

TUGAS AKHIR

OPTIMASI SISTEM DRAINASE AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DI JOMBOR LOR DENGAN PROGRAM EPA SWMM 5.1 (*OPTIMATION OF DRAINAGE SYSTEM DUE TO LAND USE CHANGE IN JOMBOR LOR BY USING EPA SWMM 5.1 PROGRAM*)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Brawira Adhi Manggala
14511131**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

OPTIMASI SISTEM DRAINASE AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DI JOMBOR LOR DENGAN PROGRAM EPA SWMM 5.1 (OPTIMIZATION OF DRAINAGE SYSTEM DUE TO LAND USE CHANGE IN JOMBOR LOR BY USING EPA SWMM 5.1 PROGRAM)

Disusun oleh :

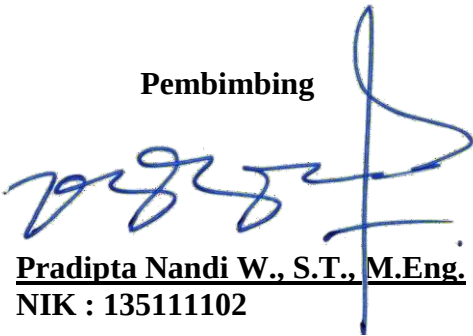
Brawira Adhi Manggala
14511131

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

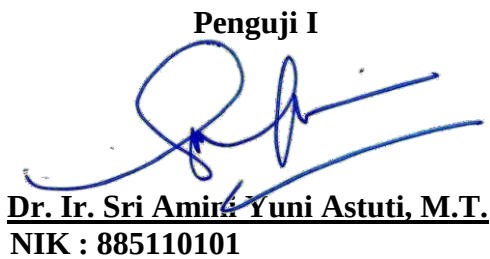
Diuji pada tanggal 22 Desember 2021

Oleh Dewan Penguji :

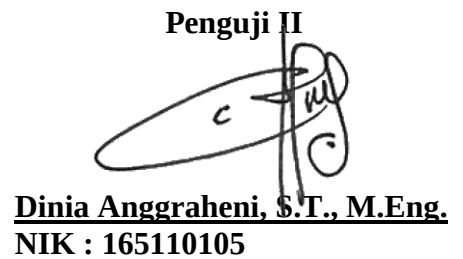
Pembimbing


Pradipta Nandi W., S.T., M.Eng.
NIK : 135111102

Penguji I


Dr. Ir. Sri Amin Yuni Astuti, M.T.
NIK : 885110101

Penguji II


Dina Anggraheni, S.T., M.Eng.
NIK : 165110105

Mengesahkan :

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amin Yuni Astuti, M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini, saya Brawira Adhi Manggala menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun informasi tertentu yang dimuat dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain baik yang dipublikasikan atau tidak, telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 22 Desember 2021

Yang membuat pernyataan,



Brawira Adhi Manggala
14511131



*This Research Paper is dedicated to My
Parents, who instilled in me the virtues of
perseverance and commitment and relentlessly
encouraged me to strive for excellence.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Evaluasi Sistem Drainase Akibat Perubahan Tata Guna Lahan di Jombor Lor dengan Program EPA SWMM 5.1 (*Evaluation of Drainage System Due to Land Use Change in Jombor Lor by Using EPA SWMM 5.1 Program*). Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

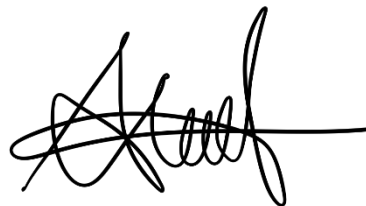
Dalam penyusunan Tugas Akhir ini adapun hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing,
2. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Dosen Penguji I,
3. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II,
4. Ayahku Ir. Hari Yuwono, M.T. dan Ibuku Dwina Suratmi yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 22 Desember 2021

Penulis,



Brawira Adhi Manggala
14511131

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Umum	9
3.2 Sistem Drainase	9
3.2.1 Sistem Drainase Perkotaan	9
3.2.2 Fungsi Drainase	10
3.2.3 Sistem Jaringan Drainase	11
3.2.4 Permasalahan Drainase	11

3.3 Analisis Hidrologi	12
3.3.1 Pengertian Hidrologi	12
3.3.2 Analisis Frekuensi	12
3.3.3 Periode Ulang	15
3.3.4 Analisis Distribusi Frekuensi	15
3.3.5 Uji Validitas Model Distribusi	21
3.3.6 Intensitas Hujan	32
3.3.7 Distribusi Hujan Jam-jaman (<i>Hyetograph</i>)	33
3.3.8 Waktu Konsentrasi	35
3.3.9 Debit Puncak	35
3.3.10 Hidrograf Satuan Sintetis	37
3.3.11 Transformasi Curah Hujan ke Debit	39
3.4 Analisis Hidraulika	39
3.4.1 Penampang Melintang Saluran	39
3.4.2 Tinggi Jagaan (<i>Freeboard</i>)	42
3.5 Sumur Resapan	43
3.5.1 Pengertian Sumur Resapan	43
3.5.2 Analisis Perhitungan Sumur Resapan	43
3.6 Program EPA SWMM 5.1	46
3.6.1 Pengertian Program EPA SWMM 5.1	46
3.6.2 Obyek pada Program EPA SWMM 5.1	51
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Lokasi Penelitian	53
4.2 Obyek Penelitian	53
4.3 Langkah-langkah Penelitian	53
4.4 Pencarian Data dan Informasi	54
4.5 Pengolahan Data	55
4.6 Bagan Alir Penelitian	55
BAB V ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN	
5.1 Penentuan Daerah Tangkapan Air (DTA)	57

5.2	Curah Hujan Rancangan	58
5.3	Laju Infiltrasi	76
5.4	Karakteristik Tiap Sub DTA	77
5.5	Luas Lahan dan Luas Atap Tiap Sub DTA	78
5.6	Debit Banjir Rancangan dan <i>U-Ditch</i> yang Dibutuhkan	78
5.7	Hasil Hitungan Debit Rancangan dengan Berbagai Cara Hitungan Intensitas Hujan	86
5.8	Hasil Hitungan Sumur Resapan dengan Berbagai Debit Reduksi	89
BAB VI PEMBAHASAN		
6.1	Umum	95
6.2	Perbandingan Hasil Hitungan Debit Rancangan dengan Berbagai Cara Hitungan Intensitas Hujan	95
6.3	Kebutuhan Sumur Resapan Akibat Perubahan Tata Guna Lahan	96
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		
7.1	Kesimpulan	97
7.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		99
LAMPIRAN		102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Resume Hasil Tinjauan Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3.1	Persyaratan Jenis Sebaran	14
Tabel 3.2	Kriteria Periode Ulang	15
Tabel 3.3	Nilai Variabel Reduksi Gauss	16
Tabel 3.4	Nilai K_T untuk Distribusi Log Pearson III (Kemencengan Positif)	18
Tabel 3.5	Nilai K_T untuk Distribusi Log Pearson III (Kemencengan Negatif)	19
Tabel 3.6	<i>Reduce Mean</i> (Y_n)	20
Tabel 3.7	<i>Reduce Standard Deviation</i> (S_n)	21
Tabel 3.8	<i>Reduced Variate</i> (Y_t)	21
Tabel 3.9	Nilai Chi-Kuadrat Kritis	23
Tabel 3.10	Probabilitas Normal Standar (Z Negatif)	30
Tabel 3.11	Probabilitas Normal Standar (Z Positif)	31
Tabel 3.12	Nilai Δ_{kritis} Uji Smirnov Kolmogorov	32
Tabel 3.13	Koefisien Aliran Permukaan	36
Tabel 3.14	Hidrograf Satuan Tak Berdimensi Metode SCS	39
Tabel 3.15	Nilai Koefisien Manning	40
Tabel 3.16	Faktor Geometrik	44
Tabel 3.17	Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Secara Umum	45
Tabel 3.18	Parameter Infiltrasi <i>Green Ampt</i>	48
Tabel 3.19	Nilai Infiltrasi Maksimum (f_o)	49
Tabel 3.20	Nilai Infiltrasi Minimum (f_c)	49
Tabel 3.21	Nilai <i>Depression Storage</i>	51
Tabel 5.1	Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Prumpung 2001-2020	59
Tabel 5.2	Hitungan Parameter Statistik Logaritmik Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor	62

Tabel 5.3	Hasil Hitungan Statistik Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor	62
Tabel 5.4	Pemilihan Jenis Sebaran	63
Tabel 5.5	Hasil Hitungan Uji Chi-Kuadrat untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 1$	65
Tabel 5.6	Hasil Hitungan Uji Chi-Kuadrat untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 2$	66
Tabel 5.7	Hasil Hitungan Uji Chi-Kuadrat untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln \ln x$	68
Tabel 5.8	Hasil Hitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 1$ atau $y = \ln x$ dan $\gamma = 2$	70
Tabel 5.9	Hasil Hitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln \ln x$	72
Tabel 5.10	Pengujian Jenis Sebaran	72
Tabel 5.11	Curah Hujan Harian Maksimum dengan Berbagai Kala Ulang	74
Tabel 5.12	Hitungan <i>Hyetograph</i> dengan <i>Alternating Block Method (ABM)</i>	75
Tabel 5.13	Karakteristik Tiap Sub DTA	78
Tabel 5.14	Luas Lahan dan Luas Atap Tiap Sub DTA	78
Tabel 5.15	Konversi Data <i>Input</i> dari <i>SI Metric</i> ke <i>US Customery</i>	81
Tabel 5.16	Konversi Data <i>Output</i> dari <i>US Customery</i> ke <i>SI Metric</i>	83
Tabel 5.17	Optimalisasi Dimensi Ruas Saluran <i>U-Ditch</i> untuk Debit Puncak (Q_p) dengan Kala Ulang 2 Tahun	84
Tabel 5.18	Debit Puncak (Q_p) dengan Kala Ulang 2 Tahun pada Sub DTA dan Ruas Saluran serta <i>U-Ditch</i> yang Dibutuhkan	84
Tabel 5.19	Hasil Hitungan Debit Rancangan dengan Berbagai Cara Hitungan Intensitas Hujan	89
Tabel 5.20	Hasil Hitungan Sumur Resapan dengan Berbagai Debit Reduksi	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) SCS	38
Gambar 3.2	Penampang Melintang Basah Saluran	40
Gambar 3.3	Tinggi Jagaan Saluran	42
Gambar 3.4	Tampilan Awal Program EPA SWMM 5.1	46
Gambar 4.1	Lokasi Perencanaan Drainase	53
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian	56
Gambar 5.1	Batas DTA Saluran Drainase Jombor Lor (Peta RBI)	57
Gambar 5.2	Batas DTA Saluran Drainase Jombor Lor (Peta <i>Orthophoto</i>)	58
Gambar 5.3	Lokasi Stasiun Hujan Prumpung, Pakem dan Kemasan terhadap Lokasi Penelitian	74
Gambar 5.4	Grafik <i>Hyetograph</i> dengan <i>Aternating Block Method (ABM)</i>	76
Gambar 5.5	Formasi Geologi Daerah Penelitian	77
Gambar 5.6	Bagan Alir Pemodelan Hujan-Aliran dengan Program SWMM 5.1	80
Gambar 5.7	Pemodelan Hujan-Aliran dengan Program SWMM 5.1	80
Gambar 5.8	Skematis Profil Memanjang Saluran Drainase Jombor Lor	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Curah Hujan Harian Stasiun Prumpung Tahun 2001-2020	103
Lampiran 2	Hasil Hitungan Curah Hujan Rancangan dengan Analisis Frekuensi	123
Lampiran 3	Metode Penentuan Karakteristik Tiap Sub DTA	135
Lampiran 4	Metode Perhitungan Luas Lahan dan Luas Atap dengan Menggunakan RTRW	138
Lampiran 5	Langkah-langkah Penggunaan SWMM	141
Lampiran 6	Ukuran <i>U-Ditch</i> yang Ada di Pasaran dari Beberapa Produsen	155
Lampiran 7	Hasil Hitungan Program EPA SWMM 5.1	164
Lampiran 8	Hasil Pengujian Permeabilitas Lapangan	167

ABSTRAK

Permasalahan genangan atau banjir adalah permasalahan yang sering terjadi di daerah perkotaan dan menjadi permasalahan rutin yang belum bisa terselesaikan. Salah satu pemicunya adalah akibat alih fungsi lahan yang semula daerah resapan air menjadi daerah yang tidak bisa meresapkan air serta ketidaksesuaian sistem drainase dan dimensi saluran drainase.

Penelitian drainase dilaksanakan di Jalan Tegal Mlati Jombor Lor yang sesuai dengan daerah tangkapan air hujan sepanjang Jombor Lor RT.04 RW.20 Sindudadi, Mlati, Sleman, D.I. Yogyakarta guna mendapatkan sistem drainase dan dimensi saluran drainase yang optimum terkait dengan ukuran yang tersedia di pasaran. Transformasi curah hujan – debit banjir dilakukan dengan menggunakan program EPA SWMM 5.1.

Hasil hitungan debit rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan yang data masukan intensitas hujan berupa distribusi hujan jam-jaman (*hyetograph*) hasilnya kurang lebih sama dengan hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus Mononobe ($Q_{ABM} \approx Q_{Mononobe}$), dan jauh lebih besar dari hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus *Modified Mononobe* ($Q_{ABM} \gg Q_{ModMon}$). Untuk luas lahan kedap air $\pm 45\%$, maka hasil hitungan debit rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan yang data masukan intensitas hujan berupa distribusi hujan jam-jaman (*hyetograph*) hasilnya lebih kecil dari hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus Mononobe (untuk $A_{atap} \pm 45\%$, maka $Q_{ABM} < Q_{Mononobe}$), sedangkan untuk luas lahan kedap air $\pm 30\%$, maka terjadi sebaliknya (untuk $A_{atap} \pm 30\%$, maka $Q_{ABM} > Q_{Mononobe}$).

Debit puncak untuk kala ulang 2 tahun pada saluran C1 sebesar 0,813 m³/s, C2 sebesar 0,887 m³/s, C3 sebesar 2,108 m³/s, dan C4 sebesar 2,289 m³/s. Tipe *U-Ditch* yang dibutuhkan untuk ruas saluran C1 dan C2 adalah *U-Ditch* 600x800x1200 dan untuk ruas saluran C3 dan C4 adalah *U-Ditch* 800x1000x1200. Dalam menentukan ukuran *U-Ditch* (*width & height*) yang paling efektif dalam mengalirkan debit puncak banjir rancangan dibatasi dengan ukuran *U-Ditch* yang ada di pasaran, padahal sangat dimungkinkan dari hasil hitungan didapatkan ukuran *U-Ditch* yang lebih efektif dalam mengalirkan debit puncak banjir rancangan tersebut.

Kata kunci : banjir, Jombor Lor, SWMM, debit saluran, ukuran *U-Ditch*

ABSTRACT

The problem of inundation or flooding is a problem that often occurs in urban areas and becomes a routine problem that cannot be resolved. One of the triggers is the result of the conversion of land which was originally a water catchment area into an area that cannot absorb water as well as the incompatibility of the drainage system and the dimensions of the drainage channel.

The drainage research was carried out on Jalan Tegal Mlati, Jombor Lor which corresponds to the rainwater catchment area along Jombor Lor RT.04 RW.20 Sindudadi, Mlati, Sleman, D.I. Yogyakarta in order to obtain the optimum drainage system and drainage channel dimensions related to the sizes available in the market. The transformation of rainfall – flood discharge is carried out using the EPA SWMM 5.1 program.

The results of the calculation of the design discharge using a unit hydrograph whose input data is rain intensity in the form of an hourly rain distribution (hyetograph) the results are approximately the same as the results of the calculation of the design discharge using the Rational formula which input data on the rainfall intensity from the calculation using the Mononobe formula ($Q_{ABM} \approx Q_{Mononobe}$), and much larger than the calculation of the design discharge using the Rational formula, which input data on the rainfall intensity from the calculation using the Modified Mononobe formula ($Q_{ABM} \gg Q_{ModMon}$). For a watertight area of $\pm 45\%$, the results of the calculation of the design discharge using a unit hydrograph whose input data is rain intensity in the form of an hourly rain distribution (hyetograph) the result is smaller than the result of the calculation of the design discharge using the Rational formula which input data on the intensity of rain from the calculation. with the Mononobe formula (for roofs $\pm 45\%$, then $Q_{ABM} < Q_{Mononobe}$), while for watertight land area $\pm 30\%$, the opposite happens (for roofs $\pm 30\%$, then $Q_{ABM} > Q_{Mononobe}$).

Peak discharge for the 2-year return period on channel C1 is $0.813 \text{ m}^3/\text{s}$, C2 is $0.887 \text{ m}^3/\text{s}$, C3 is $2.108 \text{ m}^3/\text{s}$, and C4 is $2.289 \text{ m}^3/\text{s}$. The type of U-Ditch required for channel sections C1 and C2 is U-Ditch $600 \times 800 \times 1200$ and for channel sections C3 and C4 is U-Ditch $800 \times 1000 \times 1200$. In determining the most effective U-Ditch size (width & height) in draining the peak flood discharge, the design is limited by the size of the U-Ditch on the market, even though it is very possible from the calculation results to get a U-Ditch size that is more effective in draining the design peak flood discharge.

Keywords : flood, Jombor Lor, SWMM, channel discharge, U-Ditch size

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan genangan adalah permasalahan yang sering terjadi di daerah perkotaan dan menjadi permasalahan rutin yang belum bisa terselesaikan. Perubahan fungsi lahan yang semula daerah resapan air menjadi daerah yang tidak bisa meresapkan air serta ketidaksesuaian sistem drainase dan dimensi saluran drainase menyebabkan terjadinya genangan. Permasalahan yang lain adalah kebijakan di pemerintah kabupaten atau kota mengenai permasalahan drainase yang kurang sesuai dengan Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW). Untuk mengupayakan berlangsungnya kegiatan ekonomi masyarakat agar tetap berjalan dengan baik maka perlu dilakukan pemecahan masalah drainase agar tidak terjadi genangan atau banjir pada saat musim hujan.

Masalah-masalah drainase pada umumnya dikaitkan dengan permasalahan sosial. Sebagai contoh, kemiskinan dan pengembangan kawasan bisnis maupun perumahan sering mengakibatkan terjadinya alih fungsi lahan dan daerah pengaman serta daerah resapan seperti daerah sempadan sungai, kolam tempat penampung air sementara berubah menjadi area perumahan untuk tempat tinggal dan pusat perdagangan atau supermarket.

Pada banyak penanganan drainase perkotaan di Indonesia masih bersifat parsial, sehingga tidak menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan secara tuntas. Oleh karena itu, kedepannya perlu diadakan suatu pendekatan yang menyeluruh dan terpadu. Menyeluruh dalam arti satu sistem baik fisik maupun non fisik dari hulu ke hilir, terpadu berarti perlu adanya sinkronisasi antar *stakeholders*.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, perlu adanya sistem drainase dan dimensi saluran drainase yang sesuai dengan kondisi perubahan tata guna lahan guna menampung debit air yang bertambah yang mengalir ke saluran drainase.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas akan dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan besarnya limpasan yang terjadi di kawasan Jombor Lor dengan program EPA SWMM 5.1?
2. Bagaimana menentukan sistem drainase dan dimensi saluran drainase yang sesuai dengan debit puncak rencana yang terjadi di kawasan Jombor Lor dengan program EPA SWMM 5.1?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan akhir yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis besaran debit.
2. Tersedianya sistem drainase dan dimensi saluran drainase yang sesuai dengan debit puncak banjir rencana.

1.4 Manfaat

Manfaat teoritis yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah secara teoritis dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan dalam menentukan sistem drainase dan dimensi saluran drainase guna mengatasi genangan atau banjir yang terjadi karena dampak dari perubahan fungsi lahan dengan bantuan Program Environmental Protection Agency Storm Water Management Model 5.1 dalam satu daerah layanan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak melebar dan keluar dari permasalahan topik penelitian, maka penelitian ini dibatasi dengan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Penelitian drainase dilakukan di wilayah yang sesuai dengan skema daerah tangkapan sepanjang Jombor Lor RT.04 RW.20, dengan penekanan pada permasalahan drainase dengan bantuan program EPA SWMM 5.1.
2. Sistem drainase dan dimensi saluran drainase serta sumur resapan yang akan direncanakan berada di Jalan Tegal Mlati Jombor Lor RT.04 RW.20, dengan daerah tangkapan air (DTA) sesuai yang telah ditetapkan.

3. Debit yang mengalir pada saluran drainase dan sumur resapan berupa debit yang berasal dari air hujan.
4. Saluran drainase yang direncanakan di Jombor Lor RT.04 RW.20 berupa saluran terbuka.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Dalam tinjauan umum telah dilakukan peninjauan terhadap manual penggunaan program EPA SWMM 5.1 untuk sistem drainase.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kuswicaksono (2016) dalam penelitian dengan judul “Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase di Perumahan Puri Kintamani, Cilebut, Bogor dengan Menggunakan Program SWMM” dari analisis yang dilakukan menyatakan bahwa simulasi menggunakan periode ulang 5 tahun, curah hujan rencana yang digunakan sebesar 144,13 mm/hari. Pada simulasi terlihat garis merah pada *conduit* C6 dan C7 pada jam ke-2 sampai ke-3 yang mengindikasikan terjadinya luapan. Pada data pengukuran elevasi menunjukkan node-node pada *cluster* Nusa Dua memiliki ketinggian lebih rendah daripada bagian di luar *cluster*. Hal ini menyebabkan aliran meluap pada saluran C29. Fenomena *backwater* terjadi pada bagian hilir saluran utama, dari anak Sungai Ciliwung menuju ke dalam perumahan. Efisiensi saluran pada hulu saluran utama dilakukan untuk membandingkan desain dan biaya yang dibutuhkan. Desain saluran yang efisien pada hulu saluran utama didapatkan dari perhitungan manual menggunakan metode desain penampang terbaik. Pada hasil evaluasi simulasi dinyatakan aman karena tidak terdapat garis merah atau menyatakan luapan pada saluran.
2. Indra, dkk. (2019) dalam penelitian dengan judul “Potensi Penerapan *Ecodrainage* di Desa Sumberejo Kecamatan Pakal Kota Surabaya” menyatakan dari analisis yang dilakukan bahwa penampakan permukaan air pada saluran dalam kondisi eksisting dengan program *Environmental Protection Agency Storm Water Management Model 5.1*, maka profil muka airnya menampakan

terjadinya peluapan debit banjir pada beberapa saluran yaitu pada saluran 10502 sampai dengan saluran 10509. Pada drainase di Sumberejo debit banjir yang direncanakan terjadi adalah :

- a. Dengan periode ulang 2 tahun Q banjir rencana = $1,39 \text{ m}^3/\text{detik}$.
- b. Dengan periode ulang 5 tahun Q banjir rencana = $1,57 \text{ m}^3/\text{detik}$.
- c. Dengan periode ulang 10 tahun Q banjir rencana = $1,61 \text{ m}^3/\text{detik}$.
- d. Pada periode ulang 10 tahun terjadi Q banjir yang paling besar yaitu sebesar $1,61 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Dalam penelitian ini, metode untuk menanggulangi peluapan banjir yang terjadi diterapkan *ecodrainage* menggunakan sumur serapan. Desain sumur serapan adalah $h = 2,9$ meter dan $r = 0,5$ meter dan berjumlah dua buah dimana h adalah tinggi sumur serapan dan r adalah jari-jari sumur serapan. Desain sumur serapan tersebut mampu menampung debit yang direncanakan dengan persentase daya tampung 100% dari debit yang direncanakan.

3. Situmorang (2015) dalam penelitian dengan judul “Penerapan Model EPA SWMM 5.1 untuk Evaluasi Saluran Drainase di Darmawangsa Residence, Bekasi, Jawa Barat” menyatakan dari analisis yang dilakukan bahwa terjadinya limpasan dikarenakan kawasan perumahan kurang memiliki lahan terbuka dan didominasi oleh area *impervious* yang kurang dapat menyerap air melalui infiltrasi. Berdasarkan hasil simulasi permodelan, dari total hujan 252 mm, debit maksimum salah satu *outlet* di saluran adalah sebesar 611,38 liter/detik. Sebagai catatan, kapasitas jaringan drainase pada kawasan tersebut dapat menampung debit limpasan maksimum dari curah hujan rencana.
4. Mursitaningsih (2009) dalam penelitian dengan judul “Analisis Kinerja Saluran Drainase di Daerah Tangkapan Air Hujan Sepanjang Kali Pepe Kota Surakarta” menyatakan dari analisis yang dilakukan bahwa mayoritas hasil dari penelitiannya pada beberapa area yang ditinjau, dimana dengan periode ulang 5 tahun mendapatkan hasil debit yang terjadi pada saluran dengan mayoritas tidak dapat tertampung atau mengalami peluapan. Misalnya pada salah satu area dari analisisnya mendapatkan debit sebesar $4,889 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang mana lebih besar

dari debit rencana sebesar $2,673 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal tersebut akibat perubahan tata guna lahan daerah resapan air, dimana hal ini ditambah dengan terjadinya pendangkalan saluran drainase karena lumut akhirnya mengakibatkan peluapan.

5. Rangari, *et.al.* (2018) dalam penelitian dengan judul “*Simulation of Urban Drainage System Using a Storm Water Management Model (SWMM)*” menyatakan dari simulasi drainase di Kampus Warangal India dengan permasalahan perubahan tata guna lahan akibat pembangunan gedung di sekitar kampus sehingga limpasan meningkat. Pada penelitian ini dilakukan dengan program SWMM yang dilakukan dengan periode ulang 2 tahun dengan nilai intensitas $39,251 \text{ mm/jam}$ ada 3 *junction* yang mengalami banjir dan hal tersebut dapat diatasi dengan memperbesar dimensi saluran drainase.
6. Agarwal (2019) dalam penelitian dengan judul “*Urban Flood Modeling and Management Using SWMM for NEW R.R Pet Region Vijayawada, India*” menyatakan dari analisis yang dilakukan bahwa program SWMM cocok digunakan untuk perencanaan drainase perkotaan. Penelitian dilakukan di Vijayawada, India dari pembagian 16 daerah tangkapan dengan luas area terbesar $6,06 \text{ acre}$, rata-rata kemiringan saluran $(2,5-3,5)\%$ dan daerah *impervious* sebesar $(84-94)\%$, dimana kawasan tidak mengalami banjir berarti drainase sudah memadai.
7. Ermalizar dan Junaidi (2018) dalam penelitian dengan judul “*Flood Simulation Using EPA SWMM 5.1 on Small Catchment Urban Drainage System*” menyatakan dari analisis yang dilakukan bahwa mayoritas hasil dari penelitiannya dari beberapa area yang ditinjau, dimana dengan periode ulang 5 tahun mendapatkan hasil debit yang terjadi pada saluran drainase di lapangan mayoritas tidak dapat tertampung atau mengalami peluapan. Misalnya pada salah satu area dari analisisnya mendapatkan debit sebesar $4.889 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang mana lebih besar dari debit lapangan sebesar $2,673 \text{ m}^3/\text{detik}$. Banjir terjadi akibat dari pengembangan infrastruktur seperti perumahan, universitas dan rumah sakit yang menyebabkan berkurangnya daerah resapan air.

8. Chairullah dan Furqon (2005) dalam penelitian dengan judul “Laju Infiltrasi Pada Areal Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dengan Menggunakan Metoda Horton” menyatakan kemiringan tanah, bangunan, kondisi penutup permukaan dan pembusukan akibat penimbunan sampah dapat mempengaruhi laju infiltrasi. Dari penelitian di areal kampus terpadu UII besarnya laju infiltrasi rerata adalah 2,15 cm/jam. Hasil penelitian laju infiltrasi lebih kecil dibanding dengan metode umum karena perbedaan parameter pada masing-masing metode. Menurut Chairullah dan Furqon hendaknya kawasan kampus terpadu UII ditambahkan sumur resapan untuk air hujan yang jatuh untuk mempertahankan sebagai daerah tangkapan air hujan di daerah hulu dan ketersediaan air tanah di wilayah hilir Yogyakarta tidak berkurang. Disamping itu, agar wilayah kampus terpadu UII sebagai daerah tangkapan air hujan tetap lestari dan berfungsi dengan baik perlu dilakukan penghijauan.
9. Pratiwi, dkk. (2012) dalam penelitian dengan judul “Kajian Variabilitas Curah Hujan di Kawasan Lereng Gunung Merapi dengan Uji Mann-Kendall” menyatakan dari analisis yang dilakukan bahwa uji Mann-Kendall dengan $\alpha = 5\%$ curah hujan di kawasan gunung merapi secara umum tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Apabila signifikansinya diabaikan, curah hujan kumulatif tahunan cenderung menurun, curah hujan pada awal musim hujan meningkat, sedangkan pada curah hujan puncak dan kemarau cenderung menurun. Sementara itu, hujan harian jam-jaman dan frekuensi kejadian hujan dengan kedalaman ≥ 50 mm menunjukkan penurunan. Durasi hujan yang mewakili hujan dengan kedalaman ≥ 50 mm di sembilan stasiun hujan adalah 5 sampai 7 jam. Semakin tinggi elevasi dan semakin ke utara serta semakin ke barat letak suatu titik di daerah penelitian, maka curah hujan tahunan dan harian maksimumnya semakin besar. Analisis perubahan curah hujan dilakukan tidak hanya berdasarkan data hujan dan sifat-sifat statistik melainkan juga berdasarkan faktor-faktor meteorologi yang mempengaruhi proses fisik terjadinya hujan. Perlu dilakukan prediksi/ proyeksi karakter curah hujan pada masa yang akan datang misalnya dengan metode *time series analysis*.

Resume hasil tinjauan penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Resume Hasil Tinjauan Penelitian Terdahulu

No	Judul Buku/ Artikel	Tahun	Nama Penyusun	Hasil Tinjauan yang Terkait dengan Penelitian Ini
1	Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase di Perumahan Puri Kintamani, Cilebut, Bogor dengan Menggunakan Program SWMM	2016	Kuswicaksono	Efisiensi saluran pada hulu saluran utama dilakukan untuk membandingkan desain dan biaya yang dibutuhkan.
2	Potensi Penerapan <i>Ecodrainage</i> di Desa Sumberejo Kecamatan Pakal Kota Surabaya	2019	Indra, dkk.	Dalam menanggulangi peluapan banjir yang terjadi diterapkan <i>ecodrainage</i> menggunakan sumur serapan.
3	Penerapan Model EPA SWMM 5.1 untuk Evaluasi Saluran Drainase di Darmawangsa Residence, Bekasi, Jawa Barat	2015	Situmorang	Terjadinya limpasan dikarenakan kawasan perumahan kurang memiliki lahan terbuka dan didominasi oleh area <i>impervious</i> yang kurang dapat menyerap air melalui infiltrasi.
4	Analisis Kinerja Saluran Drainase di Daerah Tangkapan Air Hujan Sepanjang Kali Pepe Kota Surakarta	2009	Mursitaningsih	Perubahan tata guna lahan daerah resapan air ditambah dengan terjadinya pendangkalan saluran drainase karena lumut akhirnya mengakibatkan peluapan.
5	<i>Simulation of Urban Drainage System Using a Storm Water Management Model (SWMM)</i>	2018	Rangari, et.al.	Perubahan tata guna lahan akibat pembangunan gedung di sekitar kampus mengakibatkan bertambahnya limpasan, sehingga dimensi saluran drainase harus diperbesar.
6	<i>Urban Flood Modeling and Management Using SWMM for NEW R.R Pet Region Vijayawada, India</i>	2019	Agarwal	Kawasan tidak mengalami banjir berarti drainase sudah memadai.
7	<i>Flood Simulation Using EPA SWMM 5.1 on Small Catchment Urban Drainage System</i>	2018	Ermalizar dan Junaidi	Banjir terjadi akibat dari pengembangan infrastruktur seperti perumahan, universitas dan rumah sakit yang menyebabkan berkurangnya daerah resapan air.
8	Laju Infiltrasi Pada Areal Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dengan Menggunakan Metoda Horton	2005	Chairullah dan Furqon	Dari penelitian di areal kampus terpadu UII besarnya laju infiltrasi rerata adalah 2,15 cm/jam.
9	Kajian Variabilitas Curah Hujan di Kawasan Lereng Gunung Merapi dengan Uji Mann-Kendall	2012	Pratiwi, dkk.	Durasi hujan yang mewakili hujan dengan kedalaman ≥ 50 mm di sembilan stasiun hujan adalah 5 sampai 7 jam.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Sistem drainase secara umum adalah sistem bangunan yang digunakan untuk mengurangi kelebihan air pada suatu kawasan atau lahan agar kawasan atau lahan tersebut dapat difungsikan secara maksimal serta tidak mengganggu aktifitas di sekitar kawasan atau lahan tersebut akibat luapan air yang terjadi (Suripin, 2004). Menurut Hasmar (2012) drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.

Drainase perkotaan/ terapan adalah ilmu drainase yang diterapkan khusus pengkajian pada kawasan perkotaan yang berkaitan dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota. Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengairan air dari wilayah perkotaan, yang meliputi drainase perkotaan adalah sebagai berikut :

1. Pemukiman.
2. Kawasan industry dan perdagangan.
3. Kampus dan sekolah.
4. Rumah sakit dan fasilitas umum.
5. Lapangan olahraga.
6. Lapangan parkir.
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi.
8. Pelabuhan udara.

3.2 Sistem Drainase

3.2.1 Sistem Drainase Perkotaan

Sebagai salah satu sistem dalam perencanaan perkotaan, maka sistem drainase yang ada dikenal dengan istilah sistem drainase perkotaan. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang digunakan untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga

lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Secara praktisnya, drainase adalah menangani kelebihan air sebelum masuk ke alur-alur besar atau sungai (Suripin, 2004).

Menurut Hasmar (2002) standar dan sistem penyediaan drainase kota serta sistem penyediaan jaringan drainase terdiri dari empat macam, empat macam tersebut adalah sebagai berikut :

1. Sistem drainase utama adalah sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat kota.
2. Sistem drainase lokal adalah sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.
3. Sistem drainase terpisah adalah sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan terpisah untuk air permukaan/limpasan.
4. Sistem gabungan adalah sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan yang sama, baik untuk air genangan/limpasan yang telah diolah.

3.2.2 Fungsi Drainase

Menurut Kodoatie (2005) fungsi drainase adalah sebagai berikut :

1. Menanggulangi suatu daerah terutama daerah yang kepadatan pemukimannya sangat tinggi dari genangan air, erosi dan banjir.
2. Mengurangi resiko penyebaran penyakit malaria karena aliran air yang lancar memutus siklus reproduksi nyamuk.
3. Drainase yang difungsikan sebagai bangunan yang mengalirkan air secara lancar menyebabkan aliran tidak begitu mempengaruhi tanah di sekitar wilayah tersebut sehingga tanah di sekitar wilayah tersebut memiliki kepadatan dan kelembaban tanah yang terjaga.
4. Sistem drainase yang baik dapat mengurangi kerusakan bangunan di atas permukaan tanah akibat rusaknya struktur kepadatan tanah karena kelembapan tanah yang tinggi.

Menurut Suripin (2004) fungsi drainase adalah sebagai berikut ini :

1. Mengeringkan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
2. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.

3. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
4. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

3.2.3 Sistem Jaringan Drainase

Menurut Kodoatie (2005) sistem jaringan drainase di dalam wilayah kota dibagi atas 2 (dua) bagian yang dituliskan sebagai berikut ini.

1 Sistem Drainase Mayor

Menurut Kodoatie (2005) sistem drainase mayor adalah sistem drainase yang digunakan sebagai saluran yang difungsikan sebagai tempat penampungan dan pengaliran air dari suatu *cacthment area*. Sistem drainase mayor difungsikan untuk menjadi sistem saluran pembuangan yang utama dan sistem drainase mayor ini digunakan pada aliran yang memiliki besaran dan luasan wilayah dengan skala yang besar, dalam merencanakan drainase major atau makro tersebut biasanya menggunakan *return perioed* 5 tahun sampai dengan 10 tahun serta dalam mengukur topografinya memerlukan pendetailan yang baku.

2 Sistem Drainase Mikro

Menurut Kodoatie (2005) sistem drainase mikro atau mikro adalah suatu sistem saluran yang digunakan sebagai penampungan dan pengaliran air dari sebuah *cacthment area* hujan. Yang merupakan sistem drainase mikro adalah saluran di sisi-sisi jalan, saluran air hujan pada sekeliling bangunan, saluran gorong-gorong, saluran drainase kota, daerah pada lingkungan permukiman dan lain-lain yang mana jumlah debit yang akan ditampung oleh sistem drainase tersebut tidak terlalu besar. Untuk sistem drainase mikro digunakan *return periode* 2,5 tahun sampai dengan 10 tahun yang mana ditentukan oleh tata guna lahan yang digunakan.

3.2.4 Permasalahan Drainase.

Menurut Suripin (2004) permasalahan drainase perkotaan bukanlah hal yang sederhana. Pada musim hujan semua kota di Indonesia pada umumnya mengalami banjir. Peristiwa banjir dan genangan setiap tahun mengalami peningkatan frekuensi dan wilayah yang mengalami banjir. Sumber masalah banjir dan genangan di daerah perkotaan adalah akibat pertumbuhan penduduk yang sangat

cepat, akibatnya terjadi urbanisasi musiman maupun permanen. Hal tersebut menyebabkan pertambahan penduduk perkotaan sehingga lahan menjadi acak-acakan karena luas lahan tidak dapat mengimbangi pertambahan jumlah penduduk, inilah yang menjadi akar permasalahan drainase perkotaan.

3.3 Analisis Hidrologi

3.3.1 Pengertian Hidrologi

Menurut Suripin (2004) siklus hidrologi merupakan sebuah serangkaian proses yang dialami air yaitu proses penguapan, presipitasi dan infiltrasi dan *out flow*. Presipitasi adalah proses air yang mengalami evaporasi dan transpirasi serta kondensasi menjadi gumpalan awan yang nantinya akan kembali menjadi air dan terjadi hujan. Air yang turun sebagai hujan sebagian mengalami penguapan, infiltrasi, *interflow* dan ada yang langsung mengalir di atas permukaan tanah yang disebut *runoff* dan (*groundwater flow*).

