum \log t)] - [N(\sum \log t \, x \log I)]}{[N(\sum \log^2 t)] - [(\sum \log t)^2]}$

  $= \frac{[(13,02)(18,90)] - [(19,25)(10,84)]}{[7.(18,90)] - [(10,84)^2]}$

  n = 0,43

- I $= \frac{a}{tc^n} = \frac{293,54}{tc^{0,43}}$

3. Metode Ishiguro

Pada metode ini untuk menghitung intensitas hujan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap nilai konstanta “a” dan “b”. Setelah kedua nilai konstanta tersebut diperoleh, maka nilai intensitas hujan dapat dihitung. Berikut merupakan perhitungan nilai intensitas hujan metode Ishiguro.

Adapun rumus dan hasil perhitungan konstanta “a” dan “b” untuk PUH (T) = 5 tahun adalah sebagai berikut :

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

  $= \frac{[(3.058,22)(58.240,10)] - [(245.424,36)(580,53)]}{[7(58.240,10)] - [(580,53)^2]}$

  a = 504,29

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

  $= \frac{[(580,53)(3.058,22)] - [7(245.424,36)]}{[7.(58.240,10)] - [(580,53)^2]}$

b = 0,81

- I $= \frac{a}{tc^{0,5}+b} = \frac{504,29}{tc^{0,5}+0,81}$

Pada Tabel 5.28 hingga Tabel 5.32 berikut akan disajikan perhitungan lengkung intensitas hujan dengan metode Ishiguro

Tabel 5.28 Perhitungan Komponen Rumus Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun

t (menit)	I (mm)	I x t	I^2	I^2 x t	Log t	Log I	Log t x Log I	$(\text{Log t})^2$	2 x (Log I)	$t^{0,5}$	I x $t^{0,5}$	$t^{0,5}$ x I^2
5	138,58	692,89	19204,12	96020,60	0,70	2,14	1,50	0,49	4,28	2,24	309,87	42941,72
10	117,98	1179,79	13919,13	139191,29	1,00	2,07	2,07	1,00	4,14	3,16	373,08	44016,15
20	106,74	2134,86	11394,12	227882,33	1,30	2,03	2,64	1,69	4,06	4,47	477,37	50956,04
40	81,46	3258,48	6636,05	265441,89	1,60	1,91	3,06	2,57	3,82	6,32	515,21	41970,05
60	68,35	4101,19	4672,15	280328,94	1,78	1,83	3,26	3,16	3,67	7,75	529,46	36190,31
120	42,14	5056,26	1775,40	213047,89	2,08	1,62	3,38	4,32	3,25	10,95	461,57	19448,52
240	25,28	6067,51	639,14	153394,48	2,38	1,40	3,34	5,67	2,81	15,49	391,66	9901,57
Jumlah	580,53	22490,99	58240,10	1375307,41	10,84	13,02	19,25	18,90	26,03	50,39	3058,22	245424,36

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5.29 Perhitungan Komponen Rumus Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun

t (menit)	I (mm)	I x t	I^2	I^2 x t	Log t	Log I	Log t x Log I	$(\text{Log t})^2$	2 x (Log I)	$t^{0,5}$	I x $t^{0,5}$	$t^{0,5}$ x I^2
5	149,04	745,18	22212,00	111060,00	0,70	2,17	1,52	0,49	4,35	2,24	333,26	49667,54

t (menit)	I (mm)	I x t	I^2	I^2 x t	Log t	Log I	Log t x Log I	$(Log\ t)^2$	2 x (Log I)	$t^{0,5}$	I x $t^{0,5}$	$t^{0,5}$ x I^2
10	132,69	1326,91	17606,88	176068,81	1,00	2,12	2,12	1,00	4,25	3,16	419,61	55677,85
20	118,27	2365,36	13987,32	279746,38	1,30	2,07	2,70	1,69	4,15	4,47	528,91	62553,19
40	92,31	3692,27	8520,53	340821,29	1,60	1,97	3,15	2,57	3,93	6,32	583,80	53888,58
60	77,88	4673,03	6065,89	363953,21	1,78	1,89	3,36	3,16	3,78	7,75	603,29	46986,16
120	49,04	5884,55	2404,72	288566,46	2,08	1,69	3,51	4,32	3,38	10,95	537,18	26342,39
240	28,85	6923,00	832,08	199699,98	2,38	1,46	3,48	5,67	2,92	15,49	446,88	12890,58
Jumlah	648,07	25610,31	71629,42	1759916,13	10,84	13,38	19,84	18,90	26,75	50,39	3452,92	308006,29

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5.30 Perhitungan Nilai Konstanta a dan b atau n

PUH	Metode	a	b atau n
5	Talbot	18.058,81	48,54
10		21.963,01	52,55
5	Sherman	293,54	0,43
10		886,61	0,41
5	Ishiguro	504,29	0,81
10		586,17	1,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5.31 Perhitungan Selisih Intensitas Hujan PUH 5 Tahun

Durasi (menit)	I (mm/jam)	I Talbot	I - I Talbot	I Ishiguro	I - I Ishiguro	I Sherman	I - I Sherman
5	138,58	337,32	- 198,74	165,41	- 26,83	147,28	- 8,70
10	117,98	308,51	- 190,53	126,87	- 8,89	109,43	8,55
20	106,74	263,50	- 156,75	95,42	11,32	81,31	25,43
40	81,46	203,97	- 122,51	70,66	10,81	60,42	21,05
60	68,35	166,39	- 98,03	58,92	9,43	50,78	17,57
120	42,14	107,15	- 65,02	42,86	- 0,72	37,73	4,40
240	25,28	62,59	- 37,31	30,93	- 5,65	28,04	- 2,75
Rata - rata			- 124,13		- 1,50		9,36

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5.32 Perhitungan Selisih Intensitas Hujan PUH 10 Tahun

Durasi (menit)	I (mm/jam)	I Talbot	I - I Talbot	I Ishiguro	I - I Ishiguro	I Sherman	I - I Sherman
5	149,04	381,66	- 232,62	180,95	- 31,91	456,06	- 307,02
10	132,69	351,15	- 218,46	140,71	- 8,02	342,51	- 209,82
20	118,27	302,74	- 184,48	107,05	11,22	257,24	- 138,97
40	92,31	237,32	- 145,01	79,99	12,32	193,19	- 100,89
60	77,88	195,15	- 117,26	67,00	10,89	163,40	- 85,52
120	49,04	127,29	- 78,25	49,02	0,02	122,72	- 73,68
240	28,85	75,08	- 46,23	35,54	- 6,69	92,17	- 63,32
Rata - rata			- 146,04		- 1,74		- 139,89

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 5.28 hingga Tabel 5.32 diketahui bahwa nilai delta Intensitas terkecil untuk masing PUH 5 dan PUH 10 adalah metode Ishiguro sehingga Intensitas lengkung yang digunakan adalah rumus intensitas lengkung Ishiguro.

5.2. Perhitungan Debit Limpasan Hujan

Perhitungan debit limpasan hujan berkaitan dengan besarnya intensitas hujan yang terjadi dan nilai koefisien aliran air hujan (C). Koefisien aliran air hujan (C) dipengaruhi oleh luas area dan fungsi tata guna lahan pada daerah tangkapan (*catchment area*) pada daerah tangkapan. Penentuan arah aliran permukaan direncanakan sesuai dengan keadaan topografi wilayah studi.

5.2.1. Penentuan Luas Daerah Tangkapan (*Catchment Area*)

Penentuan luas daerah tangkapan (catchment area) wilayah studi pada analisis dan evaluasi ini dilakukan dengan melakukan overlay peta topografi wilayah studi, peta sistem drainase wilayah studi, dan peta daerah tangkapan (catchment area) eksisting wilayah studi. Luas setiap daerah tangkapan mengacu pada saluran sekunder terdekat yang melayani daerah tersebut sesuai dengan aliran permukaan air, kondisi topografi daerah tangkapan, dan peta *catchment area* eksisting. Pada analisis dan evaluasi ini dilakukan pembagian saluran menjadi 29 segmen yang terdiri dari 15 segmen saluran primer dan 14 segmen saluran sekunder dimana masing - masing segmen sekunder melayani satu blok yang luasannya mengacu pada saluran sekunder terdekat yang melayani daerah tersebut dan masing - masing segmen primer melayani satu atau lebih blok yang luasannya mengacu pada saluran primer terdekat yang melayani daerah tersebut sesuai dengan aliran permukaan air, kondisi topografi daerah tangkapan, dan peta *catchment area* eksisting dari dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya. Penentuan segmen saluran beserta luas daerah tangkapan tiap blok disajikan pada Tabel 5.33 berikut ini.

Tabel 5.33 Segmen Saluran dan Luas Daerah Tangkapan

No	Segmen	Blok	A (ha)	Jarak (m)
1	A-B	DAS 1, DAS 2	1.263,64	3.169,43
2	B1-B	Blok 12	225,45	1.402,09
3	B-C	A-B, Blok 1, DAS 3	1.726,52	628,38
4	C1-C	Blok 2	328,83	2.751,69
5	C-D	B-C, Blok 2, DAS 4	2.415,09	1.545,39

No	Segmen	Blok	A (ha)	Jarak (m)
6	D1-D	Blok 3	280,54	1.468,30
7	D-E	C-D, Blok 3	2.695,63	588,86
8	E1-E	Blok 20	208,96	1.327,81
9	E-F	D-E, Blok 20	2.904,59	679,15
10	F1-F	Blok 4	627,66	3.331,37
11	F-G	E-F, Blok 4	3.532,25	685,57
12	G1-G	Blok 21	286,17	1.691,80
13	G-I2	F-G, Blok 21	3.818,42	509,03
14	H1-H	Blok 5	69,38	606,47
15	H-I	Blok 6	10,44	225,25
16	I1-I	Blok 7	29,60	694,40
17	I-12	-	373,75	28,75
18	I2-J4	G-I2, Blok 5, Blok 6	4.271,99	662,18
19	I-J	Blok 10	24,09	663,48
20	J1-J3	Blok 9	90,90	959,55
21	J2-J3	Blok 8	32,28	383,91
22	J3-J	Blok 11	27,07	1.042,65
23	J-J4	-	139,43	25,35
24	J4-K2	I2-K4, Blok 7-11, Blok 13	4.618,71	194,17
25	J-K	Blok 13	3,35	191,52
26	K1-K	Blok 15	45,89	739,44
27	K-K2	-	259,77	24,74
28	K2-L	J4-K2, Blok 14, Blok 15	4.944,68	464,78
29	K-L	Blok 14	20,31	490,33
30	L-M	K2-L	4.944,68	83,11
31	M1-M	Blok 22	325,75	2.402,02
32	M-N	L-M, Blok 22	5.270,43	329,95
33	J3-N2	Blok 18	93,39	1.082,49

No	Segmen	Blok	A (ha)	Jarak (m)
34	N1-N2	Blok 19	396,70	4.238,17
35	N3-N2	Blok 17	24,10	465,94
36	N2-N	Blok 16	99,88	970,66
37	N-O	M-N, Blok 16-19	5.884,50	354,52
38	P1-P	Blok 23	364,74	3.864,00
39	Q1-Q	Blok 12	99,50	1.175,25

Sumber : Hasil Perhitungan

5.2.2. Perhitungan Koefisien Aliran (C)

Koefisien aliran (C) merupakan nilai yang menunjukkan perbandingan besarnya aliran air (*run off*) terhadap besarnya curah hujan. Permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air menentukan besaran nilai koefisien aliran (C). Nilai koefisien aliran (C) yang digunakan merupakan hasil perhitungan berdasarkan fungsi lahan pada daerah studi dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya. Berdasarkan peta tata guna lahan dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya fungsi lahan pada daerah studi terdapat empat jenis, yaitu :

1. Pemukiman, terdiri dari area pemukiman penduduk baik perumahan maupun non perumahan. Pemukiman di wilayah studi merupakan pemukiman padat dengan koefisien aliran (C) sebesar 0,60.
2. Fasilitas umum, terdiri dari sarana prasarana yang diperuntukkan masyarakat umum seperti pemakaman umum, jalan raya, dan tempat peribadatan. Nilai koefisien aliran (C) fasilitas umum antar blok belum tentu sama dikarenakan komposisi jalan raya yang belum tentu sama pada tiap blok. Berikut ini contoh perhitungan koefisien aliran rata - rata pada blok 1 :

   Jalan = 1,16 ha
   Sarana dan prasarana lain = 6,02 ha
   Nilai C jalan = 0,70
   Nilai C sarana dan prasarana lain = 0,35
   Nilai C rata - rata fasilitas umum blok 1

   $$Cr = \frac{(1{,}16 \times 0{,}70) + (6{,}02 \times 0{,}35)}{1{,}16 + 6{,}02} = 0{,}41$$

3. Area komersial, terdiri dari area perdagangan dan perindustrian. Nilai koefisien aliran (C) area komersial merupakan gabungan antara nilai C area perdagangan dan nilai C area perindustrian. Pada analisis dan evaluasi kali ini ditentukan nilai koefisian gabungan antara area perdagangan dan perindustrian sebesar 0,65 dengan pertimbangan luas area perdagangan sama dengan area perindustrian. Berikut ini perhitungan koefisien aliran rata - rata area komersial :

Perdagangan = 50% dari total luas lahan
= 50% x 261,44 ha = 130,72 ha
Perindustrian = 50% dari toal luas lahan
= 50% x 261,44 ha = 130,72 ha
Nilai C perdagangan = 0,60
Nilai C perindustrian = 0,70
Nilai C rata - rata area komersial

$$Cr = \frac{(130,72 \text{ x } 0,60) + (130,72 \text{ x } 0,70)}{130,72 + 130,72} = 0,65$$

4. Area hijau, terdiri dari area persawahan dan ruang terbuka hijau (RTH). Nilai koefisien aliran (C) area komersial merupakan gabungan antara nilai C area persawahan dan nilai C area terbuka hijau. Pada analisis dan evaluasi kali ini ditentukan nilai koefisian gabungan antara area persawahan dan ruang terbuka hijau sebesar 0,37 dengan pertimbangan luas dan sisanya merupakan area persawahan area ruang terbuka hijau sebesar 20,70% dari total luas area hijau (Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya, 2015). Berikut ini perhitungan koefisien aliran rata - rata area komersial :

Persawahan = 79,30% dari total luas lahan
= 79,30% x 1.163,00 ha
= 922,26 ha
Ruang terbuka hijau = 20,70% dari toal luas lahan
= 20,70% x 1.163,00 ha
= 240,74 ha
Nilai C persawahan = 0,45
Nilai C ruang terbuka hijau = 0,15
Nilai C rata - rata area komersial

$$Cr = \frac{(922,26 \text{ x } 0,45) + (240,74 \text{ x } 0,15)}{922,26 + 240,74} = 0,39$$

5. Area biru, terdiri dari area tambak, waduk, dan sungai. Area biru ini memiliki nilai koefisien aliran (C) sebesar 0,00 karena dianggap dapat menampung (menyerap) air sepenuhnya.