Menurut Triatmodjo (2013) dalam analisis hidrologi terdapat analisis frekuensi untuk memperkirakan hujan rancangan dengan kemungkinan tertinggi pada periode tertentu. Hasil analisis frekuensi digunakan sebagai dasar perhitungan untuk mengantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan metode *probability distribution* (distribusi normal, distribusi log normal, distribusi log Pearson III, dan distribusi gumbel).

3.3.2 Analisis Frekuensi

Menurut Triatmodjo (2013) analisis frekuensi data hidrologi bertujuan untuk mengaitkan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim terhadap frekuensi terjadinya dengan menerapkan kemungkinan distribusi. Menghitung data hidrologi dianggap tidak bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak serta bersifat stokastik.

1. Tendensi Sentral

Berdasarkan Triatmodjo (2013) nilai rata-rata adalah nilai yang cukup untuk mempresentasikan suatu distribusi. Nilai rata-rata dapat digunakan sebagai nilai yang dapat mengukur suatu distribusi. Bentuk persamaan nilai rerata adalah sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.1)$$

dengan :

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

X_i = Variabel random curah hujan (mm),

n = Jumlah data curah hujan.

2. Dispersi

Berdasarkan Triatmodjo (2013) nilai rerata tidak sama dengan semua variat dari variabel hidrologi karena nilai variat ada yang lebih besar dan ada yang lebih kecil dari nilai rerata. Besarnya derajat variat di sekitar nilai reratanya disebut varian akar dari variansi adalah deviasi standar. Bentuk persamaan nilai deviasi standar adalah sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (3.2)$$

dengan :

S = Standar deviasi curah hujan (mm),

X_i = Variabel random curah hujan (mm),

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

n = Jumlah data curah hujan.

3. Koefisien Variansi

Berdasarkan Triatmodjo (2013) koefisien varian merupakan bentuk pembagian antara deviasi standar dan nilai rerata. Semakin besar nilai koefisien varian semakin besar penyebaran dari distribusi.

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (3.3)$$

dengan :

C_v = Koefisien variansi curah hujan,

S = Standar deviasi curah hujan,

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata curah hujan.

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

Berdasarkan Triatmodjo (2013) derajat asimetri dari suatu bentuk distribusi dapat diketahui dengan koefisien *skewness* atau koefisien kemencengan. Koefisien kemencengan (C_s) dapat dituliskan dengan persamaan berikut ini.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (3.4)$$

dengan :

C_s = Koefisien kemencengan curah hujan,

S = Standar deviasi curah hujan,

X_i = Variabel random curah hujan (mm),

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

n = Jumlah data curah hujan.

5. Koefisien Ketajaman (*Kurtosis*)

Berdasarkan Triatmodjo (2013) koefisien kurtosis atau koefisien ketajaman dapat digunakan untuk penentuan syarat distribusi.

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \quad (3.5)$$

dengan :

C_k = Koefisien kurtosis curah hujan,

S = Standar deviasi curah hujan,

X_i = Variabel random curah hujan (mm),

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

n = Jumlah data curah hujan.

Tabel 3.1 Persyaratan Jenis Sebaran

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi
Distribusi Normal	$C_s \approx 0$ dan $C_k \approx 3$
Distribusi Log Normal	$C_s = 3 C_v + C_v^2 \approx 3$ dan $C_k \approx 5,383$
Distribusi Gumbel	$C_s \approx 1,1396$ dan $C_k \approx 5,4002$
Distribusi Log Pearson III	$C_s \neq 0$

Sumber : Soewarno (1995)

3.3.3 Periode Ulang

Menurut Triatmodjo (2013) periode ulang (*return periode*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Hujan yang didasarkan pada pengamatan dalam beberapa tahun dapat diperkirakan hujan yang diharapkan disamai atau dilampaui dalam T tahun hal tersebut dikenal dengan periode ulang T tahunan.

Menurut Basuki, dkk (2009) untuk merencanakan drainase dalam menanggulangi permasalahan drainase dapat menggunakan kala ulang tertentu misalkan dengan periode kala ulang 2 tahun atau periode ulang 5 tahun tergantung dari persyaratan yang harus disesuaikan seperti fungsi saluran dan luas daerah tangkapan hujan agar periode ulang yang dipilih dapat menghasilkan perencanaan drainase yang dapat menampung debit banjir rencana yang sesuai, untuk menentukan periode ulang dapat di lihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kriteria Periode Ulang

Fungsi Lahan	Periode Ulang (Tahun)
1. Jalan Tol	10
2. Jalan Arteri	10
3. Jalan Kolektor	10
4. Jalan Biasa	10
5. Perumahan	2 – 5
6. Pusat Perdagangan	2 – 10
7. Pusat Bisnis	2 – 10
8. Landasan Terbang	5

Sumber : Notodiharjo (1998)

3.3.4 Analisis Distribusi Frekuensi

Menurut Triatmodjo (2013) dalam analisis frekuensi dapat digunakan beberapa metode fungsi distribusi seperti metode distribusi normal, metode distribusi log normal, metode distribusi Gumbel, serta metode distribusi log Pearson III.

1. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Distribusi Normal

Berdasarkan Suripin (2004) dalam analisis dengan metode distribusi normal atau sering disebut dengan distribusi Gauss dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$R = \bar{X} + K_U S \quad (3.6)$$

dengan :

R = Curah hujan rencana dengan periode ulang (T) tahunan tertentu (mm),

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

S = Standar deviasi curah hujan (mm),

K_U = Faktor frekuensi.

Nilai variabel reduksi Gauss (K_U) dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang	Peluang	K_U
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

Sumber : Bonnier (1980)

2. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Distribusi Log Normal

Berdasarkan Suripin (2004) analisis distribusi frekuensi dengan metode log normal apabila variabel acak $R = \log X$ didistribusikan secara normal dapat disebutkan bahwa X mengikuti distribusi log normal.

$$R = \overline{\ln X} + K_U S \quad (3.7)$$

dengan :

R = Curah hujan rencana dengan periode ulang (T) tahunan tertentu (mm),

$\overline{\ln X}$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan (mm),

S = Standar deviasi logaritma curah hujan (mm),

K_U = Faktor frekuensi, nilai variabel reduksi Gauss yang merupakan fungsi dari periode ulang (T).

Nilai variabel reduksi Gauss (K_U) dapat dilihat pada Tabel 3.3.

3. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Distribusi Log Pearson III.

Distribusi log Pearson III merupakan fungsi eksponensial dari distribusi log normal dengan faktor frekuensi yang juga memperhitungkan nilai kemencengan (C_s).

$$\ln R = \overline{\ln X} + K_T S \quad (3.8)$$

dengan :

R = Curah hujan rencana dengan periode ulang (T) tahunan tertentu (mm),

$\overline{\ln X}$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan (mm),

S = Standar deviasi logaritma curah hujan (mm),

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang (T) dan koefisien kemencengan (C_s).

Nilai K_T dapat dilihat pada Tabel 3.4 untuk nilai kemencengan (C_s) positif dan Tabel 3.5 untuk nilai kemencengan (C_s) negatif.

Tabel 3.4 Nilai K_T untuk Distribusi Log Pearson III (Kemencengan Positif)

Koefisien Kemencengan (Cs)	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	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

Sumber: Triatmodjo (2013)

Tabel 3.5 Nilai K_T untuk Distribusi Log Pearson III (Kemencengan Negatif)

Koefisien kemencengan (Cs)	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
-0.1	0.017	0.846	1.270	0.716	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	0.747.000	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: Triatmodjo (2013)

4. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Distribusi Gumbel

Berdasarkan Suripin (2004) metode distribusi Gumbel bentuk dari persamaannya dapat dituliskan seperti di bawah ini.

$$R = \bar{X} + S K \quad (3.9)$$

Nilai faktor frekuensi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (3.10)$$

dengan :

R = Curah hujan rencana dengan periode ulang (T) tahunan tertentu (mm),

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

S = Standar deviasi curah hujan (mm),

K = Faktor frekuensi,

Y_t = *Reduced variate*,

Y_n = *Reduced mean*,

S_n = *Reduced standard*.

Nilai Y_n dalam persamaan distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6 Reduced Mean (Y_n)

N	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,4952	0,5236	0,5362	0,5436	0,5485	0,5521	0,5548	0,5569	0,5586	0,56
1	0,4996	0,5252	0,5371	0,5442	0,5489	0,5524	0,555	0,557	0,5587	0,5602
2	0,5035	0,5268	0,538	0,5448	0,5493	0,5527	0,5552	0,5572	0,5589	0,5603
3	0,507	0,5283	0,5388	0,5453	0,5497	0,553	0,5555	0,5574	0,5591	0,5604
4	0,51	0,5296	0,5396	0,5458	0,5501	0,5533	0,5557	0,5576	0,5592	0,5606
5	0,5128	0,5309	0,5403	0,5463	0,5504	0,5535	0,5559	0,5578	0,5593	0,5607
6	0,5157	0,532	0,541	0,5468	0,5508	0,5538	0,5561	0,558	0,5595	0,5608
7	0,5181	0,5332	0,5418	0,5473	0,5511	0,554	0,5563	0,5581	0,5596	0,5609
8	0,5202	0,5343	0,5424	0,5477	0,5515	0,5543	0,5565	0,5583	0,5598	0,561
9	0,522	0,5353	0,5436	0,5481	0,5518	0,5545	0,5567	0,5585	0,5599	0,5611

Sumber: Suripin (2004)

Nilai S_n dalam persamaan distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 3.7 sebagai berikut ini.

Tabel 3.7 Reduced Standard Deviation (S_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,108
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,209	1,2093	1,2096

Sumber: Suripin (2004)

Nilai Y_t dalam persamaan distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 3.8 sebagai berikut ini.

Tabel 3.8 Reduced Variate (Y_t)

Periode Ulang T_r (tahun)	Reduced Variate Y_t	Periode Ulang T_r (tahun)	Reduced Variate Y_t
2	0.3668	100	4.6012
5	1.5004	200	5.2969
10	2.2510	250	5.5206
20	2.9709	500	6.2149
25	3.1993	1000	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188
75	4.311	10000	9.2121

Sumber: Suripin (2004)

3.3.5 Uji Validitas Model Distribusi

1. Berdasarkan Triatmodjo (2013) uji Chi-Kuadrat (X^2) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$X^2 = \sum_{t=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (3.11)$$

dengan :

χ^2 = Nilai Chi-Kuadrat terhitung,

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya,

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama,

N = Jumlah sub kelompok dalam satu grup.

Nilai χ^2 yang diperoleh harus lebih kecil dari χ^2_{cr} (Chi-Kuadrat kritik), untuk suatu derajat nyata (α) tertentu yang sering diambil nilai 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan :

$$DK = K - (p + 1) \quad (3.12)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \quad (3.13)$$

dengan :

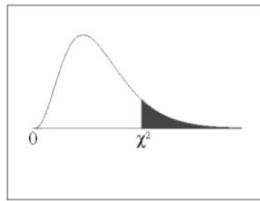
DK = Derajat kebebasan,

K = Banyaknya kelas,

p = Banyaknya keterikatan (banyaknya parameter),

n = Jumlah data.

Nilai χ^2_{cr} didapat dari Tabel 3.9 yang merupakan fungsi derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata (α).

Tabel 3.9 Nilai Chi-Kuadrat Kritis

The shaded area is equal to α for $\chi^2 = \chi^2_{\alpha}$.

df	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.990}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.950}$	$\chi^2_{.900}$	$\chi^2_{.100}$	$\chi^2_{.050}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.010}$	$\chi^2_{.005}$
1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.833	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	39.364	42.980	45.559
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672
40	20.707	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	59.342	63.691	66.766
50	27.991	29.707	32.357	34.764	37.689	63.167	67.505	71.420	76.154	79.490
60	35.534	37.485	40.482	43.188	46.459	74.397	79.082	83.298	88.379	91.952
70	43.275	45.442	48.758	51.739	55.329	85.527	90.531	95.023	100.425	104.215
80	51.172	53.540	57.153	60.391	64.278	96.578	101.879	106.629	112.329	116.321
90	59.196	61.754	65.647	69.126	73.291	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299
100	67.328	70.065	74.222	77.929	82.358	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169

Fungsi densitas untuk berbagai metode distribusi adalah sebagai berikut ini.

a. Distrbusi Normal

Fungsi densitas probabilitas dari distribusi normal adalah sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sigma} \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right) \quad (3.14)$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

x = Curah hujan,

μ = Nilai rerata x ,
 σ = Deviasi standar x .

b. Distribusi Log Normal

Fungsi densitas probabilitas dari distribusi log normal mempunyai bentuk :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\xi x} \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \lambda}{\xi} \right)^2 \right) \quad (3.15)$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

$\ln x$ = Logaritma curah hujan,

λ = Nilai rerata $\ln x$,

ξ = Deviasi standar $\ln x$.

Jika $y = \ln x \rightarrow f_y(y) = ?$

$y = g(x) \rightarrow x = g^{-1}(y)$

$f_y(y) = f_x(g^{-1}) \left| \frac{\partial g^{-1}}{\partial y} \right|$

$y = \ln x \rightarrow x = e^y \rightarrow \frac{\partial x}{\partial y} = e^y$
 $\quad \quad \quad g(x) \quad \quad \quad g^{-1}(y)$

$$\begin{aligned} f_y(y) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\xi \cdot x} \cdot \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \lambda}{\xi} \right)^2 \right) \cdot \frac{\partial x}{\partial y} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\xi \cdot e^y} \cdot \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \lambda}{\xi} \right)^2 \right) \cdot e^y \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\xi} \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \lambda}{\xi} \right)^2 \right) \rightarrow \text{distribusi normal} \\ &\quad \quad \quad (\mu = \lambda, \sigma = \xi) \end{aligned}$$

c. Distribusi Gumbel

Fungsi densitas kumulatif dari distribusi Gumbel adalah sebagai berikut :

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{\pi}{\sqrt{6}} \left(\frac{x-u}{s} \right)\right)}} \quad (3.16)$$

$$u = \bar{x} - \frac{0.577216 \sqrt{6}}{\pi} s \quad (3.17)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n \bar{x}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.18)$$

dengan :

$F(x)$ = Fungsi densitas kumulatif,

x = Curah hujan,

$\bar{x}$ = Nilai rerata x ,

s = Deviasi standar x ,

n = Jumlah data.

$$u = \bar{x} - J \alpha \quad J = 0,577216 \text{ (Bilangan Euler)} \quad \alpha = \frac{\sqrt{6}s}{\pi}$$

$$= \bar{x} - 0,577216 \frac{\sqrt{6}s}{\pi}$$

$$f(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}} = e^{-e^{-\left(\frac{\pi}{\sqrt{6}s}(x-u)\right)}} = e^{-e^{-\left(\frac{\pi}{\sqrt{6}}\left(\frac{x-u}{s}\right)\right)}}$$

d. Distribusi Log Pearson III

Fungsi densitas probabilitas dari distribusi log Pearson III mempunyai bentuk berikut :

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-x/\beta}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (3.19)$$

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx \quad (3.20)$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

x = Curah hujan,

γ, β = Parameter,

β = μ / γ

μ = Nilai rerata x .

$$u = x^{\gamma-1}, \quad \partial u = (\gamma-1) x^{\gamma-2} dx$$

$$v = e^{-x}, \quad \partial v = -e^{-x} dx$$

Rumus Integrasi Parsial :

$$\int u \partial v = u v - \int v \partial u$$

$$\int x^{\gamma-1} \cdot -e^{-x} \partial x = x^{\gamma-1} \cdot e^{-x} - \int e^{-x} \cdot (\gamma-1) x^{\gamma-2} \partial x$$

$$\int x^{\gamma-1} \cdot e^{-x} \partial x = -x^{\gamma-1} \cdot e^{-x} + \int e^{-x} \cdot (\gamma-1) x^{\gamma-2} \partial x$$

→ tidak bisa diaplikasikan

i) Untuk nilai $\gamma = 1$, maka :

$$\Gamma(y) = \int_0^\infty x^{\gamma-1} e^{-x} \partial x = \int_0^\infty x^{1-1} e^{-x} \partial x = \int_0^\infty e^{-x} \partial x = -e^{-x}$$

$$y = e^u, \quad \frac{\partial y}{\partial u} = e^u \quad u = -x, \quad \frac{\partial u}{\partial x} = -1$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\partial y}{\partial u} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} = e^u \cdot -1 = -e^{-u}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = -e^{-x} \rightarrow \int -e^{-x} \partial x = e^{-x}$$

$$\int e^{-x} \partial x = -e^{-x}$$

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{x^{\gamma-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\gamma \cdot \Gamma(y)} = \frac{x^{1-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^1 \cdot -e^{-x}} = -\frac{e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta \cdot e^{-x}} = -\frac{e^{-\frac{x}{\beta}} \cdot e^x}{\beta} \\ &= -\frac{e^{\left(x - \frac{x}{\beta}\right)}}{\beta} = -\frac{e^{x\left(1 - \frac{1}{\beta}\right)}}{\beta} \end{aligned}$$

$$f(x) = -\frac{e^{x\left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta} \quad (3.21)$$

Untuk $f(x)$ dengan $y = \ln x$, maka :

$$f(x) = -\frac{e^{\ln x\left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta x} \quad (3.22)$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

$\ln x$ = Logaritma curah hujan,

β = Parameter,

= λ / γ (nilai $\gamma = 1$)

= λ

λ = Nilai rerata $\ln x$.

Jika $y = \ln x \rightarrow f_y(y) = ?$

$$y = g(x) \rightarrow x = g^{-1}(y)$$

$$f_y(y) = f_x(g^{-1}) \left| \frac{\partial g^{-1}}{\partial y} \right|$$

$$y = \ln x \rightarrow x = e^y \rightarrow \frac{\partial x}{\partial y} = e^y$$

$$\begin{aligned} f_y(y) &= -\frac{e^{\ln x \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta \cdot x} \cdot \frac{\partial x}{\partial y} \\ &= -\frac{e^{y \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta \cdot e^y} \cdot e^y \\ &= -\frac{e^{y \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta} \rightarrow \text{distribusi dengan } y = x \end{aligned}$$

ii) Untuk nilai $\gamma = 2$, maka :

$$\begin{aligned} \Gamma(y) &= \int_0^\infty x^{\gamma-1} e^{-x} \partial x = \int_0^\infty x^{2-1} e^{-x} \partial x = \int_0^\infty x e^{-x} \partial x \\ &= -(x+1) e^{-x} \end{aligned}$$

$$u = x, \quad \partial u = \partial x$$

$$v = e^{-x}, \quad \partial v = -e^{-x} \partial x$$

Rumus Integrasi Parsial :

$$\int u \partial v = u v - \int v \partial u$$

$$\int x \cdot -e^{-x} \partial x = x \cdot e^{-x} - \int e^{-x} \cdot \partial x$$

$$\begin{aligned} \int x \cdot e^{-x} \partial x &= -x \cdot e^{-x} + \int e^{-x} \cdot \partial x = -x \cdot e^{-x} - e^{-x} \\ &= e^{-x} \cdot (-x-1) = -(x+1) \cdot e^{-x} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{x^{\gamma-1} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^\gamma \cdot \Gamma(y)} = \frac{x^{2-1} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^2 \cdot (-(x+1) \cdot e^{-x})} = -\frac{x \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^2 \cdot (x+1) \cdot e^{-x}} \\ &= -\frac{x \cdot e^{-\frac{x}{\beta}} \cdot e^x}{\beta^2 \cdot (x+1)} = -\frac{x \cdot e^{\left(x - \frac{x}{\beta}\right)}}{\beta^2 \cdot (x+1)} = -\frac{x \cdot e^{x \left(1 - \frac{1}{\beta}\right)}}{\beta^2 \cdot (x+1)} \end{aligned}$$

$$f(x) = -\frac{x e^{x \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta^2 (x+1)} \quad (3.23)$$

Untuk $f(x)$ dengan $y = \ln x$, maka :

$$f(x) = -\frac{\ln x \cdot e^{\ln x \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta^2 x (\ln x + 1)} \quad (3.24)$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

$\ln x$ = Logaritma curah hujan,

β = Parameter,

= λ / γ (nilai $\gamma = 2$)

= $\lambda / 2$

λ = Nilai rerata $\ln x$.

Jika $y = \ln x \rightarrow f_y(y) = ?$

$y = g(x) \rightarrow x = g^{-1}(y)$

$f_y(y) = f_x(g^{-1}) \left| \frac{\partial g^{-1}}{\partial y} \right|$

$y = \ln x \rightarrow x = e^y \rightarrow \frac{\partial x}{\partial y} = e^y$
 $g(x) \quad g^{-1}(y)$

$$\begin{aligned} f_y(y) &= -\frac{\ln x \cdot e^{\ln x \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta^2 \cdot x \cdot (\ln x + 1)} \cdot \frac{\partial x}{\partial y} \\ &= -\frac{y \cdot e^{y \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta^2 \cdot e^y \cdot (y + 1)} \cdot e^y \\ &= -\frac{y \cdot e^{y \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta^2 (y+1)} \rightarrow \text{distribusi dengan } y = x \end{aligned}$$

iii) Untuk $f(x)$ dianggap sama dengan distribusi log normal dengan $y = \ln \ln x$, maka :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\zeta x \ln x \ln \ln x} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln \ln x - \nu}{\zeta}\right)^2\right) \quad (3.25)$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

$\ln \ln x$ = Loglogaritma curah hujan,

ν = Nilai rerata $\ln \ln x$,

ζ = Deviasi standar $\ln \ln x$.

Jika $y = \ln \ln x \rightarrow f_y(y) = ?$

$$y = g(x) \rightarrow x = g^{-1}(y)$$

$$f_y(y) = f_x(g^{-1}) \left| \frac{\partial g^{-1}}{\partial y} \right|$$

$$y = \ln \ln x \rightarrow x = e^{e^y} \rightarrow \frac{\partial x}{\partial y} = ?$$

$$z = \ln x \rightarrow x = e^z \rightarrow \frac{\partial x}{\partial z} = e^z$$

$$y = \ln z \rightarrow z = e^y \rightarrow \frac{\partial z}{\partial y} = e^y$$

$$\frac{\partial x}{\partial y} = \frac{\partial x}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial y} = e^z \cdot e^y = e^{\ln x} \cdot e^{\ln z} = e^{\ln x} \cdot e^{\ln \ln x} = x \cdot \ln x$$

$$\begin{aligned} f_y(y) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\zeta \cdot x \cdot \ln x \cdot \ln \ln x} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln \ln x - \nu}{\zeta}\right)^2\right) \cdot \frac{\partial x}{\partial y} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\zeta \cdot x \cdot \ln x \cdot \ln \ln x} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln \ln x - \nu}{\zeta}\right)^2\right) \cdot x \cdot \ln x \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\zeta} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \nu}{\zeta}\right)^2\right) \rightarrow \text{distribusi log normal} \\ &\quad (\nu = \lambda, \zeta = \xi) \end{aligned}$$

2. Berdasarkan Triatmodjo (2013) uji kecocokan Smirnov Kolmogorov dapat disebut juga uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Untuk mendapatkan nilai penyimpangan dari masing-masing data curah hujan dibutuhkan nilai $F(x)_n$ yang merupakan fungsi $(x_n - \bar{x})/S$ yang bisa dibaca satu persatu dari tabel standar probabilitas normal/ tabel Z (lihat Tabel 3.10 dan Tabel 3.11). Penyimpangan terbesar adalah nilai Δ_{maks} yang kemudian dibandingkan dengan nilai Δ_{kritis} . Nilai Δ_{kritis} uji Smirnov Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 3.12 yang merupakan fungsi jumlah data (n) dan derajat nyata (α).

Jika nilai Δ_{maks} lebih kecil dari Δ_{kritis} , distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima. Jika nilai Δ_{maks} lebih besar dari Δ_{kritis} , maka secara teoritis distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.

Tabel 3.10 Probabilitas Normal Standar (Z Negatif)

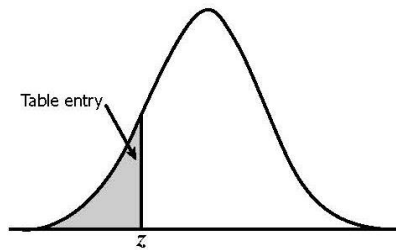
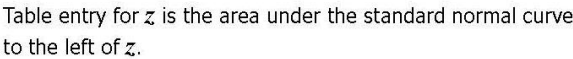


Table entry for z is the area under the standard normal curve to the left of z .

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

[illegible]

Tabel 3.12 Nilai Δ_{kritis} Uji Smirnov Kolmogorov

n	(Δ_{kritis})			
	0,01	0,05	0,10	0,20
5	0,67	0,56	0,51	0,45
10	0,49	0,41	0,37	0,32
15	0,49	0,34	0,30	0,27
20	0,36	0,29	0,26	0,23
25	0,32	0,27	0,24	0,21
30	0,29	0,24	0,22	0,19
35	0,27	0,23	0,20	0,18
40	0,25	0,21	0,19	0,17
45	0,24	0,20	0,18	0,18
50	0,23	0,19	0,17	0,15
n>50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$

Sumber: Triatmodjo (2013)

3.3.6 Intensitas Hujan

Berdasarkan Suripin (2004), perbedaan intensitas hujan dipengaruhi oleh lama waktu curah hujan yang diperoleh menggunakan analisis data hujan. Seandainya data yang ada hanya hujan harian dapat menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.26)$$

dengan :

I = Intensitas curah hujan untuk durasi hujan t (mm/jam),

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

t_c = Waktu konsentrasi (jam).

Untuk perhitungan intensitas hujan yang memasukkan faktor waktu konsentrasi (t_c) dan durasi hujan (t) secara bersamaan, maka dapat memakai rumus *Modified Mononobe* sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{t_c} \left(\frac{t_c}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.27)$$

dengan :

I = Intensitas curah hujan untuk durasi hujan t (mm/jam),

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

t = Durasi hujan (jam),

t_c = Waktu konsentrasi (jam).

3.3.7 Distribusi Hujan Jam-jam (*Hyetograph*)

Dalam perhitungan banjir rancangan, diperlukan masukan berupa hujan rancangan yang didistribusikan menjadi kedalaman hujan jam-jaman (*hyetograph*). Untuk dapat mengubah hujan rancangan menjadi besaran hujan jam-jaman perlu didapatkan terlebih dahulu suatu pola distribusi hujan jam-jaman. Pola distribusi untuk keperluan perancangan dapat didapatkan dengan mereratakan pengamatan dari kejadian-kejadian hujan besar, kemudian dari pola distribusi rerata tersebut dianggap mewakili kondisi hujan dan dipakai sebagai pola untuk mendistribusikan hujan rancangan menjadi besaran hujan jam-jaman. Cara ini dapat dilakukan jika telah tersedia data hujan otomatis.

Adapun jika yang tersedia adalah data hujan harian, maka untuk mendapatkan kedalaman hujan jam-jaman dari hujan rancangan dapat dilakukan dengan model distribusi hujan. Model distribusi hujan antara lain yaitu model distribusi hujan seragam, segitiga, *Alternating Block Method (ABM)* (Chow et.al., 1988).

a. Distribusi Hujan Seragam

Model ini merupakan cara yang paling sederhana untuk mendapatkan distribusi hujan jam-jaman. Distribusi Hujan Seragam dilakukan dengan cara menganggap hujan rancangan sebesar p mm terdistribusi secara merata selama durasi hujan rancangan T_d yang telah ditetapkan (Triatmodjo, 2013).

b. Distribusi Hujan Segitiga

Model ini diasumsikan bahwa kedalaman hujan jam-jaman terdistribusi mengikuti bentuk segitiga. *Hyetograph* segitiga bisa dibentuk setelah kedalaman hujan rancangan p dan durasi hujan T_d diketahui. Luas segitiga merupakan nilai kedalaman hujan dan ordinat puncak *hyetograph* yang dihitung dengan rumus :

$$I_p = \frac{2p}{T_d} \quad (3.28)$$

Untuk menetapkan waktu terjadinya intensitas hujan puncak, digunakan faktor koefisien r yakni rasio dari waktu terjadinya intensitas hujan puncak T_p dengan nilai total durasinya T_d . Sehingga waktu dimana terjadinya intensitas hujan puncak ditentukan dengan rumus :

$$T_p = r T_d \quad (3.29)$$

Nilai r umumnya ditetapkan sebesar 0,3 sampai 0,5. Jika r ditetapkan sebesar 0,5 maka *hyetograph* akan terletak pada pertengahan durasi hujan (Triatmodjo, 2013).

c. *Alternating Block Method (ABM)*

Alternating Block Method (ABM) merupakan cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva IDF (Chow et.al., 1988). *Hyetograph* rencana yang dihasilkan adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi Δt selama waktu $T_d = n\Delta t$. Untuk periode ulang tertentu, intensitas hujan diperoleh dari kurva IDF pada setiap durasi waktu Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, ..., $n\Delta t$. Kedalaman hujan didapatkan dari perkalian antara intensitas hujan dengan durasi waktu tersebut. Perbedaan antara nilai kedalaman hujan yang berurutan adalah pertambahan hujan dalam interval waktu Δt . Pertambahan hujan tersebut (blok-blok), diurutkan kembali ke dalam rangkaian waktu dengan intensitas hujan maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan T_d dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah (Triatmodjo, 2013).

3.3.8 Waktu Konsentrasi

Kirpich (1940) mengembangkan sebuah rumus dalam memperkirakan waktu konsentrasi, yaitu :

$$t_c = \left(\frac{0,87 L^2}{1000 S} \right)^{0,385} \quad (3.30)$$

dengan :

t_c = Waktu konsentrasi (jam),

L = Panjang saluran utama dari hulu hingga *outfall* (km),

S = Kemiringan rerata saluran.

Selain itu, waktu konsentrasi juga dapat diperoleh dari persamaan *Australian Rainfall Runoff (ARR)* sebagai berikut :

$$t_c = 0,76 A^{0,38} \quad (3.31)$$

dengan :

t_c = Waktu konsentrasi (jam),

A = Luas daerah tangkapan air (km).

3.3.9 Debit Puncak

Untuk menghitung debit puncak pada umumnya menggunakan perhitungan debit dengan metode rasional. Metode rasional sangat simpel dan mudah dalam penggunaannya. Dalam metode rasional selain memerlukan nilai intensitas hujan dan luas area juga memerlukan nilai koefisien aliran permukaan yang mana nilai aliran permukaan dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Koefisien Aliran Permukaan

Deskripsi Lahan	Koefisien Aliran (C)
<i>Business</i>	
Perkotaan	0,70 - 0,95
Pinggiran	0,50 - 0,70
<i>Perumahan</i>	
Rumah tunggal	0,30 - 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 - 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
Perkampungan	0,25 - 0,40
Apartemen	0,50 - 0,70
<i>Industri</i>	
Ringan	0,50 - 0,80
Berat	0,60 - 0,90
<i>Perkerasan</i>	
Aspal dan beton	0,70 - 0,95
Batu bata, <i>paving</i>	0,50 - 0,70
Atap	0,70 - 0,95
<i>Halaman, tanah berpasir</i>	
Datar (2%)	0,05 - 0,10
Rata-rata (2-7%)	0,10 - 0,15
Curam (7%)	0,15 - 0,20
<i>Halaman, tanah berat</i>	
Datar (2%)	0,13 - 0,17
Rata-rata (2-7%)	0,18 - 0,22
Curam (7%)	0,25 - 0,35
Halaman kereta api	0,10 - 0,35
Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
Taman pemakaman	0,10 - 0,25
<i>Hutan</i>	
Datar, 0-5%	0,10 - 0,40
Bergelombang, 5-10%	0,25 - 0,50
Berbukit, 10-30%	0,30 - 0,60

Sumber: Mc. Guen (1989)

Adapun persamaan metode rasional untuk menghitung debit puncak rencana adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 C_{komposit} I A \quad (3.32)$$

dengan :

- Q = Debit puncak tanpa sumur resapan (m³/detik),
 $C_{komposit}$ = Koefisien limpasan/ aliran permukaan komposit lahan dan atap,
 I = Intensitas hujan (mm/jam),
 A = Luas daerah tangkapan (km²).

Debit puncak rencana dengan sumur resapan berbeda dengan debit puncak rencana tanpa sumur resapan, untuk debit puncak rencana dengan sumur resapan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{lahan} = 0,278 C_{lahan} I A_{lahan} \quad (3.33)$$

dengan :

- Q_{lahan} = Debit puncak rencana dengan sumur resapan (m³/detik),
 C_{lahan} = Koefisien limpasan/ aliran permukaan hanya dari lahan,
 I = Intensitas hujan (mm/jam),
 A_{lahan} = Luas lahan (km²).

3.3.10 Hidrograf Satuan Sintetis

Soil Conservation Service (SCS) menggunakan hidrograf tak berdimensi yang dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidrograf satuan dari data lapangan dengan berbagai ukuran DAS dan lokasi berbeda.

Ordinat hidrograf satuan untuk periode waktu berbeda dapat diperoleh dari Gambar 3.1 atau Tabel 3.14, dengan nilai (Gupta, 1989) :

$$Q_p = \frac{0,208 A}{T_p} \quad (3.34)$$

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (3.35)$$

$$t_p = 0,6 t_c \quad (3.36)$$

dengan :

Q_p = Debit puncak hidrograf satuan (m^3/det),

A = Luas DAS (km^2),

T_p = Waktu puncak (jam),

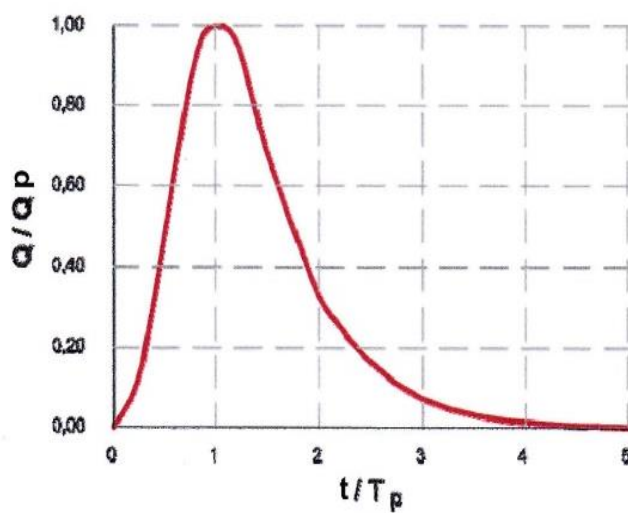
t_p = Waktu kelambatan (*lag time*),

waktu dari titik berat curah hujan efektif ke puncak hidrograf satuan (jam),

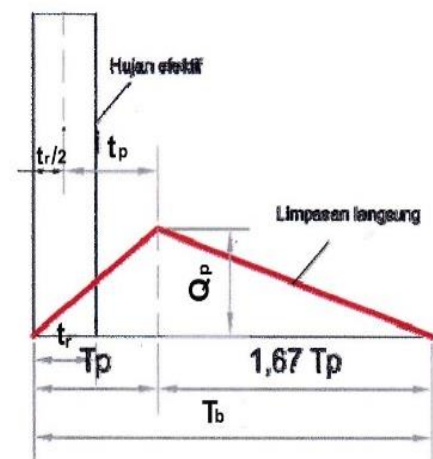
t_r = Durasi hujan efektif (jam),

t_c = Waktu konsentrasi (jam),

T_b = Waktu dasar ($2,67 T_p$) (jam).



Hidrograf Tak Berdimensi



Hidrograf Satuan Segitiga

Gambar 3.1 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) SCS

Tabel 3.14 Hidrograf Satuan Tak Berdimensi Metode SCS

t/T_p	Q/Q_p	t/T_p	Q/Q_p	t/T_p	Q/Q_p
0	0	1,0	1,0	2,4	0,18
0,1	0,015	1,1	0,98	2,6	0,13
0,2	0,075	1,2	0,92	2,8	0,098
0,3	0,16	1,3	0,84	3,0	0,075
0,4	0,28	1,4	0,75	3,5	0,036
0,5	0,43	1,5	0,66	4,0	0,018
0,6	0,60	1,6	0,56	4,5	0,009
0,7	0,77	1,8	0,42	5,0	0,004
0,8	0,89	2,0	0,32		0
0,9	0,97	2,2	0,24		

3.3.11 Transformasi Curah Hujan ke Debit

Simulasi hujan menjadi aliran dalam setiap Sub DTA memerlukan beberapa komponen model, yaitu :

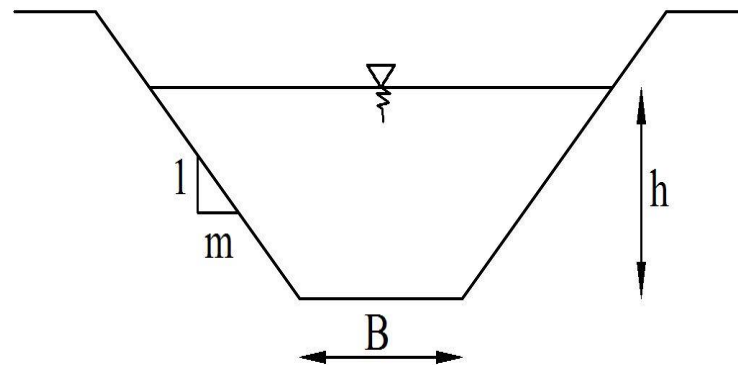
1. Hujan, merupakan masukan pada sistem DTA.
2. *Loss models*, untuk menghitung volume *run off* (hujan efektif).
3. *Direct run off*, untuk mentransformasi hujan efektif menjadi aliran permukaan.
4. *Baseflow models*, untuk menghitung besarnya aliran dasar.

Software SWMM 5.1 mampu memodelkan sebuah analisis hidrologi dengan metode simulasi untuk menganalisis hujan yang terjadi pada DTA.

3.4 Analisis Hidraulika

3.4.1 Penampang Melintang Saluran

Penampang melintang saluran dapat berupa buatan atau alami untuk menentukan penampang saluran drainase, penampang saluran drainase terdapat saluran terbuka ataupun tertutup. Setelah mendapatkan debit puncak atau debit banjir rencana dapat dilakukan perencanaan penampang melintang saluran, untuk menentukan penampang saluran drainase salah satunya dapat digunakan dengan metode analisis hidrolika. Beberapa bentuk penampang saluran pada umumnya antara lain trapesium, persegi, segitiga, lingkaran dan kombinasi.



Gambar 3.2 Penampang Melintang Basah Saluran

Berdasarkan Suripin (2004) dalam menghitung nilai kecepatan aliran yang terjadi digunakan persamaan Manning yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (3.37)$$

dengan:

V = Kecepatan aliran (m/detik),

R = Jari-jari hidraulik (m),

I = Kemiringan dasar aliran

n = Koefisien kekasaran Manning.

Adapun nilai koefisien kekasaran Manning dapat ditentukan dengan melihat Tabel 3.15.

Tabel 3.15 Nilai Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,01
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,03
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,04

Sumber: B, Triatmodjo (1993)

Berdasarkan Suripin (2004) untuk menghitung nilai jari-jari hidraulik (R) dapat digunakan rumus yang bisa ditulis sebagai berikut :

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.38)$$

dengan:

A = Luas penampang basah (m^2),

P = Keliling penampang basah (m),

R = Jari-jari hidraulik (m).

Berdasarkan Suripin (2004) untuk menghitung nilai (A) luas penampang dapat digunakan rumus yang bisa ditulis sebagai berikut :

$$A = (B + m h) h \quad (3.39)$$

dengan:

A = Luas penampang basah (m^2),

B = Lebar dasar saluran (m),

H = Tinggi muka air (m),

M = Kemiringan dinding saluran.

Berdasarkan Suripin (2004) untuk menghitung nilai (P) keliling basah saluran penampang dapat digunakan rumus yang bisa di tulis sebagai berikut :

$$P = B + 2 h \sqrt{1 + m^2} \quad (3.40)$$

dengan :

P = Keliling basah saluran (m),

B = Lebar dasar saluran (m),

h = Tinggi muka air (m),

m = Kemiringan dinding saluran.

Berdasarkan Suripin (2004) untuk menghitung nilai debit aliran digunakan rumus yang bisa ditulis sebagai berikut :

$$Q_s = V A \quad (3.41)$$

dengan :

Q_s = Debit aliran pada saluran (m^3/detik),

V = Kecepatan aliran (m/detik),

A = Luas penampang basah saluran (m^2).

3.4.2 Tinggi Jagaan (*Freeboard*)

Tinggi jagaan merupakan ruang pengamanan berupa ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran atau muka tanah.

Rumus untuk menghitung tinggi jagaan adalah sebagai berikut :

$$w = 0,5 h \quad (3.42)$$

dengan :

w = Tinggi jagaan (m),

h = Kedalaman air yang tergenang (m).

Tinggi total saluran dapat diperoleh dari jumlah tinggi jagaan (w) dan tinggi saluran (H) adalah sebagai berikut :

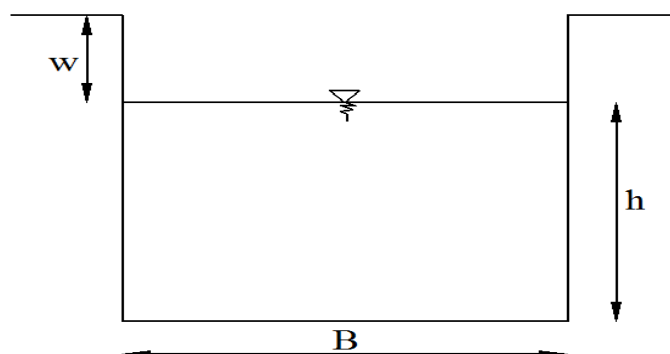
$$H = w + h \quad (3.43)$$

dengan :

H = Tinggi total (m),

w = Tinggi jagaan (m),

h = Kedalaman air yang tergenang (m).



Gambar 3.3 Tinggi Jagaan Saluran

3.5 Sumur Resapan

3.5.1 Pengertian Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan sumur atau lubang pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan adalah lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum adalah untuk menaikkan air tanah ke permukaan (Kusnaedi, 2011).

3.5.2 Analisis Perhitungan Sumur Resapan

1. Debit air masuk rencana kedalam sumur resapan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q = 0,278 \ C \ I \ A \quad (3.44)$$

dengan :

Q = Debit air masuk kedalam sumur resapan (m^3/detik),

C = Koefisien limpasan atap,

I = Intensitas hujan (mm/jam),

A = Luas atap (km^2).

2. Kedalaman sumur resapan

Menurut Sunjoto (1988) rumus yang digunakan sebagai dasar perhitungan kedalaman sumur resapan adalah sebagai berikut ini.

$$H = \frac{Q}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi r^2}} \right) \quad (3.45)$$

dengan :

H = Tinggi muka air dalam sumur (m),

F = Faktor geometrik (m),

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

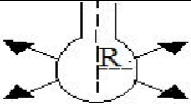
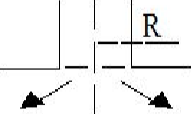
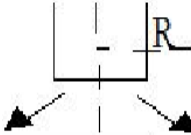
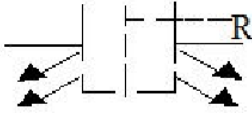
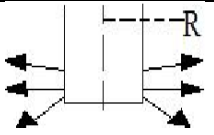
T = Waktu pengisian (detik),

K = Nilai koefisien permeabilitas tanah (m/detik),

R = Jari-jari sumur (m).

Menurut Suripin (2004) faktor geometrik tergantung pada berbagai keadaan sumur resapan yang ingin dibuat dimana merupakan besaran yang mewakili keliling serta luas tampang sumur, gradien hidrolik, keadaan perlapisan tanah serta porositas dinding sumur yang dinyatakan dalam besaran radius sumuran. Untuk menentukan rumus faktor geometrik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.16.

Tabel 3.16 Faktor Geometrik

Kasus	Kondisi	F
1		$4\pi R$
2		$2\pi R$
3		$4R$
4		$5,5R$
5		$\frac{2\pi L}{\ln(\frac{L}{R} + \sqrt{1 + (\frac{L}{R})^2})}$
6		$\frac{2\pi L}{\ln(\frac{L}{2R} + \sqrt{1 + (\frac{L}{2R})^2})}$

3. Debit Resapan

Berdasarkan hasil uji pemodelan tanah didapatkan nilai permeabilitas dari berbagai macam komposisi tanah. Nilai permeabilitas ini digunakan untuk mencari debit resapan yang terjadi. Dalam perhitungan debit resapan digunakan rumus berikut :

$$Q_0 = F K H \quad (3.46)$$

dengan :

Q_0 = Debit air meresap (m³/detik),

H = Tinggi muka air dalam sumur (m),

F = Faktor geometrik (m),

K = Nilai koefisien permeabilitas tanah (m/detik).

Uji koefisien permeabilitas tanah dapat menggunakan uji *falling head* untuk tanah berbutir halus atau *constan head* apabila berbutir kasar atau dengan menggunakan tabel harga koefisien tanah. Menurut Das (1988) harga koefisien permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 3.17 berikut ini.

Tabel 3.17 Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Secara Umum

Jenis Tanah	K	
	cm/detik	ft/menit
Kerikil bersih	1 - 100	2 - 200
Pasir kasar	1 - 0,01	2 - 0,2
Pasir halus	0,01 - 0,001	0,02 - 0,002
Lanau	0,001 - 0,00001	0,002 - 0,00002
Lempung	< 0,000001	< 0,000002

Sumber : Das (1988)

4. Volume Sumur Resapan

Volume sumur resapan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V_S = \pi R^2 H \quad (3.47)$$

dengan :

V_S = Volume sumur resapan (m³),

R = Jari-jari hidraulik sumur resapan (m),

H = Tinggi sumur resapan (m).

5. Waktu Resap

Menghitung waktu pengisian sumur atau waktu resap menggunakan rumus :

$$T = \frac{V_S}{Q_0} \quad (3.48)$$

dengan :

T = Waktu resap sumur resapan (detik),

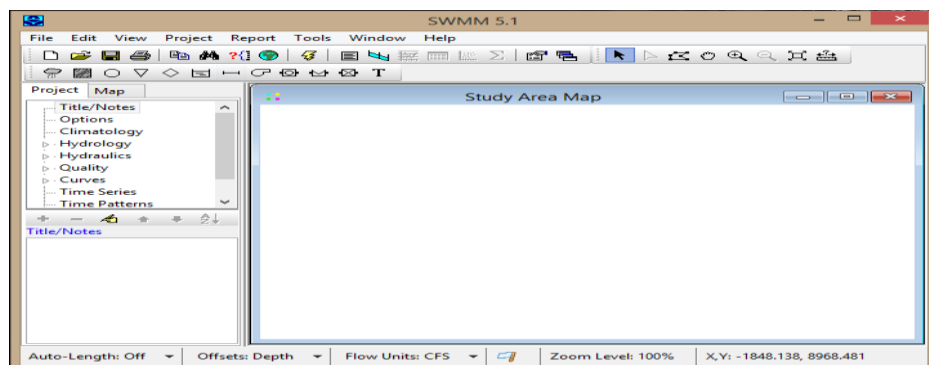
Q_0 = Debit air meresap (m^3/detik),

V_S = Volume sumur resapan (m^3).

3.6 Program EPA SWMM 5.1

3.6.1 Pengertian Program EPA SWMM 5.1

Program SWMM adalah program yang dapat digunakan untuk mendesain atau mengevaluasi sebuah bangunan drainase dengan memasukkan data yang dibutuhkan dan memodelkan data dalam bentuk visual dimana dalam bentuk visual tersebut apabila pada suatu titik drainase terjadi limpasan dapat diketahui. Program SWMM melakukan analisis data secara otomatis akan tetapi data yang dimasukkan merupakan hasil analisis secara manual termasuk penggambaran *subcatchment*.



Gambar 3.4 Tampilan Awal Program EPA SWMM 5.1

Menurut Rossman (2004) SWMM merupakan simulasi model yang dinamis antara curah hujan dengan limpasan yang mana pemodelan tersebut dapat berguna sebagai pensimulasian hujan yang berkelanjutan dengan waktu yang lama, yang disimulasikan adalah volume limpasan terutama pada daerah perkotaan.

Menurut Rossman (2004) dalam SWMM analisisnya merupakan gabungan daerah *subcatchment* dalam menerima curah hujan yang mana curah hujan tersebut diproses menjadi limpasan. Analisis limpasan dapat dilakukan pada saluran drainase, saluran pipa, pompa dan pengatur yang mana hasil pengolahan data yang dimasukkan dapat dihasilkan volume dan limpasan yang berasal dari masing-masing daerah tangkapan dengan kecepatan dan kedalaman aliran dari setiap pipa atau saluran selama periode simulasi yang terdiri dari beberapa waktu.

Menurut Situmorang (2015) setiap daerah tangkapan kecil ada 3 metode untuk menghitung infiltrasi yaitu metode *Green Ampt*, *Horton*, dan *Curve-Number* yang mana persamaan dari masing masing metode dapat dituliskan sebagai berikut.

Berdasarkan Chen dan Young (2006) untuk persamaan *Green Ampt* dapat dituliskan sebagai berikut.

$$k t \cos \beta = F(t) - \frac{\Psi (\theta_s - \theta_1)}{\cos \beta} \ln \left(1 + \frac{F(t) \cos \beta}{\Psi (\theta_s - \theta_1)} \right) \quad (3.49)$$

dengan :

$F(t)$ = Nilai infiltrasi kumulatif (cm),

k = Koefisien permeabilitas (cm/jam),

t = Durasi hujan (mm/jam),

β = Sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$),

Ψ = *Suction* (cm),

θ_s = Kandungan air pada tanah jenuh,

θ_1 = Kandungan air awal pada tanah sebelum terjadi infiltrasi.

Untuk nilai-nilai parameter infiltrasi metode *Green Ampt* dapat dilihat pada Tabel 3.18.

Tabel 3.18 Parameter Infiltrasi Green Ampt

<i>Texture</i>	<i>Porosity (η)</i>	<i>Residual Porositi (θ_s)</i>	<i>Effective Porosity (θ_1)</i>	<i>Suction Head (Ψ) (cm)</i>	<i>Conductivity (K) (cm/hr)</i>
<i>Sand</i>	0,437	0,020	0,417	4,95	11,78
<i>Loamy Sand</i>	0,437	0,036	0,401	6,13	2,99
<i>Sandy Loam</i>	0,453	0,041	0,412	11,01	1,09
<i>Loam</i>	0,463	0,029	0,434	8,89	0,34
<i>Silt Loam</i>	0,501	0,015	0,486	16,68	0,65
<i>Sandy Clay Loam</i>	0,398	0,068	0,330	21,85	0,15
<i>Clay Loam</i>	0,464	0,155	0,309	20,88	0,10
<i>Silty Clay Loam</i>	0,471	0,039	0,432	27,30	0,10
<i>Sandy Clay</i>	0,430	0,109	0,321	23,90	0,06
<i>Silty Clay</i>	0,470	0,047	0,423	29,22	0,05
<i>Clay</i>	0,475	0,090	0,385	31,63	0,03

Sumber : Rawls, dkk (1983)

Berdasarkan Rossman (2004) untuk menghitung infiltrasi di daerah yang tidak kedap air digunakan rumus Horton sebagai berikut ini.

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c) e^{-kt} \quad (3.50)$$

dengan :

$f(t)$ = Nilai infiltrasi pada waktu t (mm/jam),

f_o = Nilai infiltrasi maksimum (mm/jam),

f_c = Nilai infiltrasi minimum (mm/jam),

t = Durasi hujan (detik),

k = Koefisien penurunan (liter/detik).

Parameter f_o dan f_c didapat dari pengukuran di lapangan menggunakan alat *double ring infiltrometer* atau dengan melihat Tabel 3.19 dan Tabel 3.20.

Tabel 3.19 Nilai Infiltrasi Maksimum (f_0)

No	Kondisi Tanah	Jenis Tanah	Infiltrasi Maksimum (mm/jam)
1	Kering dengan sedikit atau tidak ada tumbuhan	Tanah lempung	3
		Tanah berpasir	5
		Tanah liat	1
2	Kering dengan banyak tumbuhan	Tanah berpasir	10
		Tanah lempung	6
		Tanah liat	2
3	Tanah lembab	Tanah berpasir	1,25
		Tanah lempung	1
		Tanah liat	0,33

Sumber : Rossman (2004)

Tabel 3.20 Nilai Infiltrasi Minimum (f_c)

Kelompok	Pengertian	Infiltrasi Minimum (mm/jam)
A	Potensi limpasan yang rendah. Tanah mempunyai tingkat infiltrasi yang tinggi, meskipun ketika tergenang dan kedalaman genangan yang tinggi, pengeringan baik dengan unsur pasir dan batuan.	> 0,45
B	Tanah yang mempunyai tingkat infiltrasi biasa/medium ketika tergenang dan mempunyai tingkat kedalaman genangan medium, pengeringan dengan keadaan biasa didapat dari <i>moderately fine to moderately coarse</i> .	0,30 – 0,15
C	Tanah mempunyai tingkat infiltrasi rendah jika lapisan tanah untuk pengaliran air dengan tingkat tekstur bias ke tekstur baik. Contoh lempung, pasir berlanau.	0,15 – 0,05
D	Potensi limpasan yang tinggi. Tanah mempunyai tingkat infiltrasi rendah ketika tergenang.	0,05 – 0,00

Sumber : Rossman (2004)

Berdasarkan Triatmodjo (2008) untuk menghitung menggunakan metode SCS dengan variable *curve Number (CN)* persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut ini.

$$P_e = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S} \quad (3.51)$$

dengan :

P_e = Kedalaman hujan efektif (mm),

P = Kedalaman hujan (mm),

S = Retensi potensial (mm).

Dimana persamaan retensi potensial (S) adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.52)$$

Nilai CN bervariasi antara 0-100, untuk permukaan lahan yang kedap air nilai CN adalah 100.

Berdasarkan Situmorang (2015), SWMM menggunakan persamaan Manning untuk menghitung debit pada *conduit*.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3.53)$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} A \quad (3.54)$$

dengan :

V = Kecepatan (m/detik)

A = Luas penampang saluran (m^2)

N = Koefisien Manning

Q = Debit (m^3 /detik)

S = Kemiringan lahan

R = Jari-jari hidraulik (m)

3.6.2 Obyek pada Program EPA SWMM 5.1

1. *Rain Gage*

Dalam *input* data kedalam sistem dapat ditampilkan dengan menggunakan obyek *rain gage*, obyek *rain gage* merupakan penyuplai data-data presipitasi pada satu atau beberapa daerah sub tangkapan air pada studi kawasan (Manual EPA SWMM, 2015).

2. *Subcatchment*

Subcatchment merupakan topografi dan elemen sistem drainase dalam mengarahkan permukaan limpasan di suatu titik pelepasan dan merupakan unit hidrologi tanah (Manual EPA SWMM, 2015).

Berdasarkan Kuswicaksono (2016) *subcatchment* pada daerah yang kedap air terdiri dari *depression storage* dan *non depression storage*. Nilai *depression storage* dapat dilihat pada Tabel 3.21.

Tabel 3.21 Nilai *Depression Storage*

Spesifikasi Lahan	<i>Depression Storage (inch)</i>
<i>Impervious Surface</i>	0,05 – 0,10
<i>Lawns</i>	0,10 – 0,20
<i>Pasture</i>	0,20
<i>Forest Litter</i>	0,30

Sumber : Kuswicaksono (2016)

3. *Junction*

Pada program SWMM untuk melihat penghubung pipa, lubang got pada saluran pembuangan, dan saluran pada permukaan alami yang dipertemukan dapat dilihat pada yang ditampilkan oleh obyek *junction* (Manual EPA SWMM, 2015).

4. *Outfall*

Dalam program SWMM obyek *outfall* merupakan titik terminal pada sistem drainase dan pada umumnya merupakan pembuangan akhir saluran drainase (Manual EPA SWMM, 2015).

5. *Flow Divider*

Flow divider merupakan sistem drainase dimana pengalihan aliran pada *conduit* yang ditentukan. Satu *flow divider* maksimal hanya boleh mempunyai dua *conduit* pada satu sistemnya (Manual EPA SWMM, 2015).

6. *Storage Unit*

Storage unit merupakan penyedia tampungan volume. Tampungan tersebut memiliki fasilitas kecil seperti kolam atau besar seperti danau, fungsi dari area permukaan dan tingginya digunakan untuk membuat volumetrik dari unit tampungan (Manual EPA SWMM, 2015).

7. *Conduit*

Obyek *conduit* merupakan saluran yang mengalirkan air. Dalam SWMM untuk menyatakan hubungan antara debit (Q), luas penampang (A), jari-jari hidraulik (R), dan kemiringan saluran (S) digunakan persamaan Manning (Manual EPA SWMM, 2015).

8. *Pump*

Untuk membuat kenaikan air dan untuk membuat kenaikan tinggi elevasi muka air dapat menggunakan obyek *pump*. Pengguna dapat mengatur pompa dalam keadaan hidup atau mati secara dinamik selama dalam pengaturan kontrol yang sudah pengguna tetapkan (Manual EPA SWMM, 2015).

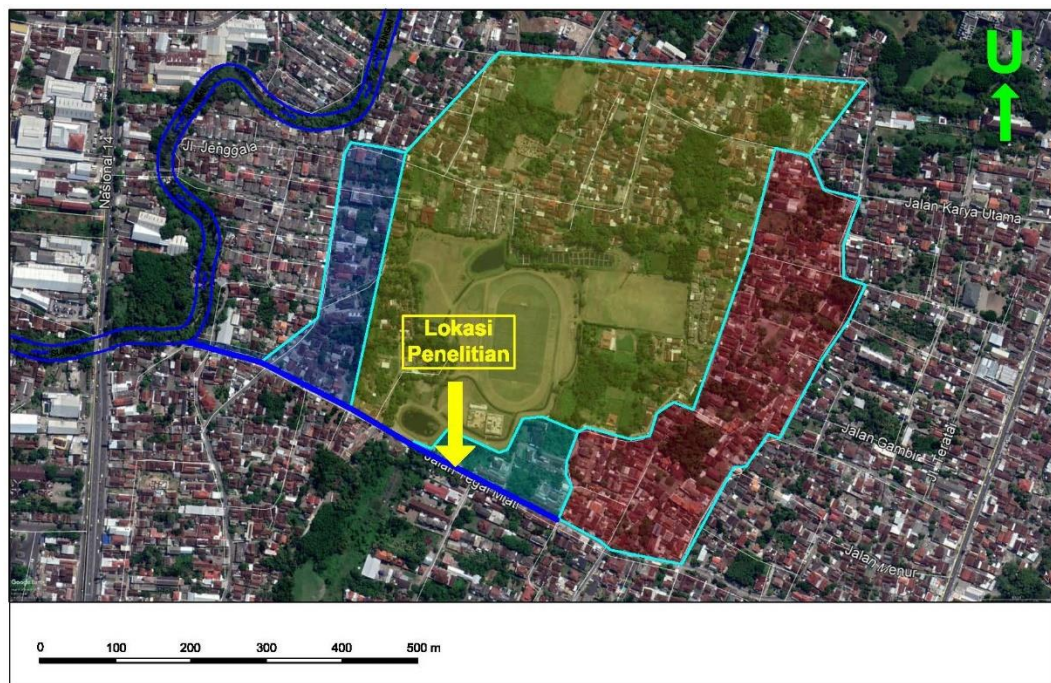
9. *Flow Regulator*

Flow regulator merupakan obyek pada SWMM untuk digunakan sebagai pengontrol dan pengalih aliran (Manual EPA SWMM, 2015).

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan dilaksanakan di Jalan Tegal Melati Jombor Lor yang sesuai dengan daerah tangkapan air (DTA) sepanjang Jombor Lor RT.04 RW.20 Sindudadi Mlati Sleman (lihat Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Lokasi Perencanaan Drainase

4.2 Obyek Penelitian

Pada penelitian ini obyeknya mendesain dimensi drainase dan sumur resapan yang berada di wilayah daerah tangkapan air (DTA) Jombor Lor RT.04 RW.20 Sinduadi Mlati Sleman yang disesuaikan dengan sistem jaringan drainase Jombor Lor Sinduadi Mlati Sleman.

4.3 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini dilakukan secara bertahap yang mana tahap penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Perumusan masalah, penentuan topik, manfaat penelitian, tujuan penelitian, dan batasan penelitian.
2. Studi pustaka untuk mengetahui informasi mengenai penelitian dari berbagai referensi seperti internet, buku, laporan, jurnal, dan penelitian-penelitian sejenis.
3. Pengumpulan data atau informasi yang diperlukan mengenai daerah objek dan subyek penelitian seperti peta topografi, peta rencana induk (kalau ada), data curah hujan, data tanah, dan lain-lain.
4. Pengolahan data dengan analisis hidrologi, analisis dengan program EPA SWMM 5.1, analisis hidraulika, analisis sumur resapan, dan pembahasan.
5. Penyusunan laporan.

4.4 Pencarian Data dan Informasi

1. Tahap Persiapan

Untuk mempermudah jalanya penelitian dilakukan tahapan tahapan, tahapan tersebut antara lain tahapan pengumpulan data yang diperlukan, tahapan analisis, dan tahap penyusunan. Tahap persiapan sebagai berikut ini.

a. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan agar pada saat mengumpulkan data, menganalisis data serata dalam menyusun laporan hasil penelitian ini menjadi lebih mudah dengan mendapatkan arahan dan wawasan yang didapat dari studi pustaka tersebut.

b. Observasi Lapangan

Observasi lapangan ditujukan untuk mengetahui dimana lokasi dan kondisi pada daerah penelitian dan untuk mengetahui lokasi dilakukannya pengumpulan data yang diperlukan dalam penyusunan penelitian, melakukan pengamatan daerah permeabel dan impermeabel.

2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dan digunakan adalah data yang diperoleh dari instansi terkait yang ada di wilayah studi. Data yang diperoleh antara lain :

- a. Data tanah;
- b. Data elevasi;

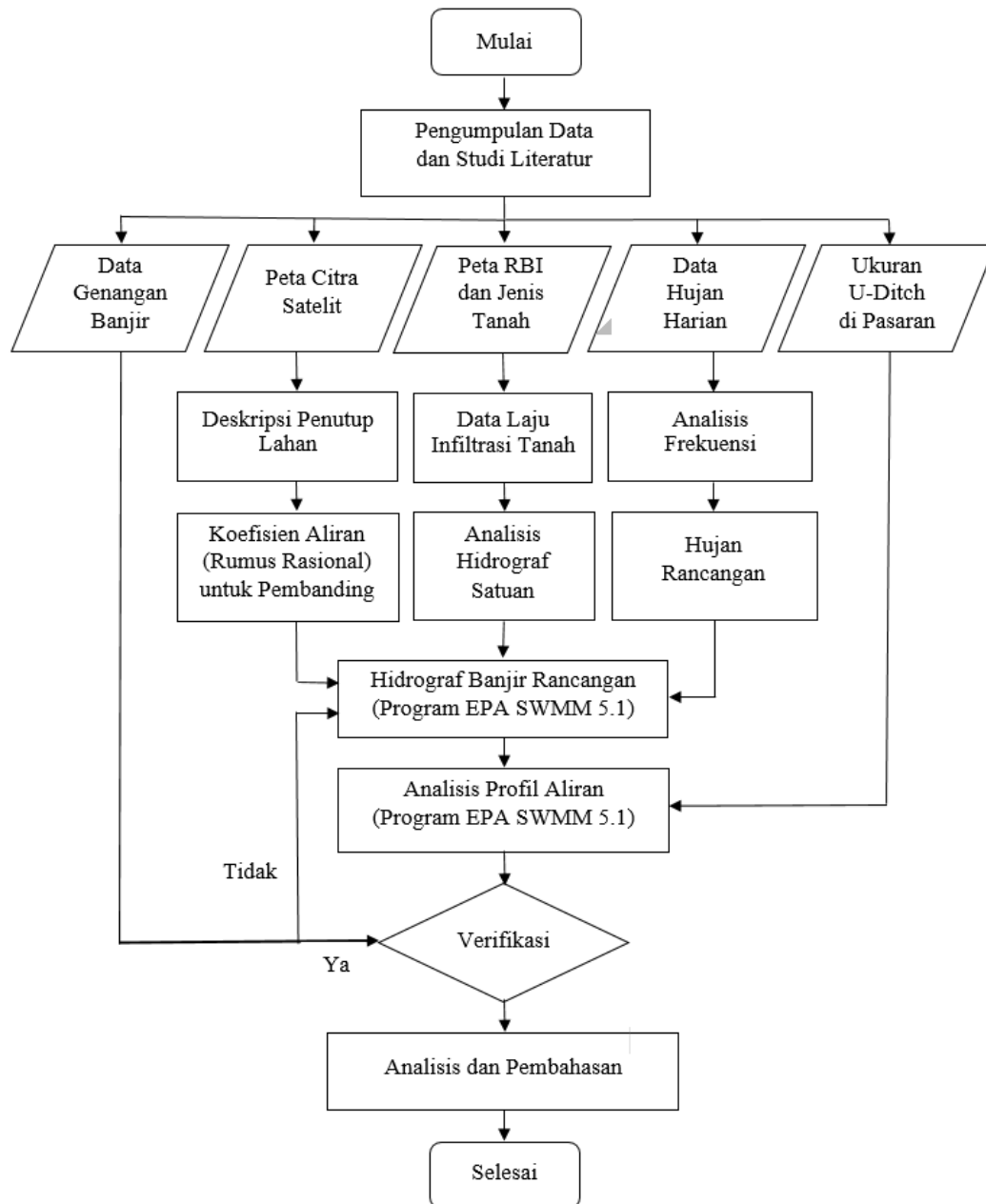
c. Data curah hujan.

4.5 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus yang sesuai, selanjutnya hasil dari analisis manual dimasukkan ke dalam program SWMM. Dalam pengolahan data, digunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah jenis saluran, panjang saluran, lebar saluran, kedalaman saluran, elevasi saluran dan batas daerah tangkapan air untuk setiap *subcatchment*. Sementara data sekunder meliputi data curah hujan harian.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.

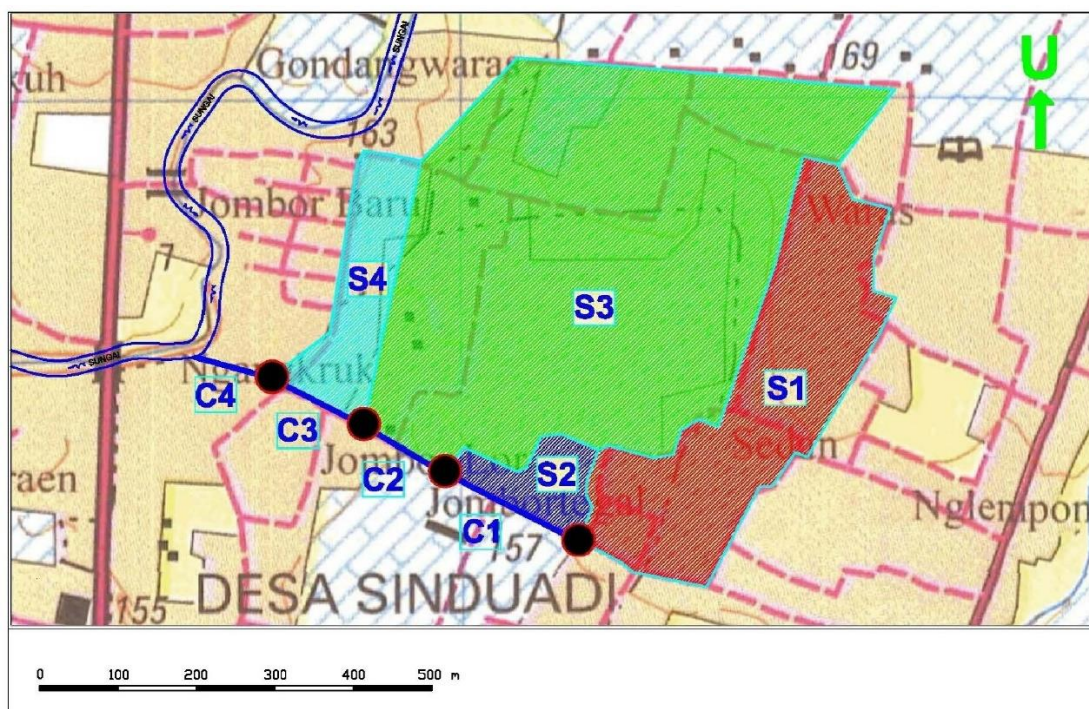


Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

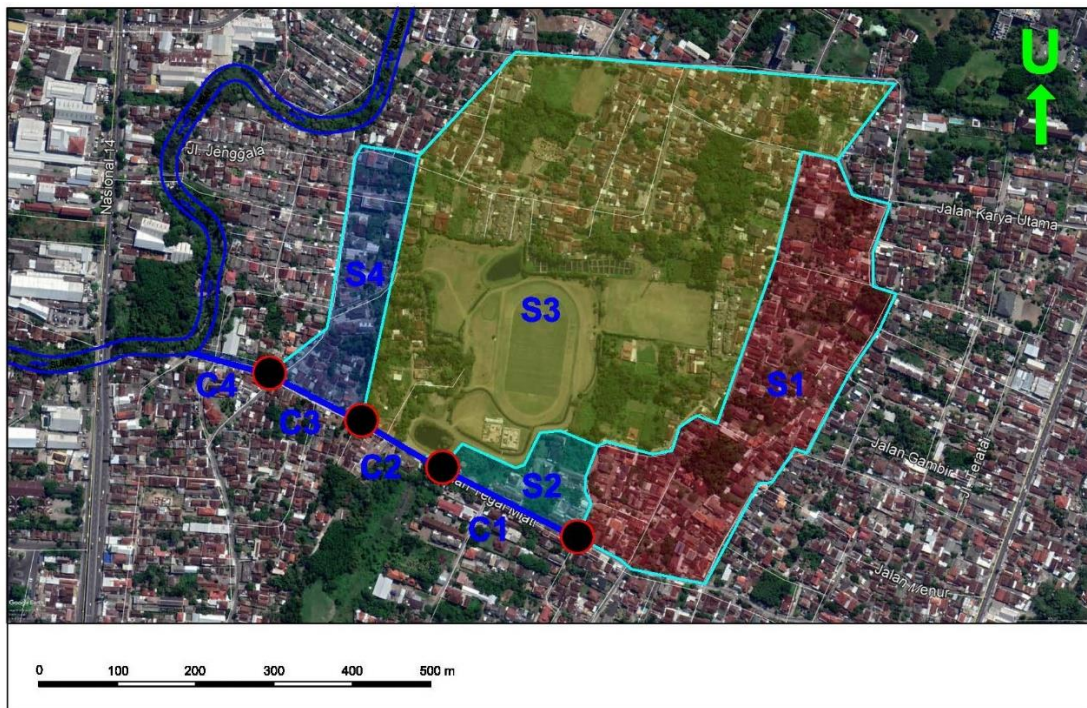
BAB V ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

5.1 Penentuan Daerah Tangkapan Air (DTA)

Penentuan DTA dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu ujung saluran drainase yang akan dianalisis. Dari lokasi ini ke arah hulu, kemudian ditentukan garis imajiner yang menghubungkan titik tertinggi pada kontur pada sisi kanan dan kiri saluran drainase. Dimana daerah ini merupakan daerah yang mempengaruhi debit saluran drainase yang ditinjau. Penetapan DTA dilakukan dengan menggunakan peta rupa bumi, akan tetapi karena perbedaan elevasi yang sangat sedikit maka digunakan pula peta *orthophoto* dengan memperhatikan batas-batas DTA yang berupa jalan atau saluran irigasi bila ada. Batas DTA Saluran Drainase Jombor Lor ditunjukkan dalam peta RBI (Gambar 5.1) dan peta *orthophoto* (Gambar 5.2).



Gambar 5.1 Batas DTA Saluran Drainase Jombor Lor (Peta RBI)



Gambar 5.2 Batas DTA Saluran Drainase Jombor Lor (Peta Orthophoto)

Daerah tangkapan air (DTA) dibagi menjadi 4 bagian, yaitu sub DTA 1 (S1), Sub DTA 2 (S2), Sub DTA 3 (S3) dan Sub DTA 4 (S4).

5.2 Curah Hujan Rancangan

Untuk penelitian ini data curah hujan menggunakan data curah hujan harian maksimum pada stasiun Prumpung tahun 2001–2020 (lihat Tabel 5.1 dan data hujan hariannya pada Lampiran 1). Data curah hujan harian maksimum diurutkan dari besar ke kecil atau bisa juga dari kecil ke besar guna dilakukan analisis statistik dasar.

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Prumpung 2001-2020

Tahun	Hujan (mm)
2001	164.0
2002	108.0
2003	76.0
2004	90.0
2005	107.0
2006	161.0
2007	81.0
2008	63.0
2009	65.0
2010	121.0
2011	70.0
2012	90.0
2013	94.0
2014	97.0
2015	137.0
2016	123.5
2017	178.5
2018	106.0
2019	216.0
2020	132.0

Perhitungan parameter statistik (yang dalam bentuk logaritmik) dalam analisis data hidrologi adalah sebagai berikut :

1. Nilai Rerata

Nilai rata-rata dapat digunakan sebagai nilai yang dapat mengukur suatu distribusi.

Bentuk persamaan nilai rerata adalah sebagai berikut :

$$\overline{\ln X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i$$

dengan :

$\overline{\ln X}$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan (mm),

$\ln X_i$ = Variabel random logaritma curah hujan (mm),

n = Jumlah data curah hujan.

$$\overline{\ln X} = 93,583 / 20 = 4,679$$

(lihat Tabel 5.2 dan Tabel 5.3)

2. Standar Deviasi

Besarnya derajat variat di sekitar nilai reratanya disebut varian akar dari variansi adalah deviasi standar. Bentuk persamaan nilai deviasi standar adalah sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln X_i - \overline{\ln X})^2}$$

dengan :

S = Standar deviasi logaritma curah hujan (mm),

$\ln X_i$ = Variabel random logaritma curah hujan (mm),

$\overline{\ln X}$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan (mm),

n = Jumlah data hujan.

$$S = ((2,235 / (20 - 1))^{1/2} = 0,343$$

(lihat Tabel 5.2 dan Tabel 5.3)

3. Koefisien Variansi

Koefisien varian merupakan bentuk pembagian antara deviasi standar dan nilai rerata. Semakin besar nilai koefisien varian semakin besar penyebaran dari distribusi.

$$C_v = \frac{S}{\overline{\ln X}}$$

dengan :

C_v = Koefisien variansi logaritma curah hujan,

S = Standar deviasi logaritma curah hujan (mm),

$\overline{\ln X}$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan (mm)

$$C_v = 0,343 / 4,679 = 0,073$$

(lihat Tabel 5.2 dan Tabel 5.3)

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

Derajat asimetri dari suatu bentuk distribusi dapat diketahui dengan koefisien *skewness* atau koefisien kemencengan. Koefisien kemencengan (C_s) dapat dituliskan dengan persamaan berikut ini.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\ln X_i - \overline{\ln X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

dengan :

C_s = Koefisien kemencengan logaritma curah hujan,

S = Standar deviasi logaritma curah hujan (mm),

$\ln X_i$ = Variabel random logaritma curah hujan (mm),

$\overline{\ln X}$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan (mm),

n = Jumlah data hujan.

$$C_s = 20 \cdot 0,189 / ((20 - 1) \cdot (20 - 2) \cdot 0,343^3) = 0,275$$

(lihat Tabel 5.2 dan Tabel 5.3)

5. Koefisien Ketajaman (Kurtosis)

Koefisien kurtosis atau koefisien ketajaman dapat digunakan untuk penentuan syarat distribusi.