Keempat komponen fungsi lahan tersebut yang akan mempengaruhi perhitungan nilai C kumulatif tiap blok. Berikut ini contoh perhitungan C kumulatif pada blok 1 :

- Menghitung luasan tiap fungsi lahan berdasarkan peta tata guna lahan dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya.

  Area pemukiman = 134,39 ha
  Area fasilitas umum = 7,18 ha
  Area komersial = 0,00 ha
  Area hijau = 80,19 ha
  Area biru = 3,69 ha

- Menghitung nilai kumulatif perkalian antara nilai C dan luasan area tiap fungsi lahan

  Area pemukiman = C x A
  = 0,60 x 134,39 ha = 80,63
  Area fasilitas umum = C x A
  = 0,41 x 7,18 ha = 0,47
  Area komersial = C x A
  = 0,65 x 0,00 ha = 0,00
  Area hijau = C x A
  = 0,39 x 80,19 ha = 31,27
  Area biru = C x A
  = 0,00 x 3,69 ha = 0,00

- Menghitung C kumulatif (Cr)

  $$Cr = \frac{\sum C \times A}{\sum A} = \frac{112,38}{225,45} = 0,50$$

Pada Tabel 5.34 disajikan hasil perhitungan koefisien aliran kumulatif (Cr) tiap blok

Tabel 5.34 Perhitungan Koefisien Aliran Kumulatif (Cr)

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
B1 - B	Saluran Sekunder Lakarsantri	Blok 1	1.402,09	Pemukiman	134,39	59,61%	0,60		0,60	80,63	0,50
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	1,16	0,51%	0,70	0,81	0,41	0,47	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	6,02	2,67%	0,35	2,11			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	80,19	35,57%	0,39		0,39	31,27	
				Area Biru	3,69	1,64%	0,00		0,00	0,00	
				Total	225,45	100,00%				112,38	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
C1 - C	Saluran Sekunder Jeruk	Blok 2	2.751,69	Pemukiman	193,97	58,99%	0,60		0,60	116,38	0,52
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	3,72	1,13%	0,70	2,60	0,53	1,96	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	3,60	1,09%	0,35	1,26			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	16,22	4,93%	0,65		0,65	10,54	
				Area Hijau	111,32	33,85%	0,39		0,39	43,41	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	328,83	100,00%				172,30	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
D1 - D	Saluran Sekunder Perum Lidah Kulon	Blok 3	1.468,30	Pemukiman	234,08	83,44%	0,60		0,60	140,45	0,55
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	6,03	2,15%	0,70	4,22	0,63	3,77	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	1,64	0,58%	0,35	0,57			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	10,49	3,74%	0,65		0,65	6,82	
				Area Hijau	10,21	3,64%	0,39		0,39	3,98	
				Area Biru	18,09	6,45%	0,00		0,00	0,00	
				Total	280,54	100,00%				155,02	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
E1 - E	Saluran Sekunder Bangkingan	Blok 20	1.327,81	Pemukiman	88,23	42,22%	0,60		0,60	52,94	0,46
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	5,95	2,85%	0,70	4,17	0,51	3,04	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	7,05	3,37%	0,35	2,47			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	1,31	0,63%	0,65		0,65	0,85	
				Area Hijau	102,30	48,96%	0,39		0,39	39,90	
				Area Biru	4,12	1,97%	0,00		0,00	0,00	
				Total	208,96	100,00%				96,72	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
F1 - F	Saluran Sekunder Lidah Kulon	Blok 4	3.331,37	Pemukiman	420,04	66,92%	0,60		0,60	252,02	0,59
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	6,52	1,04%	0,70	4,56	0,63	4,11	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	1,64	0,26%	0,35	0,57			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	170,35	27,14%	0,65		0,65	110,73	
				Area Hijau	10,21	1,63%	0,39		0,39	3,98	
				Area Biru	18,90	3,01%	0,00		0,00	0,00	
				Total	627,66	100,00%				370,84	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
G1 - G	Saluran Sekunder Pondok Menggala	Blok 21	1.691,80	Pemukiman	108,89	38,05%	0,60		0,60	65,33	0,46
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	4,08	1,43%	0,70	2,86	0,51	2,08	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	4,87	1,70%	0,35	1,70			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	3,69	1,29%	0,65		0,65	2,40	
				Area Hijau	160,52	56,09%	0,39		0,39	62,60	
				Area Biru	4,12	1,44%	0,00		0,00	0,00	
				Total	286,17	100,00%				132,41	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
H1 - H	Saluran Sekunder Lembah Harapan	Blok 5	606,47	Pemukiman	63,95	92,17%	0,60		0,60	38,37	0,59
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,94	1,35%	0,70	0,66	0,50	0,47	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	1,29	1,86%	0,35	0,45			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	3,20	4,61%	0,65		0,65	2,08	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	69,38	100,00%				40,92	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
H - I	Saluran Sekunder Lembah Harapan 1	Blok 6	225,25	Pemukiman	9,72	93,10%	0,60		0,60	5,83	0,59
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,00	0,00%	0,70	0,00	0,00	0,00	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	0,72	6,90%	0,39		0,39	0,28	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	10,44	100,00%				6,11	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
I1 - I	Saluran Sekunder Babadan Indah	Blok 7	694,40	Pemukiman	29,60	100,00%	0,60		0,60	17,76	0,60
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,00	0,00%	0,70	0,00	0,00	0,00	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	29,60	100,00%				17,76	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
I - I2	Saluran Sekunder Babadan Indah 1		28,75	Pemukiman	0,00	0,00%	0,60		0,60	0,00	0,00
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,00	0,00%	0,70	0,00	0,00	0,00	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	373,75	100,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	373,75	100,00%				0,00	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
I - J	Saluran Sekunder Babadan Indah 2	Blok 10	663,48	Pemukiman	22,52	93,48%	0,60		0,60	13,51	0,57
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,00	0,00%	0,70	0,00	0,35	0,00	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,84	3,49%	0,35	0,29			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	0,73	3,03%	0,39		0,39	0,28	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	24,09	100,00%				13,80	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
J1 - J3	Saluran Sekunder Babadan Mukti	Blok 9	959,55	Pemukiman	41,19	45,31%	0,60		0,60	24,71	0,47
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	4,45	4,90%	0,70	3,12	0,42	1,88	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	17,27	19,00%	0,35	6,04			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	24,87	27,36%	0,65		0,65	16,17	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	3,12	3,43%	0,00		0,00	0,00	
				Total	90,90	100,00%				42,76	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
J2 - J3	Saluran Sekunder Wiyung Baru 1	Blok 8	383,91	Pemukiman	26,76	82,90%	0,60		0,60	16,06	0,59
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,90	2,79%	0,70	0,63	0,56	0,51	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,57	1,77%	0,35	0,20			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	4,05	12,55%	0,65		0,65	2,63	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	32,28	100,00%				19,20	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
J3 - J	Saluran Sekunder Babadan Mukti 1	Blok 11	1042,65	Pemukiman	22,85	84,41%	0,60		0,60	13,71	0,56
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,26	0,96%	0,70	0,18	0,39	0,10	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	2,06	7,61%	0,35	0,72			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	1,90	7,02%	0,65		0,65	1,24	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	27,07	100,00%				15,05	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
J - J4	Saluran Sekunder Babadan Mukti 2		25,35	Pemukiman	0,00	0,00%	0,60		0,60	0,00	0,00
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,00	0,00%	0,70	0,00	0,00	0,00	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	139,43	100,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	139,43	100,00%				0,00	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
J - K	Saluran Sekunder Babadan Mukti 3	Blok 13	191,52	Pemukiman	1,95	58,21%	0,60		0,60	1,17	0,35
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,00	0,00%	0,70	0,00	0,35	0,00	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	1,40	41,79%	0,35	0,49			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	3,35	100,00%				1,17	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
K1 - K	Saluran Sekunder Babadan Pratama	Blok 15	739,44	Pemukiman	40,97	89,28%	0,60		0,60	24,58	0,60
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,40	0,87%	0,70	0,28	0,53	0,21	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,39	0,85%	0,35	0,14			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	4,13	9,00%	0,65		0,65	2,68	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	45,89	100,00%				27,48	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
K - K2	Saluran Sekunder Babadan Pratama 1		24,74	Pemukiman	0,00	0,00%	0,60		0,60	0,00	0,00
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,00	0,00%	0,70	0,00	0,00	0,00	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	259,77	100,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	259,77	100,00%				0,00	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
K - L	Saluran Sekunder Babatan Pratama 2	Blok 14	25,35	Pemukiman	19,39	95,47%	0,60		0,60	11,63	0,57
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,00	0,00%	0,70	0,00	0,35	0,00	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,92	4,53%	0,35	0,32			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	20,31	100,00%				11,63	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
M1 - M	Saluran Sekunder Pondok Maritim	Blok 22	83,11	Pemukiman	239,22	73,44%	0,60		0,60	143,53	0,52
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	3,93	1,21%	0,70	2,75	0,43	1,70	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	12,93	3,97%	0,35	4,53			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	62,93	19,32%	0,39		0,39	24,54	
				Area Biru	6,74	2,07%	0,00		0,00	0,00	
				Total	325,75	100,00%				169,77	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
J3 - N2	Saluran Sekunder Wiyung Baru 2	Blok 18	329,95	Pemukiman	85,49	91,54%	0,60		0,60	51,29	0,59
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,87	0,93%	0,70	0,61	0,48	0,42	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	1,42	1,52%	0,35	0,50			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	3,53	3,78%	0,65		0,65	2,29	
				Area Hijau	2,08	2,23%	0,39		0,39	0,81	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	93,39	100,00%				54,82	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
N1 - N2	Saluran Sekunder Wiyung	Blok 19	1.082,49	Pemukiman	202,36	51,01%	0,60		0,60	121,42	0,49
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	13,39	3,38%	0,70	9,37	0,49	6,54	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	20,50	5,17%	0,35	7,18			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	23,02	5,80%	0,65		0,65	14,96	
				Area Hijau	132,87	33,49%	0,39		0,39	51,82	
				Area Biru	4,56	1,15%	0,00		0,00	0,00	
				Total	396,70	100,00%				194,74	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
N3 - N2	Saluran Sekunder Wiyung Baru 3	Blok 17	4.238,17	Pemukiman	20,67	85,77%	0,60		0,60	12,40	0,61
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,32	1,33%	0,70	0,22	0,70	0,22	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	3,11	12,90%	0,65		0,65	2,02	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	24,10	100,00%				14,65	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
N2 - N	Saluran Sekunder Wiyung 1	Blok 16	465,94	Pemukiman	96,88	97,00%	0,60		0,60	58,13	0,60
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	0,63	0,63%	0,70	0,44	0,70	0,44	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	2,37	2,37%	0,65		0,65	1,54	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	99,88	100,00%				60,11	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
P1 - P	Saluran Sekunder Kebraon	Blok 23	354,52	Pemukiman	291,33	79,87%	0,60		0,60	174,80	0,53
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	5,35	1,47%	0,70	3,75	0,42	2,22	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	23,39	6,41%	0,35	8,19			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	12,42	3,41%	0,65		0,65	8,07	
				Area Hijau	18,53	5,08%	0,39		0,39	7,23	
				Area Biru	13,72	3,76%	0,00		0,00	0,00	
				Total	364,74	100,00%				192,32	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
Q1 - Q	Saluran Sekunder Bogangin	Blok 12	3.864,00	Pemukiman	90,01	90,46%	0,60		0,60	54,01	0,60
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	1,31	1,32%	0,70	0,92	0,53	0,69	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	1,23	1,24%	0,35	0,43			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	6,95	6,98%	0,65		0,65	4,52	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	99,50	100,00%				59,22	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
		DAS 1		Pemukiman	689,24	96,24%	0,60		0,60	413,54	0,60
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	3,02	0,42%	0,70	2,11	0,70	2,11	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	23,89	3,34%	0,65		0,65	15,53	
				Area Hijau	0,00	0,00%	0,39		0,39	0,00	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	716,15	100,00%				431,49	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
		DAS 2		Pemukiman	203,69	37,21%	0,60		0,60	122,21	0,47
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	5,12	0,94%	0,70	3,58	0,70	3,58	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	0,00	0,00%	0,65		0,65	0,00	
				Area Hijau	338,68	61,86%	0,39		0,39	132,09	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	547,48	100,00%				258,40	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
		DAS 3		Pemukiman	131,08	55,21%	0,60		0,60	78,65	0,52
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	6,35	2,67%	0,70	4,45	0,58	3,66	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	3,44	1,45%	0,35	1,20			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	18,19	7,66%	0,65		0,65	11,82	
				Area Hijau	77,37	32,59%	0,39		0,39	30,17	
				Area Biru	1,00	0,42%	0,00		0,00	0,00	
				Total	237,42	100,00%				124,32	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
		DAS 4		Pemukiman	282,94	78,65%	0,60		0,60	169,76	0,56
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	6,54	1,82%	0,70	4,58	0,70	4,58	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	11,38	3,16%	0,65		0,65	7,40	
				Area Hijau	54,34	15,11%	0,39		0,39	21,19	
				Area Biru	4,54	1,26%	0,00		0,00	0,00	
				Total	359,74	100,00%				202,93	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
A - B	Saluran Primer Kali Kedurus	DAS 1, DAS 2	3.169,43	Pemukiman	892,93	70,66%	0,60		0,60	535,76	0,55
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	8,14	0,64%	0,70	5,70	0,70	5,70	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	0,00	0,00%	0,35	0,00			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	23,89	1,89%	0,65		0,65	15,53	
				Area Hijau	338,68	26,80%	0,39		0,39	132,09	
				Area Biru	0,00	0,00%	0,00		0,00	0,00	
				Total	1.263,64	100,00%				689,07	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
B - C	Saluran Primer Kali Kedurus	A - B, Blok 1, DAS 3	628,38	Pemukiman	1.158,40	67,09%	0,60		0,60	695,04	0,54
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	15,65	0,91%	0,70	10,96	0,57	8,89	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	9,46	0,55%	0,35	3,31			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	42,08	2,44%	0,65		0,65	27,35	
				Area Hijau	496,24	28,74%	0,39		0,39	193,53	
				Area Biru	4,69	0,27%	0,00		0,00	0,00	
				Total	1.726,52	100,00%				924,82	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
C - D	Saluran Primer Kali Kedurus	B - C, Blok 2, DAS 4	1.545,39	Pemukiman	1.635,31	67,71%	0,60		0,60	981,19	0,54
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	25,91	1,07%	0,70	18,14	0,58	15,10	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	13,06	0,54%	0,35	4,57			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	69,68	2,89%	0,65		0,65	45,29	
				Area Hijau	661,90	27,41%	0,39		0,39	258,14	
				Area Biru	9,23	0,38%	0,00		0,00	0,00	
				Total	2.415,09	100,00%				1.299,72	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
D - E	Saluran Primer Kali Kedurus	C - D, Blok 3	588,86	Pemukiman	1.869,39	69,35%	0,60		0,60	1.121,63	0,54
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	31,94	1,18%	0,70	22,36	0,59	18,83	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	14,70	0,55%	0,35	5,15			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	80,17	2,97%	0,65		0,65	52,11	
				Area Hijau	672,11	24,93%	0,39		0,39	262,12	
				Area Biru	27,32	1,01%	0,00		0,00	0,00	
				Total	2.695,63	100,00%				1.454,70	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
E - F	Saluran Primer Kali Kedurus	D - E, Blok 20	679,15	Pemukiman	1.957,62	67,40%	0,60		0,60	1.174,57	0,53
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	37,89	1,30%	0,70	26,52	0,57	21,69	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	21,75	0,75%	0,35	7,61			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	81,48	2,81%	0,65		0,65	52,96	
				Area Hijau	774,41	26,66%	0,39		0,39	302,02	
				Area Biru	31,44	1,08%	0,00		0,00	0,00	
				Total	2.904,59	100,00%				1.551,24	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
F - G	Saluran Primer Kali Kedurus	E - F, Blok 4	685,57	Pemukiman	2.377,66	67,31%	0,60		0,60	1.426,60	0,54
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	44,41	1,26%	0,70	31,09	0,58	25,72	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	23,39	0,66%	0,35	8,19			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	251,83	7,13%	0,65		0,65	163,69	
				Area Hijau	784,62	22,21%	0,39		0,39	306,00	
				Area Biru	50,34	1,43%	0,00		0,00	0,00	
				Total	3.532,25	1,00				1.922,01	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
G - I2	Saluran Primer Kali Kedurus	F - G, Blok 21	509,03	Pemukiman	2.486,55	65,12%	0,60		0,60	1.491,93	0,54
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	48,49	1,27%	0,70	33,94	0,57	27,69	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	28,26	0,74%	0,35	9,89			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	255,52	6,69%	0,65		0,65	166,09	
				Area Hijau	945,14	24,75%	0,39		0,39	368,60	
				Area Biru	54,46	1,43%	0,00		0,00	0,00	
				Total	3.818,42	100,00%				2.054,32	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
I2 - J4	Saluran Primer Kali Kedurus	G - I2, Blok 5, Blok 6. Segmen !-!2	662,18	Pemukiman	2.560,22	59,93%	0,60		0,60	1.536,13	0,49
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	49,43	1,16%	0,70	34,60	0,57	28,13	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	29,55	0,69%	0,35	10,34			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	258,72	6,06%	0,65		0,65	168,17	
				Area Hijau	945,86	22,14%	0,39		0,39	368,89	
				Area Biru	428,21	10,02%	0,00		0,00	0,00	
				Total	4.271,99	100,00%				2.101,31	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
J4 - K2	Saluran Primer Kali Kedurus	I2 - J4, Blok 7, Blok 8, Blok 9, Blok 10, Blok 11, Blok 13, Segmen J-J4	194,17	Pemukiman	2.705,09	58,57%	0,60		0,60	1.623,05	0,48
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	55,04	1,19%	0,70	38,53	0,53	29,20	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	51,69	1,12%	0,35	18,09			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	289,54	6,27%	0,65		0,65	188,20	
				Area Hijau	946,59	20,49%	0,39		0,39	369,17	
				Area Biru	570,76	12,39%	0,00		0,00	0,00	
				Total	4.618,71	100,00%				2.209,62	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
K2 - L	Saluran Primer Kali Kedurus	J4 - K2, Blok 14, Blok 15, Segmen K-K2	464,78	Pemukiman	2.765,45	55,93%	0,60		0,60	1.659,27	0,45
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	55,44	1,12%	0,70	38,81	0,53	29,32	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	53,00	1,07%	0,35	18,55			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	293,67	5,94%	0,65		0,65	190,89	
				Area Hijau	946,59	19,14%	0,39		0,39	369,17	
				Area Biru	830,53	16,80%	0,00		0,00	0,00	
				Total	4.944,68	100,00%				2.248,65	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
L - M	Saluran Primer Kali Kedurus	K2 - L	490,33	Pemukiman	2.765,45	55,93%	0,60		0,60	1.659,27	0,45
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	55,44	1,12%	0,70	38,81	0,53	29,32	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	53,00	1,07%	0,35	18,55			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	293,67	5,94%	0,65		0,65	190,89	
				Area Hijau	946,59	19,14%	0,39		0,39	369,17	
				Area Biru	830,53	16,80%	0,00		0,00	0,00	
				Total	4.944,68	100,00%				2.248,65	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
M - N	Saluran Primer Kali Kedurus	L - M, Blok 22	2.402,02	Pemukiman	3.004,67	57,10%	0,60		0,60	1.802,80	0,46
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	59,37	1,13%	0,70	41,56	0,52	30,63	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	65,93	1,25%	0,35	23,08			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	293,67	5,57%	0,65		0,65	190,89	
				Area Hijau	1.009,52	19,15%	0,39		0,39	393,71	
				Area Biru	837,27	15,89%	0,00		0,00	0,00	
				Total	5.270,43	100,00%				2.418,03	