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (\ln X_i - \overline{\ln X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$$

dengan :

C_k = Koefisien kurtosis logaritma curah hujan,

S = Standar deviasi logaritma curah hujan (mm),

$\ln X_i$ = Variabel random logaritma curah hujan (mm),

$\overline{\ln X}$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan (mm),

n = Jumlah data hujan.

$$C_k = 20^2 \cdot 0,569 / ((20 - 1) \cdot (20 - 2) \times (20 - 3) \cdot 0,343^4) = 2,829$$

(lihat Tabel 5.2 dan Tabel 5.3)

Untuk perhitungan parameter statistik yang dalam bentuk normal dan loglogaritmik dapat dilakukan seperti tersebut di atas. Hitungan parameter statistik yang dalam bentuk logaritmik ditunjukkan pada Tabel 5.2, sedangkan yang dalam bentuk normal dan loglogaritmik terdapat pada Lampiran 2. Hasil hitungan statistik hujan harian maksimum DTA Jombor Lor dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.2 Hitungan Parameter Statistik Logaritmik Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

Ln Hujan (mm)	$(\text{Ln } x_i)^2$	$ \text{Ln } x_i - \text{Ln } x $	$(\text{Ln } x_i - \text{Ln } x)$	$(\text{Ln } x_i - \text{Ln } x)^2$	$(\text{Ln } x_i - \text{Ln } x)^3$	$(\text{Ln } x_i - \text{Ln } x)^4$
5.375	28.894	0.696	0.696	0.485	0.337	0.235
5.185	26.880	0.505	0.505	0.255	0.129	0.065
5.100	26.009	0.421	0.421	0.177	0.074	0.031
5.081	25.821	0.402	0.402	0.162	0.065	0.026
4.920	24.206	0.241	0.241	0.058	0.014	0.003
4.883	23.842	0.204	0.204	0.041	0.008	0.002
4.816	23.196	0.137	0.137	0.019	0.003	0.000
4.796	23.000	0.117	0.117	0.014	0.002	0.000
4.682	21.922	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
4.673	21.835	0.006	(0.006)	0.000	(0.000)	0.000
4.663	21.748	0.016	(0.016)	0.000	(0.000)	0.000
4.575	20.928	0.104	(0.104)	0.011	(0.001)	0.000
4.543	20.642	0.136	(0.136)	0.018	(0.003)	0.000
4.500	20.248	0.179	(0.179)	0.032	(0.006)	0.001
4.500	20.248	0.179	(0.179)	0.032	(0.006)	0.001
4.394	19.311	0.285	(0.285)	0.081	(0.023)	0.007
4.331	18.755	0.348	(0.348)	0.121	(0.042)	0.015
4.248	18.050	0.431	(0.431)	0.185	(0.080)	0.034
4.174	17.426	0.505	(0.505)	0.255	(0.129)	0.065
4.143	17.166	0.536	(0.536)	0.287	(0.154)	0.083
93.583	440.125	5.451	0.000	2.235	0.189	0.569

Tabel 5.3 Hasil Hitungan Statistik Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

m	$P = m / (n + 1)$	Tahun	Hujan (mm)	Ln Hujan (mm)	Ln Ln Hujan (mm)
1	0.048	2019	216.000	5.375	1.682
2	0.095	2017	178.500	5.185	1.646
3	0.143	2001	164.000	5.100	1.629
4	0.190	2006	161.000	5.081	1.626
5	0.238	2015	137.000	4.920	1.593
6	0.286	2020	132.000	4.883	1.586
7	0.333	2016	123.500	4.816	1.572
8	0.381	2010	121.000	4.796	1.568
9	0.429	2002	108.000	4.682	1.544
10	0.476	2005	107.000	4.673	1.542
11	0.524	2018	106.000	4.663	1.540
12	0.571	2014	97.000	4.575	1.521
13	0.619	2013	94.000	4.543	1.514
14	0.667	2004	90.000	4.500	1.504
15	0.714	2012	90.000	4.500	1.504
16	0.762	2007	81.000	4.394	1.480
17	0.810	2003	76.000	4.331	1.466
18	0.857	2011	70.000	4.248	1.447
19	0.905	2009	65.000	4.174	1.429
20	0.952	2008	63.000	4.143	1.421
Jumlah Data			20	20	20
Nilai Rerata (Mean)			114.000	4.679	1.541
Standar Deviasi			40.863	0.343	0.073
Koefisien Skewness			0.951	0.275	0.136
Koefisien Kurtosis			3.887	2.829	2.745
Koefisien Variasi			0.358	0.073	0.047
Nilai Tengah (Median)			106.500	4.668	1.541

Dari hasil hitungan statistik dasar, maka jenis sebaran data curah hujan harian maksimum yang berdistribusi log Pearson III adalah yang memenuhi syarat (lihat Tabel 5.4).

Tabel 5.4 Pemilihan Jenis Sebaran

No	Jenis Sebaran	Hasil Hitungan	Syarat	Keterangan
1	Normal	$C_s = 0,951$ $C_k = 3,887$	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	Tidak Memenuhi
2	Log Normal	$C_s = 0,275$ $C_k = 2,829$ $C_v = 0,073$	$C_s = 3 C_v + C_v^2 \approx 3$ $C_k \approx 5,383$ $C_v \approx 0,791$	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	$C_s = 0,951$ $C_k = 3,887$	$C_s \approx 1,1396$ $C_k \approx 5,4002$	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	$C_s = 0,275$ $C_k = 2,829$ $C_v = 0,073$	$C_s \neq 0$	Memenuhi

Dalam melakukan uji validitas model distribusi menggunakan uji Chi-Kuadrat (χ^2) dan uji Smirnov Kolmogorov (Δ_{maks}).

Uji validitas model distribusi log Pearson III menggunakan uji Chi-Kuadrat (χ^2) adalah sebagai berikut :

$$\text{Data Terkecil} = 63,0$$

$$\text{Data Terbesar} = 216,0$$

$$\text{Rentang} = \text{Data Terbesar} - \text{Data Terkecil} = 216,0 - 63,0 = 153,0$$

$$\text{Banyak Kelas} = 1 + 3,3 \log n = 1 + 3,3 \log 20 = 5,29 \text{ (dibulatkan 5 atau 6)}$$

$$\text{Panjang Kelas} = \text{Rentang} / \text{Banyak Kelas} = 153,0 / 5 = 30,60 \text{ (dibulatkan 30 atau 31)}$$

1. Untuk $y = \ln x$ dan $\gamma = 1$, maka :

$$f(x) = -\frac{e^{\ln x \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta x}$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

$\ln x$ = Logaritma curah hujan,

β = Parameter,

$$= \lambda / \gamma \text{ (nilai } \gamma = 1)$$

$$= \lambda$$

λ = Nilai rerata $\ln x$.

$$f(x)_1 = -e^{\ln 201,5 \cdot (4,679 - 1) / 4,679} / (4,679 \cdot 201,5) = -0,0688$$

$$f(x)_2 = -e^{\ln 170,5 \cdot (4,679 - 1) / 4,679} / (4,679 \cdot 170,5) = -0,0713$$

.....

.....

$$f(x)_5 = -e^{\ln 77,5 \cdot (4,679 - 1) / 4,679} / (4,679 \cdot 77,5) = -0,0843$$

$$\Sigma f(x) = -0,3773$$

$$e_i = f(x)_i / \Sigma f(x) \cdot n$$

$$e_1 = -0,0688 / -0,3773 \cdot 20 = 3,65$$

$$e_2 = -0,0713 / -0,3773 \cdot 20 = 3,78$$

.....

.....

$$e_5 = -0,0843 / -0,3773 \cdot 20 = 4,47$$

$$\Sigma e = 20,00$$

$$\chi_i^2 = (n_i - e_i)^2 / |e_i|$$

$$\chi_1^2 = (1 - 3,65)^2 / 3,65 = 1,920$$

$$\chi_2^2 = (3 - 3,78)^2 / 3,65 = 0,160$$

.....

.....

$$\chi_5^2 = (7 - 4,47)^2 / 3,65 = 1,430$$

$$\chi^2 = 6,404 \quad (\text{lihat Tabel 5.5})$$

$$DK = K - (p + 1)$$

$DK = 5 - (1 + 1) = 3$, dan $\alpha = 5\%$, maka dari Tabel 3.9 Nilai Chi-Kuadrat Kritis didapatkan $\chi^2_{\alpha} = \chi^2_{5\%} = 7,815$.

$$\chi^2 (= 6,404) < \chi^2_{5\%} (= 7,815)$$

—> anggapan hujan harian maksimum berdistribusi log Pearson III dengan nilai $\gamma = 1$, $\alpha = 5\%$, dan $DK = 3$ dapat diterima.

Tabel 5.5 Hasil Hitungan Uji Chi-Kuadrat untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 1$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	$f(x)$ Distribusi Log-Pearson III	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	-0.0688	3.65	1.920
155.0 - 186.0	170.5	3.00	-0.0713	3.78	0.160
124.0 - 155.0	139.5	2.00	-0.0744	3.94	0.958
93.0 - 124.0	108.5	7.00	-0.0785	4.16	1.937
62.0 - 93.0	77.5	7.00	-0.0843	4.47	1.430
$\Sigma :$		20.00	-0.3773	20.00	6.404

2. Untuk $y = \ln x$ dan $\gamma = 2$, maka :

$$f(x) = -\frac{\ln x \cdot e^{\ln x \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right)}}{\beta^2 x (\ln x + 1)}$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

$\ln x$ = Logaritma curah hujan,

β = Parameter,

= λ / γ (nilai $\gamma = 2$)

= $\lambda / 2$

λ = Nilai rerata $\ln x$.

$$f(x)_1 = -\ln 201,5 \cdot e^{\ln 201,5 \cdot (4,679 - 1) / 4,679} / (4,679^2 \cdot 201,5 \cdot (\ln 201,5 + 1)) = -0,0159$$

$$f(x)_2 = -\ln 170,5 \cdot e^{\ln 170,5 \cdot (4,679 - 1) / 4,679} / (4,679^2 \cdot 170,5 \cdot (\ln 170,5 + 1)) = -0,0170$$

.....

$$f(x)_5 = -\ln 77,5 \cdot e^{\ln 77,5 \cdot (4,679 - 1) / 4,679} / (4,679^2 \cdot 77,5 \cdot (\ln 77,5 + 1)) = -0,0231$$

$$\Sigma f(x) = -0,0948$$

$$e_i = f(x)_i / \Sigma f(x) \cdot n$$

$$e_1 = -0,0159 / -0,0948 \cdot 20 = 3,36$$

$$e_2 = -0,0170 / -0,0948 \cdot 20 = 3,59$$

.....

.....

$$e_5 = -0,0231 / -0,0948 \cdot 20 = 4,88$$

$$\Sigma e = 20,00$$

$$\chi_i^2 = (n_i - e_i)^2 / |e_i|$$

$$\chi_1^2 = (1 - 3,36)^2 / 3,36 = 1,656$$

$$\chi_2^2 = (3 - 3,59)^2 / 3,59 = 0,097$$

.....

.....

$$\chi_5^2 = (7 - 4,88)^2 / 4,88 = 0,918$$

$$\chi^2 = \frac{\quad}{5,304} \quad (\text{lihat Tabel 5.6})$$

$$DK = K - (p + 1)$$

$DK = 5 - (1 + 1) = 3$, dan $\alpha = 5\%$, maka dari Tabel 3.9 Nilai Chi-Kuadrat Kritis didapatkan $\chi^2_{\alpha} = \chi^2_{5\%} = 7,815$.

$$\chi^2 (= 5,304) < \chi^2_{5\%} (= 7,815)$$

—> anggapan hujan harian maksimum berdistribusi log Pearson III dengan nilai $\gamma = 2$, $\alpha = 5\%$, dan $DK = 3$ dapat diterima.

Tabel 5.6 Hasil Hitungan Uji Chi-Kuadrat untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 2$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	$f(x)$ Distribusi Log-Pearson III	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	-0.0159	3.36	1.656
155.0 - 186.0	170.5	3.00	-0.0170	3.59	0.097
124.0 - 155.0	139.5	2.00	-0.0184	3.88	0.914
93.0 - 124.0	108.5	7.00	-0.0203	4.29	1.718
62.0 - 93.0	77.5	7.00	-0.0231	4.88	0.918
$\Sigma :$		20.00	-0.0948	20.00	5.304

3. Untuk $y = \ln \ln x$, maka :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\zeta x \ln x \ln \ln x} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln \ln x - \nu}{\zeta}\right)^2\right)$$

dengan :

$f(x)$ = Fungsi densitas probabilitas,

$\ln \ln x$ = Loglogaritm curah hujan,

ν = Nilai rerata $\ln \ln x$,

ς = Deviasi standar $\ln \ln x$.

$$f(x)_1 = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \cdot \frac{1}{(0,073 \cdot 201,5 \cdot \ln 201,5 \cdot \ln \ln 201,5)} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\ln \ln 201,5 - 1,541}{0,073}\right)^2\right) = 0,0007$$

$$f(x)_2 = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \cdot \frac{1}{(0,073 \cdot 170,5 \cdot \ln 170,5 \cdot \ln \ln 170,5)} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\ln \ln 170,5 - 1,541}{0,073}\right)^2\right) = 0,0016$$

.....

$$f(x)_5 = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \cdot \frac{1}{(0,073 \cdot 77,5 \cdot \ln 77,5 \cdot \ln \ln 77,5)} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\ln \ln 77,5 - 1,541}{0,073}\right)^2\right) = 0,0069$$

$$\Sigma f(x) = 0,0198$$

$$e_i = f(x)_i / \Sigma f(x) \cdot n$$

$$e_1 = 0,0007 / 0,0198 \cdot 20 = 0,66$$

$$e_2 = 0,0016 / 0,0198 \cdot 20 = 1,61$$

.....

$$e_5 = 0,0069 / 0,0198 \cdot 20 = 6,99$$

$$\Sigma e = 20,00$$

$$\chi_i^2 = (n_i - e_i)^2 / |e_i|$$

$$\chi_1^2 = (1 - 0,66)^2 / 0,66 = 0,175$$

$$\chi_2^2 = (3 - 1,61)^2 / 1,61 = 1,194$$

.....

$$\chi_5^2 = (7 - 6,99)^2 / 6,99 = 0,000$$

$$\chi^2 = 2,164 \quad (\text{lihat Tabel 5.7})$$

$$DK = K - (p + 1)$$

$DK = 5 - (2 + 1) = 2$, dan $\alpha = 5\%$, maka dari Tabel 3.9 Nilai Chi-Kuadrat Kritis

didapatkan $\chi^2_{\alpha} = \chi^2_{5\%} = 5,991$.

$$\chi^2 (= 2,164) < \chi^2_{5\%} (= 5,991)$$

—> anggapan hujan harian maksimum berdistribusi log Pearson III dengan nilai

$y = \ln \ln x$, $\alpha = 5\%$, dan $DK = 2$ dapat diterima.

Tabel 5.7 Hasil Hitungan Uji Chi-Kuadrat untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln \ln x$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	$f(x)$ Distribusi Log-Pearson III	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	0.0007	0.66	0.175
155.0 - 186.0	170.5	3.00	0.0016	1.61	1.194
124.0 - 155.0	139.5	2.00	0.0037	3.72	0.796
93.0 - 124.0	108.5	7.00	0.0069	7.01	0.000
62.0 - 93.0	77.5	7.00	0.0069	6.99	0.000
$\Sigma :$		20.00	0.0198	20.00	2.164

Uji validitas model distribusi log Pearson III menggunakan uji Smirnov Kolmogorov (Δ_{maks}) adalah sebagai berikut :

1. Untuk $y = \ln x$ dan $\gamma = 1$, atau $y = \ln x$ dan $\gamma = 2$, maka :

$$s = (\ln x_n - \lambda) / \zeta$$

dengan :

s = Nilai z dari standar probabilitas normal,

$\ln x_n$ = Logaritma curah hujan ke-n,

λ = Nilai rerata $\ln x$,

ζ = Deviasi standar $\ln x$.

$$s_1 = (\ln x_1 - \lambda) / \zeta = (5,375 - 4,679) / 0,343 = 2,0298$$

$$s_2 = (\ln x_2 - \lambda) / \zeta = (5,185 - 4,679) / 0,343 = 1,4738$$

.....

$$s_4 = (\ln x_2 - \lambda) / \zeta = (5,081 - 4,679) / 0,343 = 1,1729$$

.....

$$s_{20} = (\ln x_{20} - \lambda) / \zeta = (4,143 - 4,679) / 0,343 = -1,5630$$

Dari nilai s dengan menggunakan tabel probabilitas normal standar (lihat Tabel 3.10 untuk Z negatif atau Tabel 3.11 untuk Z positif), maka akan didapatkan nilai $F(x)$ (dibaca satu per satu) :

$$s \rightarrow F(x)$$

$$s_1 = 2,0298 \rightarrow F(x)_1 = 0,9788$$

$$s_2 = 1,4738 \rightarrow F(x)_1 = 0,9297$$

.....

$$s_4 = 1,1729 \rightarrow F(x)_1 = 0,8796$$

.....

.....

$$s_{20} = -1,5630 \rightarrow F(x)_1 = 0,0590$$

$$|\Delta_n| = |F(x) - S_n(x)|$$

$$|\Delta_1| = |0,9788 - 1,0000| = 0,0212$$

$$|\Delta_2| = |0,9297 - 0,9500| = 0,0203$$

.....

$$|\Delta_9| = |0,5039 - 0,6000| = 0,0961$$

.....

.....

$$|\Delta_{20}| = |0,0590 - 0,0500| = 0,0090$$

$$\Delta_{maks} = |\Delta_n|_{maks} \text{ yang dipilih dari kolom } |\Delta_n| = 0,0961 \quad (\text{lihat Tabel 5.8})$$

Nilai kritis dengan $n = 20$, dan $\alpha = 5\%$, maka dari Tabel 3.12 Nilai Δ_{kritis} Uji

Smirnov Kolmogorov didapatkan $\Delta_{kritis} = \Delta_n^\alpha = \Delta_{20}^{5\%} = 0,290$.

$$\Delta_{maks} (= 0,0961) < \Delta_{kritis} (= 0,290)$$

—> asumsi hasil pengujian hujan harian maksimum berdistribusi log Pearson III dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 1$, atau $y = \ln x$ dan $\gamma = 2$ dapat diterima.

Tabel 5.8 Hasil Hitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 1$ atau $y = \ln x$ dan $\gamma = 2$

n	x_n	$\ln x_n$	$S_n(x)$	s	F(x)	$ \Delta_n $
1	216.000	5.375	1.0000	2.0298	0.9788	0.0212
2	178.500	5.185	0.9500	1.4738	0.9297	0.0203
3	164.000	5.100	0.9000	1.2267	0.8901	0.0099
4	161.000	5.081	0.8500	1.1729	0.8796	0.0296
5	137.000	4.920	0.8000	0.7022	0.7587	0.0413
6	132.000	4.883	0.7500	0.5938	0.7236	0.0264
7	123.500	4.816	0.7000	0.3997	0.6553	0.0447
8	121.000	4.796	0.6500	0.3401	0.6330	0.0170
9	108.000	4.682	0.6000	0.0087	0.5039	0.0961
10	107.000	4.673	0.5500	-0.0185	0.4920	0.0580
11	106.000	4.663	0.5000	-0.0458	0.4801	0.0199
12	97.000	4.575	0.4500	-0.3046	0.3804	0.0696
13	94.000	4.543	0.4000	-0.3962	0.3446	0.0554
14	90.000	4.500	0.3500	-0.5230	0.3005	0.0495
15	90.000	4.500	0.3000	-0.5230	0.3005	0.0005
16	81.000	4.394	0.2500	-0.8302	0.2033	0.0467
17	76.000	4.331	0.2000	-1.0160	0.1539	0.0461
18	70.000	4.248	0.1500	-1.2557	0.1030	0.0470
19	65.000	4.174	0.1000	-1.4718	0.0705	0.0295
20	63.000	4.143	0.0500	-1.5630	0.0590	0.0090
					$ \Delta_n _{\text{maks}}$:	0.0961

2. Untuk $y = \ln \ln x$, maka :

$$s = (\ln \ln x_n - \nu) / \varsigma$$

dengan :

s = Nilai z dari standar probabilitas normal,

$\ln \ln x_n$ = Loglogaritma curah hujan ke-n,

ν = Nilai rerata $\ln \ln x$,

ς = Deviasi standar $\ln \ln x$.

$$s_1 = (\ln \ln x_1 - \nu) / \varsigma = (1,682 - 1,541) / 0,073 = 1,9356$$

$$s_2 = (\ln \ln x_2 - \nu) / \varsigma = (1,646 - 1,541) / 0,073 = 1,4406$$

.....

$$s_4 = (\ln \ln x_4 - \nu) / \varsigma = (1,626 - 1,541) / 0,073 = 1,1651$$

.....

.....

$$s_{20} = (\ln \ln x_{20} - \nu) / \varsigma = (1,421 - 1,541) / 0,073 = -1,6328$$

Dari nilai s dengan menggunakan tabel probabilitas normal standar (lihat Tabel 3.10 untuk Z negatif atau Tabel 3.11 untuk Z positif), maka akan didapatkan nilai $F(x)$ (dibaca satu per satu) :

$$s \rightarrow F(x)$$

$$s_1 = 1,9356 \rightarrow F(x)_1 = 0,9735$$

$$s_2 = 1,4406 \rightarrow F(x)_1 = 0,9252$$

.....

$$s_4 = 1,1651 \rightarrow F(x)_1 = 0,8780$$

.....

.....

$$s_{20} = -1,6328 \rightarrow F(x)_1 = 0,0516$$

$$|\Delta_n| = |F(x) - S_n(x)|$$

$$|\Delta_1| = |0,9735 - 1,0000| = 0,0265$$

$$|\Delta_2| = |0,9252 - 0,9500| = 0,0248$$

.....

$$|\Delta_9| = |0,5160 - 0,6000| = 0,0840$$

.....

.....

$$|\Delta_{20}| = |0,0516 - 0,0500| = 0,0016$$

$$\Delta_{maks} = |\Delta_n|_{maks} \text{ yang dipilih dari kolom } |\Delta_n| = 0,0840 \quad (\text{lihat Tabel 5.9})$$

Nilai kritis dengan $n = 20$, dan $\alpha = 5\%$, maka dari Tabel 3.12 Nilai Δ_{kritis} Uji Smirnov Kolmogorov didapatkan $\Delta_{kritis} = \Delta_n^\alpha = \Delta_{20}^{5\%} = 0,290$.

$$\Delta_{maks} (= 0,0840) < \Delta_{kritis} (= 0,290)$$

→ asumsi hasil pengujian hujan harian maksimum berdistribusi log Pearson III dengan $y = \ln \ln x$ dapat diterima.

Tabel 5.9 Hasil Hitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Validitas Model Distribusi Log Pearson III dengan $y = \ln \ln x$

n	x_n	$\ln \ln x_n$	$S_n(x)$	s	F(x)	$ \Delta_n $
1	216.000	1.682	1.0000	1.9356	0.9735	0.0265
2	178.500	1.646	0.9500	1.4406	0.9252	0.0248
3	164.000	1.629	0.9000	1.2148	0.8869	0.0131
4	161.000	1.626	0.8500	1.1651	0.8780	0.0280
5	137.000	1.593	0.8000	0.7226	0.7642	0.0358
6	132.000	1.586	0.7500	0.6186	0.7324	0.0176
7	123.500	1.572	0.7000	0.4305	0.6664	0.0336
8	121.000	1.568	0.6500	0.3722	0.6443	0.0057
9	108.000	1.544	0.6000	0.0435	0.5160	0.0840
10	107.000	1.542	0.5500	0.0162	0.5065	0.0435
11	106.000	1.540	0.5000	-0.0114	0.4935	0.0065
12	97.000	1.521	0.4500	-0.2747	0.3936	0.0564
13	94.000	1.514	0.4000	-0.3691	0.3557	0.0443
14	90.000	1.504	0.3500	-0.5009	0.3085	0.0415
15	90.000	1.504	0.3000	-0.5009	0.3085	0.0085
16	81.000	1.480	0.2500	-0.8256	0.2033	0.0467
17	76.000	1.466	0.2000	-1.0258	0.1515	0.0485
18	70.000	1.447	0.1500	-1.2886	0.0985	0.0515
19	65.000	1.429	0.1000	-1.5298	0.0630	0.0370
20	63.000	1.421	0.0500	-1.6328	0.0516	0.0016
					$ \Delta_n _{\text{maks}}$:	0.0840

Uji validitas model distribusi normal, log normal, dan Gumbel dengan menggunakan uji Chi-Kuadrat (χ^2) dan uji Smirnov Kolmogorov (Δ_{maks}) terdapat pada Lampiran 2.

Rangkuman semua hasil pengujian validitas jenis sebarannya dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Pengujian Jenis Sebaran

No	Jenis Sebaran	Chi-Kuadrat		Smirnov Kolmogorov		Keterangan
		χ^2	χ^2_{kritis}	Δ_{maks}	Δ_{kritis}	
1	Normal	3,859	5,991	0,130	0,290	Diterima
2	Log Normal	2,048	5,991	0,070	0,290	Diterima
3	Gumbel	6,153	5,991	0,070	0,290	Tidak Diterima
4	Log Pearson III					
	$y = \ln x \ \& \ \gamma = 1$	6,404	7,815	0,070	0,290	Diterima
	$y = \ln x \ \& \ \gamma = 2$	5,304	7,815			Diterima
	$y = \ln \ln x$	2,164	5,991	0,068		Diterima

Distribusi log Pearson III merupakan fungsi eksponensial dari distribusi log normal dengan faktor frekuensi yang juga memperhitungkan nilai kemencengan (C_s).

$$\ln R = \overline{\ln X} + K_T S$$

dengan :

R = Curah hujan rencana dengan periode ulang (T) tahunan tertentu (mm),

$\overline{\ln X}$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan (mm),

S = Standar deviasi logaritma curah hujan (mm),

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang (T) dan koefisien kemencengan (C_s).

Nilai K_T dapat dilihat pada Tabel 3.4 untuk nilai kemencengan (C_s) positif dan Tabel 3.5 untuk nilai kemencengan (C_s) negatif.

Dari hasil hitungan statistik dasar didapatkan nilai $\overline{\ln X} = 4,679$, $S = 0,343$, dan $C_s = 0,275$. Dari Tabel 3.4 (C_s positif), untuk nilai $C_s = 0,2$ dan periode ulang 2 tahun didapatkan nilai $K_T = -0,033$, sedangkan untuk nilai $C_s = 0,3$ dan periode ulang 2 tahun didapatkan nilai $K_T = -0,050$, sehingga untuk nilai $C_s = 0,275$ dan periode ulang 2 tahun, maka nilai K_T dapat dihitung dengan cara interpolasi linier :

$$K_2 = -0,033 - (0,275 - 0,2) / (0,3 - 0,2) \cdot (0,050 - 0,033) = -0,046$$

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan harian maksimum untuk kala ulang 2 tahun adalah sebagai berikut :

$$\ln R_2 = \overline{\ln X} + K_2 S$$

$$\ln R_2 = 4,679 - 0,046 \cdot 0,343 = 4,663$$

$$R_2 = e^{4,663} = 106,005 \approx 106 \text{ mm}$$

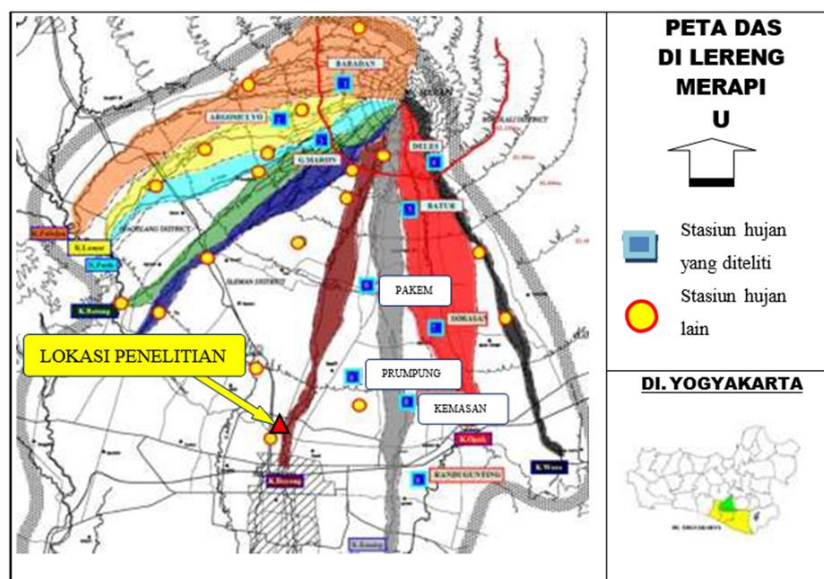
Untuk curah hujan harian maksimum dengan kala ulang yang lain dapat dilakukan dengan cara tersebut di atas.

Hasil perhitungan curah hujan rancangan untuk berbagai kala ulang dengan analisis frekuensi berdasarkan data pencatatan hujan di stasiun Prumpung dari tahun 2001-2020 (20 tahun) dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan secara lengkap terdapat pada Lampiran 2.

Tabel 5.11 Curah Hujan Harian Maksimum dengan Berbagai Kala Ulang

Kala Ulang (T) (tahun)	Curah Hujan (mm)
1,1	69
2	106
5	143
10	169
20	194
30	209
50	229
100	256
1.000	356

Distribusi hujan jam-jaman (*hyetograph*) dianalisis dengan menggunakan *Alternating Block Method (ABM)*. Dari hasil kajian variabilitas curah hujan di Kawasan Lereng Gunung Merapi dengan uji Mann-Kendall (Endita Prima Ari Pratiwi, Joko Sujono, dan Rachmad Jayadi, 2012), durasi hujan yang mewakili untuk hujan dengan kedalaman ≥ 50 mm pada stasiun hujan Pakem dan Kemasan adalah 6 jam. Elevasi lokasi stasiun hujan Prumpung yang data curah hujan harian maksimumnya dipakai untuk penelitian ini berada di antara elevasi stasiun hujan Pakem dan Kemasan (lihat Gambar 5.3).



Gambar 5.3 Lokasi Stasiun Hujan Prumpung, Pakem dan Kemasan terhadap Lokasi Penelitian

Hitungan distribusi hujan jam-jaman untuk curah hujan rancangan dengan kala ulang 2 tahun (106 mm/hari) dilakukan dengan menggunakan Tabel 5.12 dari persamaan Mononobe sebagai berikut :

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

dengan :

I = Intensitas curah hujan untuk durasi hujan t (mm/jam),

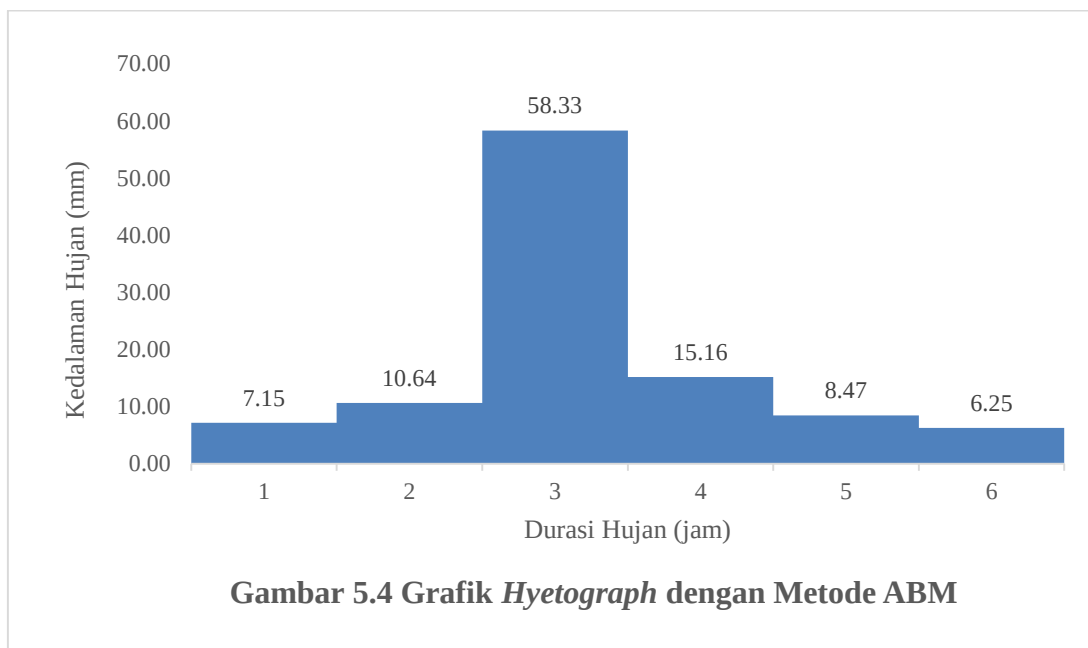
R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm),

t = Durasi hujan (jam).

Pertama-tama dihitung intensitas hujan untuk $T_d = \Delta t$, $T_d = 2 \Delta t$, $T_d = 3 \Delta t$ dan seterusnya dengan $\Delta t = 1$ jam seperti diberikan dalam kolom 1, 2 dan 3. Dalam hal ini durasi hujan adalah 6 jam. Kedalaman hujan (kolom 4) adalah perkalian antara intensitas hujan (kolom 3) dan durasi (kolom 1). Pertambahan hujan atau kedalaman hujan jam-jaman (kolom 5) adalah selisih kedalaman hujan yang berurutan (kolom 4). Kolom 6 adalah kedalaman hujan jam-jaman yang dinyatakan dalam persen, yang diperoleh dengan menempatkan nilai (%) hujan tertinggi pada kolom 6 di tengah-tengah durasi hujan yaitu baris 3 pada kolom 7, selanjutnya baris 2 kolom 6 menjadi baris 4 kolom 7, baris 3 kolom 6 menjadi baris 2 kolom 7, dan seterusnya. Kolom 8 *hyetograph* dalam mm, yaitu perkalian antara persen *hyetograph* pada kolom 7 dengan kedalaman hujan dengan periode 2 tahunan yaitu 106 mm. Gambar 5.4 adalah *hyetograph* hasil hitungan.

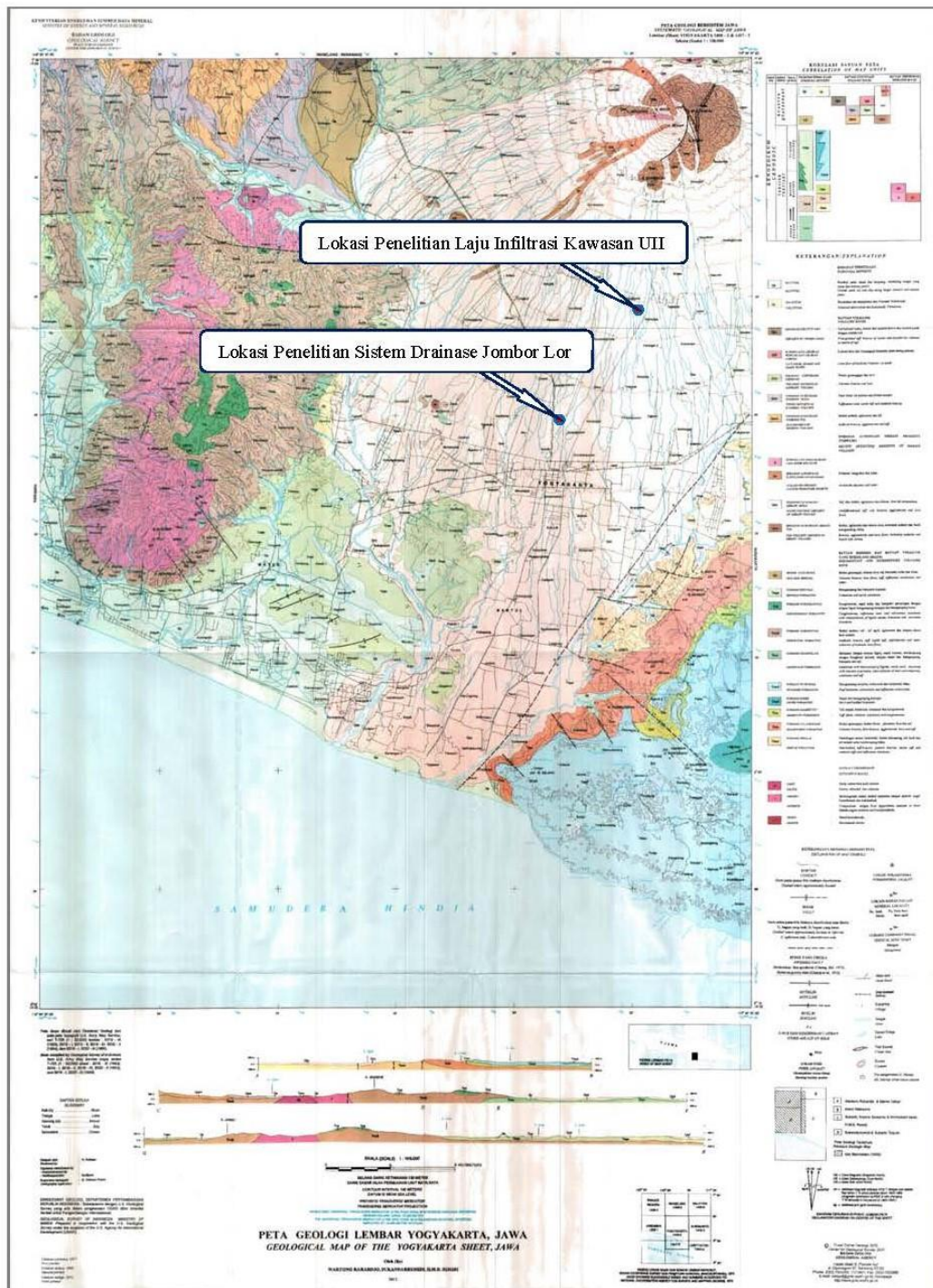
Tabel 5.12 Hitungan *Hyetograph* dengan Metode ABM

P = 106 mm							
T_d (jam)	d_t (jam)	I_t (mm/jam)	$I_t \cdot T_d$ (mm)	d_p (mm)	p_t (%)	<i>Hyetograph</i>	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(%)	(mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0-1	36.75	36.75	36.75	55.03	6.75	7.15
2	1-2	23.15	46.30	9.55	14.30	10.03	10.64
3	2-3	17.67	53.00	6.70	10.03	55.03	58.33
4	3-4	14.58	58.33	5.33	7.99	14.30	15.16
5	4-5	12.57	62.84	4.50	6.75	7.99	8.47
6	5-6	11.13	66.78	3.94	5.90	5.90	6.25
J u m l a h				66.78	100.00	100.00	106.00



5.3 Laju Infiltrasi

Data laju infiltrasi menggunakan hasil penelitian pada areal Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia yang formasi geologinya setipe dengan formasi geologi daerah penelitian Jombor Lor. Formasi geologi daerah penelitian berupa aluvial yang terbentuk karena hasil endapan gunungapi Merapi Muda (lihat Gambar 5.5). Dari hasil penelitian laju infiltrasi pada areal Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan metode Horton (Chairullah, dan Furqon, 2005) diperoleh hasil laju infiltrasi awal (f_0) sebesar 10 cm/jam dan laju infiltrasi tetap rerata (f_c) sebesar 2,15 cm/jam.



Gambar 5.5 Formasi Geologi Daerah Penelitian

5.4 Karakteristik Tiap Sub DTA

Dalam melakukan analisis hidrologi DTA Saluran Drainase Jombor Lor, DTA tersebut dibagi menjadi beberapa sub DTA, pembagian sub DTA ditunjukkan pada

Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 yang sejumlah 4 sub DTA dengan karakteristik tiap sub DTA dapat dilihat pada Tabel 5.13, sedangkan metode penentuan karakteristik tiap sub DTA terdapat pada Lampiran 3.

Tabel 5.13 Karakteristik Tiap Sub DTA

Sub DTA	Luas Sub DTA		Lebar Sub DTA (m)	Kemiringan
	Luas (km ²)	Prosentase (%)		
Sub DTA S1	0,083	23,19	136.73	0.0115
Sub DTA S2	0,013	3,73	103.41	0.0046
Sub DTA S3	0,234	65,60	518.72	0.0083
Sub DAS S4	0,027	7,48	85.43	0.0081

5.5 Luas Lahan dan Luas Atap Tiap Sub DTA

Luas lahan dan luas atap untuk masing-masing sub DTA dapat dilihat pada Tabel 5.14, sedangkan metode perhitungan luas lahan dan luas atap tiap sub DTA terdapat pada Lampiran 4.

Tabel 5.14 Luas Lahan dan Luas Atap Tiap Sub DTA

Sub DTA	Luas Total (km ²)	Luas Lahan		Luas Atap	
		Luas (km ²)	Prosentase (%)	Luas (km ²)	Prosentase (%)
Sub DTA S1	0,083	0,043	52,17	0,039	47,83
Sub DTA S2	0,013	0,011	79,68	0,003	20,32
Sub DTA S3	0,234	0,177	75,63	0,057	24,37
Sub DAS S4	0,027	0,018	69,45	0,008	30,55

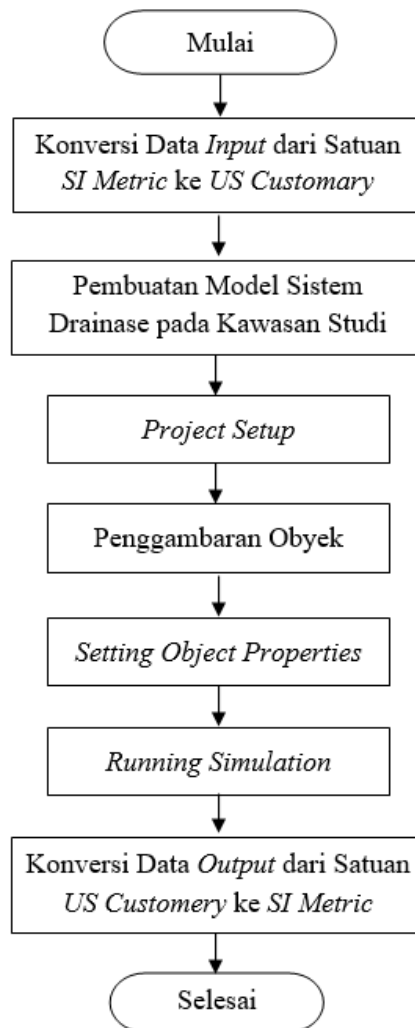
5.6 Debit Banjir Rancangan dan *U-Ditch* yang Dibutuhkan

Untuk mendapatkan debit banjir dilakukan dengan melakukan transformasi curah hujan rancangan menjadi aliran. Debit banjir rancangan dihitung dengan menganggap kala ulang hujan sama dengan kala ulang banjir. Analisis pemodelan

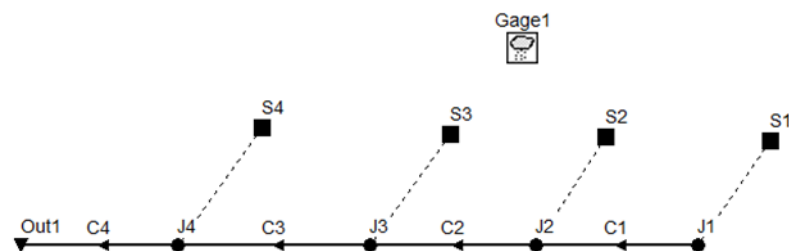
hujan dan aliran pada penelitian ini menggunakan aplikasi program Storm Water Management Model (SWMM) versi 5.1 dengan bagan alir dan langkah-langkah penggunaannya dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7, serta secara lengkap disajikan pada Lampiran 5. Data *input* yang akan digunakan harus dikonversi terlebih dahulu dari satuan *SI Metric* ke *US Customery* (lihat Tabel 5.15).

Dalam pemodelan hujan-aliran menggunakan SWMM 5.1, untuk metode transformasi hujan-aliran menggunakan metode *Soil Conservation Service (SCS) Unit Hydrograph*, sedangkan untuk metode kehilangan (*loss*) menggunakan metode Horton.

Tipe saluran yang digunakan adalah saluran *U-Ditch* empat persegi panjang dengan ukuran yang paling efektif dalam mengalirkan debit puncak banjir rancangan dan tersedia di pasaran. Dalam menentukan dimensi/ ukuran saluran *u-ditch* yang paling optimal, ada 3 faktor yang menjadi bahan pertimbangan, yaitu kapasitas saluran yang memadai, dimensi/ ukuran saluran yang ada di pasaran, dan kecepatan aliran yang terjadi diusahakan subkritis ($Fr < 1$).



Gambar 5.6 Bagan Alir Pemodelan Hujan-Aliran dengan Program SWMM 5.1



Gambar 5.7 Pemodelan Hujan-Aliran dengan Program SWMM 5.1

Tabel 5.15 Konversi Data *Input* dari *SI Metric* ke *US Customery*

No	Uraian	Data <i>Input</i>			
		<i>SI Metric</i>		<i>US Customery</i>	
1	<i>Rain Gages</i>				
	<i>Time Series</i>				
	P1 (Kedalaman Hujan Jam Ke-1)	7.15	mm	0.2815	in
	P2 (Kedalaman Hujan Jam Ke-2)	10.64	mm	0.4187	in
	P3 (Kedalaman Hujan Jam Ke-3)	58.33	mm	2.2966	in
	P4 (Kedalaman Hujan Jam Ke-4)	15.16	mm	0.5969	in
	P5 (Kedalaman Hujan Jam Ke-5)	8.47	mm	0.3334	in
	P6 (Kedalaman Hujan Jam Ke-6)	6.25	mm	0.2461	in
2	<i>Infiltration Data</i>				
	<i>Horton Infiltration Method</i>				
	f_o (Maximum Infiltration Rate)	100	mm/j	3.94	in/h
	f_c (Minimum Infiltration Rate)	21.5	mm/j	0.85	in/h
3	<i>Subcatchment</i>				
	S1 (Area)	0.0826	km ²	20.3996	ac
	S2 (Area)	0.0133	km ²	3.2828	ac
	S3 (Area)	0.2335	km ²	57.7085	ac
	S4 (Area)	0.0266	km ²	6.5772	ac
	S1 (Width)	136.728	m	448.581	ft
	S2 (Width)	103.411	m	339.276	ft
	S3 (Width)	518.722	m	1701.843	ft
	S4 (Width)	85.432	m	280.287	ft
	S1 (Beda Tinggi)	7.0	m		
	S2 (Beda Tinggi)	1.0	m		
	S3 (Beda Tinggi)	7.0	m		
	S4 (Beda Tinggi)	3.0	m		
	S1 (Panjang Aliran)	610.670	m		
	S2 (Panjang Aliran)	219.611	m		
	S3 (Panjang Aliran)	846.970	m		
	S4 (Panjang Aliran)	369.299	m		
	S1 (% Slope)	1.1463		1.1463	
	S2 (% Slope)	0.4554		0.4554	
	S3 (% Slope)	0.8265		0.8265	
	S4 (% Slope)	0.8124		0.8124	
	S1 (% Impervious)	47.83		47.83	
	S2 (% Impervious)	20.32		20.32	
	S3 (% Impervious)	24.37		24.37	
	S4 (% Impervious)	30.55		30.55	
4	<i>Junction</i>				
	J1 (Elevation)	145.60	m	477.690	ft
	J2 (Elevation)	145.02	m	475.787	ft
	J3 (Elevation)	144.47	m	473.983	ft
	J4 (Elevation)	143.98	m	472.375	ft
	Out1 (Elevation)	143.40	m	470.472	ft
5	<i>Conduit</i>				
	C1 (Length)	216	m	708.661	ft
	C2 (Length)	110	m	360.892	ft
	C3 (Length)	98	m	321.522	ft
	C4 (Length)	116	m	380.577	ft
	<i>Alternatif 1</i>				
	C1 (Width)	0.6	m	1.9685	ft
	(Height)	0.8	m	2.6247	ft
	C2 (Width)	0.6	m	1.9685	ft
	(Height)	0.8	m	2.6247	ft
	C3 (Width)	0.7	m	2.2966	ft
	(Height)	1.1	m	3.6089	ft
	C4 (Width)	0.7	m	2.2966	ft
	(Height)	1.2	m	3.9370	ft
	<i>Alternatif 2</i>				
	C1 (Width)	0.6	m	1.9685	ft
	(Height)	0.8	m	2.6247	ft
	C2 (Width)	0.6	m	1.9685	ft
	(Height)	0.8	m	2.6247	ft
	C3 (Width)	0.8	m	2.6247	ft
	(Height)	1.0	m	3.2808	ft
	C4 (Width)	0.8	m	2.6247	ft
	(Height)	1.0	m	3.2808	ft

Data *output* yang dihasilkan untuk selanjutnya dikonversi dari satuan *US Customery* ke *SI Metric* (lihat Tabel 5.16). Dari Tabel 5.17 dapat dilihat bahwa hasil hitungan alternatif 1 memberikan dimensi saluran *u-ditch* yang paling efektif dalam mengalirkan debit banjir rancangan, akan tetapi dimensi saluran yang dihasilkan tidak tersedia di lapangan. Untuk alternatif 2 memberikan dimensi saluran *u-ditch* yang paling optimal (paling efektif dan tersedia di lapangan), walaupun kecepatan aliran untuk ruas saluran C3 dan C4 sedikit melampaui kritis. Ukuran *u-ditch* yang ada di pasaran dari beberapa produsen dapat dilihat pada Lampiran 6.

Hasil pemodelan SWMM untuk debit maksimum (Q_p) tiap sub DTA dan ruas Saluran Drainase Jombor Lor dengan kala ulang 2 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan secara lengkap terdapat pada Lampiran 7.

Output profil memanjang Saluran Drainase Jombor Lor ditunjukkan pada Gambar 5.8. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwasannya tinggi muka air turun antara J2 dan J3 atau pada ruas saluran C2, hal ini terjadi karena adanya perubahan kemiringan dasar saluran yang semakin besar yang mengakibatkan peningkatan kecepatan aliran dan penurunan tinggi muka air.

Tabel 5.16 Konversi Data Output dari US Customery ke SI Metric

No	Uraian	Data Input			
		US Customery		SI Metric	
1	<i>Subcatchment Runoff</i>				
	S1 (Debit Puncak)	28.76	ft ³ /s	0.814	m ³ /s
	S2 (Debit Puncak)	2.86	ft ³ /s	0.081	m ³ /s
	S3 (Debit Puncak)	43.58	ft ³ /s	1.234	m ³ /s
	S4 (Debit Puncak)	6.85	ft ³ /s	0.194	m ³ /s
2	<i>Maximum Flow</i>				
	Alternatif 1				
	C1 (Debit Puncak)	28.72	ft ³ /s	0.813	m ³ /s
	C2 (Debit Puncak)	31.34	ft ³ /s	0.887	m ³ /s
	C3 (Debit Puncak)	74.43	ft ³ /s	2.108	m ³ /s
	C4 (Debit Puncak)	80.79	ft ³ /s	2.288	m ³ /s
	Alternatif 2				
	C1 (Debit Puncak)	28.72	ft ³ /s	0.813	m ³ /s
	C2 (Debit Puncak)	31.34	ft ³ /s	0.887	m ³ /s
	C3 (Debit Puncak)	74.45	ft ³ /s	2.108	m ³ /s
	C4 (Debit Puncak)	80.85	ft ³ /s	2.289	m ³ /s
3	<i>Maximum Velocity</i>				
	Alternatif 1				
	C1 (Kecepatan Aliran Puncak)	6.24	ft/s	1.90	m/s
	C2 (Kecepatan Aliran Puncak)	8.02	ft/s	2.44	m/s
	C3 (Kecepatan Aliran Puncak)	9.59	ft/s	2.92	m/s
	C4 (Kecepatan Aliran Puncak)	9.70	ft/s	2.96	m/s
	Alternatif 2				
	C1 (Kecepatan Aliran Puncak)	6.24	ft/s	1.90	m/s
	C2 (Kecepatan Aliran Puncak)	8.02	ft/s	2.44	m/s
	C3 (Kecepatan Aliran Puncak)	9.89	ft/s	3.01	m/s
	C4 (Kecepatan Aliran Puncak)	10.02	ft/s	3.05	m/s
4	<i>Maximum Depth</i>				
	Alternatif 1				
	C1 (Tinggi Muka Air Maksimum)	2.34	ft	0.71	m
	C2 (Tinggi Muka Air Maksimum)	1.99	ft	0.61	m
	C3 (Tinggi Muka Air Maksimum)	3.38	ft	1.03	m
	C4 (Tinggi Muka Air Maksimum)	3.63	ft	1.11	m
	Alternatif 2				
	C1 (Tinggi Muka Air Maksimum)	2.34	ft	0.71	m
	C2 (Tinggi Muka Air Maksimum)	1.99	ft	0.61	m
	C3 (Tinggi Muka Air Maksimum)	2.87	ft	0.87	m
	C4 (Tinggi Muka Air Maksimum)	3.07	ft	0.94	m
5	<i>Froude Number (Fr = v / (gh)^{1/2})</i>				
	Alternatif 1				
	C1 (Bilangan Froude)			0.72	
	C2 (Bilangan Froude)			1.00	
	C3 (Bilangan Froude)			0.92	
	C4 (Bilangan Froude)			0.90	
	Alternatif 2				
	C1 (Bilangan Froude)			0.72	
	C2 (Bilangan Froude)			1.00	
	C3 (Bilangan Froude)			1.03	
	C4 (Bilangan Froude)			1.01	

Tabel 5.17 Optimalisasi Dimensi Ruas Saluran *U-Ditch* untuk Debit Puncak (Q_p) dengan Kala Ulang 2 Tahun

Alternatif 1

Ruas Saluran	Debit Puncak Q_2 (m ³ /s)	Ukuran <i>U-Ditch</i> (B x H)	Kec Alir v (m/s)	Tinggi Air h (m)	Bil Froude ($Fr = v/(g h)^{1/2}$)
Ruas Sal C1	0,813	600 x 800	1,90	0,71	0,72
Ruas Sal C2	0,887	600 x 800	2,44	0,61	1,00
Ruas Sal C3	2,108	700 x 1100 *)	2,92	1,03	0,92
Ruas Sal C4	2,288	700 x 1200 *)	2,96	1,11	0,90

Keterangan : *) *U-Ditch* ukuran 700 x 1100 dan 700 x 1200 tidak tersedia di pasaran.

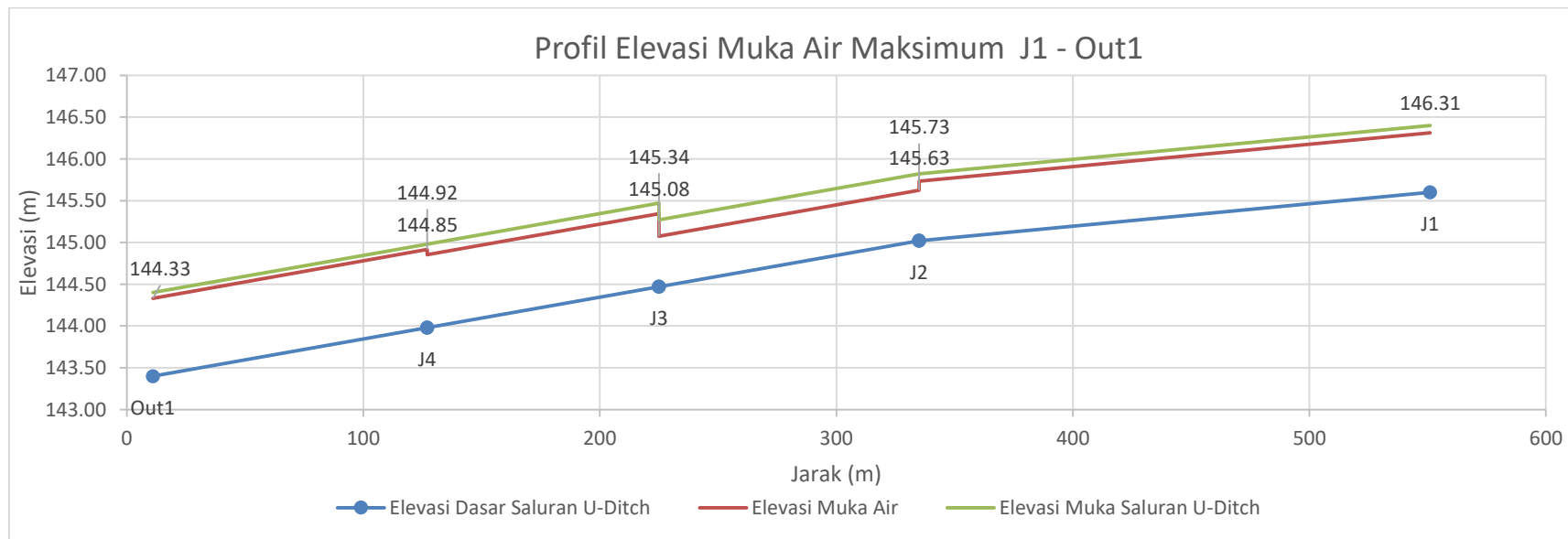
Alternatif 2

Ruas Saluran	Debit Puncak Q_2 (m ³ /s)	Ukuran <i>U-Ditch</i> (B x H)	Kec Alir v (m/s)	Tinggi Air h (m)	Bil Froude ($Fr = v/(g h)^{1/2}$)
Ruas Sal C1	0,813	600 x 800	1,90	0,71	0,72
Ruas Sal C2	0,887	600 x 800	2,44	0,61	1,00
Ruas Sal C3	2,108	800 x 1000	3,01	0,87	1,03 *)
Ruas Sal C4	2,289	800 x 1000	3,05	0,94	1,01*)

Keterangan : *) aliran yang terjadi sedikit melampaui kritis dengan nilai $Fr \approx 1$.

Tabel 5.18 Debit Puncak (Q_p) dengan Kala Ulang 2 Tahun pada Sub DTA dan Ruas Saluran serta *U-Ditch* yang Dibutuhkan

Sub DTA	Debit Puncak Q_2 (m ³ /s)	Ruas Saluran	Debit Puncak Q_2 (m ³ /s)	Ukuran <i>U-Ditch</i> yang Terpilih
Sub DTA S1	0,814	Ruas Saluran C1	0,813	600 x 800 x 1200
Sub DTA S2	0,081	Ruas Saluran C2	0,887	600 x 800 x 1200
Sub DTA S3	1,234	Ruas Saluran C3	2,108	800 x 1000 x 1200
Sub DTA S4	0,194	Ruas Saluran C4	2,289	800 x 1000 x 1200



Gambar 5.8 Skematis Profil Memanjang Saluran Drainase Jombor Lor

5.7 Hasil Hitungan Debit Rancangan dengan Berbagai Cara Hitungan Intensitas Hujan

Deskripsi daerah studi sebagian berupa perumahan multiunit yang terpisah dan sebagian berupa perumahan rumah tunggal, sehingga mempunyai nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,40-0,60 dan 0,30-0,50. Nilai C untuk halaman dengan tanah berpasir yang mempunyai kemiringan $\leq 2\%$ adalah 0,05-0,10, sedangkan nilai C untuk atap adalah 0,70-0,95 (lihat Tabel 3.13). Dengan asumsi nilai C seperti tersebut diatas, dan perkiraan perbandingan luas lahan dan luas atap pada tiap sub DTA Jombor Lor adalah (52,17-69,92)% dan (47,83-30,08)%, maka didapatkan nilai C_{komposit} sebesar 0,507-0,356 (lihat Tabel 5.19).

Perhitungan debit rancangan pada titik kontrol J4 adalah sebagai berikut :

1. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi dapat diperoleh dari persamaan *Australian Rainfall Runoff (ARR)* sebagai berikut :

$$t_c = 0,76 A^{0,38}$$

dengan :

t_c = Waktu konsentrasi (jam),

A = Luas daerah tangkapan air (km).

$$t_c = 0,76 \cdot (0,356)^{0,38} = 0,5133 \text{ jam} = 30,80 \text{ menit}$$

(lihat Tabel 5.19)

2. Intensitas Hujan

Data yang ada hanya hujan harian, maka dapat menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut :

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

dengan :

I = Intensitas curah hujan untuk durasi hujan t (mm/jam),

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

t_c = Waktu konsentrasi (jam).

$$I_{Mononobe} = 106 / 24 \cdot (24 / 0,5133)^{2/3} = 57,32 \text{ mm/jam}$$

(lihat Tabel 5.19)

Untuk perhitungan intensitas hujan yang memasukkan faktor waktu konsentrasi (t_c) dan durasi hujan (t) secara bersamaan, maka dapat memakai rumus *Modified Mononobe* sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{t_c} \left(\frac{t_c}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

dengan :

I = Intensitas curah hujan untuk durasi hujan t (mm/jam),

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

t = Durasi hujan (jam),

t_c = Waktu konsentrasi (jam).

$$I_{ModMon} = 106 / 0,5133 \cdot (0,5133 / 6)^{2/3} = 40,09 \text{ mm/jam}$$

(lihat Tabel 5.19)

3. Koefisien Limpasan Komposit

Persamaan untuk menghitung koefisien limpasan komposit adalah sebagai berikut :

$$C_{komposit} = \frac{\sum_{i=1}^2 C_i A_i}{A}$$

$C_{komposit}$ = Koefisien limpasan/ aliran permukaan komposit,

C_i = Koefisien limpasan/ aliran permukaan lahan atau atap,

A_i = Luas lahan atau atap (km²),

A = Luas daerah tangkapan (km²).

$$C_{komposit} = (0,10 \cdot 0,249 + 0,95 \cdot 0,107) / 0,356 = 0,356$$

(lihat Tabel 5.19)

4. Debit Puncak

Persamaan metode rasional untuk menghitung debit puncak rencana adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 C_{komposit} I A$$

dengan :

Q = Debit puncak tanpa sumur resapan ($m^3/detik$),

$C_{komposit}$ = Koefisien limpasan/ aliran permukaan komposit,

I = Intensitas hujan (mm/jam),

A = Luas daerah tangkapan (km^2).

$$Q_{Mononobe} = 0,278 \cdot 0,356 \cdot 57,32 \cdot 0,356 = 2,0197 m^3/detik$$

$$Q_{ModMon} = 0,278 \cdot 0,356 \cdot 40,09 \cdot 0,356 = 1,4127 m^3/detik$$

(lihat Tabel 5.19)

5. Debit Puncak dengan Sumur Resapan

Debit puncak rencana dengan sumur resapan berbeda dengan debit puncak rencana tanpa sumur resapan, untuk debit puncak rencana dengan sumur resapan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{lahan} = 0,278 C_{lahan} I A_{lahan}$$

dengan :

Q_{lahan} = Debit puncak rencana dengan sumur resapan ($m^3/detik$),

C_{lahan} = Koefisien limpasan/ aliran permukaan lahan,

I = Intensitas hujan (mm/jam),

A_{lahan} = Luas lahan (km^2).

$$Q_{lahanM} = 0,278 \cdot 0,10 \cdot 57,32 \cdot 0,249 = 0,3964 m^3/detik$$

$$Q_{lahanMM} = 0,278 \cdot 0,10 \cdot 40,09 \cdot 0,249 = 0,2773 m^3/detik$$

(lihat Tabel 5.19)

Perhitungan debit rancangan pada titik kontrol J1, J2, dan J3 dapat dilakukan seperti tersebut di atas. Hasil hitungan debit rancangan dengan berbagai cara hitungan intensitas hujan dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Hasil Hitungan Debit Rancangan dengan Berbagai Cara Hitungan Intensitas Hujan

$$R_{24} = 106 \text{ mm}$$

$$t_{\text{lama hujan}} = 6 \text{ jam}$$

Keterangan	Titik Kontrol				Satuan
	J1	J2	J3	J4	
C_{lahan}	0.10	0.10	0.10	0.10	km^2
A_{lahan}	0.043	0.054	0.230	0.249	
	52.17%	55.98%	69.92%	69.88%	
C_{atap}	0.95	0.95	0.95	0.95	km^2
A_{atap}	0.039	0.042	0.099	0.107	
	47.83%	44.02%	30.08%	30.12%	
C_{komposit}	0.507	0.474	0.356	0.356	km^2
A_{total}	0.083	0.096	0.329	0.356	
$t_c - \text{ARR}$	0.2946	0.3117	0.4984	0.5133	
	17.67	18.70	29.90	30.80	menit
I_{Mononobe}	83.01	79.93	58.46	57.32	mm/jam
I_{ModMon}	48.25	47.34	40.49	40.09	mm/jam
Q_{lahanM}	0.0994	0.1192	0.3743	0.3964	m^3/det
Q_{atapM}	0.8656	0.8905	1.5299	1.6232	m^3/det
Q_{Mononobe}	0.9650	1.0097	1.9042	2.0197	m^3/det
Q_{lahanMM}	0.0578	0.0706	0.2592	0.2773	m^3/det
Q_{atapMM}	0.5031	0.5275	1.0596	1.1354	m^3/det
Q_{ModMon}	0.5609	0.5981	1.3189	1.4127	m^3/det
Q_{ABM}	0.8133	0.8874	2.1082	2.2894	m^3/det

5.8 Hasil Hitungan Sumur Resapan dengan Berbagai Debit Reduksi

Bentuk sumur resapan yang digunakan adalah lingkaran dengan diameter 80 cm sedalam 2 m.

Perhitungan sumur resapan dengan titik kontrol J4 adalah sebagai berikut :

1. Volume Sumur Resapan

Volume sumur resapan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V_s = \pi R^2 H$$

dengan :

V_s = Volume sumur resapan (m^3),

R = Jari-jari hidraulik sumur resapan (m),

H = Tinggi sumur resapan (m).

$$V_s = 3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 2 = 1,0053 \, m^3$$

(lihat Tabel 5.20)

2. Debit Resapan

Berdasarkan hasil uji pemodelan tanah didapatkan nilai permeabilitas dari berbagai macam komposisi tanah. Nilai permeabilitas ini digunakan untuk mencari debit resapan yang terjadi. Dalam perhitungan debit resapan digunakan rumus berikut :

$$Q_0 = F K H$$

dengan :

Q_0 = Debit air meresap ($m^3/detik$),

H = Tinggi muka air dalam sumur (m),

F = Faktor geometrik (m),

K = Nilai koefisien permeabilitas tanah (m/detik).

$$Q_0 = 1,6 \cdot 0,000143 \cdot 2 = 0,0005 \, m^3/detik$$

(lihat Tabel 5.20)

3. Waktu Resap

Menghitung waktu pengisian sumur atau waktu resap menggunakan rumus :

$$T_{waktu \, resap} = \frac{V_s}{Q_0}$$

dengan :

T = Waktu resap sumur resapan (detik),

Q_0 = Debit air meresap (m^3/detik),

V_s = Volume sumur resapan (m^3).

$$T = 1,0053 / 0,0005 = 2202,62 \text{ detik} = 36,71 \text{ menit}$$

(lihat Tabel 5.20)

4. Jumlah Sumur Resapan

Jumlah sumur resapan yang dibutuhkan untuk menampung debit reduksi :

$$\Sigma_{\text{sumur resapan}} = Q_{\text{reduksi}} / Q_0$$

dengan :

$\Sigma_{\text{sumur resapan}}$ = Jumlah sumur resapan (buah),

Q_{reduksi} = Debit reduksi (m^3/detik),

Q_0 = Debit air meresap (m^3/detik).

$$\Sigma_{\text{sumur resapan}} = 1,6232 / 0,0005 = 3.556 \text{ buah}$$

(lihat Tabel 5.20)

5. Waktu Pengisian Sumur-sumur Resapan

Waktu pengisian sumur-sumur resapan merupakan waktu yang diperlukan untuk memenuhi sumur resapan dengan anggapan debit reduksi konstan dan masuk ke sumur-sumur resapan dalam waktu yang bersamaan :

$$T_{\text{pengisian sumur}} = \Sigma_{\text{sumur resapan}} V_s / Q_{\text{reduksi}}$$

dengan :

$T_{\text{pengisian sumur}}$ = Waktu pengisian sumur resapan (detik),

$\Sigma_{\text{sumur resapan}}$ = Jumlah sumur resapan,

V_s = Volume sumur resapan (m^3),

Q_{reduksi} = Debit reduksi (m^3/detik).

$$T_{\text{pengisian sumur}} = 3.556 \cdot 1,0053 / 1,6232 = 2202,62 \text{ detik} = 36,71 \text{ menit}$$

$$= T_{\text{waktu resap}}$$

(lihat Tabel 5.20)

6. Ketinggian Muka Air dalam Sumur Resapan

Menurut Sunjoto (1988) rumus yang digunakan sebagai dasar perhitungan kedalaman sumur resapan adalah sebagai berikut ini.

$$H = \frac{Q}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi r^2}} \right)$$

dengan :

H = Tinggi muka air dalam sumur (m),

F = Faktor geometrik (m),

Q = Debit air masuk (m³/detik),

= Debit reduksi / jumlah sumur resapan (m³/detik),

T = Waktu pengisian (detik),

K = Nilai koefisien permeabilitas tanah (m/detik),

R = Jari-jari sumur (m).

$$H = 1,6232 / 3556 / (1,6 \cdot 0,000143) \cdot (1 - \exp(-1,6 \cdot 0,000143 \cdot 2202,62 / (3,14 \cdot 0,4^2))) = 1,26 \text{ m}$$

(lihat Tabel 5.20)

7. Reduksi Debit

Reduksi debit merupakan perbandingan antara debit yang akan direduksi dengan debit puncak tanpa sumur resapan :

$$RD = Q_{\text{reduksi}} / Q$$

dengan :

RD = Reduksi debit (%),

Q_{reduksi} = Debit reduksi (m³/detik),

Q = Debit puncak tanpa sumur resapan (m³/detik).

$$RD = 1,6232 / 2,0197 = 0,8037 = 80,37\%$$

(lihat Tabel 5.20)

Perhitungan sumur resapan dengan titik kontrol J1, J2, dan J3 dapat dilakukan seperti tersebut di atas. Hasil hitungan sumur resapan dengan berbagai debit reduksi akibat perubahan tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Hasil Hitungan Sumur Resapan dengan Berbagai Debit Reduksi

R_{24}	=	106	mm	
$t_{\text{lama hujan}}$	=	6	jam	
$R_{\text{sumur resapan}}$	=	0.4	m	
$H_{\text{sumur resapan}}$	=	2	m	
$V_{\text{sumur resapan}}$	=	1.0053	m^3	
$F_{\text{geometrik sumur}}$	=	1.6	m	
$K_{\text{permeabilitas tanah}}$	=	0.000143	m/det	(lihat Lampiran 8)
Q_{meresap}	=	0.0005	m^3/det	
$T_{\text{waktu resap}}$	=	2202.62	detik	
	=	36.71	menit	

Keterangan	Titik Kontrol				Satuan
	J1	J2	J3	J4	
C_{lahan}	0.10	0.10	0.10	0.10	
A_{lahan}	0.043	0.054	0.230	0.249	km^2
	52.17%	55.98%	69.92%	69.88%	
C_{atap}	0.95	0.95	0.95	0.95	
A_{atap}	0.039	0.042	0.099	0.107	km^2
	47.83%	44.02%	30.08%	30.12%	
C_{komposit}	0.507	0.474	0.356	0.356	
A_{total}	0.083	0.096	0.329	0.356	km^2
$t_c - \text{ARR}$	0.2946	0.3117	0.4984	0.5133	jam
	17.67	18.70	29.90	30.80	menit
I_{Mononobe}	83.01	79.93	58.46	57.32	mm/jam
Q_{lahanM}	0.0994	0.1192	0.3743	0.3964	m^3/det
Q_{atapM}	0.8656	0.8905	1.5299	1.6232	m^3/det
Q_{Mononobe}	0.9650	1.0097	1.9042	2.0197	m^3/det
$\Sigma_{\text{sumur resapan}}$	1897	1951	3352	3556	buah
$T_{\text{pengisian sumur}}$	2202.62	2202.62	2202.62	2202.62	detik
	36.71	36.71	36.71	36.71	menit
$H_{\text{air sumur resapan}}$	1.26	1.26	1.26	1.26	m
Reduksi Debit	89.70	88.19	80.34	80.37	%
$Q_{\text{lahan100\%}}$	0.1905	0.2130	0.5353	0.5673	m^3/det
$\Delta Q_{\text{perubahan land use}}$	0.7745	0.7968	1.3689	1.4524	m^3/det
$\Sigma_{\text{sumur resapan}}$	1697	1746	2999	3182	buah
$T_{\text{pengisian sumur}}$	2202.62	2202.62	2202.62	2202.62	detik
	36.71	36.71	36.71	36.71	menit
$H_{\text{air sumur resapan}}$	1.26	1.26	1.26	1.26	m
Reduksi Debit	80.26	78.91	71.89	71.91	%
$RD_{50\%}$	0.4825	0.5049	0.9521	1.0098	m^3/det
$\Sigma_{\text{sumur resapan}}$	1057	1106	2086	2213	buah
$T_{\text{pengisian sumur}}$	2202.62	2202.62	2202.62	2202.62	detik
	36.71	36.71	36.71	36.71	menit
$H_{\text{air sumur resapan}}$	1.26	1.26	1.26	1.26	m
$RD_{25\%}$	0.2413	0.2524	0.4761	0.5049	m^3/det
$\Sigma_{\text{sumur resapan}}$	529	553	1043	1106	buah
$T_{\text{pengisian sumur}}$	2202.62	2202.62	2202.62	2202.62	detik
	36.71	36.71	36.71	36.71	menit
$H_{\text{air sumur resapan}}$	1.26	1.26	1.26	1.26	m
$RD_{10\%}$	0.0965	0.1010	0.1904	0.2020	m^3/det
$\Sigma_{\text{sumur resapan}}$	211	221	417	443	buah
$T_{\text{pengisian sumur}}$	2202.62	2202.62	2202.62	2202.62	detik
	36.71	36.71	36.71	36.71	menit
$H_{\text{air sumur resapan}}$	1.26	1.26	1.26	1.26	m

BAB VI PEMBAHASAN

6.1 Umum

Dari hasil pemodelan SWMM 5.1 untuk debit maksimum (Q_p) tiap sub DTA dan ruas Saluran Drainase Jombor Lor didapatkan hasil debit puncak pada ruas saluran C2 mendekati penjumlahan debit puncak ruas saluran C1 dengan debit puncak sub DTA S2, demikian pula debit puncak pada ruas saluran C3 mendekati penjumlahan debit puncak ruas saluran C2 dengan debit puncak sub DTA S3, dan debit puncak pada ruas saluran C4 mendekati penjumlahan debit puncak ruas saluran C3 dengan debit puncak sub DTA S4 ($Q_{C2} \approx Q_{C1} + Q_{S2}$, $Q_{C3} \approx Q_{C2} + Q_{S3}$, dan $Q_{C4} \approx Q_{C3} + Q_{S4}$). Hal ini terjadi karena luas masing-masing DTA dan jarak antar *junction* yang relatif kecil, sehingga *lag time* belum berpengaruh secara signifikan.

Dalam menentukan ukuran *U-Ditch* (*width & height*) yang paling efektif dalam mengalirkan debit puncak banjir rancangan dibatasi dengan ukuran *U-Ditch* yang ada di pasaran, padahal sangat dimungkinkan dari hasil hitungan didapatkan ukuran *U-Ditch* yang lebih efektif dalam mengalirkan debit puncak banjir rancangan tersebut.

6.2 Perbandingan Hasil Hitungan Debit Rancangan dengan Berbagai Cara Hitungan Intensitas Hujan

Hasil hitungan debit rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan yang data masukan intensitas hujan berupa distribusi hujan jam-jaman (*hyetograph*) seperti yang sudah diterangkan diatas akan dibandingkan dengan hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus Mononobe dan rumus *Modified Mononobe* (lihat Tabel 5.19).