Lanjutan Tabel 5.34

Saluran	Jenis saluran	Area Blok	Jarak (m)	Fungsi Lahan	Luas (ha)	%	C Sementara	C x A	C Pakai	C x A Pakai	Cr
N - O	Saluran Primer Kali Kedurus	M - N, Blok 16, Blok 17, Blok 18, Blok 19	970,66	Pemukiman	3.410,07	57,95%	0,60		0,60	2.046,04	0,47
				Fasilitas Umum (Jalan Raya)	74,58	1,27%	0,70	52,21	0,51	38,09	
				Faslititas Umum (Sarana Prasarana)	87,85	1,49%	0,35	30,75			
				Area Komersial (Perdagangan dan Perindustrian)	325,70	5,53%	0,65		0,65	211,71	
				Area Hijau	1.144,47	19,45%	0,39		0,39	446,34	
				Area Biru	841,83	14,31%	0,00		0,00	0,00	
				Total	5.884,50	100,00%				2.742,18	

Sumber : Hasil Perhitungan

5.2.3. Perhitungan Kecepatan Rencana dan Kecepatan Eksisting

Kecepatan aliran dalam analisis dan evaluasi kali ini terbagi menjadi dua, yaitu kecepatan rencana dan kecepatan eksisting. Kecepatan rencana merupakan kecepatan awal pada saat saluran dibangun sehingga belum terdapat sedimen, sedangkan kecepatan eksisting merupakan kecepatan saluran pada saat ini. Kecepatan rencana diperoleh dari data sekunder dari PU Brantas selaku pihak yang membangun saluran dan kecepatan eksisting diperoleh dari pengukuran di lapangan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8066:2015 mengenai Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka dengan mengunakan alat bantu berupa pelampung.

- Kecepatan rencana

  Perhitungan kecepatan rencana sesuai dengan data sekunder dari PU Brantas dan dihitung secara matematis. Berikut ini merupakan contoh perhitungan kecepatan rencana pada segmen A - B :

  Segmen A - B saluran primer Kali Kedurus

  Luas saluran rencana (A) = 68,71 m^2
  Panjang saluran A - B = 3.169,43 meter
  Lebar atas saluran (T) = 7,00 meter
  Lebar bawah saluran (b) = 6,00 meter
  Elevasi awal (h1) (y) = 7,27 meter
  Elevasi akhir (h2) = 6,41 meter
  n saluran = 0,02

  (Tabel 3.8 dan 3.9, sumber: Subarkah, 1980)

  Saluran berbentuk trapesium dengan lapisan beton pada kedua sisi saluran.

  Slope saluran = (h1 - h2) / panjang saluran
  = (5,27 – 4,41)m / 3.169,43 m
  = 0,0003

  Z = (T - b) / 2 x y
  = (7,00 - 6,50) / 2 x 5,27
  = 0,05

  Keliling basah (P) = $b + 2y \times (1 + Z^2)^{0,5}$
  = $6,50 + 2(5,27) \times (1 + 0,05^2)^{0,5}$
  = 17,54 m

Jari - jari hidrolis (R) = A / P = 24,01 m^2 / 17,54 m = 1,37 m
Kecepatan rencana = (1/n) x $(R)^{2/3}$ x $(Slope)^{1/2}$ = (1/0,02) x $(1,37)^{2/3}$ x $(0,0003)^{1/2}$ = 1,02 m/s
Hasil perhitungan kecepatan rencana segmen yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35 Perhitungan Kecepatan Rencana

No	Segmen	Luas (m^2)	Panjang (m)	Lebar (m)		Elevasi (m)		Slope	z	P (m)	R (m)	n saluran	V rencana (m/s)
				Atas	Bawah	Awal	Akhir						
1	A-B	24,01	3.169,43	7,00	6,50	5,27	4,41	0,0003	0,05	17,54	1,37	0,02	1,02
2	B1-B	8,75	1.402,09	3,50	3,20	9,67	4,41	0,0038	0,02	22,84	0,38	0,02	1,61
3	B-C	29,53	628,38	8,50	8,00	4,41	3,73	0,0011	0,06	17,32	1,70	0,02	2,35
4	C1-C	4,93	2.751,69	2,00	1,80	10,65	3,73	0,0025	0,01	23,30	0,21	0,02	0,89
5	C-D	15,27	1.545,39	4,50	4,00	3,73	3,46	0,0002	0,07	11,96	1,28	0,02	0,78
6	D1-D	4,93	1.468,30	2,00	1,80	9,78	3,46	0,0043	0,01	21,56	0,23	0,02	1,22
7	D-E	45,07	588,86	13,00	12,00	3,46	3,29	0,0003	0,14	19,93	2,26	0,02	1,49
8	E1-E	7,75	1.327,81	3,00	2,80	3,82	3,29	0,0004	0,03	10,64	0,73	0,02	0,81
9	E-F	64,77	679,15	18,40	17,50	3,29	3,17	0,0002	0,14	24,98	2,59	0,02	1,25
10	F1-F	14,70	3.331,37	4,50	4,00	10,87	3,17	0,0023	0,02	26,24	0,56	0,02	1,63
11	F-G	70,85	685,57	20,20	19,00	3,17	2,68	0,0007	0,19	26,54	2,67	0,02	2,59
12	G1-G	9,02	1.691,80	3,50	3,20	2,89	2,68	0,0001	0,05	9,28	0,97	0,02	0,55
13	G-I2	103,22	509,03	29,00	28,00	2,68	2,56	0,0002	0,19	34,35	3,00	0,02	1,56

No	Segmen	Luas (m^2)	Panjang (m)	Lebar (m)		Elevasi (m)		Slope	z	P (m)	R (m)	n saluran	V rencana (m/s)
				Atas	Bawah	Awal	Akhir						
14	H1-H	7,78	606,47	3,00	2,80	3,30	2,96	0,0006	0,03	9,60	0,81	0,02	1,03
15	H-I	41,79	225,25	12,00	11,00	2,96	2,81	0,0007	0,17	17,92	2,33	0,02	2,28
16	I1-I	11,31	694,40	4,50	4,00	3,56	2,81	0,0011	0,07	11,62	0,97	0,02	1,61
17	I-12	39,57	28,75	13,00	12,00	2,81	2,56	0,0086	0,18	18,62	2,12	0,02	7,68
18	I2-J4	65,53	662,18	18,50	17,50	2,56	2,50	0,0001	0,20	23,63	2,77	0,02	0,96
19	I-J	44,20	663,48	14,25	13,75	2,81	2,62	0,0003	0,09	19,87	2,22	0,02	1,45
20	J1-J3	13,71	959,55	5,50	5,00	8,59	3,58	0,0052	0,03	22,68	0,60	0,02	2,58
21	J2-J3	18,69	383,91	6,50	5,50	3,64	3,58	0,0002	0,14	13,78	1,36	0,02	0,77
22	J3-J	16,44	1.042,65	5,50	5,00	3,58	2,62	0,0009	0,07	12,66	1,30	0,02	1,81
23	J-J4	16,70	25,35	5,50	5,00	2,62	2,50	0,0047	0,10	10,74	1,55	0,02	4,62
24	J4-K2	83,35	194,17	23,60	22,00	2,50	2,40	0,0005	0,32	28,60	2,91	0,02	2,32
25	J-K	34,40	191,52	11,20	10,50	2,62	2,50	0,0006	0,13	16,44	2,09	0,02	2,05
26	K1-K	12,69	739,44	5,00	4,50	3,35	2,50	0,0011	0,07	11,70	1,08	0,02	1,79
27	K-K2	31,91	24,74	10,50	9,50	2,50	2,40	0,0040	0,20	15,50	2,06	0,02	5,16
28	K2-L	92,52	464,78	23,00	22,00	2,40	2,30	0,0002	0,21	27,80	3,33	0,02	1,64
29	K-L	31,91	490,33	10,50	9,50	2,50	2,30	0,0004	0,20	15,50	2,06	0,02	1,64