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwasannya hasil hitungan debit rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan yang data masukan intensitas hujan berupa

distribusi hujan jam-jaman (*hyetograph*) hasilnya kurang lebih sama dengan hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus Mononobe ($Q_{ABM} \approx Q_{Mononobe}$), dan jauh lebih besar dari hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus *Modified Mononobe* ($Q_{ABM} \gg Q_{ModMon}$).

Untuk luas lahan kedap air $\pm 45\%$, maka hasil hitungan debit rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan yang data masukan intensitas hujan berupa distribusi hujan jam-jaman (*hyetograph*) hasilnya lebih kecil dari hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus Mononobe (untuk $A_{atap} \pm 45\%$, maka $Q_{ABM} < Q_{Mononobe}$), sedangkan untuk luas lahan kedap air $\pm 30\%$, maka terjadi sebaliknya (untuk $A_{atap} \pm 30\%$, maka $Q_{ABM} > Q_{Mononobe}$).

6.3 Kebutuhan Sumur Resapan Akibat Perubahan Tata Guna Lahan

Dari Tabel 5.20 dapat dilihat bahwasannya kebutuhan sumur resapan akibat perubahan tata guna lahan dengan prinsip *zero run-off* adalah 3.556 buah (untuk $Q_{reduksi} = Q_{atap}$, maka $\Sigma_{sumur\ resapan} = 3.556$ buah) dengan reduksi debit sebesar 80,37% (RD = 80,37%), sedangkan apabila diinginkan debit yang terjadi seperti ketika belum ada permukiman, maka kebutuhan sumur resapan adalah 3.182 buah (untuk $Q_{reduksi} = \Delta Q_{perubahan\ land\ use}$, maka $\Sigma_{sumur\ resapan} = 3.182$ buah) dengan reduksi debit sebesar 71,91% (RD = 71,91%). Disamping itu, dari tabel tersebut juga ditunjukkan kebutuhan sumur resapan untuk reduksi debit sebesar 50%, 25%, dan 10% adalah sebanyak 2.213 buah, 1.106 buah, dan 443 buah (untuk RD = 50%, maka $\Sigma_{sumur\ resapan} = 2.213$ buah, untuk RD = 25%, maka $\Sigma_{sumur\ resapan} = 1.106$ buah, dan untuk RD = 10%, maka $\Sigma_{sumur\ resapan} = 443$ buah).

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Program pemodelan SWMM 5.1 sangat membantu dalam melakukan perhitungan debit banjir rancangan dan menentukan tipe saluran drainase yang dibutuhkan, namun menu satuan yang disediakan hanya dalam bentuk satuan *US Customary* tidak ada pilihan menu satuan *SI Metric*.
2. Dari hasil pemodelan SWMM 5.1 untuk debit maksimum (Q_p) tiap sub DTA dan ruas Saluran Drainase Jombor Lor didapatkan hasil debit puncak pada ruas saluran C2 mendekati penjumlahan debit puncak ruas saluran C1 dengan debit puncak sub DTA S2, demikian pula debit puncak pada ruas saluran C3 mendekati penjumlahan debit puncak ruas saluran C2 dengan debit puncak sub DTA S3, dan debit puncak pada ruas saluran C4 mendekati penjumlahan debit puncak ruas saluran C3 dengan debit puncak sub DTA S4 ($Q_{C2} \approx Q_{C1} + Q_{S2}$, $Q_{C3} \approx Q_{C2} + Q_{S3}$, dan $Q_{C4} \approx Q_{C3} + Q_{S4}$). Hal ini terjadi karena luas masing-masing DTA dan jarak antar *junction* yang relatif kecil, sehingga *lag time* belum berpengaruh secara signifikan.
3. Hasil hitungan debit rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan yang data masukan intensitas hujan berupa distribusi hujan jam-jaman (*hyetograph*) hasilnya kurang lebih sama dengan hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus Mononobe ($Q_{ABM} \approx Q_{Mononobe}$), dan jauh lebih besar dari hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus *Modified Mononobe* ($Q_{ABM} \gg Q_{ModMon}$).
4. Untuk luas lahan kedap air $\pm 45\%$, maka hasil hitungan debit rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan yang data masukan intensitas hujan berupa distribusi hujan jam-jaman (*hyetograph*) hasilnya lebih kecil dari hasil hitungan debit rancangan dengan rumus Rasional yang data masukan intensitas hujan dari hitungan dengan rumus Mononobe (untuk $A_{atap} \pm 45\%$, maka $Q_{ABM} < Q_{Mononobe}$), sedangkan untuk luas lahan kedap air $\pm 30\%$, maka terjadi sebaliknya (untuk $A_{atap} \pm 30\%$, maka $Q_{ABM} > Q_{Mononobe}$).

5. Debit puncak untuk kala ulang 2 tahun pada saluran C1 sebesar $0,813 \text{ m}^3/\text{s}$, C2 sebesar $0,887 \text{ m}^3/\text{s}$, C3 sebesar $2,108 \text{ m}^3/\text{s}$, dan C4 sebesar $2,289 \text{ m}^3/\text{s}$.
6. Tipe *U-Ditch* yang dibutuhkan untuk ruas saluran C1 dan C2 adalah *U-Ditch* $600 \times 800 \times 1200$ dan untuk ruas saluran C3 dan C4 adalah *U-Ditch* $800 \times 1000 \times 1200$. Dalam menentukan ukuran *U-Ditch* (*width & height*) yang paling efektif dalam mengalirkan debit puncak banjir rancangan dibatasi dengan ukuran *U-Ditch* yang ada di pasaran, padahal sangat dimungkinkan dari hasil hitungan didapatkan ukuran *U-Ditch* yang lebih efektif dalam mengalirkan debit puncak banjir rancangan tersebut.
7. Kebutuhan sumur resapan akibat perubahan tata guna lahan dengan prinsip *zero run-off* adalah 3.556 buah (untuk $Q_{\text{reduksi}} = Q_{\text{atap}}$, maka $\Sigma_{\text{sumur resapan}} = 3.556$ buah) dengan reduksi debit sebesar 80,37% ($RD = 80,37\%$), sedangkan apabila diinginkan debit yang terjadi seperti ketika belum ada permukiman, maka kebutuhan sumur resapan adalah 3.182 buah (untuk $Q_{\text{reduksi}} = \Delta Q_{\text{perubahan land use}}$, maka $\Sigma_{\text{sumur resapan}} = 3.182$ buah) dengan reduksi debit sebesar 71,91% ($RD = 71,91\%$). Adapun kebutuhan sumur resapan untuk reduksi debit sebesar 50%, 25%, dan 10% adalah sebanyak 2.213 buah, 1.106 buah, dan 443 buah (untuk $RD = 50\%$, maka $\Sigma_{\text{sumur resapan}} = 2.213$ buah, untuk $RD = 25\%$, maka $\Sigma_{\text{sumur resapan}} = 1.106$ buah, dan untuk $RD = 10\%$, maka $\Sigma_{\text{sumur resapan}} = 443$ buah).

7.2 Saran

1. Untuk mempermudah penggunaan program pemodelan SWMM 5.1 bagi masyarakat yang lebih familiar menggunakan menu satuan *SI Metric*, maka program pemodelan SWMM 5.1 tersebut perlu disempurnakan dengan menambahkan pilihan menu satuan *SI Metric*.
2. Dalam pemodelan hujan-aliran yang luas masing-masing DTA dan jarak antar *junction* relatif kecil (*lag time* belum berpengaruh secara signifikan), maka metode transformasi hujan-aliran cukup hanya memperhitungkan debit puncak saja. Hal ini dilakukan untuk pertimbangan praktis saja.
3. Untuk perencanaan saluran drainase di daerah yang tidak cocok dengan menggunakan *U-Ditch* seperti daerah karst Wonosari, maka pemilihan ukuran saluran drainase akan lebih efektif guna mengalirkan debit puncak banjir rancangan karena tidak dibatasi dengan ukuran tertentu yang ada di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahamed, S.M.F. dan Agarwal, S. 2019. *Urban Flood Modelling and Management Using SWMM for NEW R.R. Pet Region*. Vijayawada, India.
- Anonim. 2011. *Cara Membuat dan Manfaat Sumur Resapan Air*. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Anonim. 2016. *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana (SNI 2415:2016)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Anonim. 2019. *Gambar Peta Satelit* (<https://www.google.com.co/maps/@-7.7450486,110.3648354,18.94z>, Diakses pada tanggal 18 Oktober 2019).
- Basuki, Winarsih I. dan Adhyani, N.L. 2009. *Analisis Periode Ulang Hujan Maksimum dengan Berbagai Metode*. Fakultas Teknologi Pertanian, Intitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Butler, D. dan Davies, J.W. 2000. *Urban Drainage*. E & FN Spon. London.
- Chairullah dan Furqon. 2005. *Laju Infiltrasi pada Areal Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dengan Menggunakan Metoda Horton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Chen, L. dan Young, M.H. 2006. *Green-Ampt Infiltration Model for Sloping Surfaces*. Water Resources Research, Vol. 42, W07420, doi:10.1029/2005WR004468.
- Chow, V. T. 1959. *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill. New York.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. dan Mays, L.W. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company. Singapore.
- Das, B.M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- Ermalizar, L.M. dan Junaidi. 2018. *Flood Simulation Using EPA SWMM 5.1 on Small Catchment Urban Drainage System*.
- Gupta, R.S. 1989. *Hydrology and Hydraulic Systems*. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.
- Hasmar, H. 2002. *Drainase Perkotaan*. UII Press. Yogyakarta.

- Hasmar, H. 2012. *Drainase Terapan Yogyakarta*. UII Press. Yogyakarta.
- Indra M., Saves F. dan Hudhiyantoro. 2019. *Potensi Penerapan Ecodrainaged di Desa Sumberejo Kecamatan Pakal Kota Surabaya*. Universitas 17 Agustus 1945. Surabaya.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta.
- Kodoatie, R.J. 2005. *Pengantar Manajemen Infrastruktur*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Kodoatie, R.J. dan Sjarief Roestam. 2006. *Pengelolaan Bencana Terpadu*. Yarsif Watampone. Jakarta.
- Kusnaedi. 2011. *Sumur Resapan untuk Pemukiman Perkotaan dan Pedesaan*. Swadaya. Jakarta.
- Kuswicaksono, A.P. 2016. *Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase di Perumahan Puri Kintamani, Cilebut, Bogor dengan Menggunakan Program SWMM*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mursitaningsih. 2009. *Analisis Kinerja Drainase di Daerah Tangkapan Air Hujan Sepanjang Kali Pepe Kota Surakarta*. Universitas Negeri Sebelas Maret. Surakarta.
- Pratiwi, E.P.A., Sujono, J. dan Jayadi, R. 2012. *Kajian Variabilitas Curah Hujan di Kawasan Lereng Gunung Merapi dengan Uji Mann-Kendall*. Info Teknik, Volume 13 No. 1.
- Purnomo, Ig.S. 2004. *Infiltrasi Tanah di Kecamatan Nguter Kabupaten Sukoharjo*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Rangari, V.A., Prashanth, S.S., Umamahesh, N.V. dan Patel, A.K. 2018. *Simulation of Urban Drainage System Using a Storm Water Management Model (SWMM)*. Asian Journal of Engineering and Applied Technology ISSN: 2249-068X Vol. 7 No. S1, 2018, pp.7-10, The Research Publication, www.trp.org.in.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L. dan Miller, N. 1983. *Green-Ampt Infiltration Parameters from Soils Data*. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9429(1983)109:1(62), Corpus ID: 129646782.
- Retracindo, PT. 2017. *Konsultan Perencana Master Plan dan DED Drainase Kabupaten Sleman*. Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Permukiman, Pemerintah Kabupaten Sleman. Yogyakarta.

- Rossman, L.A. 2015. *Storm Water Management Model, User's Manual Version 5.1*. Cincinnati, U.S. Environmental Protection Agency. Ohio.
- Situmorang, R. 2016. *Penerapan Model EPA SWMM 5.1 untuk Evaluasi Saluran Drainase di Darmawangsa Residence, Bekasi, Jawa Barat*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Soil Conservation Services. 1986. *Urban Hydrology for Small Watersheds*. U.S. Department of Agriculture. Washington.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 2006. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sudjarwadi. 2008. *Pengembangan Sumberdaya Air*. Biro Penerbit, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sunjoto. 2015. *Teknik Drainase Pro Air*. Bahan Kuliah Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Tri Putra Jaya Konsultan, CV. 2019. *Pembuatan DED Drainase Jombor Lor RT.04 RW.20 Sindudadi Mlati*. Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Permukiman, Pemerintah Kabupaten Sleman. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2013. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan Harian Stasiun Prumpung Tahun 2001-2020

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2001
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	2840.5
Maks. Harian	164
Total Hari Hujan	167

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	1	33	43	0	0	37	0	0	0	3	2	2
2	0	17	32.5	0	69	7	0	0	0	3	0	164
3	29	0	1	1	16	6	0	0	0	19	1	25
4	43	23	26	45	0	0	0	0	0	7	1	10
5	20	11	32.5	31	0	0	0	0	15	0	1	13
6	7	34	42	25	0	0	0	0	0	0	23	12
7	31	12	1	0	0	1	0	0	0	11	1	6
8	2.5	44	0	9	0	2	0	0	0	1	1	0
9	54	52.5	0	13	0	73	0	0	0	0	1	5
10	22	3	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
11	5	0	33	41.5	0	0	0	0	0	2	1	0
12	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
13	0	6	0	5	0	1	2	0	0	0	1	1
14	0	7	0	0	0	1	0	0	0	53	1	0
15	5	7	3	0	0	43	0	0	0	22	1	3
16	5	0	58	10	0	0	0	0	0	44	1	5
17	1	16	0	0	0	0	0	0	0	21	1	0
18	6	39	0	0	0	0	0	0	0	52	1	1
19	0.5	18	63	0	5	10	0	0	0	40	1	1
20	27.5	0	98	0	40	3	40	0	0	47	1	2
21	14	0	2	0	0	0	5	0	0	7	1	0
22	10	0	1	0	0	0	0	0	0	5	1	0
23	10	0	17	4	0	0	0	0	0	45	1	0
24	0	0	27	19	0	0	0	0	0	7	1	0
25	5	0	3	12	0	0	0	0	0	33	1	0
26	27	0	5.5	0	0	0	0	0	0	14	2	0
27	26	41	42	0	39	0	0	0	0	0	2	0
28	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	2	2
29	36	-	11.5	0	0	0	0	0	0	0	2	75
30	9	-	0	0	0	0	0	0	0	1	2	7
31	0	-	1	-	53	-	0	0	-	0	-	7
Total	399.5	363.5	557	216.5	222	185	47	0	15	437	57	341
Periode 1	222.5	249.5	215	171.5	85	172	2	0	15	121	37	241
Periode 2	177	114	342	45	137	13	45	0	0	316	20	100
Maksimum	54	52.5	98	45	69	73	40	0	15	53	23	164
Hari hujan	25	16	23	13	6	12	3	0	1	21	29	18

Keterangan : " - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2002
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	2040
Maks.Harian	108
Total Hari Hujan	87

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	23	11	2	0	0	0	0	0	0	0	-	0
2	7	0	0	51	0	0	0	0	0	0	-	0
3	1	27	0	1	46	0	0	0	0	0	-	5
4	31	1	0	7	0	0	0	0	0	0	-	16
5	7	51	0	25	3	0	0	0	0	0	-	2
6	33	108	0	59	0	0	0	0	0	0	-	57
7	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	2
8	0	103	9	0	0	0	0	0	0	0	-	26
9	13	37	1	16	0	0	0	0	0	0	-	0
10	0	32	3	0	33	0	0	0	0	0	-	2
11	0	0	2	0	13	0	0	0	0	0	-	3
12	0	19	12	15	43	0	0	0	0	0	-	0
13	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	-	10
14	22	29	30	0	0	0	0	0	0	0	-	50
15	37	20	3	0	0	0	0	0	0	0	-	18
16	78	0	0	10	0	0	0	0	0	0	-	0
17	0	0	24	5	0	0	0	0	0	0	-	0
18	0	58	18	1	0	0	0	0	0	0	-	0
19	0	24	0	57	0	0	0	0	0	0	-	0
20	0	53	34	27	0	0	0	0	0	0	-	0
21	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
22	19	24	3	0	0	0	0	0	0	0	-	19
23	25	29	19	11	0	0	0	0	0	0	-	0
24	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-	60
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-	0
27	0	2	74	0	0	0	0	0	0	0	-	0
28	0	29	20	0	0	0	0	0	0	0	-	0
29	36	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
30	4	-	0	0	0	0	0	0	0	30	-	0
31	22	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	6
Total	386	669	256	285	138	0	0	0	0	30	-	276
Periode 1	196	449	62	174	138	0	0	0	0	0	-	191
Periode 2	190	220	194	111	0	0	0	0	0	30	-	85
Maksimum	78	108	74	59	46	0	0	0	0	30	-	60
Hari hujan	18	20	17	13	4	0	0	0	0	1	-	14

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2003
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	BALAI PSDA WS POO
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	1411
Maks.Harian	76
Total Hari Hujan	103

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	4	4	5	10	43	0	0	0	0	1	10	0
2	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	38	2	50	10	0	0	0	0	0	0	0	5
4	47	30	18	0	9	0	0	0	0	0	2	2
5	0	0	65	0	0	38	0	0	0	0	0	3
6	25	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	1	3
8	0	0	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	31	0	2	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	59	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	3	1	37	55	0	0	0	0	1	1	0
12	0	1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	29	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
15	2	14	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0
16	0	22	0	0	0	1	0	0	0	1	7	0
17	0	50	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	17	12
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	24
20	31	0	11	0	0	0	0	0	1	0	33	0
21	2	0	76	0	0	3	0	0	0	0	1	0
22	2	0	13	1	0	0	0	0	0	0	6	10
23	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	15
24	0	5	6	0	3	0	0	0	0	0	0	8
25	1	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	51	5	0	5	0	0	0	0	1	2	0	0
27	0	7	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
28	2	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
29	35	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	-	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0
31	64	-	0	-	1	-	0	0	-	1	-	0
Total	307	193	457	111	114	42	0	0	3	11	90	83
Periode 1	119	89	307	101	109	38	0	0	1	2	20	14
Periode 2	188	104	150	10	5	4	0	0	2	9	70	69
Maksimum	64	50	76	39	55	38	0	0	1	3	33	24
Hari hujan	15	15	21	10	7	3	0	0	3	7	12	10

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2004
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	1999.5
Maks.Harian	90
Total Hari Hujan	138

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0
2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	0	24	1	0	0	0	27	0	0	0	0	0
4	16	0	9	0	0	0	1	0	0	0	8	0
5	3	24	25	0	0	0	0	0	0	0	2	0
6	6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	0
7	0	5	62	0	0	0	0	0	1	0	6	14
8	0	22	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
9	24	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	8	0
11	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	5	0
12	0	7	16	0	0	0	0	0	0	0	0	2
13	0	1	12	3	0	19.5	20	0	0	0	0	1
14	5	1	6	0	0	0	0	0	2	0	0	32
15	0	18	24	0	0	0	0	0	1	0	0	35
16	0	18	2	0	12	15	16	0	1	0	0	2
17	1	0	4	0	1	11	10	0	0	0	0	11
18	0	23	10	0	2	0	0	0	0	0	6	14
19	0	5	0	26	0	0	0	0	0	0	3	0
20	0	42	27	1	0	0	0	0	1	0	13	32
21	0	2	5	0	1	0	0	0	0	0	56	73
22	13	6	45	0	2	0	0	0	0	0	42	60
23	8	1	2	0	6	0	0	0	0	0	10	22
24	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
25	40	5	0	0	23	0	0	0	0	0	4	50
26	15	6	5	0	17	0	0	0	0	0	0	10
27	30	51	5	0	41	0	1	0	0	3	39	2
28	0	1	1	0	30	0	0	0	0	0	47	10
29	83	3	0	0	15	0	0	0	0	0	90	10
30	1	-	1	7	0	0	0	2	0	6	0	44
31	41	-	46	-	0	-	0	0	-	0	-	0
Total	288	274	323	44	152	45.5	75	4	6	9	355	424
Periode 1	55	110	170	10	2	19.5	48	2	4	0	37	84
Periode 2	233	164	153	34	150	26	27	2	2	9	318	340
Maksimum	83	51	62	26	41	19.5	27	2	2	6	90	73
Hari hujan	16	23	24	8	13	3	6	2	5	2	18	18

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2005
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	2209.5
Maks.Harian	107
Total Hari Hujan	146

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	57	4
2	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	32	2	23	0	0	0	0	0	0	0	19
4	7	0	0	9	0	0	5	0	0	0	6	4
5	42	0	3	2	0	0	15	0	0	1	0	16
6	16	0	14	26	0	0	19	0	0	0	0	0
7	0	5	0	69	0	0	16	0	0	0	1	0
8	0	1	0	24	0	0	0	0	0	0	0	2
9	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1
10	0	17	18	2	0	0	12	0	0	0	0	36
11	0	61	0	0	0	1	37	1	0	5	0	28.5
12	42	16	1	1	3	0	4	0	0	5	0	5
13	10	5	6	64	0	0	0	0	0	0	0	9
14	0	9	4	10	0	0	0	0	0	1	0	6
15	0	3	1	0	3	4	7	0	0	0	0	63
16	0	13	5	1	0	0	0	0	0	0	0	6
17	22	40	0	2	0	0	3	0	17	1	6	107
18	7	5	0	0	0	0	0	0	2	68	1	12
19	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
20	12	8	0	0	0	33	0	0	0	0	0	32
21	44	21	0	0	0	30	1	0	1	0	1	22
22	24	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	12
23	40	29	32	0	0	0	0	0	0	41	0	2
24	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	9	0
25	20	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0
26	0	2	1	0	0	0	0	0	0	32	9	40
27	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	17	3
28	5	0	65	0	0	1	1	0	3	0	0	21
29	3	-	4	20	0	0	0	0	7	0	67	2
30	14	-	43	0	0	12	1	0	0	0	4	17
31	0	-	32	-	0	-	0	0	-	0	-	40
Total	309	275	243	271	7	81	121	1	34	178	179	510.5
Periode 1	117	150	50	248	6	5	115	1	4	12	64	194.5
Periode 2	192	125	193	23	1	76	6	0	30	166	115	316
Maksimum	44	61	65	69	3	33	37	1	17	68	67	107
Hari hujan	16	20	19	15	3	6	12	1	6	10	12	26

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2006
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	1984
Maks.Harian	161
Total Hari Hujan	126

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	0	10	34	22	8	20	0	0	0	0	0	0
2	1	1	53	16	0	13	0	0	0	0	0	0
3	9	22	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0
4	2	18	0	26	5	2	0	0	0	0	0	4.5
5	15	18	4	9	28	7	0	0	0	0	2.5	0
6	0	0	7	8	9	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	8	5	0	0	0	0	0	15	0
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10
10	12	12	1	161	0	0	0	0	0	0	0	8.5
11	8	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	18
12	33	4	0	24	0	0	0	0	0	0	0	3
13	0	0	12	10	0	0	1	0	0	0	1	40
14	0	24	0	2	0	0	0	0	0	0	0	20
15	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	29
16	13	0	11	0	0	0	0	0	0	0	7	0
17	64	0	36	9	0	0	0	0	0	0	0	101
18	5	0	2	4	0	0	0	0	0	0	7	29.5
19	2	9	22	22	21	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	36	1	3	0	0	0	0	0	6	12
21	0	2	6	50	2	0	0	0	0	0	0	20
22	10	1	0	18	4	0	0	0	0	0	0	0
23	40	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
24	35	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
25	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	11	0
26	35	6	35	0	1	0	0	0	0	0	0	0
27	44	33	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0
28	13	78	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10
29	14	-	0	0	38	0	0	0	0	0	34	30
30	0	-	1	10	1	0	0	0	0	0	0	22
31	22	-	11	-	5	-	0	0	-	0	-	25
Total	382	249	276	413	134	44	1	0	0	0	99.5	385.5
Periode 1	85	117	111	297	55	44	1	0	0	0	28.5	136
Periode 2	297	132	165	116	79	0	0	0	0	0	71	249.5
Maksimum	64	78	53	161	38	20	1	0	0	0	34	101
Hari hujan	20	18	16	21	17	5	1	0	0	0	11	17

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2007
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	2545
Maks.Harian	81
Total Hari Hujan	135

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	2	0	1	70	0	0	0	0	0	0	42	38
2	1	10	45	3	0	0	0	0	0	0	14	0
3	0	30	7	32	0	0	0	0	0	0	20	9
4	0	12	9	36	6	0	0	0	0	0	1	15
5	0	9	0	0	0	3	0	0	0	0	67	0
6	0	0	26	22	0	0	0	0	0	0	9	36
7	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	8	0
8	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	6
9	0	1	0	13	0	0	0	1	0	0	10	44
10	0	17	0	54	0	0	0	0	0	2	27	52
11	0	0	17	47	0	0	0	0	0	0	2	0
12	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	50
13	0	0	6	5	0	0	1	0	0	0	50	40
14	0	1	0	43	7	0	0	0	0	0	3	0
15	15	35	8	4	11	0	0	0	0	1	0	0
16	0	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	10	3	62	0	0	0	0	1	0	0	0
18	0	1	30	36	35	0	1	0	1	0	0	65
19	1	55	1	17	0	6	0	0	0	0	0	1
20	55	55	32	38	0	1	0	0	0	0	0	62
21	6	50	1	0	9	0	0	0	0	0	0	1
22	24	3	23	2	0	0	0	0	0	3	0	5
23	6	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
24	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	52
25	0	0	5	40	0	0	0	0	0	0	0	2
26	0	11	0	16	0	0	0	0	0	2	0	81
27	0	1	1	0	0	7	0	0	0	0	0	33
28	0	10	40	0	0	11	0	0	0	1	5	13
29	0	-	44	0	0	0	0	0	0	44	58	44
30	0	-	0	0	0	0	0	0	0	36	0	5
31	8	-	12	-	2	-	0	0	-	28	-	2
Total	119	321	323	568	70	49	2	1	2	117	316	657
Periode 1	18	118	120	334	24	24	1	1	0	3	253	290
Periode 2	101	203	203	234	46	25	1	0	2	114	63	367
Maksimum	55	55	45	70	35	21	1	1	1	44	67	81
Hari hujan	10	21	22	20	6	6	2	1	2	8	14	23

Keterangan : " - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2008
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	217
Maks.Harian	63
Total Hari Hujan	19

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	11	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	63	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	16	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
Total	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Periode 1	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Periode 2	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maksimum	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hari hujan	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2009
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	950
Maks.Harian	65
Total Hari Hujan	95

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	0	0	1	5	0	0	0	0	0	15	0	31
2	0	0	2	1	4	0	0	0	0	4	0	25
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
7	5	0	0	0	30	0	0	0	0	2	0	0
8	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	10	0
9	45	0	0	0	25	0	0	0	10	0	0	0
10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	5	10
11	38	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
12	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0
14	9	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0
15	10	0	1	1	2	0	0	0	0	0	30	5
16	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	15	3
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0
19	9	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	65
21	0	0	0	10	41	0	0	0	0	0	40	41
22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8	32	0
23	0	0	0	0	12	0	0	0	1	6	16	0
24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	0
25	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10	0	2
26	1	0	10	10	0	1	0	0	0	25	15	0
27	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
28	3	0	0	0	1	0	0	0	8	0	0	0
29	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7
30	5	-	0	1	0	0	0	0	0	3	35	0
31	0	-	1	-	0	-	0	0	-	0	-	0
Total	149	0	16	43	122	2	1	0	22	85	274	236
Periode 1	121	0	5	22	66	1	0	0	10	29	50	78
Periode 2	28	0	11	21	56	1	1	0	12	56	224	158
Maksimum	45	0	10	11	41	1	1	0	10	25	40	65
Hari hujan	20	0	6	10	10	2	1	0	4	13	16	13

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2010
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	466.7
Maks.Harian	121
Total Hari Hujan	72

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	121	3
2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
6	0	0	0	0	0	3.5	0	0	0	5	1	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	4
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3.5
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	28.5
13	6	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0
14	0	0	0	0	0	0	3	0	1.5	0	0	3
15	0	0	2	0	0	0	0	0	1	22	1.5	0
16	0	18	0	0	0	0	0	1.5	0	1	0	7
17	0	6	0	2	0	0	1.5	0	1.5	6	0	0
18	0	14.5	0	0	0	0	0	0	4.5	3	0	0
19	0	4	0	0	0	0	0	0	9	0	0	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	0	0
21	0	23	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21.5	0	0
24	0	1.5	0	0	0	0	0	1.5	0	7	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.2	0	3.5
26	0	0	0	27	0	0	0	0	1	3.5	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2.5	0	41.5
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	0	1
29	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	35.5	1
30	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	10.5	0
31	0	-	0	-	0	-	1	0	-	1.5	-	0
Total	7	67	27	29	0	3.5	6.5	5	23.5	95.2	175.5	100.5
Periode 1	7	0	27	0	0	3.5	4	2	3.5	39	129.5	45.5
Periode 2	0	67	0	29	0	0	2.5	3	20	56.2	46	55
Maksimum	6	23	23	27	0	3.5	3	1.5	9	22	121	41.5
Hari hujan	2	6	3	2	0	1	4	4	11	16	9	14

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2011
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	1223.5
Maks.Harian	70
Total Hari Hujan	133

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	0	0	0	12.5	2.5	0	0	0	0	0	1.5	0
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2.5	1
3	1.5	0	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	16
4	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.5	12.5
5	3.5	0	0	2.5	7	0	0	0	0	0	0	12.5
6	1	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	21.5
7	7.5	0	4	0	14	0	0	0	0	0	6.5	3.5
8	1	9	0	12.5	1.5	0	0	0	0	0	0	6
9	1	12	0	1	5	0	0	0	0	0	0	70
10	0	5	52	4	1.5	0	0	0	0	0	0	0
11	3	6	0	4	0	0	0	0	0	0	3	9
12	3	38	0	12	0.5	0	0	0	0	0	0	18
13	1	0	0	1.5	4	0	0	0	0	0	3	0
14	0	0	3	2	25	0	0	0	0	0	70	0
15	0	1	5	0	9	0	0	0	0	0	7	3.5
16	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2.5
17	0	24	0	0	1	0	0	0	0	0	16	2
18	0	0	0	18.5	1	0	0	0	0	0	3.5	3
19	0	15	0	3	0	0	0	0	0	0	13	2.5
20	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.5
21	0	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	18	9.5
22	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	11.5	23.5
23	0	0	0	2.5	1	0	0	0	0	0	33	8
24	16	0	0	2.5	0	0	0	0	0	1	3	5.5
25	4	1	8	0	1	0	0	0	0	3	0	41.5
26	2.5	0	3	26	1	0	0	0	0	14	12.5	24.5
27	3	5	0	4	1.5	0	0	0	0	0	5	24.5
28	12	0	0	4	0	0	0	0	0	1	25.5	0
29	1	-	4	1	2	0	0	0	0	0	12	0
30	1	-	20	2	2	0	0	0	0	1	1	6.5
31	0	-	0	-	18	-	0	0	-	8	-	24.5
Total	72.5	150.5	99	120.5	111	0	0	0	0	28	281	361
Periode 1	28	71	64	55	82.5	0	0	0	0	0	127	173.5
Periode 2	44.5	79.5	35	65.5	28.5	0	0	0	0	28	154	187.5
Maksimum	16	38	52	26	25	0	0	0	0	14	70	70
Hari hujan	18	13	8	20	22	0	0	0	0	6	21	25

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2012
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	1606.5
Maks.Harian	90
Total Hari Hujan	119

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	10	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	72	2.5	1	0	4	0	0	0	0	0	0	39
3	6	7.5	6.5	0	13	0	0	0	0	0	0	47
4	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
5	3.5	6.5	0	0	4	0	0	0	0	0	0	21.5
6	1	16.5	0	0	17	0	0	0	0	6	2	0
7	7.5	7	26.5	0	1.5	0	0	0	0	0	1.5	51
8	1	21.5	5	0	0	0	0	0	0	0	1.5	8.5
9	1	9	26	0	11.5	0	0	0	0	0	1.5	0
10	0	3.5	24.5	0	0	0	0	0	0	0	1	16
11	3	0	17.5	0	19	0	0	0	0	0	57.5	4
12	3	0	3.5	0	0	0	0	0	0	3	0	0.5
13	1	5.5	23	0	0	0	0	0	0	0	0	12.5
14	0	20	5	0	0	0	0	0	0	0	59	0
15	0	18	57.5	0	0	0	0	0	0	5	0	12.5
16	5	33	14.5	0	17	0	0	0	0	1	17	8
17	0	1	2.5	0	0	0	0	0	0	8	66	2
18	0	24	36	0	10.5	0	0	0	0	0	0	17
19	0	4	1	0	0	0	0	0	0	16.5	4	0
20	0	0	0	0	6.5	0	0	0	0	8.5	0	0
21	0	0	4.5	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5
22	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	1	90	8.5
23	0	0	3.5	0	5	0	0	0	0	0.5	76	0
24	16	0	3	0	0	0	0	0	0	0	33	0
25	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14	2
26	2.5	0	13	0	0	0	0	0	0	0	23	14
27	3	0	9	0	0	0	0	0	0	4	18	0
28	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
29	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	0
30	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
Total	156.5	191	291.5	0	111	0	0	0	0	53.5	469.5	333.5
Periode 1	112	120	196	0	72	0	0	0	0	14	124	216.5
Periode 2	44.5	71	95.5	0	39	0	0	0	0	39.5	345.5	117
Maksimum	72	33	57.5	0	19	0	0	0	0	16.5	90	61
Hari hujan	20	17	22	0	12	0	0	0	0	10	18	20

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2013
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	2905
Maks.Harian	94
Total Hari Hujan	184

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	6	5	5	1	1	11	0	0	0	0	0	0
2	31	6	14	5	2	5	0	0	0	0	1	3
3	1	2	1	2	0	8	1	0	0	0	3	0
4	20	17	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0
5	0	37	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
6	2	35	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	52	31	3	4	0	12	0	0	0	0	3	4
8	20	25	21	18	0	2	14	0	0	0	2	7
9	72	43	5	3	1	0	0	0	0	0	4	8
10	8	3	4	6	0	21	0	0	0	0	2	22
11	0	0	5	1	1	2	13	0	0	0	90	44
12	27	9	9	1	0	0	0	0	0	0	43	0
13	85	10	2	0	0	2	0	0	0	0	5	15
14	6	8	7	0	0	0	0	0	0	0	5	4
15	0	0	4	6	0	0	12	0	0	0	5	16
16	4	19	2	1	0	40	0	0	0	0	5	2
17	6	56	2	94	0	0	0	0	0	0	5	4
18	6	28	45	14	1	0	0	0	0	0	64	8
19	2	36	65	15	1	3	16	0	0	0	16	50
20	13	8	52	58	0	20	0	0	0	0	9	35
21	42	53	15	10	10	0	0	0	0	1	0	7
22	1	59	0	12	2	15	10	0	0	0	0	9
23	27	4	65	0	4	0	0	0	0	0	0	50
24	4	55	82	0	1	0	4	0	0	0	23	20
25	8	22	33	0	0	0	2	0	0	1	0	1
26	5	6	25	3	5	0	0	0	0	2	6	27
27	2	4	12	4	2	0	0	0	0	0	0	1
28	0	20	6	2	0	0	0	0	0	50	6	1
29	3	-	3	21	0	3	0	5	0	0	0	1
30	3	-	9	50	7	23	0	0	0	0	0	0
31	2	-	4	-	4	-	0	0	-	1	-	20
Total	458	601	508	336	43	171	72	5	0	55	297	359
Periode 1	330	231	88	52	6	67	40	0	0	0	163	123
Periode 2	128	370	420	284	37	104	32	5	0	55	134	236
Maksimum	85	59	82	94	10	40	16	5	0	50	90	50
Hari hujan	22	26	30	22	12	11	9	1	0	6	22	23

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2014
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	

Data Tahunan

Total	1580.3
Maks.Harian	97
Total Hari Hujan	97

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	20.5	20	0	0	8	0	0	0	0	0	0	2.5
2	0	0	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	15.5	8	8.5	0	0	0	0	0	0	0	2.5
4	15.5	0.2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5.5
5	1.5	10.2	0	41.5	0	0	0	0	0	0	31.5	3
6	31.3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	6.6	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	24	7.5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5
9	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
10	0	0	0	3	0	0	6	0	0	0	0	5
11	0	0	0	1.5	0	0	13	0	0	0	0	40.5
12	0	0	0	15.5	6	0	7.5	0	0	0	0	21
13	0	0	0	0	6.5	0	0	0	0	0	0	97
14	0	0	0	1.5	85.8	0	4	0	0	0	0	4.5
15	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5
16	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.5
17	20.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0
18	0	13.5	37	26	0	0	0	0	0	0	20.5	5.5
19	10.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	49.5	27.5
20	11.2	0	6.1	45.5	0	0	3	0	0	2.5	0	14
21	0	12.5	0	0	4	18	5.5	0	0	0	0	26
22	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.5
24	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	21	0
25	46	0	0	0	0	3.5	0	0	0	0	20.5	0
26	25.6	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0
27	6.3	0	6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	52
28	1	36.5	0.8	0	0	0	0	0	0	0	40.5	14
29	19.3	-	0	0	0	0	0	0	0	0	47.5	3.5
30	12.5	-	0	0	0	0	0	0	0	0	33.5	0
31	33.5	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	3
Total	317.6	129.4	101	149	112.3	48.5	39	0	0	2.5	299.5	381.5
Periode 1	107.2	66.4	31	77.5	108.3	0	30.5	0	0	0	31.5	188
Periode 2	210.4	63	70	71.5	4	48.5	8.5	0	0	2.5	268	193.5
Maksimum	46	36.5	37	45.5	85.8	27	13	0	0	2.5	49.5	97
Hari hujan	20	11	7	10	7	3	6	0	0	1	9	23

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2015
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	Eko Widati

Data Tahunan

Total	2263
Maks.Harian	137
Total Hari Hujan	115

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	0	17	41	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	44	0	12.5	0	21.5	5.5	0	0	0	0	0	14
3	12.5	0	33	0	1	0	0	0	0	0	0	4
4	14.5	0	3.5	0	22.5	0	0	0	0	0	0	6
5	5	5	40	0	0	0	0	0	0	0	0	21.5
6	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	7.5
7	10	0	4	1.5	0	3	0	0	0	0	0	38
8	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137
9	0	15	9.5	0	0	2.5	0	0	0	0	0	8
10	0	23	9.5	0	0	0	0	0	0	0	44.5	12.5
11	12	21	48.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	65
12	80	97.5	34	0	14	0	0	0	0	0	2	15.5
13	55	7.5	0	0	7.5	0	0	0	0	0	1.5	0
14	18	35	25	0	0	0	0	0	0	0	1.5	80.5
15	30.5	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	56
16	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
17	4	34.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.5
18	51	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9.5	0.5
19	35	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	14.5
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	24.5
21	15	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0.5
22	10	0	14	60.8	0	0	0	0	0	0	6.5	6.5
23	12	62	63	13.5	0	0	0	0	0	0	0.5	6.5
24	8	0	24.5	22.2	0	0	0	0	0	0	3.5	11
25	26	0	3.5	6	14	0	0	0	0	0	10	0
26	0	0	8.5	13.5	4.5	0	0	0	0	0	14.5	0
27	2	0	26	0	1	0	0	0	0	0	1	0
28	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	-	25.5	0	0	0	0	0	0	0	7.5	0
30	36	-	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
31	29	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0
Total	481.5	440.5	435	119.5	86	12	0	0	0	0	120.5	539
Periode 1	281.5	272	270	1.5	66.5	12	0	0	0	0	50	465.5
Periode 2	229	168.5	165	118	19.5	0	0	0	0	0	70.5	73.5
Maksimum	80	97.5	63	60.8	22.5	5.5	0	0	0	0	44.5	137
Hari hujan	22	15	20	7	8	4	0	0	0	0	17	22

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2016
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	Eko Widati

Data Tahunan

Total	3878.5
Maks.Harian	123.5
Total Hari Hujan	204

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	8	22	12.5	0	16	5	0	0	0	4.5	57	15
2	22	29	0	0.5	0	7.5	0	0	0	31.5	0	47
3	0	8	31.5	3	23	0	0	11.5	0	1	0	26.5
4	0	0	0.5	2	0	0	0	0	0	12.5	0	0
5	4.5	101	52	0	0	0	9.5	20	17.5	4	0	0
6	0	1	7	22.5	2	49	0	10	1	9	0	35
7	0	79.5	0	0.5	5	4	0	14.5	1	27.5	0	0.5
8	40.5	1	6	33	11	3	0	0	0	23.5	31.5	13
9	0	22.5	0.5	11.5	8	0	0	0	0	30	29	10
10	52.8	51.5	8	0	10	0	0	0	0	3.5	97.5	0
11	30.5	25	65	5	0	0	19.5	0	0	9	5	0
12	0	3.5	68.5	54	45	0	0	0	0	3.5	10	0
13	0	0	2	22.5	3	0	0	10.5	0	0.5	3.5	1
14	0	0	0	1	1.5	0	0	7.5	0	11	16.5	1
15	0	13.5	0	0	0	0	49	3	23.5	2	0	1.5
16	0	64	0	38	14.5	0	36	0	0	0	0	10
17	17	6.5	0	0	1.5	0	0	4	12	2.5	0.5	41.5
18	1.5	0	6	33	0	0	0	0	19.5	31.5	1.5	1
19	3	0	0	0	2	0	0	0	0	20.5	0	2.5
20	30	19.5	3.5	0	2	0.5	0	0	39	4	1.5	1
21	9	0	0	0	10	0	21.5	0	18	0	5	0
22	31	3.5	16.5	0	19	0.5	23.5	0	14.5	0	20.5	0
23	0	0	2	0	0.5	31.5	5	0	3.5	0	68.5	6.5
24	0	0	70	0	3	1	0	0	25.5	13	59	0
25	39	0	8	0	0	0	7	0	2.5	3.5	9.7	0
26	5	0	0	2.5	0	0	10.5	0	1.5	59.5	11	19.5
27	0	22.5	123.5	7.5	0	37	0	0	25.5	33	30	18
28	21	1.5	28.5	8.5	0	0	0.5	0	48	3	13.5	21.5
29	0	-	5.5	29.5	50.5	0.5	0	0	0	0	66	1
30	0	-	93	0	1.5	0	0	0	0	4	58	105
31	30.5	-	0	-	3.5	-	0	0	-	0	-	0
Total	314.8	475	610	274.5	229	139.5	182	81	252.5	347.5	594.7	378
Periode 1	158.3	357.5	253.5	155.5	124.5	68.5	78	77	43	173	250	150.5
Periode 2	187	117.5	356.5	119	108	71	104	4	209.5	174.5	344.7	227.5
Maksimum	52.8	101	123.5	54	50.5	49	49	20	48	59.5	97.5	105
Hari hujan	16	18	21	17	21	11	10	8	15	25	21	21

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2017
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	Eko Widati

Data Tahunan

Total	3285.3
Maks.Harian	178.5
Total Hari Hujan	169

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	2	45	82	5	11	6	0	0.5	0	0	0	5
2	8	14	1	28	0	0	0	0	0	0	0	2
3	8	4	5	20	3.5	0	0	0	0	0	0	0
4	18	4	19	9	27.5	0	0	0.5	0	0	32	0
5	0	0	2	64	19	0	0	0	0	0	36.5	0
6	77	8	39	71	0	0	0	0	0	0	65.5	0
7	0	5	0	0.5	1	0	0	0	0.5	71.5	0.5	0
8	7	15	0	1	0	0	0	0	0	30.5	0	0
9	0	12	0	0	0	0	1	0	0	5.5	4.5	0
10	3	9	0	27.5	0	0	0	0	0.5	0	14.5	28
11	5	4	47	5	0	0	0	0	0	0	36.5	48
12	0	24	0	4	0	0	0	0	0.5	0	47	0
13	33	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25	47
14	0	31	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	33	5	0	0	0	0.5	0	0	4.5	0	10
16	5	0	10	0	0	0	0	0.5	0.5	19.5	37	24
17	21	0	40	1	0	0	0	0	0	2	56	28
18	10	14	32	2	0	0	9.8	0	0	1.5	0	20
19	2	19	8	18	0	0	0.5	1	0	2	38.5	35
20	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	10.5	23	48
21	1	15	7	37	0	0	0	0	0	0	1.5	11
22	0	21	2	6	0	0	5.5	0	0	0	0	0
23	83	0	0	35	0	0	0	0.5	0	12	12	0
24	4	23	15	0	0	0	0	0	0.5	0	15	0
25	0	37	109	2	0	0	0	0	2.5	0	0	0
26	32	40	21	7.5	0	0	0	0	15.5	0.5	27	42
27	13	11	0	20.5	0	0	15	0	50	2	18.5	48
28	0	6	0	1.5	36.5	0	0.5	0.5	88.5	3.5	178.5	0
29	19	-	0	0.5	2	0	0	0	0	0	112.5	39
30	0	-	0	0.5	0	0	0.5	0.5	1	0	1.5	5
31	0	-	14	-	1	-	0	0	-	0	-	0
Total	351	396	464	367	100.5	6	33.3	4	160	165.5	783	440
Periode 1	161	210	220	235	62	6	1.5	1	1.5	112	262	140
Periode 2	190	186	258	132	39.5	0	31.8	3	158.5	53.5	521	300
Maksimum	83	45	109	71	36.5	6	15	1	88.5	71.5	178.5	48
Hari hujan	19	23	19	24	8	1	8	7	10	13	21	16

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2018
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	Eko Widati

Data Tahunan

Total	2476
Maks.Harian	106
Total Hari Hujan	127

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	17	24.5	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
2	4	3.5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
3	21	24	0	5.5	0	0	0	0	0	0	0	19
4	45	23.5	16	1	0	0	0	0	0	0	0	76.5
5	4	19	33	6	0	0	0	0	0	0	55	47.5
6	4.5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	43	28
7	6	23	106	7	7	0	0	0	4.5	0	24	36.5
8	12.5	1.5	7.5	0	0	0	0	0	0	0	102	5.5
9	4.5	6.5	0	8	0	0	0	0	0	0	98	0
10	3	0	5.5	14	0	0	0	0	0	0	14	6.5
11	16	95	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	17	30	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
13	31.5	13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
14	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	45	3.5
15	0	38.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.5
16	57	0.5	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0.5
17	1	1.5	61	15	0	0	0	0	0	0	0	0
18	23	0	26	1	0	0	0	0	7.5	0	0	0
19	4	0	19	0	0	0	0	0	3	0	0	3.5
20	36.5	0	0	33.5	0.5	2	0	0	1.5	0	0	94.5
21	34.5	0	1	45.5	2.5	0	0	0	0.5	0	0	0
22	15	3	0	2	0	0	0	0	0	0	25	4
23	5	50	4.5	0	0	0	0	0	0.5	0	0	11.5
24	41	0	3.5	0	7	0	0	0	0	0	0	15
25	2	0	25.5	0.5	13.5	8	0	0	0	0	0	7
26	15	48.5	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	13.5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28	29	0	4.5	0	0	0	0	0	0	0	63	0
29	5.5	-	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0.5
30	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	11	14
31	12.5	-	0	-	0	-	0	0.5	-	0	-	0
Total	482.5	410.5	449	145	39.5	10	0	0.5	17.5	0	532	389.5
Periode 1	187	307	276	47.5	7	0	0	0	4.5	0	411	238
Periode 2	295.5	103.5	173	97.5	32.5	10	0	0.5	13	0	121	151.5
Maksimum	57	95	106	45.5	13.5	8	0	0.5	7.5	0	102	94.5
Hari hujan	30	18	17	14	6	2	0	1	6	0	13	20

Keterangan : " - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2019
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	Eko Widati

Data Tahunan

Total	2464
Maks.Harian	216
Total Hari Hujan	133

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	3	15	9.5	41.5	0	0	0	0	0	0	81.5	0
2	32.5	0	2	24	0	0	0	0	0	0	2	0
3	23.5	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
4	20	38	0.5	29.5	0	0	0	0	0	0	0	4
5	20.5	1.5	0.5	19.5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0.5	0.5	0	4.5	0	0	0	0	0	0	39.5
7	16	18.5	0.5	0	7	0	0	0	0	0	0	8.5
8	0.5	47	0.5	2	0	0	0	0	0	0	0	1
9	13.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	17
10	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	35.5
11	29.5	1.5	14	24	0	0	0	0	0	0	0	33
12	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.5	0
13	30.5	20.5	10	4	0	0	0	0	0	0	8.5	17.5
14	14	13.5	16	0.5	0	0	0	0	0	0	0	49
15	3.5	12	120	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0
16	17	35.5	35	28.5	0	0	0	0	0	0	0	4.5
17	13.5	1	216	11.5	0	0	0	0	0	0	0	14.5
18	5	14	31	0	0	0	0	0	0	0	18	33
19	0	32.5	3.5	0	0	0	1	0	0	0	0	59
20	17.5	10.5	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
21	14	7.5	38	0	5	0	0	0	0	0	0	15
22	17	24.5	43	0	0	0	0	0	0	0	0	18
23	29	46.5	36	0	0	0	0	0	0	0	10	3.5
24	29	32	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	39	22.5	0	4	0	0	0	0.5	0	0	0	4.5
26	0.5	6.5	11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	2	17	19	11.5	13	0	0	0	0	0	0	44
28	0	2	10	19	0	0	0	0	0	0	0	17.5
29	8.5	-	0	39.5	0	0	0	0	0	0	2	12
30	50	-	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2.5
31	0.5	-	43	-	0	-	0	0	-	1	-	46
Total	451.5	421.5	621.5	283.5	29.5	0	1	0.5	0	0	131	433.5
Periode 1	209.5	169.5	175.5	150.5	11.5	0	0	0	0	0	99	205.5
Periode 2	242.5	252	489	133	18	0	1	0.5	0	1	32	274
Maksimum	50	47	216	41.5	13	0	1	0.5	0	1	81.5	59
Hari hujan	27	25	26	16	4	0	1	1	0	1	9	23

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Data Curah Hujan Pada Wilayah Sungai

Tahun	2020
-------	------

Nama Stasiun	Prumpung		
Kode Stasiun			
Kode Database		Tipe	Manual & Otomatis
Lintang Selatan	7° 42' 25"	Pemilik	DPUP DIY
Bujur Timur	110° 23' 32"	Operator	Eko Widati

Data Tahunan

Total	3061
Maks.Harian	132
Total Hari Hujan	170

satuan dalam "mm"

Tanggal	Bulan											
	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	14	0	4.5	4	0	0	2.5	0	0	1	15	20
2	14	3.5	15.5	0	12	0	0	0	0	1	56.5	1.5
3	34.5	16	81.5	55.5	0	0	0	0	17	0	0	18.5
4	1.5	14	38	2	0	0	0	0	0	11	1	5.5
5	4.5	0	70.5	35.5	0	0	0	0	0	5.5	0.5	11.5
6	35	0	0	12.5	0	0	3	0	0	1.5	0	0.5
7	0	8	27	0	0	0	0	0	0	0	0	17
8	1	8	29.5	10	0	2.5	0	0	0	1	3.5	0
9	25	32	28	0	132	11	0	0	0	0	0	6
10	1	0.5	0.5	21.5	0	0	0	0	0	30.5	1.5	48.5
11	0	1	18.5	10	53.5	0	0	19.5	0	1	0	40
12	0	34	14	0	0	0	0	0.5	0	0	2	22.5
13	0	4	0	0	0	0	0	2	3	0	8	129
14	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	0	34	0	0	0	0	0	10.5	0	0	17.5	0
16	1.5	27	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	1.5
17	0	2	1	31.5	0	0	0	0	0	0	0	38
18	0	7.5	3	17	20	0	2.5	0	0	1	2	16.5
19	0	27	40	6.5	14	0	0	0	0	5.5	76	1.5
20	0	40	34.5	7.5	0.5	0	0	0	0	24.5	2	0
21	6	20	0	49	0	4	0	0	0	39	48.5	0
22	0	0	69	0	0	5	0	0	9	0	4	0
23	31	10	30	3	0	0	0	0	1	0	44	0
24	5	0.5	15.5	23	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0
25	2	49.5	26.5	19.5	0	0	0	0	0	50.5	1.5	9
26	0	61	0	0	42.5	0	0	0	0	0	0	36.5
27	9	1.5	18	0	0.5	0	0	0	0	19	0	3
28	1	15	37.5	0	0	0	0	0	0	1.5	37.5	14
29	0	47	2	4.5	2	0	0	0	0	0	7	7.5
30	5.5	-	0	0	15.5	0	0	0	0	4.5	0	25.5
31	12	-	23	-	9	-	0	0	-	4	-	0
Total	203.5	515	627.5	312.5	301.5	22.5	8	32.5	30	205	328.5	474.5
Periode 1	130.5	207	327.5	151	197.5	13.5	5.5	32.5	20	52.5	105.5	321.5
Periode 2	73	308	300	161.5	104	9	2.5	0	10	152.5	223	153
Maksimum	35	61	81.5	55.5	132	11	3	19.5	17	50.5	76	129
Hari hujan	18	25	23	17	11	4	3	4	4	19	19	23

Keterangan :

" - " : Tidak ada data

" 0 " : Tidak ada hujan

Lampiran 2 Hasil Hitungan Curah Hujan Rancangan dengan Analisis Frekuensi**DATA Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Prumpung**

Tahun	Hujan (mm)
2001	164.0
2002	108.0
2003	76.0
2004	90.0
2005	107.0
2006	161.0
2007	81.0
2008	63.0
2009	65.0
2010	121.0
2011	70.0
2012	90.0
2013	94.0
2014	97.0
2015	137.0
2016	123.5
2017	178.5
2018	106.0
2019	216.0
2020	132.0

HASIL HITUNGAN STATISTIK Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

m	$P = m / (n + 1)$	Tahun	Hujan (mm)	Ln Hujan (mm)	Ln Ln Hujan (mm)
1	0.048	2019	216.000	5.375	1.682
2	0.095	2017	178.500	5.185	1.646
3	0.143	2001	164.000	5.100	1.629
4	0.190	2006	161.000	5.081	1.626
5	0.238	2015	137.000	4.920	1.593
6	0.286	2020	132.000	4.883	1.586
7	0.333	2016	123.500	4.816	1.572
8	0.381	2010	121.000	4.796	1.568
9	0.429	2002	108.000	4.682	1.544
10	0.476	2005	107.000	4.673	1.542
11	0.524	2018	106.000	4.663	1.540
12	0.571	2014	97.000	4.575	1.521
13	0.619	2013	94.000	4.543	1.514
14	0.667	2004	90.000	4.500	1.504
15	0.714	2012	90.000	4.500	1.504
16	0.762	2007	81.000	4.394	1.480
17	0.810	2003	76.000	4.331	1.466
18	0.857	2011	70.000	4.248	1.447
19	0.905	2009	65.000	4.174	1.429
20	0.952	2008	63.000	4.143	1.421
Jumlah Data			20	20	20
Nilai Rerata (Mean)			114.000	4.679	1.541
Standar Deviasi			40.863	0.343	0.073
Koefisien Skewness			0.951	0.275	0.136
Koefisien Kurtosis			3.887	2.829	2.745
Koefisien Variasi			0.358	0.073	0.047
Nilai Tengah (Median)			106.500	4.668	1.541

1. HITUNGAN PARAMETER STATISTIK Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

Hujan (mm)	x_i^2	$ x_i - x $	$(x_i - x)$	$(x_i - x)^2$	$(x_i - x)^3$	$(x_i - x)^4$
216.000	46,656.000	102.000	102.000	10,404.000	1,061,208.000	108,243,216.000
178.500	31,862.250	64.500	64.500	4,160.250	268,336.125	17,307,680.063
164.000	26,896.000	50.000	50.000	2,500.000	125,000.000	6,250,000.000
161.000	25,921.000	47.000	47.000	2,209.000	103,823.000	4,879,681.000
137.000	18,769.000	23.000	23.000	529.000	12,167.000	279,841.000
132.000	17,424.000	18.000	18.000	324.000	5,832.000	104,976.000
123.500	15,252.250	9.500	9.500	90.250	857.375	8,145.063
121.000	14,641.000	7.000	7.000	49.000	343.000	2,401.000
108.000	11,664.000	6.000	(6.000)	36.000	(216.000)	1,296.000
107.000	11,449.000	7.000	(7.000)	49.000	(343.000)	2,401.000
106.000	11,236.000	8.000	(8.000)	64.000	(512.000)	4,096.000
97.000	9,409.000	17.000	(17.000)	289.000	(4,913.000)	83,521.000
94.000	8,836.000	20.000	(20.000)	400.000	(8,000.000)	160,000.000
90.000	8,100.000	24.000	(24.000)	576.000	(13,824.000)	331,776.000
90.000	8,100.000	24.000	(24.000)	576.000	(13,824.000)	331,776.000
81.000	6,561.000	33.000	(20.000)	1,089.000	(35,937.000)	1,185,921.000
76.000	5,776.000	38.000	(24.000)	1,444.000	(54,872.000)	2,085,136.000
70.000	4,900.000	44.000	(24.000)	1,936.000	(85,184.000)	3,748,096.000
65.000	4,225.000	49.000	(33.000)	2,401.000	(117,649.000)	5,764,801.000
63.000	3,969.000	51.000	(38.000)	2,601.000	(132,651.000)	6,765,201.000
2,280.000	291,646.500	642.000	76.000	31,726.500	1,109,641.500	157,539,961.125

2. HITUNGAN PARAMETER STATISTIK Logaritmik Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

Ln Hujan (mm)	$(\text{Ln } x_i)^2$	$ \text{Ln } x_i - \text{Ln } x $	$(\text{Ln } x_i - \text{Ln } x)$	$(\text{Ln } x_i - \text{Ln } x)^2$	$(\text{Ln } x_i - \text{Ln } x)^3$	$(\text{Ln } x_i - \text{Ln } x)^4$
5.375	28.894	0.696	0.696	0.485	0.337	0.235
5.185	26.880	0.505	0.505	0.255	0.129	0.065
5.100	26.009	0.421	0.421	0.177	0.074	0.031
5.081	25.821	0.402	0.402	0.162	0.065	0.026
4.920	24.206	0.241	0.241	0.058	0.014	0.003
4.883	23.842	0.204	0.204	0.041	0.008	0.002
4.816	23.196	0.137	0.137	0.019	0.003	0.000
4.796	23.000	0.117	0.117	0.014	0.002	0.000
4.682	21.922	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
4.673	21.835	0.006	(0.006)	0.000	(0.000)	0.000
4.663	21.748	0.016	(0.016)	0.000	(0.000)	0.000
4.575	20.928	0.104	(0.104)	0.011	(0.001)	0.000
4.543	20.642	0.136	(0.136)	0.018	(0.003)	0.000
4.500	20.248	0.179	(0.179)	0.032	(0.006)	0.001
4.500	20.248	0.179	(0.179)	0.032	(0.006)	0.001
4.394	19.311	0.285	(0.285)	0.081	(0.023)	0.007
4.331	18.755	0.348	(0.348)	0.121	(0.042)	0.015
4.248	18.050	0.431	(0.431)	0.185	(0.080)	0.034
4.174	17.426	0.505	(0.505)	0.255	(0.129)	0.065
4.143	17.166	0.536	(0.536)	0.287	(0.154)	0.083
93.583	440.125	5.451	0.000	2.235	0.189	0.569

3. HITUNGAN PARAMETER STATISTIK Loglogaritmik Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

$\ln \ln \text{Hujan (mm)}$	$(\ln \ln x_i)^2$	$ \ln \ln x_i - \ln \ln x $	$(\ln \ln x_i - \ln \ln x)$	$(\ln \ln x_i - \ln \ln x)^2$	$(\ln \ln x_i - \ln \ln x)^3$	$(\ln \ln x_i - \ln \ln x)^4$
1.682	2.828	0.141	0.141	0.020	0.003	0.000
1.646	2.708	0.105	0.105	0.011	0.001	0.000
1.629	2.654	0.089	0.089	0.008	0.001	0.000
1.626	2.643	0.085	0.085	0.007	0.001	0.000
1.593	2.539	0.053	0.053	0.003	0.000	0.000
1.586	2.515	0.045	0.045	0.002	0.000	0.000
1.572	2.471	0.031	0.031	0.001	0.000	0.000
1.568	2.458	0.027	0.027	0.001	0.000	0.000
1.544	2.383	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
1.542	2.377	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
1.540	2.371	0.001	(0.001)	0.000	(0.000)	0.000
1.521	2.312	0.020	(0.020)	0.000	(0.000)	0.000
1.514	2.291	0.027	(0.027)	0.001	(0.000)	0.000
1.504	2.262	0.037	(0.037)	0.001	(0.000)	0.000
1.504	2.262	0.037	(0.037)	0.001	(0.000)	0.000
1.480	2.191	0.060	(0.060)	0.004	(0.000)	0.000
1.466	2.148	0.075	(0.075)	0.006	(0.000)	0.000
1.447	2.093	0.094	(0.094)	0.009	(0.001)	0.000
1.429	2.042	0.112	(0.112)	0.012	(0.001)	0.000
1.421	2.021	0.119	(0.119)	0.014	(0.002)	0.000
30.812	47.569	1.161	0.000	0.101	0.001	0.001

UJI CHI - SQUARE Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

Data Terkecil	=	63	
Data Terbesar	=	216	
Rentang = Data Terbesar - Data Terkecil	=	153	
Banyak Kelas = $1 + 3,3 \log n$	=	5.29	(dibulatkan 5 atau 6)
Panjang Kelas = Rentang / Banyak Kelas	=	30.60	(dibulatkan 30 atau 31)

1. Aplikasi NORMAL

$$f(x) = e^{-0,5 ((x - \mu) / \sigma)^2} / ((2\pi)^{0,5} \sigma)$$

$$e_i = n f_i(x) / \sum f_i(x)$$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	$f(x)$ Distribusi Normal	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	0.0010	0.68	0.151
155.0 - 186.0	170.5	3.00	0.0038	2.59	0.065
124.0 - 155.0	139.5	2.00	0.0080	5.54	2.263
93.0 - 124.0	108.5	7.00	0.0097	6.67	0.016
62.0 - 93.0	77.5	7.00	0.0066	4.52	1.364
$\Sigma :$		20.00	0.0290	20.00	3.859

2. Aplikasi LOG-NORMAL

$$f(x) = e^{-0,5 ((\ln x - \lambda) / \xi)^2} / ((2\pi)^{0,5} \xi x)$$

$$e_i = n f_i(x) / \sum f_i(x)$$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	$f(x)$ Distribusi Log-Normal	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	0.0011	0.72	0.112
155.0 - 186.0	170.5	3.00	0.0028	1.83	0.743
124.0 - 155.0	139.5	2.00	0.0063	4.13	1.102
93.0 - 124.0	108.5	7.00	0.0107	7.07	0.001
62.0 - 93.0	77.5	7.00	0.0095	6.25	0.090
$\Sigma :$		20.00	0.0303	20.00	2.048

3. Aplikasi GUMBEL

$$F(x) = \exp(-\exp(-\pi/\sqrt{6}(x-u)/s))$$

$$u = \mu - (0,577216/\sqrt{6})s$$

$$s^2 = (\sum x^2 - n\mu^2)/(n-1) = \sum (x-\mu)^2/(n-1) = \sigma^2$$

$$e_i = n f_i(x) / \sum f_i(x)$$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	F(x) Distribusi Gumbel	f(x) Distribusi Gumbel	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	0.9646	0.0555	1.16	0.023
155.0 - 186.0	170.5	3.00	0.9091	0.1320	2.76	0.020
124.0 - 155.0	139.5	2.00	0.7771	0.2640	5.53	2.251
93.0 - 124.0	108.5	7.00	0.5131	0.3420	7.16	0.004
62.0 - 93.0	77.5	7.00	0.1711	0.1618	3.39	3.855
31.0 - 62.0	46.5		0.0094			
$\Sigma :$		20.00		0.9553	20.00	6.153

4a. Aplikasi LOG-PEARSON III

(dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 1$)

$$f(x) = -e^{\ln x (\beta - 1) / \beta} / (\beta x)$$

$$\beta = \lambda$$

$$e_i = n f_i(x) / \sum f_i(x)$$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	f(x) Distribusi Log-Pearson III	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	-0.0688	3.65	1.920
155.0 - 186.0	170.5	3.00	-0.0713	3.78	0.160
124.0 - 155.0	139.5	2.00	-0.0744	3.94	0.958
93.0 - 124.0	108.5	7.00	-0.0785	4.16	1.937
62.0 - 93.0	77.5	7.00	-0.0843	4.47	1.430
$\Sigma :$		20.00	-0.3773	20.00	6.404

4b. Aplikasi LOG-PEARSON III**(dengan $y = \ln x$ dan $\gamma = 2$)**

$$f(x) = -\ln x \cdot e^{\ln x (\beta - 1) / \beta} / (\beta^2 x (\ln x + 1)) \quad \beta = \lambda / 2 \quad e_i = n f_i(x) / \sum f_i(x)$$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	$f(x)$ Distribusi Log-Pearson III	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	-0.0159	3.36	1.656
155.0 - 186.0	170.5	3.00	-0.0170	3.59	0.097
124.0 - 155.0	139.5	2.00	-0.0184	3.88	0.914
93.0 - 124.0	108.5	7.00	-0.0203	4.29	1.718
62.0 - 93.0	77.5	7.00	-0.0231	4.88	0.918
$\Sigma :$		20.00	-0.0948	20.00	5.304

4c. Aplikasi LOG-PEARSON III**(dengan $y = \ln \ln x$)**

$$f(x) = e^{-0.5 ((\ln \ln x - \psi) / \zeta)^2} / ((2\pi)^{0.5} \zeta x \ln x \ln \ln x) \quad e_i = n f_i(x) / \sum f_i(x)$$

Interval Kelas	Rerata Interval Kelas	Frekuensi Observasi (n_i)	$f(x)$ Distribusi Log-Pearson III	Frekuensi Teoritis (e_i)	$(n_i - e_i)^2 / e_i $
186.0 - 217.0	201.5	1.00	0.0007	0.66	0.175
155.0 - 186.0	170.5	3.00	0.0016	1.61	1.194
124.0 - 155.0	139.5	2.00	0.0037	3.72	0.796
93.0 - 124.0	108.5	7.00	0.0069	7.01	0.000
62.0 - 93.0	77.5	7.00	0.0069	6.99	0.000
$\Sigma :$		20.00	0.0198	20.00	2.164

UJI SMIRNOV-KOLMOGOROV Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

1. Aplikasi NORMAL

n	x_n	$S_n(x)$	s	F(x)	$ \Delta_n $
1	216.000	1.0000	2.4961	0.9938	0.0062
2	178.500	0.9500	1.5784	0.9427	0.0073
3	164.000	0.9000	1.2236	0.8895	0.0105
4	161.000	0.8500	1.1502	0.8749	0.0249
5	137.000	0.8000	0.5629	0.7490	0.0510
6	132.000	0.7500	0.4405	0.6702	0.0798
7	123.500	0.7000	0.2325	0.5919	0.1081
8	121.000	0.6500	0.1713	0.5680	0.0820
9	108.000	0.6000	-0.1468	0.4416	0.1584
10	107.000	0.5500	-0.1713	0.4319	0.1181
11	106.000	0.5000	-0.1958	0.4223	0.0777
12	97.000	0.4500	-0.4160	0.3386	0.1114
13	94.000	0.4000	-0.4894	0.3123	0.0877
14	90.000	0.3500	-0.5873	0.2785	0.0715
15	90.000	0.3000	-0.5873	0.2785	0.0215
16	81.000	0.2500	-0.8076	0.2097	0.0403
17	76.000	0.2000	-0.9299	0.1762	0.0238
18	70.000	0.1500	-1.0768	0.1401	0.0099
19	65.000	0.1000	-1.1991	0.1153	0.0153
20	63.000	0.0500	-1.2481	0.1056	0.0556
				$ \Delta_n _{\text{maks}} :$	0.1584

2. Aplikasi LOG-NORMAL

n	x_n	$\ln x_n$	$S_n(x)$	s	F(x)	$ \Delta_n $
1	216.000	5.375	1.0000	2.0298	0.9788	0.0212
2	178.500	5.185	0.9500	1.4738	0.9297	0.0203
3	164.000	5.100	0.9000	1.2267	0.8901	0.0099
4	161.000	5.081	0.8500	1.1729	0.8796	0.0296
5	137.000	4.920	0.8000	0.7022	0.7587	0.0413
6	132.000	4.883	0.7500	0.5938	0.7236	0.0264
7	123.500	4.816	0.7000	0.3997	0.6553	0.0447
8	121.000	4.796	0.6500	0.3401	0.6330	0.0170
9	108.000	4.682	0.6000	0.0087	0.5039	0.0961
10	107.000	4.673	0.5500	-0.0185	0.4920	0.0580
11	106.000	4.663	0.5000	-0.0458	0.4801	0.0199
12	97.000	4.575	0.4500	-0.3046	0.3804	0.0696
13	94.000	4.543	0.4000	-0.3962	0.3446	0.0554
14	90.000	4.500	0.3500	-0.5230	0.3005	0.0495
15	90.000	4.500	0.3000	-0.5230	0.3005	0.0005
16	81.000	4.394	0.2500	-0.8302	0.2033	0.0467
17	76.000	4.331	0.2000	-1.0160	0.1539	0.0461
18	70.000	4.248	0.1500	-1.2557	0.1030	0.0470
19	65.000	4.174	0.1000	-1.4718	0.0705	0.0295
20	63.000	4.143	0.0500	-1.5630	0.0590	0.0090
					$ \Delta_n _{\text{maks}} :$	0.0961

3. Aplikasi GUMBEL

n	x_n	$\ln x_n$	$S_n(x)$	s	F(x)	$ \Delta_n $
1	216.000	5.375	1.0000	2.0298	0.9788	0.0212
2	178.500	5.185	0.9500	1.4738	0.9297	0.0203
3	164.000	5.100	0.9000	1.2267	0.8901	0.0099
4	161.000	5.081	0.8500	1.1729	0.8796	0.0296
5	137.000	4.920	0.8000	0.7022	0.7587	0.0413
6	132.000	4.883	0.7500	0.5938	0.7236	0.0264
7	123.500	4.816	0.7000	0.3997	0.6553	0.0447
8	121.000	4.796	0.6500	0.3401	0.6330	0.0170
9	108.000	4.682	0.6000	0.0087	0.5039	0.0961
10	107.000	4.673	0.5500	-0.0185	0.4920	0.0580
11	106.000	4.663	0.5000	-0.0458	0.4801	0.0199
12	97.000	4.575	0.4500	-0.3046	0.3804	0.0696
13	94.000	4.543	0.4000	-0.3962	0.3446	0.0554
14	90.000	4.500	0.3500	-0.5230	0.3005	0.0495
15	90.000	4.500	0.3000	-0.5230	0.3005	0.0005
16	81.000	4.394	0.2500	-0.8302	0.2033	0.0467
17	76.000	4.331	0.2000	-1.0160	0.1539	0.0461
18	70.000	4.248	0.1500	-1.2557	0.1030	0.0470
19	65.000	4.174	0.1000	-1.4718	0.0705	0.0295
20	63.000	4.143	0.0500	-1.5630	0.0590	0.0090
					$ \Delta_n _{\text{maks}} :$	0.0961

4a. Aplikasi LOG-PEARSON III (dengan $\gamma = \ln x$ dan $\gamma = 1$ atau $\gamma = \ln x$ dan $\gamma = 2$)

n	x_n	$\ln x_n$	$S_n(x)$	s	F(x)	$ \Delta_n $
1	216.000	5.375	1.0000	2.0298	0.9788	0.0212
2	178.500	5.185	0.9500	1.4738	0.9297	0.0203
3	164.000	5.100	0.9000	1.2267	0.8901	0.0099
4	161.000	5.081	0.8500	1.1729	0.8796	0.0296
5	137.000	4.920	0.8000	0.7022	0.7587	0.0413
6	132.000	4.883	0.7500	0.5938	0.7236	0.0264
7	123.500	4.816	0.7000	0.3997	0.6553	0.0447
8	121.000	4.796	0.6500	0.3401	0.6330	0.0170
9	108.000	4.682	0.6000	0.0087	0.5039	0.0961
10	107.000	4.673	0.5500	-0.0185	0.4920	0.0580
11	106.000	4.663	0.5000	-0.0458	0.4801	0.0199
12	97.000	4.575	0.4500	-0.3046	0.3804	0.0696
13	94.000	4.543	0.4000	-0.3962	0.3446	0.0554
14	90.000	4.500	0.3500	-0.5230	0.3005	0.0495
15	90.000	4.500	0.3000	-0.5230	0.3005	0.0005
16	81.000	4.394	0.2500	-0.8302	0.2033	0.0467
17	76.000	4.331	0.2000	-1.0160	0.1539	0.0461
18	70.000	4.248	0.1500	-1.2557	0.1030	0.0470
19	65.000	4.174	0.1000	-1.4718	0.0705	0.0295
20	63.000	4.143	0.0500	-1.5630	0.0590	0.0090
					$ \Delta_n _{\text{maks}} :$	0.0961

4b. Aplikasi LOG-PEARSON III

(dengan $y = \ln \ln x$)

n	x_n	$\ln \ln x_n$	$S_n(x)$	s	F(x)	$ \Delta_n $
1	216.000	1.682	1.0000	1.9356	0.9735	0.0265
2	178.500	1.646	0.9500	1.4406	0.9252	0.0248
3	164.000	1.629	0.9000	1.2148	0.8869	0.0131
4	161.000	1.626	0.8500	1.1651	0.8780	0.0280
5	137.000	1.593	0.8000	0.7226	0.7642	0.0358
6	132.000	1.586	0.7500	0.6186	0.7324	0.0176
7	123.500	1.572	0.7000	0.4305	0.6664	0.0336
8	121.000	1.568	0.6500	0.3722	0.6443	0.0057
9	108.000	1.544	0.6000	0.0435	0.5160	0.0840
10	107.000	1.542	0.5500	0.0162	0.5065	0.0435
11	106.000	1.540	0.5000	-0.0114	0.4935	0.0065
12	97.000	1.521	0.4500	-0.2747	0.3936	0.0564
13	94.000	1.514	0.4000	-0.3691	0.3557	0.0443
14	90.000	1.504	0.3500	-0.5009	0.3085	0.0415
15	90.000	1.504	0.3000	-0.5009	0.3085	0.0085
16	81.000	1.480	0.2500	-0.8256	0.2033	0.0467
17	76.000	1.466	0.2000	-1.0258	0.1515	0.0485
18	70.000	1.447	0.1500	-1.2886	0.0985	0.0515
19	65.000	1.429	0.1000	-1.5298	0.0630	0.0370
20	63.000	1.421	0.0500	-1.6328	0.0516	0.0016
					$ \Delta_n _{\text{maks}} :$	0.0840