No	Segmen	Luas (m^2)	Panjang (m)	Lebar (m)		Elevasi (m)		Slope	z	P (m)	R (m)	n saluran	V rencana (m/s)
				Atas	Bawah	Awal	Akhir						
30	L-M	135,84	83,11	33,75	32,00	2,30	1,95	0,0042	0,38	38,35	3,54	0,02	7,57
31	M1-M	9,07	2.402,02	3,50	3,20	2,53	1,95	0,0002	0,06	8,56	1,06	0,02	0,81
32	M-N	170,26	329,95	42,00	41,00	1,95	1,54	0,0012	0,26	45,90	3,71	0,02	4,24
33	J3-N2	15,87	1.082,49	6,50	5,50	3,58	2,65	0,0009	0,14	13,66	1,16	0,02	1,62
34	N1-N2	12,83	4.238,17	4,50	4,00	10,91	2,65	0,0019	0,02	26,32	0,49	0,02	1,36
35	N3-N2	16,18	465,94	6,50	5,50	2,75	2,65	0,0002	0,18	12,00	1,35	0,02	0,89
36	N2-N	13,54	970,66	4,50	4,00	2,65	1,54	0,0011	0,09	9,80	1,38	0,02	2,10
37	N-O	184,80	354,52	45,00	43,00	1,54	1,32	0,0006	0,65	48,08	3,84	0,02	3,07
38	P1-P	8,67	3.864,00	3,50	3,00	3,21	1,32	0,0005	0,08	9,92	0,87	0,02	1,01
39	Q1-Q	6,32	1.175,25	2,50	2,20	2,88	1,26	0,0014	0,05	8,27	0,76	0,02	1,55

Sumber : Hasil Perhitungan

- Kecepatan eksisting

  Pengukuran kecepatan aliran eksisting pada analisis dan evaluasi kali ini menggunakan bola pingpong. Pada setiap segmen saluran dilakukan pengukuran kecepatan aliran pada satu titik sebanyak 5 kali. Kecepatan aliran eksisting yang dipakai merupakan hasil rata - rata kecepatan aliran yang diukur sebanyak 5 kali. Pengukuran kecepatan pada analisis dan evaluasi ini dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada saat hujan dan pada saat tidak hujan. Pengukuran pada saat tidak hujan bertujuan untuk mengetahui arah aliran pada wilayah

tersebut. Pengukuran pada kondisi hujan digunakan sebagai data dalam perhitungan debit dan kapasitas saluran. Proses pengukuran kecepatan eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 dan hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Gambar 5.5
Pengukuran Kecepatan
Eksisting Saat Hujan

Gambar 5.6
Pengukuran Kecepatan
Eksisting Saat Tidak Hujan

Tabel 5.36 Hasil Pengukuran Kecepatan Eksisting

No	Segmen	Kecepatan Aliran Saat Hujan (m/s)					
		A	B	C	D	E	rata - rata
1	A - B	0,50	0,75	0,33	0,45	0,67	0,54
2	B1 - B	0,52	0,41	0,40	0,49	0,47	0,46
3	B - C	0,98	0,70	0,84	0,77	1,05	0,87
4	C1 - C	0,48	0,54	0,42	0,60	0,54	0,52
5	C - D	0,99	1,14	1,20	0,96	1,08	1,07
6	D1 - D	1,04	1,00	1,69	1,20	1,50	1,28
7	D - E	0,72	0,87	1,05	0,96	1,14	0,95
8	E1 - E	0,40	0,38	0,42	0,44	0,44	0,42
9	E - F	0,60	0,84	0,94	0,66	0,72	0,75
10	F1 - F	0,60	0,55	0,67	0,71	0,56	0,62
11	F - G	1,14	1,11	0,93	0,78	0,87	0,97
12	G1 - G	0,40	0,45	0,50	0,49	0,56	0,48
13	G - I2	1,26	1,20	1,05	1,14	0,96	1,12

No	Segmen	Kecepatan Aliran Saat Hujan (m/s)					
		A	B	C	D	E	rata - rata
14	H1 - H	0,22	0,20	0,18	0,20	0,22	0,20
15	H - I	0,30	0,27	0,48	0,42	0,39	0,37
16	I1 - I	0,56	0,53	0,58	0,61	0,60	0,58
17	I - 12	0,96	1,17	1,11	1,05	1,05	1,07
18	I2 - J4	0,84	0,69	0,72	0,84	0,81	0,78
19	I - J	0,50	0,70	0,55	0,60	0,55	0,58
20	J1 - J3	0,51	0,54	0,58	0,58	0,54	0,55
21	J2 - J3	0,10	0,06	0,08	0,08	0,10	0,08
22	J3 - J	0,75	0,78	0,78	0,87	0,72	0,78
23	J - J4	0,99	0,93	1,14	1,05	1,05	1,03
24	J4 - K2	0,75	0,90	0,95	0,85	0,85	0,86
25	J - K	0,78	0,84	0,81	0,81	0,78	0,80
26	K1 - K	1,32	1,29	1,00	1,13	1,37	1,22
27	K - K2	1,12	1,04	1,00	1,02	1,02	1,04
28	K2 - L	1,00	1,33	1,47	1,54	1,40	1,35
29	K - L	1,08	1,04	1,14	1,12	1,10	1,10
30	L - M	0,75	1,20	1,35	1,35	1,30	1,19
31	M1 - M	0,50	0,55	0,60	0,45	0,55	0,53
32	M - N	1,44	1,32	1,28	1,56	1,00	1,32
33	J3 - N2	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,05
34	N1 - N2	0,42	0,32	0,38	0,36	0,44	0,38
35	N3 - N2	0,04	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03
36	N2 - N	0,63	0,84	0,90	0,93	0,81	0,82
37	N - O	1,00	1,32	1,00	1,12	1,68	1,22
38	P1 - P	0,50	0,55	0,45	0,50	0,70	0,54
39	Q1 - Q	0,54	0,62	0,70	0,58	0,64	0,62

Sumber : Pengambilan Data di Lapangan dan Hasil Perhitungan

5.2.4. Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc) dan Intensitas Hujan

Perhitungan waktu konsentrasi merupakan penjumlahan antara waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh di daerah pematusan untuk masuk kedalam saluran (to) dengan waktu yang dibutuhkan oleh air yang masuk ke dalam saluran untuk mengalir sampai ke titik pengamatan (td). Berikut ini contoh perhitungan waktu konsentrasi (tc) pada saluran primer Kali Kedurus segmen A - B :

Lo = 3.559,52 meter
Ho = 0,86 meter
Ld = 3.169,43 meter
N = 0,013
Kecepatan saat hujan = 0,54 m/s
Koefisien C Kum = 0,55
So = Ho / Ld
= 0,89 meter / 3.169,43 meter
= 0,00024 m/m

$$t_o = \frac{108 \times N \times Lo^{1/3}}{So^{1/3}} = \frac{108 \times 0{,}013 \times 3.559{,}52^{1/3}}{0{,}00024^{1/3}} = 113{,}42 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{Ld}{V\ hujan} = \frac{3.169{,}43\ meter}{0{,}54 \frac{meter}{s} \times 60 \frac{s}{menit}} = 97{,}82 \text{ menit}$$

$tc = t_o + t_d$
= 113,42 menit + 97,82 menit
t_c = 211,24 menit

Intensitas hujan menggunakan rumus Ishiguro sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Pada jenis saluran primer perhitungan menggunkan PUH 10 dan saluran sekunder menggunakan PUH 5. Berikut ini contoh perhitungan intensitas hujan dengan metode Ishiguro pada saluran A - B yang merupakan saluran primer dengan PUH 10 :

$$I = \frac{a}{tc^{0,5} \times b} = \frac{586{,}17}{203{,}20^{0,5} \times 1{,}00} = 38{,}42 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5.37 Nilai a dan b atau n Perhitungan Intensitas dengan Metode Ishiguro

PUH	Metode	a	b
5	Ishiguro	504,29	0,81
10		586,17	1,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan nilai tc dan intensitas hujan tiap saluran dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Hasil Perhitungan Nilai Waktu Konsentrasi dan Intensitas Hujan

No.	Segmen	Lo (m)	elevasi (meter)		Ho (m)	Ld (m)	A limpasan kumulatif (ha)	Kecepatan	Cr	So	to	td kumulatif	tc	Intensitas (mm/jam)	
			awal	Akhir				(m/s)		(m/m)	(menit)	(menit)	(menit)	PUH 5	PUH 10
1	A-B	3.559,52	5,27	4,41	0,86	3.169,43	1.263,64	0,54	0,55	0,00024	113,42	97,82	211,24		37,73
2	B1-B	2.297,39	9,67	4,41	5,26	1.402,09	225,45	0,46	0,50	0,00229	62,50	51,19	113,69	43,95	
3	B-C	3.047,55	4,41	3,73	0,68	628,38	1.726,52	0,87	0,54	0,00022	109,41	12,07	121,48		48,75
4	C1-C	1.199,67	10,65	3,73	6,92	2.751,69	328,83	0,52	0,52	0,00577	41,83	88,88	130,71	41,18	
5	C-D	2.760,09	3,73	3,46	0,27	1.545,39	2.415,09	1,07	0,54	0,00010	124,93	23,98	148,92		44,38
6	D1-D	1.546,88	9,78	3,46	6,32	1.468,30	280,54	1,28	0,55	0,00408	48,79	19,05	67,84	55,73	
7	D-E	2.410,49	3,46	3,29	0,18	588,86	2.695,63	0,95	0,54	0,00007	126,59	10,35	136,94		46,14
8	E1-E	588,99	3,82	3,29	0,53	1.327,81	208,96	0,42	0,46	0,00090	47,82	53,20	101,01	46,42	
9	E-F	2.328,48	3,29	3,17	0,12	679,15	2.904,59	0,75	0,53	0,00005	134,51	15,05	149,56		44,30
10	F1-F	579,15	10,87	3,17	7,70	3.331,37	627,66	0,62	0,59	0,01330	27,77	89,96	117,72	43,24	
11	F-G	3.828,86	3,17	2,68	0,49	685,57	3.532,25	0,97	0,54	0,00013	131,70	11,83	143,53		45,15
12	G1-G	685,56	2,89	2,68	0,21	1.691,80	286,17	0,48	0,46	0,00031	62,21	58,69	120,90	42,71	
13	G-I2	2.439,44	2,68	2,56	0,11	509,03	3.818,42	1,12	0,54	0,00005	139,01	7,56	146,57		44,71
14	H1-H	1.359,36	3,30	2,96	0,34	606,47	69,38	0,20	0,59	0,00025	81,69	49,55	131,24	41,10	
15	H-I	429,33	2,96	2,81	0,15	225,25	10,44	0,37	0,59	0,00035	52,04	10,09	62,13	58,00	
16	I1-I	359,41	3,56	2,81	0,75	694,40	29,60	0,58	0,60	0,00209	34,30	20,06	54,37	61,60	
17	I-12	1.406,32	2,81	2,56	0,25	28,75	373,75	1,07	0,00	0,00018	88,65	0,45	89,10	49,19	
18	I2-J4	1.566,44	2,56	2,50	0,06	662,18	4.271,99	0,78	0,49	0,00004	123,57	14,15	137,72		46,01
19	I-J	379,72	2,81	2,62	0,19	663,48	24,09	0,58	0,57	0,00050	46,49	19,07	65,55	56,60	
20	J1-J3	1.768,15	8,59	3,58	5,01	959,55	90,90	0,55	0,47	0,00283	54,88	29,17	84,05	50,53	
21	J2-J3	485,99	3,64	3,58	0,06	383,91	32,28	0,08	0,59	0,00012	66,77	76,17	142,95	39,49	
22	J3-J	396,75	3,58	2,62	0,96	1.042,65	27,07	0,78	0,56	0,00242	34,42	22,28	56,70	60,45	
23	J-J4	174,15	2,62	2,50	0,12	25,35	139,43	1,03	0,00	0,00069	33,63	0,41	34,04	75,87	
24	J4-K2	3.423,87	2,50	2,40	0,10	194,17	4.618,71	0,86	0,48	0,00003	170,78	3,76	174,55		41,24

No.	Segmen	Lo (m)	elevasi (meter)		Ho (m)	Ld (m)	A limpasan kumulatif (ha)	Kecepatan (m/s)	Cr	So (m/m)	to (menit)	td kumulatif (menit)	tc (menit)	Intensitas (mm/jam)	
			awal	Akhir										PUH 5	PUH 10
25	J-K	188,40	2,62	2,50	0,12	191,52	3,35	0,80	0,35	0,00064	35,07	3,97	39,04	71,42	
26	K1-K	666,83	3,35	2,50	0,85	739,44	45,89	1,22	0,60	0,00127	46,52	10,10	56,62	60,49	
27	K-K2	1.011,58	2,50	2,40	0,10	24,74	259,77	1,04	0,00	0,00010	89,13	0,40	89,53	49,08	
28	K2-L	1.055,36	2,40	2,30	0,10	464,78	4.944,68	1,35	0,45	0,00009	91,17	5,75	96,92		54,04
29	K-L	427,85	2,50	2,30	0,20	490,33	20,31	1,10	0,57	0,00047	49,04	7,46	56,49	60,55	
30	L-M	1.060,47	2,30	1,95	0,35	83,11	4.944,68	1,19	0,45	0,00033	71,15	1,16	72,31		61,66
31	M1-M	2.321,84	2,53	1,95	0,58	2.402,02	325,75	0,53	0,52	0,00025	97,68	75,54	173,21	36,09	
32	M-N	3.038,34	1,95	1,54	0,41	329,95	5270,43	1,32	0,46	0,00013	120,84	4,17	125,01		48,11
33	J3-N2	1.243,51	3,58	2,65	0,93	1.082,49	93,39	0,05	0,59	0,00075	63,70	375,86	439,57	23,16	
34	N1-N2	1.235,85	10,91	2,65	8,26	4.238,17	396,70	0,38	0,49	0,00668	41,02	184,61	225,64	31,85	
35	N3-N2	626,71	2,75	2,65	0,10	465,94	24,10	0,03	0,61	0,00016	69,05	242,68	311,72	27,31	
36	N2-N	1.236,12	2,65	1,54	1,11	970,66	99,88	0,82	0,60	0,00090	61,29	19,68	80,97	51,40	
37	N-O	3.613,41	1,54	1,32	0,22	354,52	5.884,50	1,22	0,47	0,00006	150,12	4,83	154,95		43,58
38	P1-P	2.119,77	3,21	1,32	1,89	3.864,00	364,74	0,54	0,53	0,00089	73,47	119,26	192,73	34,32	
39	Q1-Q	391,74	2,88	1,26	1,62	1.175,25	99,50	0,62	0,60	0,00414	30,78	31,80	62,57	57,81	

Sumber : Hasil Perhitungan

5.2.5. Perhitungan Debit Limpasan

Debit limpasan merupakan total debit hujan yang tidak terserap oleh tanah dan masuk kedalam saluran sekunder atau primer. Besar debit limpasan dipengaruhi oleh koefisien aliran kumulatif (Cr) dan luas area pelayanan saluran. Perhitungan debit limpasan disesuaikan dengan blok pelayanan dan segmen saluran yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini merupakan contoh perhitungan debit limpasan air hujan pada segmen A - B saluran primer Kali Kedurus :

Koefisien C Kumulatif (C) = 0,55
Koefisien penampungan (Cs) = 0,81
Intensitas Hujan (I) = 37,73 mm/jam
Luas pelayanan (A) = 1.263,64 ha

Q = 0,00278 x Cs x C x I x A
= 0,00278 x 0,81 x 0,55 x 37,73 x 1.263,64 = 58,68 m^3/s

Hasil perhitungan debit limpasan untuk masing - masing segmen saluran dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Perhitungan Debit Limpasan

No.	Segmen	Lo (m)	Elevasi (meter)		Ho (m)	Ld (m)	A limpasan kumulatif (ha)	Kecepatan	Cr	So	to	td kumulatif	tc	Intensitas (mm/jam)		Cs	Q limpasan
			Awal	Akhir				(m/s)		(m/m)	(menit)	(menit)	(menit)	PUH 5	PUH 10		(m3/s)
1	A-B	3.559,52	5,27	4,41	0,86	3.169,43	1263,64	0,54	0,55	0,00024	113,42	97,82	211,24		37,73	0,81	58,68
2	B1-B	2.297,39	9,67	4,41	5,26	1.402,09	225,45	0,46	0,50	0,00229	62,50	51,19	113,69	43,95		0,82	11,21
3	B-C	3.047,55	4,41	3,73	0,68	628,38	1726,52	0,87	0,54	0,00022	109,41	12,07	121,48		48,75	0,95	119,40
4	C1-C	1.199,67	10,65	3,73	6,92	2.751,69	328,83	0,52	0,52	0,00577	41,83	88,88	130,71	41,18		0,75	14,72
5	C-D	2.760,09	3,73	3,46	0,27	1.545,39	2415,09	1,07	0,54	0,00010	124,93	23,98	148,92		44,38	0,93	148,42
6	D1-D	1.546,88	9,78	3,46	6,32	1.468,30	280,54	1,28	0,55	0,00408	48,79	19,05	67,84	55,73		0,88	21,06
7	D-E	2.410,49	3,46	3,29	0,18	588,86	2695,63	0,95	0,54	0,00007	126,59	10,35	136,94		46,14	0,96	179,78
8	E1-E	588,99	3,82	3,29	0,53	1.327,81	208,96	0,42	0,46	0,00090	47,82	53,20	101,01	46,42		0,79	9,88
9	E-F	2.328,48	3,29	3,17	0,12	679,15	2904,59	0,75	0,53	0,00005	134,51	15,05	149,56		44,30	0,95	181,87
10	F1-F	579,15	10,87	3,17	7,70	3.331,37	627,66	0,62	0,59	0,01330	27,77	89,96	117,72	43,24		0,72	32,25
11	F-G	3.828,86	3,17	2,68	0,49	685,57	3532,25	0,97	0,54	0,00013	131,70	11,83	143,53		45,15	0,96	231,68
12	G1-G	685,56	2,89	2,68	0,21	1.691,80	286,17	0,48	0,46	0,00031	62,21	58,69	120,90	42,71		0,80	12,65
13	G-I2	2.439,44	2,68	2,56	0,11	509,03	3818,42	1,12	0,54	0,00005	139,01	7,56	146,57		44,71	0,97	248,93
14	H1-H	1.359,36	3,30	2,96	0,34	606,47	69,38	0,20	0,59	0,00025	81,69	49,55	131,24	41,10		0,84	4,68
15	H-I	429,33	2,96	2,81	0,15	225,25	10,44	0,37	0,59	0,00035	52,04	10,09	62,13	58,00		0,92	0,99
16	I1-I	359,41	3,56	2,81	0,75	694,40	29,60	0,58	0,60	0,00209	34,30	20,06	54,37	61,60		0,84	3,04
17	I-12	1.406,32	2,81	2,56	0,25	28,75	373,75	1,07	0,00	0,00018	88,65	0,45	89,10	49,19		1,00	0,00
18	I2-J4	1.566,44	2,56	2,50	0,06	662,18	4271,99	0,78	0,49	0,00004	123,57	14,15	137,72		46,01	0,95	255,67
19	I-J	379,72	2,81	2,62	0,19	663,48	24,09	0,58	0,57	0,00050	46,49	19,07	65,55	56,60		0,87	2,17
20	J1-J3	1.768,15	8,59	3,58	5,01	959,55	90,90	0,55	0,47	0,00283	54,88	29,17	84,05	50,53		0,85	5,12
21	J2-J3	485,99	3,64	3,58	0,06	383,91	32,28	0,08	0,59	0,00012	66,77	76,17	142,95	39,49		0,79	2,11
22	J3-J	396,75	3,58	2,62	0,96	1.042,65	27,07	0,78	0,56	0,00242	34,42	22,28	56,70	60,45		0,84	2,53
23	J-J4	174,15	2,62	2,50	0,12	25,35	139,43	1,03	0,00	0,00069	33,63	0,41	34,04	75,87		0,99	0,00
24	J4-K2	3.423,87	2,50	2,40	0,10	194,17	4618,71	0,86	0,48	0,00003	170,78	3,76	174,55		41,24	0,99	250,60
25	J-K	188,40	2,62	2,50	0,12	191,52	3,35	0,80	0,35	0,00064	35,07	3,97	39,04	71,42		0,95	0,23
26	K1-K	666,83	3,35	2,50	0,85	739,44	45,89	1,22	0,60	0,00127	46,52	10,10	56,62	60,49		0,92	4,62

No.	Segmen	Lo (m)	Elevasi (meter)		Ho (m)	Ld (m)	A limpasan kumulatif (ha)	Kecepatan	Cr	So	to	td kumulatif	tc	Intensitas (mm/jam)		Cs	Q limpasan
			Awal	Akhir				(m/s)		(m/m)	(menit)	(menit)	(menit)	PUH 5	PUH 10		(m3/s)
27	K-K2	1.011,58	2,50	2,40	0,10	24,74	259,77	1,04	0,00	0,00010	89,13	0,40	89,53	49,08		1,00	0,00
28	K2-L	1.055,36	2,40	2,30	0,10	464,78	4944,68	1,35	0,45	0,00009	91,17	5,75	96,92		54,04	0,97	328,06
29	K-L	427,85	2,50	2,30	0,20	490,33	20,31	1,10	0,57	0,00047	49,04	7,46	56,49	60,55		0,94	1,96
30	L-M	1.060,47	2,30	1,95	0,35	83,11	4944,68	1,19	0,45	0,00033	71,15	1,16	72,31		61,66	0,99	382,36
31	M1-M	2.321,84	2,53	1,95	0,58	2.402,02	325,75	0,53	0,52	0,00025	97,68	75,54	173,21	36,09		0,82	13,98
32	M-N	3.038,34	1,95	1,54	0,41	329,95	5270,43	1,32	0,46	0,00013	120,84	4,17	125,01		48,11	0,98	318,10
33	J3-N2	1.243,51	3,58	2,65	0,93	1.082,49	93,39	0,05	0,59	0,00075	63,70	375,86	439,57	23,16		0,70	2,47
34	N1-N2	1.235,85	10,91	2,65	8,26	4.238,17	396,70	0,38	0,49	0,00668	41,02	184,61	225,64	31,85		0,71	12,24
35	N3-N2	626,71	2,75	2,65	0,10	465,94	24,10	0,03	0,61	0,00016	69,05	242,68	311,72	27,31		0,72	1,11
36	N2-N	1.236,12	2,65	1,54	1,11	970,66	99,88	0,82	0,60	0,00090	61,29	19,68	80,97	51,40		0,89	7,66
37	N-O	3.613,41	1,54	1,32	0,22	354,52	5884,50	1,22	0,47	0,00006	150,12	4,83	154,95		43,58	0,98	327,11
38	P1-P	2.119,77	3,21	1,32	1,89	3.864,00	364,74	0,54	0,53	0,00089	73,47	119,26	192,73	34,32		0,76	14,01
39	Q1-Q	391,74	2,88	1,26	1,62	1.175,25	99,50	0,62	0,60	0,00414	30,78	31,80	62,57	57,81		0,80	7,59

Sumber : Hasil Perhitungan

5.3. Perhitungan Kapasitas Saluran

Perhitungan kapaitas 1 saluran primer dan 15 saluran sekunder pada wilayah studi dihitung berdasarkan keadaan rencana dan eksisting, yaitu pada saat kondisi rencana tanpa adanya sedimen hingga kondisi saluran saat ini yang telah terdapat sedimen. Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dilapangan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 8066:2015), sedangkan ketebalan atau volume sedimen didapatkan dari hasil perhitungan selisih antara volume saluran rencana dengan volume saluran eksisting. Gambar dimensi saluran dan sedimen dapat dilihat pada lampiran gambar. Berikut merupakan contoh perhitungan kapasitas saluran.Berikut ini contoh perhitungan kapasitas saluran pada saluran primer segmen A - B.

Luas penampang awal (sebelum ada sedimen) = 24,01 m^2

Luas penampang saat ini (terdapat sedimen) = 23,38 m^2

Panjang saluran A - B = 3.169,43 meter
Kapasitas saluran awal (sebelum ada sedimen) = 24,01 m^2 x 3.169,43 meter = 76.113,23 m^3
Kapasitas saluran sat ini (terdapat sedimen) = 23,38 m^2 x 3.169,43 meter = 74.097,93 m^3
Volume sedimen = 76.113,23 m^3 – 74.097,93 m^3 = 2.015,30 m^3
Kecepatan aliran rencana = 1,02 m/s
Kecepatan aliran eksisting = 0.54 m/s
Debit saluran awal (sebelum ada sedimen)
= A x V = 24,01 m^2 x 1,02 m/s = 24,39 m^3/s
Debit saluran saat ini (terdapat sedimen)
= A x V = 23,38 m^2 x 0,54 m/s = 12,62 m^3/s
Hasil perhitungan kapasitas saluran untuk segmen lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.40

Tabel 5.40 Perhitungan Kapasitas Saluran

No	Segmen	Luas (m^2)		Panjang (m)	Kapasitas (m^3)		Volume Sedimen (m^3)	Kecepatan (m/s)		Debit (m^3/s)	
		Rencana	Eksisting		Rencana	Eksisting		Rencana	Eksisting	Rencana	Eksisting
1	A-B	24,01	23,38	3.169,43	76.113,23	74.097,93	2.015,30	1,02	0,54	24,39	12,62
2	B1-B	8,75	7,47	1.402,09	12.272,61	10.480,30	1.792,30	1,61	0,46	14,10	3,41
3	B-C	29,53	28,17	628,38	18.558,87	17.703,89	854,98	2,35	0,87	69,42	24,45
4	C1-C	4,93	4,56	2.751,69	13.561,57	12.539,01	1.022,56	0,89	0,52	4,36	2,35
5	C-D	15,27	14,13	1.545,39	23.595,27	21.835,64	1.759,63	0,78	1,07	11,85	15,18
6	D1-D	4,93	4,71	1.468,30	7.245,38	6.918,72	326,67	1,22	1,28	6,03	6,05
7	D-E	45,07	40,74	588,86	26.540,53	23.993,04	2.547,49	1,49	0,95	67,19	38,63
8	E1-E	7,75	6,89	1.327,81	10.291,64	9.146,41	1.145,23	0,81	0,42	6,27	2,87
9	E-F	64,77	59,79	679,15	43.991,07	40.608,17	3.382,90	1,25	0,75	80,84	44,96
10	F1-F	14,70	13,80	3.331,37	48.964,70	45.970,82	2.993,89	1,63	0,62	23,96	8,52
11	F-G	70,85	63,73	685,57	48.574,69	43.690,68	4.884,01	2,59	0,97	183,61	61,56
12	G1-G	9,02	8,12	1.691,80	15.257,28	13.744,04	1.513,24	0,55	0,48	4,98	3,90
13	G-I2	103,22	96,45	509,03	52.542,85	49.097,33	3.445,52	1,56	1,12	160,95	108,22
14	H1-H	7,78	6,72	606,47	4.718,89	4.074,22	644,67	1,03	0,20	8,00	1,37
15	H-I	41,79	37,85	225,25	9.413,01	8.525,46	887,56	2,28	0,37	95,09	14,08
16	I1-I	11,31	10,60	694,40	7.855,01	7.363,66	491,35	1,61	0,58	18,26	6,12
17	I-12	39,57	38,11	28,75	1.137,51	1.095,70	41,81	7,68	1,07	304,04	40,70
18	I2-J4	65,53	60,78	662,18	43.391,74	40.245,31	3.146,43	0,96	0,78	63,14	47,41

No	Segmen	Luas (m^2)		Panjang (m)	Kapasitas (m^3)		Volume Sedimen (m^3)	Kecepatan (m/s)		Debit (m^3/s)	
		Rencana	Eksisting		Rencana	Eksisting		Rencana	Eksisting	Rencana	Eksisting
19	I-J	44,20	43,38	663,48	29.322,69	28.781,68	541,01	1,45	0,58	63,89	25,16
20	J1-J3	13,71	13,26	959,55	13.157,51	12.727,20	430,31	2,58	0,55	35,36	7,27
21	J2-J3	18,69	17,70	383,91	7.174,50	6.794,56	379,94	0,77	0,08	14,33	1,49
22	J3-J	16,44	15,76	1.042,65	17.144,20	16.430,69	713,51	1,81	0,78	29,72	12,29
23	J-J4	16,70	15,66	25,35	423,26	396,94	26,33	4,62	1,03	77,20	16,16
24	J4-K2	83,35	75,58	194,17	16.183,53	14.675,09	1.508,43	2,32	0,86	193,64	65,00
25	J-K	34,40	31,92	191,52	6.588,39	6.113,92	474,47	2,05	0,80	70,61	25,67
26	K1-K	12,69	12,06	739,44	9.386,47	8.919,71	466,77	1,79	1,22	22,73	14,72
27	K-K2	31,91	29,59	24,74	789,44	732,17	57,27	5,16	1,04	164,55	30,78
28	K2-L	92,52	87,98	464,78	43.000,14	40.889,89	2.110,25	1,64	1,35	151,85	118,59
29	K-L	31,91	29,92	490,33	15.646,19	14.668,25	977,93	1,64	1,10	52,27	32,79
30	L-M	135,84	127,23	83,11	11.289,67	10.574,34	715,33	7,57	1,19	1.028,52	151,41
31	M1-M	9,07	8,80	2.402,02	21.791,64	21.132,98	658,66	0,81	0,53	7,33	4,66
32	M-N	170,26	164,32	329,95	56.175,89	54.216,08	1.959,81	4,24	1,32	722,21	216,90
33	J3-N2	15,87	14,25	1.082,49	17.177,12	15.420,42	1.756,70	1,62	0,05	25,71	0,68
34	N1-N2	12,83	11,85	4.238,17	54.364,58	50.207,25	4.157,34	1,36	0,38	17,49	4,53
35	N3-N2	16,18	14,38	465,94	7.536,79	6.700,77	836,02	0,89	0,03	14,47	0,46
36	N2-N	13,54	12,47	970,66	13.138,94	12.100,42	1.038,52	2,10	0,82	28,42	10,25
37	N-O	184,80	173,11	354,52	65.515,64	61.371,74	4.143,90	3,07	1,22	567,34	211,89
38	P1-P	8,67	7,95	3.864,00	33.492,21	30.729,90	2.762,31	1,01	0,54	8,76	4,29
39	Q1-Q	6,32	6,02	1.175,25	7.426,70	7.077,69	349,00	1,55	0,62	9,81	3,71

Sumber : Hasil Perhitungan

5.4. Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Limpasan

Perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit limpasan dimaksudkan untuk mengetahui apakah saluran yang ada saat ini masih dapat menampung debit air yang masuk. Perbandingan dilakukan dengan menghitung selisih antara debit limpasan yang telah dihitung sebelumnya dengan kapasitas debit yang dapat ditampung oleh saluran eksisting. Apabila selisih menunjukkan nilai positif, maka saluran eksisiting masih dapat menampung debit limpasan yang masuk. Sebaliknya, apabila selisih menunjukkan nilai negatif, maka saluran eksisting tidak mampu menampung debit limpasan yang masuk. Berikut ini contoh perhitungan perbandingan kapasitas saluran eksisiting dengan debit limpasan pada saluran primer Kali Kedurus segmen A - B :

Saluran primer Segmen A - B

Debit limpasan = 58,68 m^3/s
Debit saluran eksisting = 12,62 m^3/s
Selisih debit = (12,62 - 58,68)m^3/s
= - 46,06 m^3/s

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil selisih debit yang bernilai negatiff, sehingga terbukti bahwa saluran primer Kali Kedurus segmen A - B tidak dapat menampung debit limpasan yang masuk ke dalam saluran tersebut. Perbandingan antara debit limpasan dengan kapasitas saluran eksisting untuk segmen lain dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41 Perhitungan Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisiting dengan Debit Limpasan

No	Segmen	Q limpasan (m^3/s)	Q eksisting (m^3/s)	Q luber (m^3/s)	Kesimpulan
1	A-B	58,68	12,62	-46,06	Tidak memenuhi
2	B1-B	11,21	3,41	-7,79	Tidak memenuhi
3	B-C	119,40	24,45	-94,94	Tidak memenuhi
4	C1-C	14,72	2,35	-12,37	Tidak memenuhi
5	C-D	148,42	15,18	-133,25	Tidak memenuhi
6	D1-D	21,06	6,05	-15,01	Tidak memenuhi
7	D-E	179,78	38,63	-141,15	Tidak memenuhi
8	E1-E	9,88	2,87	-7,01	Tidak memenuhi
9	E-F	181,87	44,96	-136,91	Tidak memenuhi
10	F1-F	32,25	8,52	-23,74	Tidak memenuhi
11	F-G	231,68	61,56	-170,12	Tidak memenuhi
12	G1-G	12,65	3,90	-8,75	Tidak memenuhi
13	G-I2	248,93	108,22	-140,71	Tidak memenuhi
14	H1-H	4,68	1,37	-3,31	Tidak memenuhi
15	H-I	0,99	14,08	13,09	Memenuhi
16	I1-I	3,04	6,12	3,08	Memenuhi
17	I-12	0,00	40,70	40,70	Memenuhi
18	I2-J4	255,67	47,41	-208,26	Tidak memenuhi

No	Segmen	Q limpasan (m^3/s)	Q eksisting (m^3/s)	Q luber (m^3/s)	Kesimpulan
19	I-J	2,17	25,16	22,99	Memenuhi
20	J1-J3	5,12	7,27	2,15	Memenuhi
21	J2-J3	2,11	1,49	-0,62	Tidak memenuhi
22	J3-J	2,53	12,29	9,76	Memenuhi
23	J-J4	0,00	16,16	16,16	Memenuhi
24	J4-K2	250,60	65,00	-185,61	Tidak memenuhi
25	J-K	0,23	25,67	25,43	Memenuhi
26	K1-K	4,62	14,72	10,10	Memenuhi
27	K-K2	0,00	30,78	30,78	Memenuhi
28	K2-L	328,06	118,59	-209,47	Tidak memenuhi
29	K-L	1,96	32,79	30,83	Memenuhi
30	L-M	382,36	151,41	-230,95	Tidak memenuhi
31	M1-M	13,98	4,66	-9,32	Tidak memenuhi
32	M-N	318,10	216,90	-101,20	Tidak memenuhi
33	J3-N2	2,47	0,68	-1,79	Tidak memenuhi
34	N1-N2	12,24	4,53	-7,70	Tidak memenuhi
35	N3-N2	1,11	0,46	-0,65	Tidak memenuhi
36	N2-N	7,66	10,25	2,59	Memenuhi
37	N-O	327,11	211,89	-115,22	Tidak memenuhi
38	P1-P	14,01	4,29	-9,72	Tidak memenuhi
39	Q1-Q	7,59	3,71	-3,88	Tidak memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 5.40 dapat diketahui bahwa terdapat 13 segmen saluran primer dan 14 segmen saluran sekunder yang tidak dapat memenuhi kebutuhan kapasitas saluran untuk dapat menampung debit limpasan air hujan dari area yang dilayani oleh saluran tersebut. Saluran - saluran tersebut, yaitu:

1. Saluran primer Kali Kedurus segmen A - B

2. Saluran sekunder Lakarsantri segmen B1 - B
3. Saluran primer Kali Kedurus segmen B - C
4. Saluran sekunder Jeruk segmen C1 - C
5. Saluran primer Kali Kedurus segmen C - D
6. Saluran sekunder Puri Lidah Kulon segmen D1 - D
7. Saluran primer Kali Kedurus segmen D - E
8. Saluran sekunder Bangkingan segmen E1 - E
9. Saluran primer Kali Kedurus segmen E - F
10. Saluran sekunder Lidah Kulon segmen F1 - F
11. Saluran primer Kali Kedurus segmen F - G
12. Saluran sekunder Pondok Menggala segmen G1 - G
13. Saluran primer Kali Kedurus segmen G - I2
14. Saluran sekunder Lembah Harapan segmen H1 - H
15. Saluran primer Kali Kedurus segmen I2 - J4
16. Saluran sekunder Wiyung Baru 1 segmen J2 - J3
17. Saluran primer Kali Kedurus segmen J4 - K2
18. Saluran primer Kali Kedurus segmen K2 - L
19. Saluran primer Kali Kedurus segmen L - M
20. Saluran sekunder Pondok Maritim segmen M1 – M
21. Saluran primer Kali Kedurus segmen M - N
22. Saluran sekunder Wiyung Baru 2 segmen J3 - N2
23. Saluran sekunder Wiyung segmen N1 - N2
24. Saluran sekunder Wiyung Baru 3 segmen N3 - N2
25. Saluran primer Kali Kedurus segmen N - O
26. Saluran sekunder Kebraon segmen P1 - P
27. Saluran sekunder Kemlaten segmen Q1 - Q

Segmen saluran yang tidak mampu menampung debit limpasan hujan yang ada akan menyebabkan timbulnya genangan pada *catchment area* yang dilayani oleh segmen - segmen saluran tersebut. Ada beberapa faktor yang menjadi penyebab segmen saluran tersebut tidak mampu menampung debit limpasan air hujan, antara lain berkurangnya kapasitas saluran eksisting karena adanya sedimen pada saluran tersebut, perubahan fungsi lahan yang dapat mempengaruhi penyerapan air hujan kedalam tanah, sampah yang menyumbat, hingga tidak didukungnya sistem pematusan dengan waduk penampung dan rumah pompa yang terintegrasi.

5.5. Analisis Volume dan Luas Genangan

Pada Tabel 5.40 diketahui bahwa terdapat 27 segmen saluran primer dan sekunder yang tidak dapat menampung limpasan air hujan, sehingga air tersebut meluap dan menggenang. Dari permasalahan tersebut dapat diketahui volume dan luas genangan yang terjadi dengan menghitung selisih antara debit limpasan yang terjadi dengan kapasitas saluran yang ada saat ini. Selisih debit tersebut kemudian dikalikan dengan lama genangan terjadi, sehingga diketahui volume genangan dan dibagi dengan tinggi genangan, sehingga diketahui luasan genangan. Lama dan tinggi genangan didapatkan dari penelitian lapangan, wawancara warga, dan data sekunder dari Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabya tahun 2015. Berikut ini merupakan contoh perhitungan volume genangan pada saluran primer Kali Kedurus segmen A - B.

Q luber dari saluran eksisiting = 46,06 m^3/s

Lama intensitas hujan kota Surabaya = 10 menit = 600 s

(Sumber :Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya, 2015)

Volume genangan = Q melimpah x lama genangan

= 46,06 m^3/s x 600 s

= 27.634,28 m^3

Tinggi genangan = 0,20 meter

(Sumber : Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya, 2015)

Luas genangan = volume genangan / tinggi genangan

= 27.634,28 m^3 / 0,20 m

= 138.171,39 m^2 = 13,82 ha

Data perhitungan volume genanangan untuk segmen lain dapat dilihat pada Tabel 5.42.

Tabel 5.42 Perhitungan Volume Genangan

No	Nama Saluran	Segmen	Debit Luber (m^3/s)	Genangan				
				Waktu (s)	Volume (m^3)	Tinggi (m)	Luas (m^2)	Luas (ha)
1	Kali Kedurus	A-B	46,06	600,00	27.634,28	0,20	138.171,39	13,82
2	Lakarsantri	B1-B	7,79	900,00	7.014,95	0,15	46.766,32	4,68
3	Kali Kedurus	B-C	94,94	600,00	56.964,70	0,20	284.823,51	28,48
4	Jeruk	C1-C	12,37	900,00	11.132,78	0,10	111.327,76	11,13
5	Kali Kedurus	C-D	133,25	600,00	79.947,66	0,20	399.738,28	39,97
6	Puri Lidah Kulon	D1-D	15,01	900,00	13.505,44	0,15	90.036,27	9,00
7	Kali Kedurus	D-E	141,15	600,00	84.691,80	0,20	423.459,02	42,35
8	Bangkingan	E1-E	7,01	3.600,00	25.253,83	0,30	84.179,45	8,42
9	Kali Kedurus	E-F	136,91	600,00	82.145,02	0,20	410.725,08	41,07
10	Lidah Kulon	F1-F	23,74	1.200,00	28.483,85	0,20	142.419,27	14,24
11	Kali Kedurus	F-G	170,12	600,00	102.070,24	0,20	510.351,19	51,04
12	Pondok Menggala	G1-G	8,75	900,00	7.872,74	0,15	52.484,90	5,25
13	Kali Kedurus	G-I2	140,71	600,00	84.423,55	0,20	422.117,73	42,21
14	Lembah Harapan	H1-H	3,31	900,00	2.974,63	0,20	14.873,15	1,49

No	Nama Saluran	Segmen	Debit Luber (m^3/s)	Genangan				
				Waktu (s)	Volume (m^3)	Tinggi (m)	Luas (m^2)	Luas (ha)
15	Kali Kedurus	I2-J4	208,26	600,00	124.957,32	0,30	416.524,39	41,65
16	Wiyung Baru 1	J2-J3	0,62	1.200,00	745,19	0,20	3.725,94	0,37
17	Kali Kedurus	J4-K2	185,61	600,00	111.363,08	0,30	371.210,27	37,12
18	Kali Kedurus	K2-L	209,47	600,00	125.680,74	0,30	418.935,79	41,89
19	Kali Kedurus	L-M	230,95	600,00	138.569,43	0,30	461.898,11	46,19
20	Pondok Maritim	M1-M	9,32	900,00	8.388,49	0,15	55.923,28	5,59
21	Kali Kedurus	M-N	101,20	600,00	60.720,31	0,30	202.401,02	20,24
22	Wiyung Baru 2	J3-N2	1,79	1.200,00	2.145,87	0,20	10.729,34	1,07
23	Wiyung	N1-N2	7,70	1.200,00	9.244,25	0,20	46.221,23	4,62
24	Wiyung Baru 3	N3-N2	0,65	1.200,00	782,03	0,20	3.910,16	0,39
25	Kali Kedurus	N-O	115,22	600,00	69.131,47	0,30	230.438,22	23,04
26	Kebraon	P1-P	9,72	900,00	8.745,62	0,15	58.304,16	5,83
27	Kemlaten	Q1-Q	3,88	600,00	2.327,59	0,15	15.517,24	1,55
Total Volume Genangan (m^3)					1.276.916,83	Luas (ha)		542,72

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 5.42 diketahui bahwa jumlah total volume genangan mencapai 1.276.916,83 m^3 dengan lama waktu mencapai 60 menit dan tinggi genangan mencapai 30 cm. Persebaran luas genangan mencapai 542,72 hektar. Dari hasil observasi lapangan dan wawancara dengan warga, diketahui juga bahwa kondisi saluran drainase pada beberapa titik genangan yang ada terdapat alih fungsi lahan menjadi perumahan baru dan di beberapa titik lainnya memiliki kondisi saluran yang tidak terawat, sehingga terdapat banyak sampah dan sedimen dalam saluran. Hal tersebut dapat menjadi penyebab timbulnya genangan. Peta persebaran genangan dapat dilihat pada lampiran.

5.6. Analisis Kapasitas Waduk (*Boezem*)

Boezem pada Rumah Pompa Kali Kedurus menjadi hal terpenting dalam mereduksi genangan. Hal ini dikarenakan ketika air pada sistem pematusan Kali Kedurus pasang, maka *Boezem* Kedurus berfungsi menampung air hujan sebelum dipompa menuju Kali Brantas. Pada analisis waduk ini dilakukan perhitungan dengan membandingkan kapasitas awal waduk dengan kapasitas yang dapat ditampung waduk saat ini. Hasil analisis ini akan digunakan sebagai salah satu cara teknis dalam skenario penanggulangan genangan. Waduk (*boezem*) Kali Kedurus memiliki kapasitas awal sebagai berikut.

Panjang = 2.050,00 meter
Lebar atas (T) = 70,00 meter
Lebar bawah (b) = 60,00 meter
Kedalaman = 5,00 meter
(Sumber : Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya, 2015)

Luas = Lebar x Kedalaman
= 70,00 m x 5,00 m = 350,00 m^2
Volume = Luas x Panjang
= 350,00 m^2 x 2.050,00 m
= 717.500,00 m^3
Elevasi awal (h1) (y) = 1,60 meter
Elevasi akhir (h2) = 1,26 meter
n saluran = 0,02

Saluran berbentuk trapesium dengan lapisan beton pada kedua sisi saluran (Tabel 3.9 sumber: Subarkah, 1980)

Slope saluran = (h1 - h2) / panjang saluran
= (1,60 – 1,26)m / 2.050,00 m
= 0,00017

Z = (T - b) / 2 x y
= (70,00 - 60,00) / 2 x 1,60
= 3,13

Keliling basah (P) = b + 2y x $(1 + Z^2)^{0,5}$
= 60,00 + 2(1,60) x $(1 + 3,13^2)^{0,5}$
= 70,50 m

Jari - jari hidrolis (R) = A / P
= 350,00 m^2 / 70,50 m
= 4,97 m

Kecepatan rencana = (1/n) x $(R)^{2/3}$ x $(Slope)^{1/2}$
= (1/0,02) x $(4,97)^{2/3}$ x $(0,00017)^{1/2}$
= 3,14 m/s

Debit rencana = Luas x Kecepatan rencana
= 350,00 m^2 x 3,14 m/s
= 1.098,98 m^3/s

Kemudian dilakukan perhitungan kapasitas eksisting waduk (*boezem*) Kedurus.

Panjang = 2.050,00 meter
Lebar = 70,00 meter
Kedalaman = 4,00 meter
(Sumber : Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya, 2015)

Luas = Lebar x Kedalaman
= 70,00 m x 4,00 m = 280,00 m^2

Volume = Luas x Panjang
= 280,00 m^2 x 2.050,00 m
= 574.000,00 m^3

Kecepatan eksisiting = 0,41 m/s
(Sumber : Hasil Pengukuran lapangan)

Debit eksisting = Luas x Kecepatan eksisiting
= 280,00 m^2 x 0,41 m/s
= 114,80 m^3/s

Dari perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kapasitas awal waduk sebesar 717.500,00 m^3 dan kapasitas eksisiting waduk sebesar 574.000,00 m^3. Penurunan kapasitas waduk mengindikasikan adanya sedimen, sehingga diperlukan pula perhitung volume sedimen pada waduk

tersebut dengan cara menghitung selisih antara kapasitas awal dan kapasitas eksisiting saluran.

Volume sedimen = V rencana – V eksisting
= 717.500,00 m^3 – 574.000,00 m^3
= 143.500,00 m^3

Dari hasil perhitungan di atas diketahui bahwa volume sedimen pada waduk sebesar 143.500,00 m^3.

5.7. Analisis Kapasitas Pompa

Pada analisis pompa ini dilakukan perhitungan dengan cara membandingkan kapasitas awal pompa dengan kapasitas pompa saat ini. Hasil analisis ini akan digunakan sebagai salah satu cara teknis dalam skenario penanggulangan genangan. Pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus memiliki 6 buah pompa dengan kapasitas awal (tahun 2012) sebagai berikut.

Pompa *submersible*
Debit = 2,50 m^3/s
Jumlah pompa = 4 buah
Umur pompa = 4 tahun
Pompa lumpur
Debit = 0,25 m^3/s
Jumlah pompa = 2 buah
Umur pompa = 4 tahun
Kapasitas total pompa
= (4 x 2,50 m^3/s) + (2 x 0,25 m^3/s)
= 10,50 m^3/s

Kemudian dilakukan perhitungan kapasitas eksisting Rumah Pompa *Boezem* Kedurus. Menurut data dari Dinas PU Bina Marga dan Pematusan tahun 2016, terjadi penurunan kapasitas total pompa menjadi 9,66 m^3/s. Penurunan kapasitas disebabkan oleh faktor umur pompa. Dari data penurunan kapasitas tersebut dapat diketahui berapa besar masing - masing penurunan yang terjadi pada dua jenis pompa di Rumah Pompa *Boezem* Kedurus, berikut ini perhitungannya.

% penurunan Q pompa = 100% - (($Q_{eksisting}$ / Q_{awal}) x 100%)
= 100% - ((9,66 / 10,50) x 100%)
= 8 %

Pada Tabel 5.43 dapat dilihat penurunan kapasitas pompa dan Q eksisting untuk masing - masing pompa pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.

Tabel 5.43 Analisis Penurunan Kapasitas Pompa

Jenis	Q pompa spesifikasi (m3/s)	Umur pompa (tahun)	Penurunan Efisiensi (%)	Q pompa saat ini (m3/s)	Jumlah pompa (buah)	Q pompa awal (m3/s)	Qpompa saat ini (m3/s)	Penurunan Q pompa (m3/s)
Submersible	2,50	4,00	8%	2,30	4,00	10,00	9,20	0,80
Sludge	0,25	4,00	8%	0,23	2,00	0,50	0,46	0,04
Kapasitas total rumah pompa *Boezem* Kedurus						10,50	9,66	0,84

Sumber : Hasil Perhitungan

5.8. Penanggulangan Genangan

Untuk menanggulangi genangan yang terjadi akibat ketidakmampuan saluran menampung debit limpasan dapat dilakukan beberapa cara teknis, yaitu :

1. Melakukan pengerukan sedimen
   Sedimen pada saluran primer dan sekunder serta pada waduk mengurangi kapasitas penampungan air, sehingga dengan dilakukannya pengerukan sedimen dapat mengembaikan kapasitas awal saluran.
2. Melakukan penambahan dimensi saluran
   Apabila pengerukan sedimen dan pemompaan masih belum dapat menyelesaikan permasalahan genangan, maka dapat dilakukan penambahan dimensi saluran dengan cara melakukan pelebaran dan penambahan kedalaman pada saluran dan waduk. Penambahan dimensi harus memperhatikan muka air pada saluran dan waduk, sehingga penambahan dimensi tidak mengganggu pengaliran air.

3. Melakukan Pengoperasian Pompa

   Pemompaan merupakan opsi lain untuk menanggulangi genangan apabila pengerukan pada saluran dan waduk belum bisa menampung debit limpasan yang masuk. Genangan yang masuk dari saluran dan ditampung oleh waduk Kedurus akan dipompa menuju Kali Brantas.

Pada perencanaan ini dilakukan beberapa cara teknis untuk mengatasi genangan pada wilayah perencanaan, cara teknis yang dilakukan antara lain :

1. Melakukan pengerukan sedimen pada saluran yang tidak dapat menampung debit limpasan.

   Berikut ini tabel perhitungan pengerukan beberapa saluran yang tidak dapat menampung debit limpasan.

Tabel 5.44. Perhitungan Kapasitas Saluran Setelah Dilakukan Pengerukan Sedimen

Segmen	Luas (m^2)	Panjang (m)	Lebar (m)		Elevasi (m)		Slope	z	P (m)	R (m)	n saluran	V (m/s)	Debit (m^3/s)		
			Atas	Bawah	Awal	Akhir							Baru	Limpasan	Sisa
B1-B	8,75	1.402,09	3,50	3,20	9,67	4,41	0,0038	0,02	22,84	0,38	0,02	1,61	14,10	11,21	2,89
H1-H	7,78	606,47	3,00	2,80	3,30	2,96	0,0006	0,03	9,60	0,81	0,02	1,03	8,00	4,68	3,33
J2-J3	18,69	383,91	6,50	5,50	3,64	3,58	0,0002	0,14	13,78	1,36	0,02	0,77	14,33	2,11	12,22
L-M	135,84	83,11	33,75	32,00	2,30	1,95	0,0042	0,38	38,35	3,54	0,02	7,57	1.028,52	382,36	646,16
M-N	170,26	329,95	42,00	41,00	1,95	1,54	0,0012	0,26	45,90	3,71	0,02	4,24	722,21	318,10	404,11
J3-N2	15,87	1.082,49	6,50	5,50	3,58	2,65	0,0009	0,14	13,66	1,16	0,02	1,62	25,71	2,47	23,24
N1-N2	12,83	4.238,17	4,50	4,00	10,91	2,65	0,0019	0,02	26,32	0,49	0,02	1,36	17,49	12,24	5,26
N3-N2	16,18	465,94	6,50	5,50	2,75	2,65	0,0002	0,18	12,00	1,35	0,02	0,89	14,47	1,11	13,36
N-O	184,80	354,52	45,00	43,00	1,54	1,32	0,0006	0,65	48,08	3,84	0,02	3,07	567,34	327,11	240,23
Q1-Q	6,32	1.175,25	2,50	2,20	2,88	1,26	0,0014	0,05	8,27	0,76	0,02	1,55	9,81	7,59	2,22

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Melakukan rekayasa dimensi saluran, rekayasa dimensi saluran atau penambahan dimensi saluran dilakukan pada beberapa segmen saluran yang tetap tidak dapat menampung debit limpasan meskipun telah dikeruk sedimennya.
   Perubahan dimensi dilakukan pada sisi lebar dan kedalaman saluran dengan memperhatikan elevasi baru saluran, elevasi baru saluran harus tetap lebih tinggi dari elevasi waduk agar tidak terjadi aliran balik. Berikut ini tabel perhitungan rekayasa dimensi beberapa saluran yang tidak dapat menampung debit limpasan.

Tabel 5.45. Perhitungan Kapasitas Saluran Setelah Dilakukan Rekayasa Dimensi

Segmen	Lebar (m)		Kedalaman (m)	elevasi (meter)		Luas (m^2)	Panjang (m)	Slope	n saluran	z	P	R	Kecepatan	Debit (m^3/s)	
	Atas	Bawah		awal	akhir						meter	meter	m/s	baru	limpasan
A-B	9,00	8,50	5,00	4,27	3,41	43,96	3.169,43	0,0003	0,02	0,06	18,10	2,43	1,49	65,63	58,68
B-C	9,00	8,50	5,00	3,41	2,73	44,33	628,38	0,0011	0,02	0,07	16,39	2,70	3,20	142,01	119,40
C1-C	4,00	3,80	3,00	10,65	3,73	11,48	2.751,69	0,0025	0,02	0,01	26,11	0,44	1,45	16,61	14,72
C-D	20,00	19,00	5,00	2,73	2,46	99,58	1.545,39	0,0002	0,02	0,18	25,64	3,88	1,64	163,33	148,42
D1-D	4,00	3,80	3,00	9,78	3,46	11,49	1.468,30	0,0043	0,02	0,01	24,37	0,47	1,98	22,78	21,06
D-E	18,50	17,50	5,00	2,46	2,29	92,58	588,86	0,0003	0,02	0,20	23,62	3,92	2,12	196,40	179,78
E1-E	4,00	3,50	3,00	3,82	3,29	11,09	1.327,81	0,0004	0,02	0,07	12,21	0,91	0,94	10,39	9,88
E-F	23,00	22,00	5,00	2,29	2,17	115,46	679,15	0,0002	0,02	0,22	27,80	4,15	1,73	199,22	181,87
F1-F	5,00	4,50	4,00	10,87	3,17	18,37	3.331,37	0,0023	0,02	0,02	27,26	0,67	1,84	33,89	32,25

Segmen	Lebar (m)		Kedalaman (m)	elevasi (meter)		Luas (m^2)	Panjang (m)	Slope	n saluran	z	P	R	Kecepatan	Debit (m^3/s)	
	Atas	Bawah		awal	akhir						meter	meter	m/s	Atas	Bawah
F-G	20,20	19,00	5,00	2,17	1,68	101,91	685,57	0,0007	0,02	0,28	24,62	4,14	3,46	352,91	231,68
G1-G	4,50	4,00	4,00	1,89	1,68	18,12	1.691,80	0,0001	0,02	0,13	8,91	2,03	0,90	16,23	12,65
G-I2	29,00	28,00	5,00	1,68	1,56	147,44	509,03	0,0002	0,02	0,30	32,66	4,51	2,11	310,75	248,93
I2-J4	35,00	25,00	5,00	1,56	1,50	205,13	662,18	0,0001	0,02	3,21	32,33	6,35	1,64	336,70	255,67
J4-K2	23,60	22,00	5,00	1,50	1,40	123,33	194,17	0,0005	0,02	0,53	26,53	4,65	3,18	391,78	250,60
K2-L	27,00	26,00	5,50	1,40	1,30	153,80	464,78	0,0002	0,02	0,36	30,16	5,10	2,18	336,04	328,06
M1-M	4,50	4,00	3,50	2,03	1,45	15,51	2.402,02	0,0002	0,02	0,12	9,18	1,69	1,10	17,12	13,98
P1-P	3,60	3,30	3,50	2,71	0,82	12,23	3.864,00	0,0005	0,02	0,06	9,78	1,25	1,28	15,71	14,01

Sumber : Hasil Perhitungan

3. Melakukan pengerukan waduk, pengerukan ini bertujuan untuk memaksimalkan daya tampung waduk. Pada sub bab sebelumnya telah dilakukan perhitungan volume sedimen pada waduk, yaitu 143.500,00 m^3. Pengerukan dilakukan dengan alat berat karena akses dapat dijangkau oleh alat berat dan volume pengerukan yang besar. Setelah dilakukan pengerukan, daya tampung waduk kembali seperti perencanaan, yaitu sebesar 717.500,00 m^3. Berikut ini perhitungan daya tampung waduk setelah dilakukan pengerukan.

   Kapasitas waduk eksisting = 574.000,00 m^3
   Kapasitas waduk terpakai = 50% dari kapasitas waduk eksisting = 50% x 574.000,00 m^3 = 287.000,00 m^3
   Kapasitas waduk tersedia = kapasitas waduk eksisting – kapasitas waduk terpakai
   = 574.000,00 m^3 – 287.000,00 m^3 = 287.000,00 m^3
   Volume sedimen = 143.500,00 m^3
   Kapasitas tampungan waduk setelah pengerukan = kapasitas waduk tersedia + kapasitas tambahan setelah pengerukan
   = 287.000,00 m^3 + 143.500,00 m^3 = 420.500 m^3

4. Melakukan pemompaan

   Dari perhitungan diatas diketahui waduk hanya dapat menampung 420.500,00 m^3 dari 1.074.031,59 m^3 air yang disalurkan oleh saluran primer dan sekunder pada sistem pematusan Kedurus. Oleh karena itu, diperlukan pemompaan untuk mengalirkan air ke sungai Kali Surabaya agar tidak terjadi genangan pada waduk Kedurus. Sesuai SOP yang dimiliki oleh Rumah Pompa *Boezem* Kedurus, pemompaan dilakukan ketika level ketinggian air pada waduk mencapai 3,5 meter. Berikut ini perhitungan pemompaan yang dilakukan pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.

   Kapasitas terpakai = 287.000,00 m^3, kapasitas ini menempati waduk hingga level 2 meter
   Kapasitas tampungan waduk setelah pengerukan = 420.500,00 m^3
   Kapasitas waduk hingga terjadi pemompaan = P x L x T = 2.050,00 m x 70,00 m x 1,50 m = 215.250 m^3

   Diketahui debit air yang masuk ke waduk sebesar 348,71 m3/s, sehingga pemompaan akan dilakukan setelah 10,29 menit air dari saluran masuk ke dalam waduk.

   Volume air yang harus dipompakan menuju sungai Kali Surabaya = Volume air yang masuk – Volume air yang dapat ditampung waduk
   = 1.074.031,59 m^3 – 215.250,00 m^3 = 858,781,59 m^3

Volume air yang harus dipompakan menuju sungai Kali Surabaya

= Volume air yang masuk – Volume air yang dapat ditampung waduk

= 1.074.031,59 m^3 – 215.250,00 m^3

= 858,781,59 m^3

Waktu pemompaan (2 pompa banjir dan 1 pompa *sludge*) $= \frac{\text{V pemompaan}}{\text{Q pompa}} = \frac{858.781{,}59\ m^3}{9{,}66\ m^3/s}$

= 73.816,06 s = 20,50 jam

Waktu pemompaan (4 pompa banjir dan 2 pompa *sludge*) $= \frac{\text{V pemompaan}}{\text{Q pompa}} = \frac{858.781{,}59\ m^3}{4{,}83\ m^3/s}$

= 36.908,03 s = 10,25 jam

Pada perencanaan ini, pemompaan dilakukan dengan menyalakan semua pompa yang tersedia pada rumah pompa.

5.9. *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan bill of quantity (BOQ) dilakukan untuk mengetahui volume pekerjaan , sedangkan rencana anggaran biaya (RAB) dilakukan agar dapat diketahui besaran biaya yang dibutuhkan. Pekerjaan yang dimaksud merupakan cara – cara teknis yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan genangan pada sistem pematusan Kedurus. Pada Tabel 5.46 disajikan uraian harga pekerjaan dan pada Tabel 5.47 disajikan perhitungan RAB untuk melakukan perencanaan ini.

Tabel 5.46 Harga Tiap Pekerjaan

NO	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	KETERANGAN	SATUAN	INDEKS		
1	Pekerjaan Pengerukan Saluran dengan Alat Berat				
a.	Sewa Peralatan				
	Truk kelas 3 dalam kota	Hari	0,080	778.500,00	62.280,00
	Bucket dan crane / draglin scraper	Jam	0,150	81.400,00	12.210,00
	Total				74.490,00
b.	Tenaga Kerja				
	Mandor	OH	0,007	120.000,00	840,00
	Pembantu Tukang	OH	0,226	99.000,00	22.374,00
	Total				23.214,00
Total Harga Pekerjaan Pengerukan Saluran dengan Alat Berat					97.704,00
2	Pekerjaan Pengerukan Saluran secara Manual				
a.	Sewa Peralatan				
	Truk kelas 3 dalam kota	Hari	0,010	778.500,00	7.785,00
	Total				7.785,00

NO	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	KETERANGAN	SATUAN	INDEKS		
b.	Bahan				
	Glangsing 25kg	Lembar	12,000	2.150,00	25.800,00
	Total				25.800,00
c.	Tenaga Kerja				
	Mandor	OH	0,040	120.000,00	4.800,00
	Pembantu Tukang	OH	0,400	99.000,00	39.600,00
	Total				44.400,00
Total Harga Pengerukan Saluran secara Manual					77.985,00
3	Pekerjaan Penggalian Saluran Drainase				
a.	Sewa Peralatan				
	Sewa alat bantu 1 set @3 alat	m^3	1,000	1.100,00	1.100,00
	Total				1.100,00
b.	Tenaga Kerja				
	Mandor	OH	0,025	120.000,00	3.000,00
	Pembantu Tukang	OH	0,750	99.000,00	74.250,00

NO	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	KETERANGAN	SATUAN	INDEKS		
	Total				77.250,00
Total Harga Penggalian Saluran Drainase					78.350,00
4	Pekerjaan Pembetonan				
a.	Bahan				
	Semen PC 40 kg	zak	8,400	63.000,00	529.200,00
	Pasir cor/beton	m³	0,540	232.100,00	125.334,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	m³	0,810	466.000,00	377.460,00
	Besi beton polos	kg	210,000	12.000,00	2.520.000,00
	Paku triplek/eternit	kg	3,000	22.000,00	66.000,00
	Plywood uk. 122x244x9 mm	lembar	2,500	93.600,00	234.000,00
	Kawat ikat	kg	3,000	23.000,00	69.000,00
	Kayu kamper balok 4/6, 5/7	m³	0,105	6.400.000,00	672.000,00
	Kayu meranti bekisting	m³	0,250	3.200.000,00	800.000,00
	Minyak bekisting	liter	1,200	28.300,00	33.960,00
	Total				5.426.954,00

NO	URAIAN			HARGA SATUAN (dalam Rp)	JUMLAH HARGA (dalam Rp)
	KETERANGAN	SATUAN	INDEKS		
b.	Tenaga Kerja				
	Mandor	OH	0,283	120.000,00	33.960,00
	Kepala tukang	OH	0,323	110.000,00	35.530,00
	Tukang	OH	0,150	105.000,00	15.750,00
	Tukang	OH	0,275	105.000,00	28.875,00
	Tukang	OH	1,400	105.000,00	147.000,00
	Pembantu tukang	OH	5,650	99.000,00	559.350,00
	Total				820.465,00
Total Harga Pekerjaan Pembetonan					6.247.419,00

Sumber : HSPK Perubahan I Kota Surabaya, 2015

Tabel 5.47 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

No	Uraian Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan (dalam Rp)	Harga Total (dalam Rp)
1	Pekerjaan Pengerukan Saluran dengan Alat Berat	14.593,71	241.204,00	3.520.061.426,93
2	Pekerjaan Pengerukan Saluran secara Manual	6.298,64	77.985,00	491.199.698,17
3	Pekerjaan Penggalian Saluran Drainase	562.722,66	78.350,00	44.089.320.632,31

No	Uraian Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan (dalam Rp)	Harga Total (dalam Rp)
4	Pekerjaan Pembetonan	84.837,49	6.247.419,00	530.015.368.401,58
Total Rencana Anggaran Biaya (dalam Rp)				578.115.950.158,99

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa untuk melakukan pekerjaan pengerukan sedimen guna menanggulangi permasalahan genangan pada sistem pematusan Kali Kedurus dibutuhkan biaya sebesar Rp 578.115.950.158,99,-

LAMPIRAN A (Gambar)

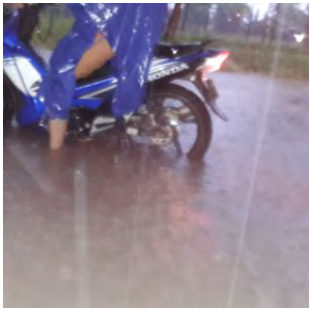
Gambar A.1 Genangan pada Saluran Sekunder Lakarsantri

Gambar A.2 Genangan pada Saluran Sekunder Jeruk

Gambar A.3 Genangan pada Saluran Sekunder Bangkingan

Gambar A.4 Genangan pada Saluran Sekunder Lidah Kulon

Gambar A.5 Genangan pada Saluran Sekunder Pondok Menggala



Gambar A.6 Genangan pada Saluran Sekunder Lembah Harapan

Gambar A.7 Genangan pada Saluran Sekunder Pondok Maritim

Gambar A.8 Genangan pada Saluran Sekunder Wiyung Baru 2

Gambar A.9 Genangan pada Saluran Sekunder Wiyung Baru 3

Gambar A.10 Genangan pada Saluran Sekunder Kebraon

Gambar A.11 Genangan pada Saluran Primer Kali Kedurus

Gambar A.12 Saluran Primer Kali Kedurus Saat Tidak Hujan

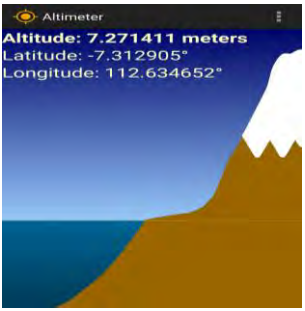
Gambar A.13 Sedimen yang Menyumbat Saluran Sekunder

Gambar A.14 Enceng Gondok pada Waduk Kedurus

Gambar A.15 Pengukuran Lebar Saluran

Gambar A.16 Pengukuran Kedalaman Saluran

Gambar A.17
Pengukuran Dimensi
Saluran



Gambar A.18
Pengukuran Elevasi
Saluran dengan GPS

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan mengenai sistem pematusan Kali Kedurus, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dari analisa dan evaluasi pada sistem drainase Kali Kedurus didapatkan bahwa terdapat 13 segmen saluran primer dan 14 segmen saluran sekunder yang tidak dapat menampung debit limpasan, sehingga menimbulkan genangan dengan total volume 1.276.916,83 m^3 dengan luas genangan 542,72 hektar.
2. Cara teknis yang dapat dilakukan untuk menanggulangi permasalahan genangan di wilayah sistem pematusan Kali Kedurus adalah dengan melakukan pengerukan sedimen pada saluran primer dan sekunder, melakukan rekayasa saluran dengan mengubah dimensi saluran, melakukan pengerukan sedimen pada waduk, dan mengoperasikan pompa pada Rumah Pompa *Boezem* Kedurus.
3. Biaya yang dibutuhkan untuk menanggulangi permasalahan genangan di wilayah sistem pematusan Kali Kedurus adalah sebesar Rp 578.115.950.158,99,-

6.2. Saran

Adapun saran terkait analisis dan evaluasi ini adalah :

1. Pada evaluasi berikutnya pada wilayah studi diperlukan analisis pembahasan hingga mencapai saluran tersier untuk mendapatkan hasil yang lebih mendalam.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Surabaya. 2015. **Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya 2015**. Surabaya. Indonesia.

Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2015. **Kecamatan Karang Pilang Dalam Angka 2014**. Surabaya. Indonesia.

Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2015. **Kecamatan Lakarsantri Dalam Angka 2014**. Surabaya. Indonesia.

Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2015. **Kecamatan Wiyung Dalam Angka 2014**. Surabaya. Indonesia.

Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2015. **Surabaya Dalam Angka 2014**. Surabaya. Indonesia.

Chay, Asdak. 2006. **Hidrologi dan Pengolaan Daerah Aliran Sungai**. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. Indonesia

Dawson, R. J., Ball, T., Werrity, J., Werrity, A., Wall, J. W. dan Roche, N. 2011**. Assessing The Effectiveness of Non - Structural Flood Management Measures in the Thames Estuary Under Conditions of Socio - Economic and Environmental Change**. Global Environmental Change, 21, 628–646.

Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Bandung. 1996. **Bandung Urban Development Project**. Bandung. Indonesia.

Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya. 2000. **Surabaya Drainage Masterplan 2018 Review Dan Hasil Olahan.** Surabaya. Indonesia.

Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya. 2010. P**emanfaatan Waduk di Surabaya.** Surabaya. Indonesia.

Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya. 2015. **Data Inventarisasi Waduk Kota Surabaya Tahun 2014.** Surabaya. Indonesia.

Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya. 2016. **Data Genangan dan Inventarisasi Saluran Rayon Wiyung Tahun 2015.** Surabaya. Indonesia.

Dwiwinarsih, Rina. 2012. **Analisis Tingkat Kepuasan Konsumen Terhadap Pelayanan**. Universitas Gunadarma, Jakarta. Indonesia.

Grigg, N. S. 2005. **Water Resource Development and Management.** Water Encyclopedia, 2, 586 - 587.

Hsu, N - S., Huang, C - L. dan Wei, C - C. 2013. **Intelligent Real - Time Operation of A Pumping Station for An Urban Drainage System**. Journal of Hydrology, 489, 85 - 97.

Linsley, R.K, and Franzini. 1979. **Water Resources Engineering, McGraw - Hill**. NewYork. USA.

Masduqi, M. 2005. **Diktat Kuliah Drainase Permukiman**. ITB, Bandung. Indonesia.

Pandebesie, E.S., Hartati, Salami, I.R.S., Wijaya, J.M., Sijoatmojo, S. 2002. **Pengelolaan Sistem Drainase dan Penyaluran Air Limbah. Teknik Perencanaan Penyehatan Lingkungan Permukiman**. Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP ITS, Surabaya. Indonesia.

PSAWS Butung Paketing. 2016. **Data Curah Hujan Kota Surabaya Tahun 2006 - 2015**. Surabaya. Indonesia

Subarkah . 1980. **Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air.** Ide Dahrma, Bandung. Indonesia.

Standard Nasional Indonesia (SNI). **Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung**. SNI 8066 - 2015.

Suripin. 2004. **Sistem Drainase Kota Berkelanjutan**. Andi Offset,Yogyakarta. Indonesia.

Tingsanchali, T. 2012. **Urban Flood Disaster Management**. Procedia Engineering, 32, 25–37.

Wibisana, Sunu. 2010. **Distribusi Chi-Kuadrat (Chi Square)**. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Indonesia.

Zhang, Q., Gu, X., Singh, V. P., dan Xiao, M. 2014. **Flood Frequency Analysis with Consideration of Hydrological Alterations: Changing Properties, Causes and Implications**. Journal of Hidrology, 519, 803 - 813.

BIOGRAFI PENULIS

Penulis dilahirkan di Surabaya, 2 8 Agustus 1994, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di SDN Lakarsantri II/473 Surabaya, SMPN 16 Surabaya, dan SMAN 13 Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya pada tahun 2012-2016 dan terdaftar dengan NRP 3312100043. Selama masa perkuliahan, penulis aktif di dalam organisasi kemahasiswaan sebagai anggota Hubungan Luar Negeri HMTL periode 2013/2014 dan staff Komunitas Pecinta dan Pemerhati Lingkungan divisi Konservasi Alam periode 2014/2015 . Selain itu, penulis juga aktif menjadi panitia di berbagai kegiatan HMTL ITS maupun luar ITS. Penulis berkesempatan menjalankan Kerja Praktik di Pusat Penilitian Kopi dan Kakao Indonesia untuk melakukan Evaluasi Pengolahan Limbah Padat. Penulis dapat dihubungi via email ditamaliaa@gmail.com