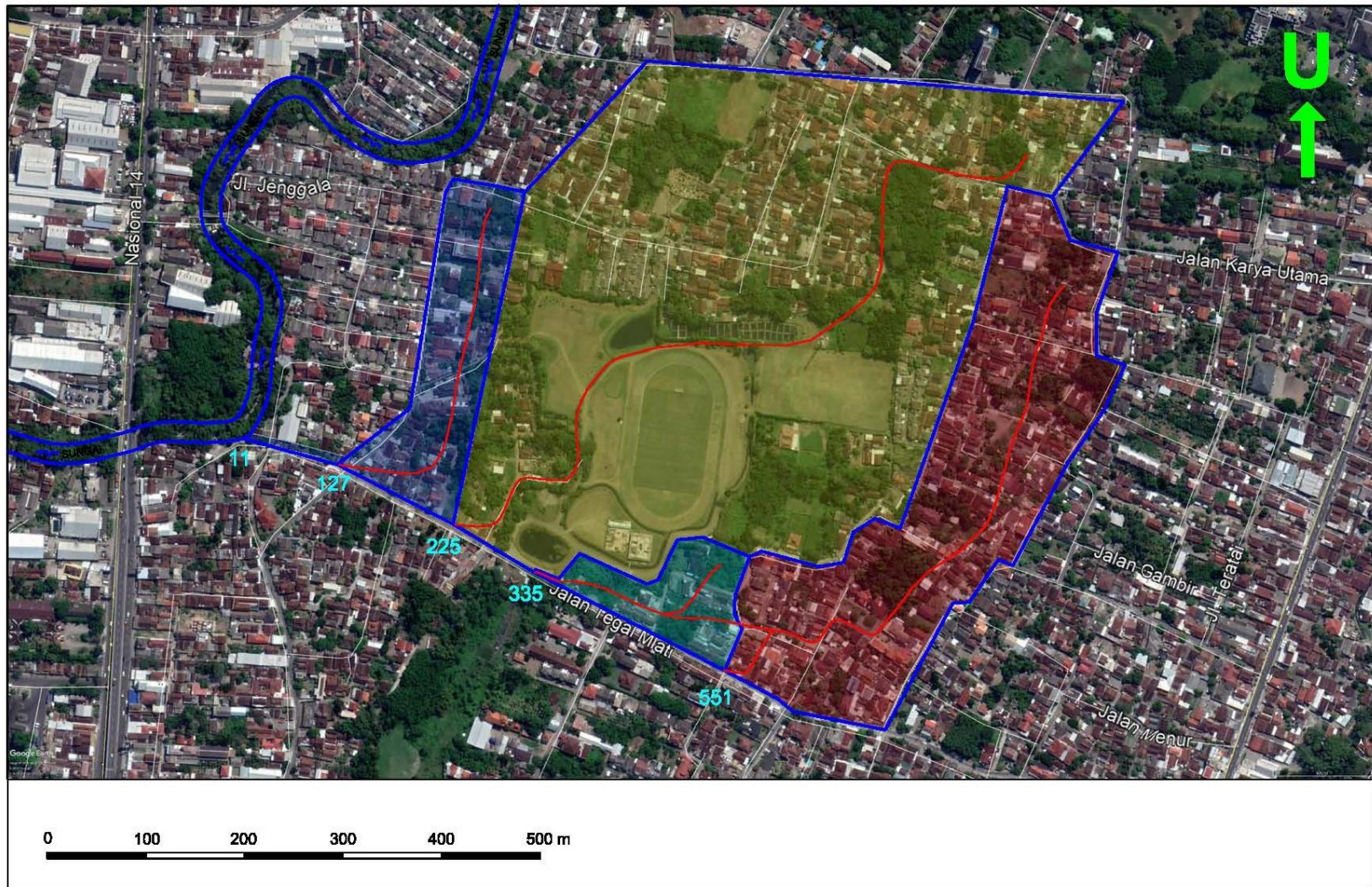
KALA-ULANG Hujan Harian Maksimum DTA Jombor Lor

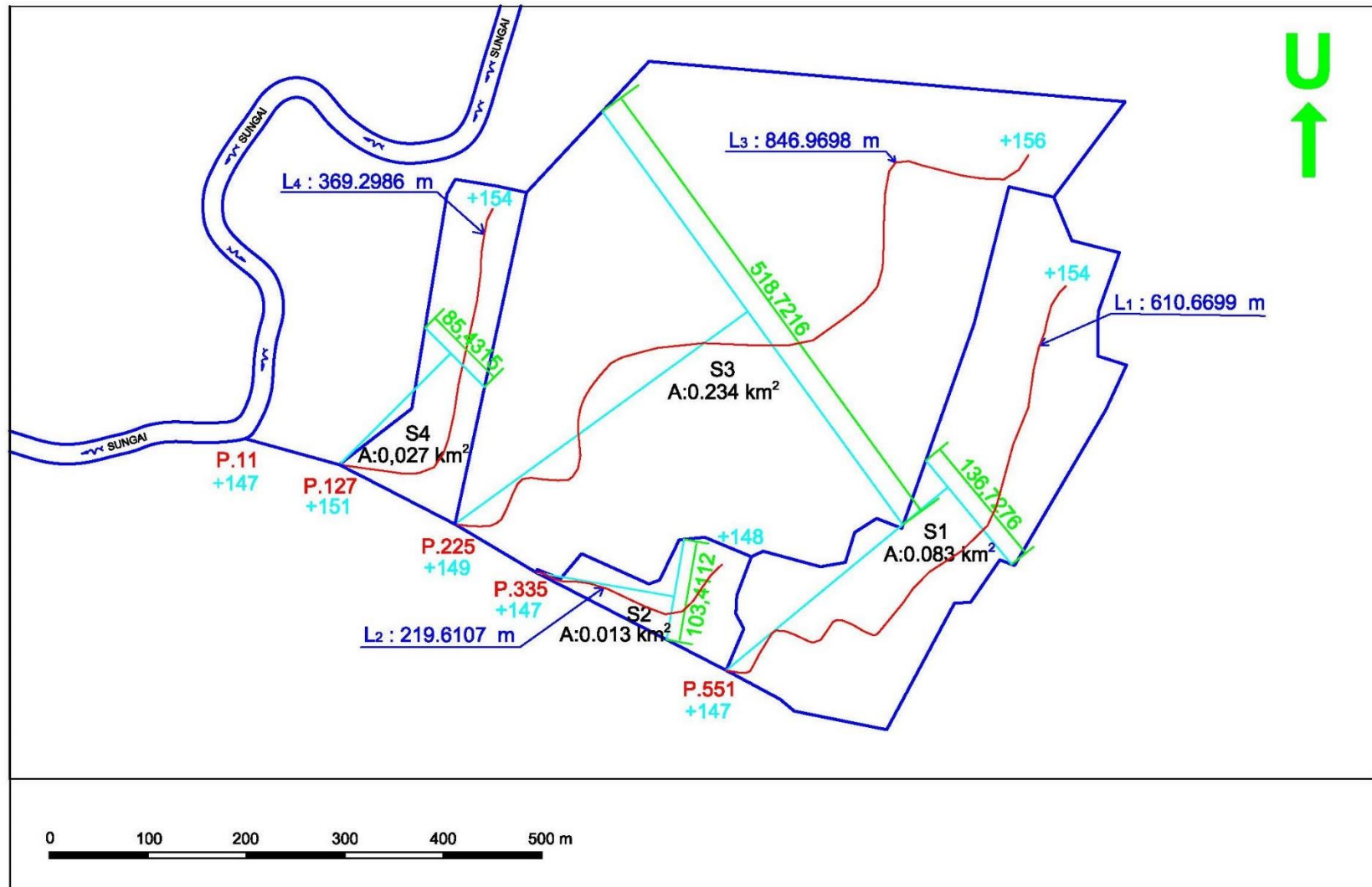
P(x ≥ Xm) Probabilitas	T Kala-Ulang	Karakteristik Debit (m ³ /dt) Menurut Probabilitasnya							
		NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
		X _T	K _T	X _T	K _T	X _T	K _T	X _T	K _T
0.909	1.1	59.440	-1.335	68.119	-1.123	67.744	-1.132	69.052	-1.295
0.5	2	114.000	0.000	107.679	-0.155	107.287	-0.164	106.005	-0.046
0.2	5	148.391	0.842	143.710	0.727	143.400	0.719	142.902	0.825
0.1	10	166.369	1.282	167.113	1.300	167.309	1.305	168.579	1.307
0.05	20	181.214	1.645	189.288	1.842	190.244	1.866	194.163	1.719
0.033	30	188.940	1.834	201.968	2.153	203.437	2.189	209.345	1.939
0.02	50	197.923	2.054	217.784	2.540	219.930	2.592	228.847	2.198
0.01	100	209.062	2.326	239.126	3.062	242.176	3.137	256.160	2.527
0.001	1000	240.277	3.090	310.744	4.815	315.683	4.936	356.230	3.489

Lampiran 3 Metode Penentuan Karakteristik Tiap Sub DTA

Penentuan karakteristik tiap Sub Daerah Tangkapan Air (Sub DTA) dengan menggunakan peta rupa bumi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. *Install* program Autocad di komputer anda;
2. *Download* lokasi penelitian peta rupa bumi dalam format *file image* (Jpeg);
3. Buka program Autocad;
4. *Copy* gambar peta rupa bumi tadi ke *Autocad* dan tentukan skala dengan cara membandingkan antara skala peta rupa bumi dan Autocad;
5. Gambarlah Daerah Tangkapan Air (DTA) lokasi penelitian pada peta rupa bumi, klik menu bar *polyline* kemudian klik kiri sebagai titik awal DTA sampai titik awal DTA lagi dengan elevasi tertinggi (punggungan bukit) sebagai batas DTA, di Autocad dengan *layer* tertentu;
6. Gambarlah Sub Daerah Tangkapan Air (Sub DTA) lokasi penelitian pada peta rupa bumi, dengan cara yang sama seperti nomor 5;
7. Klik kiri kemudian klik kanan garis batas Sub DTA kemudian klik kiri *properties* maka *area* yang muncul merupakan luas Sub DTA;
8. Klik kiri garis batas Sub DTA kemudian klik kiri menu bar *line* kemudian kursor mouse diletakkan di tengah-tengah Sub DTA kemudian akan muncul titik di tengah-tengah Sub DTA, itu merupakan titik berat Sub DTA;
9. Hubungkan Titik Berat Sub DTA dan Titik Pengamatan Sub DTA dengan menu bar *line* kemudian ujung garis di Titik Berat ditarik tegak lurus (90°) kemudian ke-2 ujung garis ditarik sampai dengan garis batas Sub DTA akan didapat lebar Sub DTA, kemudian klik kiri menu *dimension* kemudian klik kiri menu bar *aligned* kemudian klik kiri ujung garis lebar Sub DTA kemudian klik kiri ujung garis Sub DTA yang satunya kemudian kursor mouse digeser ke samping kemudian klik kiri, akan didapat lebar Sub DTA;
10. Gambarlah trase aliran Sub Daerah Tangkapan Air (DTA) dari hulu ke hilir (Titik Pengamatan Sub DTA) lokasi penelitian pada peta rupa bumi dengan elevasi terendah sebagai trase Sub DTA, dengan klik menu bar *polyline* kemudian klik kiri di hulu trase aliran dan buatlah trase aliran Sub DTA sampai dengan di hilir (Titik Pengamatan), kemudian klik kiri *properties* maka *length* yang muncul merupakan panjang Sub DTA.

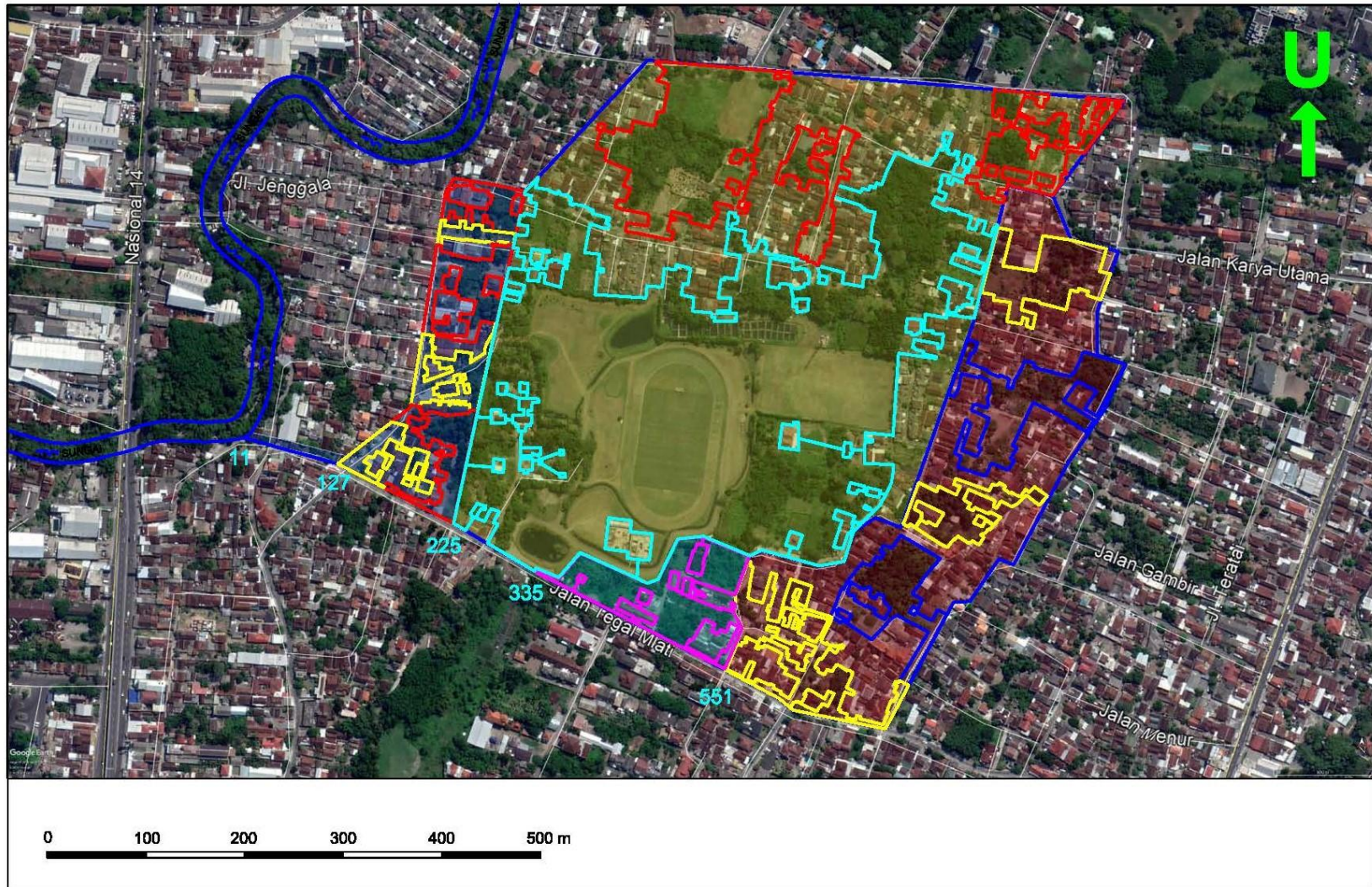




Lampiran 4 Metode Perhitungan Luas Lahan dan Luas Atap dengan Menggunakan RTRW

Metode perhitungan C dilakukan secara detail dengan menggunakan RTRW adalah sebagai berikut:

1. *Install* program Autocad di komputer anda;
2. *Install* program *Google Earth*;
3. Buka program *Google Earth*;
4. Tentukan lokasi penelitian *Google Earth*, agar resolusi gambar penelitian bagus ambil *zoom eye alt* 2000 ft atau 3000 ft;
5. *Save As* gambar *Google Earth* menjadi *file image* (Jpeg);
6. *Copy* gambar *Google Earth* tersebut tadi dengan cara *explore file* tersebut kemudian klik kanan di *file-nya* lalu klik *copy*;
7. Buka program Autocad;
8. Tampilkan gambar *Google Earth* tersebut ke Autocad dengan cara klik kanan pada program Autocad kemudian klik *paste* setelah gambar tersebut tampil pada Autocad, tentukan skala dengan cara membandingkan antara skala *Google Earth* dan Autocad;
9. Langkah-langkah untuk menentukan luas DTA dan luas Sub DTA lokasi penelitian adalah sebagai berikut:
 - a) *Copy* gambar DTA dan Sub DTA yang diperoleh dengan cara menentukan batas DTA dan batas-batas Sub DTA pada peta rupa bumi melalui program Autocad;
 - b) *Block* gambar DTA dan Sub DTA tersebut lalu klik kanan *paste* di *file* Autocad pada peta *Google Earth* tersebut;
 - c) Klik kiri kemudian klik kanan garis batas DTA kemudian klik kiri *properties*, maka area yang muncul merupakan luas DTA;
 - d) Klik kiri kemudian klik kanan garis batas Sub DTA kemudian klik kiri *properties*, maka area yang muncul merupakan luas Sub DTA.
10. Gambarlah batas ruang terbuka Sub DAS dengan cara menjiplak di atas peta *Google Earth* tersebut dengan menggunakan program-program *draw* di *Autocad* dengan *layer* tertentu;
11. Langkah-langkah untuk menentukan luas ruang terbuka Sub DTA lokasi penelitian adalah sebagai berikut:
 - a) Klik kiri kemudian klik kanan garis batas ruang terbuka kemudian klik kiri *properties*, maka area yang muncul merupakan luas ruang terbuka;
 - b) Tentukan luas ruang terbuka Sub DTA dengan cara menjumlahkan luas ruang terbuka yang ada di Sub DTA.
12. Luas Sub DTA dikurangi luas ruang terbuka Sub DTA merupakan luas atap+halaman Sub DTA;
13. 80% dari luas atap + halaman Sub DTA merupakan luas atap Sub DTA;
14. 20% dari luas atap + halaman Sub DTA merupakan luas halaman Sub DTA;
15. Jumlah luas ruang terbuka Sub DTA dan 20% dari luas atap + halaman Sub DTA merupakan luas ruang terbuka + halaman Sub DTA.

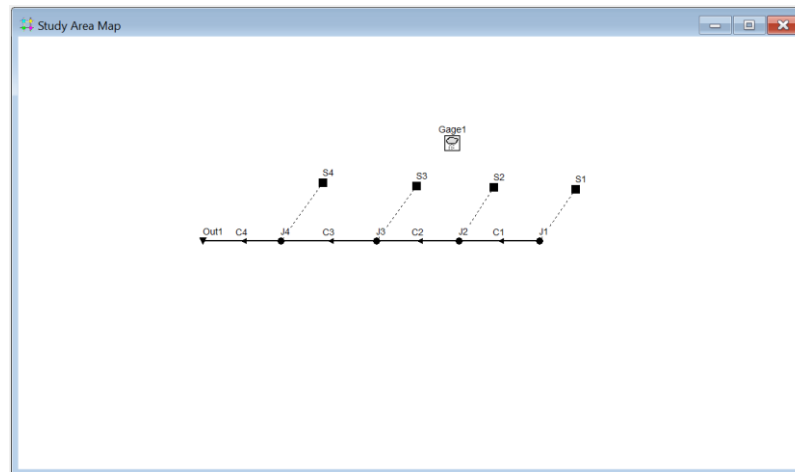


Sub DTA	Luas Sub DTA (m ²)	Luas Ruang Terbuka (m ²)	Luas Atap + Halaman (m ²)	Luas Atap (m ²)	Luas Ruang Terbuka + Halaman (m ²)	Jumlah (m ²)
(1)	(2)	(3)	(4) = (2) - (3)	(5) = 80% (4)	(6) = (3) + 20% (4)	(7) = (5) + (6)
S1	82,554.094	6,728.978 8,744.872 4,119.004 6,242.392 7,362.027 33,197.273	49,356.821	39,485.457 47.83%	43,068.637 52.17%	82,554.094
S2	13,285.071	9,910.267	3,374.804	2,699.843 20.32%	10,585.228 79.68%	13,285.071
S3	233,538.116	19,894.064 4,159.653 6,672.156 131,682.540 162,408.412	71,129.703	56,903.763 24.37%	176,634.353 75.63%	233,538.116
S4	26,617.066	2,203.515 1,031.311 4,190.163 3,002.492 3,849.565 2,174.141 16,451.186	10,165.880	8,132.704 30.55%	18,484.362 69.45%	26,617.066

Lampiran 5 Langkah-langkah Penggunaan SWMM

A. Model Sistem Drainase pada Kawasan Studi

Sistem drainase yang ada dimodelkan seperti ditampilkan pada Gambar 1. Tata letak drainase melayani Sub DTA S1 hingga S4, yang dialirkan melalui saluran C1 hingga C4, dengan titik *inlet* J1 hingga J4, dan akhirnya masuk ke sungai melalui *outlet/outfall* Out1. Setelah dilakukan *setting* dengan *input* data pada masing-masing obyek, kemudian dilakukan simulasi dengan hujan rancangan P_2 sebesar 106 mm dengan lama hujan 6 jam.

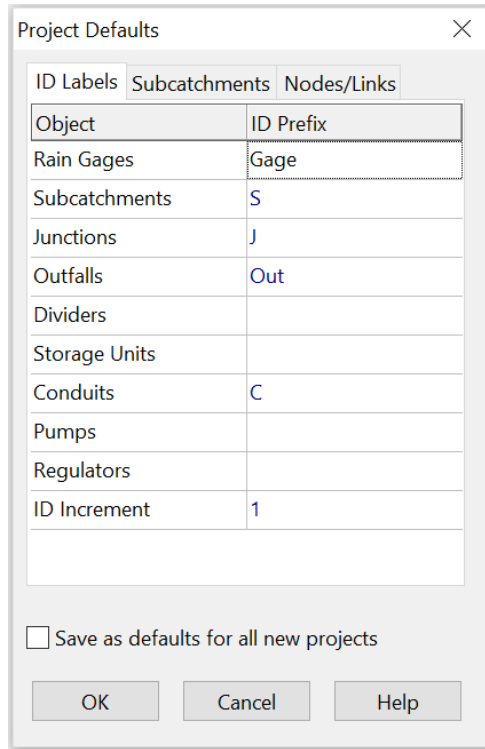


Gambar 1. Model Sistem Drainase pada Kawasan Studi

B. Project Setup

Langkah-langkah dalam pembuatan model sistem drainase dengan program SWMM adalah sebagai berikut :

1. Pilih **File >> New** dari Main Menu untuk membuat proyek baru.
2. Pilih **Project >> Defaults** untuk membuka Project Defaults.
3. Pada form ID Labels masukkan ID Prefixes seperti terlihat pada Gambar 2:



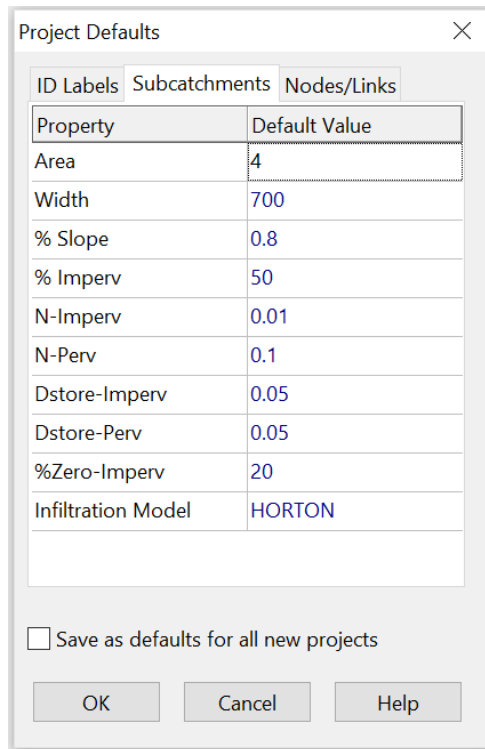
The screenshot shows the 'Project Defaults' dialog box with the 'ID Labels' tab selected. The dialog has a close button (X) in the top right corner. Below the tab headers, there is a table with two columns: 'Object' and 'ID Prefix'. The table contains the following data:

Object	ID Prefix
Rain Gages	Gage
Subcatchments	S
Junctions	J
Outfalls	Out
Dividers	
Storage Units	
Conduits	C
Pumps	
Regulators	
ID Increment	1

Below the table, there is a checkbox labeled 'Save as defaults for all new projects' which is currently unchecked. At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Gambar 2. Pelabelan Default ID

4. Pada form Subcatchments masukkan default values seperti terlihat pada Gambar 3:



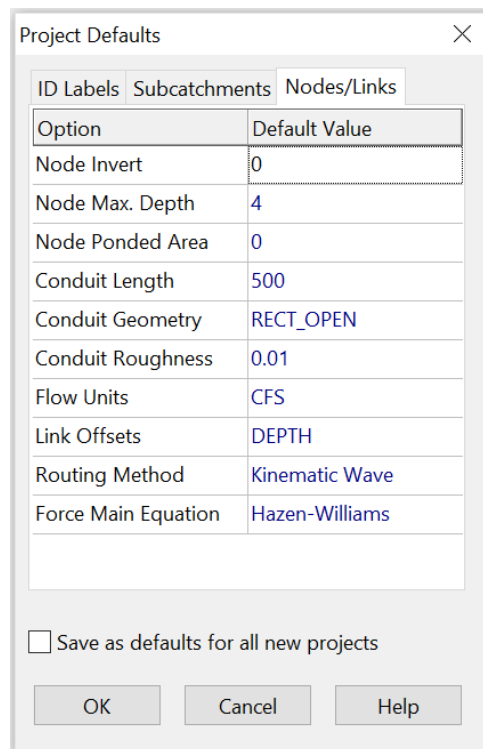
The screenshot shows the 'Project Defaults' dialog box with the 'Subcatchments' tab selected. The dialog has a close button (X) in the top right corner. Below the tab headers, there is a table with two columns: 'Property' and 'Default Value'. The table contains the following data:

Property	Default Value
Area	4
Width	700
% Slope	0.8
% Imperv	50
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	20
Infiltration Model	HORTON

Below the table, there is a checkbox labeled 'Save as defaults for all new projects' which is currently unchecked. At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Gambar 3. Input Data Subcatchment Default

5. Pada form Nodes/Links masukkan default values seperti terlihat pada Gambar 4:



Option	Default Value
Node Invert	0
Node Max. Depth	4
Node Ponded Area	0
Conduit Length	500
Conduit Geometry	RECT_OPEN
Conduit Roughness	0.01
Flow Units	CFS
Link Offsets	DEPTH
Routing Method	Kinematic Wave
Force Main Equation	Hazen-Williams

☐ Save as defaults for all new projects

OK Cancel Help

Gambar 4. Input Data Nodes/Links Default

6. Tekan **OK** untuk menyetujui data masukan tersebut. Apabila data tersebut akan dijadikan default untuk proyek-proyek baru berikutnya, maka centang save box yang ada di bagian bawah form tersebut.

C. Penggambaran Obyek

Obyek yang akan dilakukan penggambaran adalah subcatchments, junctions, conduits, dan rain gages.

1. Subcatchments

- Pilih **Subcatchments** (dalam Hidrology) pada panel Project Browser (sisi kiri dari main window).
- Pilih **Project | Add a New Subcatchment** dari main menu.
- Geser mouse pada salah satu titik sudut lokasi subcatchment *S1* kemudian tekan tombol kiri mouse.
- Dengan cara yang sama geser mouse ke titik-titik sudut lokasi subcatchment *S1* yang lain sehingga membentuk poligon tertutup kemudian tekan tombol kanan mouse.
- Ulangi proses tersebut untuk subcatchment *S2* hingga *S4*. Jika langsung tekan tombol kanan mouse setelah mouse digeser pada outline subcatchment, maka subcatchment hanya akan digambarkan dalam bentuk titik.

2. Junctions

- Pilih **Junctions** (dalam Hydraulics -> Nodes) pada panel Project Browser (sisi kiri dari main window).
- Pilih **Project | Add a New Junction** dari main menu.
- Geser mouse pada posisi junction *J1* kemudian tekan tombol kiri mouse. Lakukan hal yang sama untuk junction *J2* hingga *J4*.

- d. Untuk menambahkan titik outfall, pilih Outfalls dari Project Browser, kemudian pilih **Project | Add a New Outfall** dari main menu, selanjutnya geser mouse pada lokasi outfall kemudian tekan tombol kiri mouse. Sebagai catatan secara otomatis program akan memberikan nama *Out1*.

3. Conduits

- a. Pilih **Conduits** (dalam Hydraulics -> Links) pada panel Project Browser (sisi kiri dari main window).
- b. Pilih **Project | Add a New Conduit** dari main menu. Cursor akan berubah bentuk menjadi tanda silang ketika digeser ke dalam map.
- c. Tekan tombol kiri mouse pada junction *J1*, maka cursor akan berubah bentuk menjadi pensil.
- d. Geser mouse pada posisi junction *J2* kemudian tekan tombol kiri mouse untuk membuat conduit *C1*.
- e. Ulangi prosedur tersebut untuk membuat conduit *C2* hingga *C4*.

4. Rain Gages

- a. Pilih **Rain Gages** (dalam Hidrology) pada panel Project Browser (sisi kiri dari main window).
- b. Pilih **Project | Add a New Rain Gage** dari main menu.
- c. Geser mouse pada lokasi stasiun hujan *Gage1* kemudian tekan tombol kiri mouse.

Hasil dari penggambaran obyek tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Model Sistem Drainase pada Kawasan Studi.

D. Setting Object Properties

SWMM memberikan satu set data sebagai default. Isian data tersebut dapat diganti dengan cara sebagai berikut :

- dobel klik pada obyek penggambaran yang ada di map.
- atau klik kanan pada obyek penggambaran dan pilih Properties.
- atau pilih dari Project Browser dan kemudian klik tombol .

Hasil dari pengisian data yang akan digunakan untuk running adalah sebagai berikut :

Subcatchment S1 ✕

Property	Value
Name	S1
X-Coordinate	7779.828
Y-Coordinate	8142.681
Description	
Tag	
Rain Gage	Gage1
Outlet	J1
Area	20.399561
Width	280.29
% Slope	1.1463
% Imperv	47.83
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	20
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	HORTON
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
N-Perv Pattern	
Dstore Pattern	
Infil. Pattern	

User-assigned name of subcatchment

Gambar 5. Input Data Subcatchment S1

Junction J1	
Property	Value
Name	J1
X-Coordinate	6955.720
Y-Coordinate	6937.269
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	477.690289
Max. Depth	3
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
User-assigned name of junction	

Gambar 6. Input Data Junction *J1*

Conduit C1	
Property	Value
Name	C1
Inlet Node	J1
Outlet Node	J2
Description	
Tag	
Shape	RECT_OPEN
Max. Depth	2.624672
Length	708.661417
Roughness	0.01
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	
User-assigned name of Conduit	

Gambar 7. Input Data Conduit *C1*

Outfall Out1 ✕	
Property	Value
Name	Out1
X-Coordinate	-817.958
Y-Coordinate	6937.269
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	470.472441
Tide Gate	NO
Route To	
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0
Tidal Outfall	
Curve Name	*
Time Series Outfall	
Series Name	*
User-assigned name of outfall	

Gambar 8. Input Data Outfall *Out1*

Rain Gage Gage1 ✕	
Property	Value
Name	Gage1
X-Coordinate	4950.800
Y-Coordinate	9188.192
Description	
Tag	
Rain Format	INTENSITY
Time Interval	1:00
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	TS1
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	IN
User-assigned name of rain gage	

Gambar 9. Input Data Rain Gage *Gage1*

Seperti yang disebutkan diawal, kita akan melakukan simulasi dengan data hujan rancangan P_2 sebesar 106 mm dengan lama hujan 6 jam. Data distribusi hujan jam-jamannya diberi nama *TS1* yang berisi intensitas hujan per jamnya. Langkah pengisian data distribusi hujan jam-jamannya adalah sebagai berikut :

- Pilih **Time Series** (dalam Curves -> Time Series) pada panel Project Browser (sisi kiri dari main window).
- Pilih **Project | Add a Time Series** dari main menu.
- Tulis *TS1* pada kotak Time Series Name.
- Input data distribusi hujan jam-jaman kedalam kolom Time dan Value seperti ditunjukkan pada Gambar 10.
- Untuk melihat grafik time series-nya dapat dilakukan dengan melakukan klik tombol **View**. Klik tombol **OK** untuk menyetujui input data time series-nya.

Time Series Editor

Time Series Name
TS1

Description

☐ Use external data file named below

☒ Enter time series data in the table below

No dates means times are relative to start of simulation.

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	0	0
	1	0.281507
	2	0.418739
	3	2.296616
	4	0.596939
	5	0.333357
	6	0.246070
	7	0

View

OK

Cancel

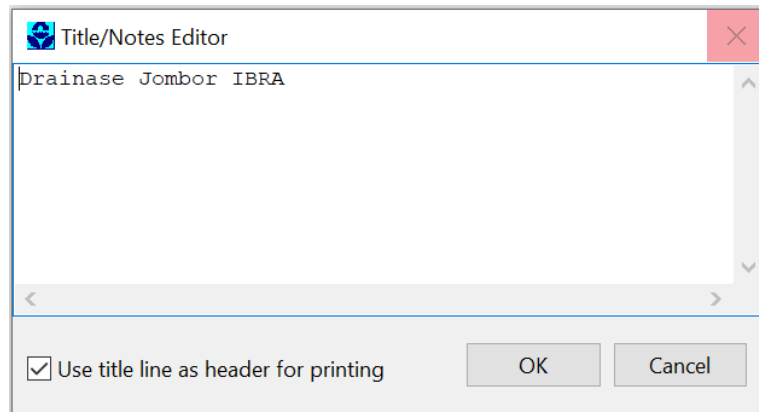
Help

Gambar 10. Input Data Time Series *TS1*

Untuk memberikan judul proyek dan nama file sebagai tempat untuk menyimpan dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- Pilih **Title/Notes** pada panel Project Browser (sisi kiri dari main window) dan kemudian klik tombol .
- Dari dialog Title/Notes Editor yang muncul (lihat Gambar 11), tulis "Drainase Jombor IBRA" sebagai judul proyek dan kemudian klik tombol OK untuk menutup dialog.
- Dari menu **File** pilih **Save As** dari menu pop-up yang muncul.

- d. Dari dialog Save As yang muncul, pilih folder dan file name yang akan digunakan untuk menyimpan proyek. Disarankan nama **DrainaseJomborIBRA.inp** (ekstension inp akan ditambahkan pada nama file).
- e. Klik **Save** untuk menyimpan data proyek kedalam file.

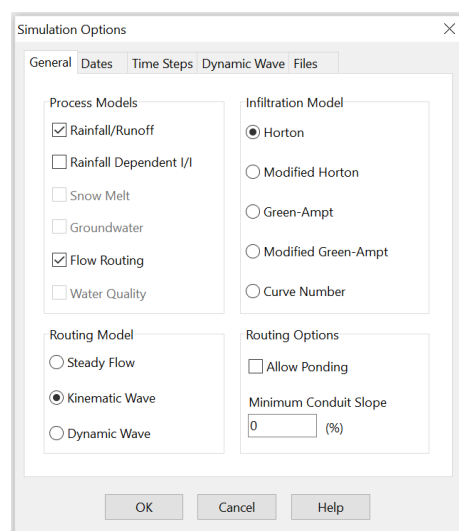


Gambar 11. Input Data Title/Notes

E. Running Simulation

Setting Simulation Options

- a. Pilih **Options** pada panel Project Browser (sisi kiri dari main window) dan kemudian klik tombol .
- b. Pada form **General** dari Simulation Options (lihat Gambar 12), pilih **Kinematic Wave** untuk metode routing aliran, dan **Horton** untuk metode infiltrasi.
- c. Pada form **Dates** dari Simulation Options, pilih 12:00:00 untuk **End Analysis**.
- d. Pada form **Time Steps** dari Simulation Options, pilih 60 seconds untuk **Routing Time Step**.
- e. Klik OK untuk menutup form Simulation Option.



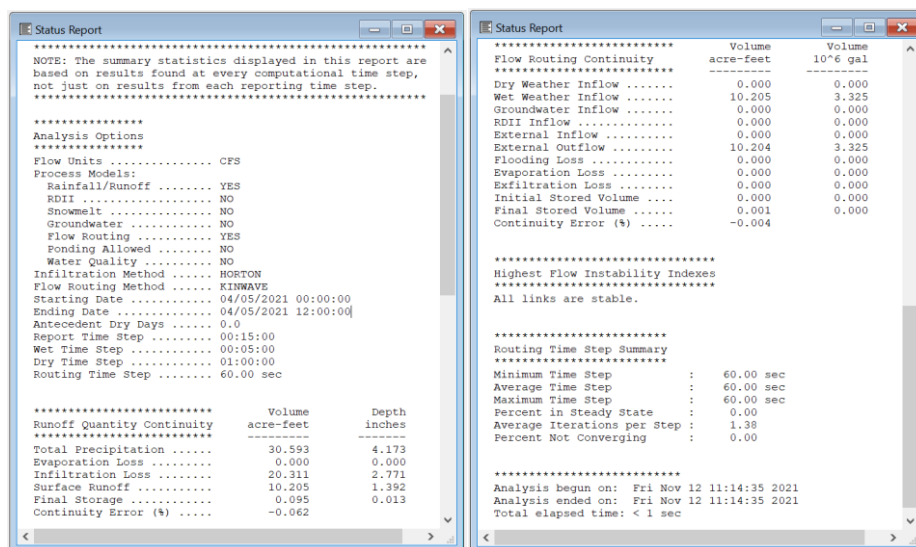
Gambar 12. Form Simulation Option

Starting a Simulation

Untuk mulai melakukan simulasi, pilih **Project >> Run Simulation**. Jika ada masalah dalam proses simulasi, maka pada Status Report akan muncul penjelasan kesalahan yang terjadi. Apabila run simulasi sukses, maka akan muncul form Run Status yang mengatakan “Run was successful” dan penjelasan kualitas simulasi yang ditunjukkan dengan keseimbangan continuity errors untuk runoff dan routing-nya (-0.06% dan -0.01%).

Viewing the Status Report

Dalam Status Report akan diberikan informasi tentang kualitas running simulasi termasuk keseimbangan pada rainfall, infiltration, evaporation, runoff, dan inflow/outflow dari sistem tersebut. Untuk melihat Status Report pilih **Report >> Status** (lihat Gambar 13).



Gambar 13. Tampilan Status Report

Viewing the Summary Report

Summary Report berisi hasil running untuk masing-masing subcatchment runoff, node depth, node inflow, outfall loading, dan link inflow (lihat Gambar 14 sampai dengan Gambar 18).

Summary Results										
Topic: Subcatchment Runoff Click a column header to sort the column.										
Subcatchment	Total Precip in	Total Runon in	Total Evap in	Total Infil in	Imperv Runoff in	Perv Runoff in	Total Runoff in	Total Runoff 10^6 gal	Peak Runoff CFS	Runoff Coeff
S1	4.17	0.00	0.00	1.90	1.98	0.27	2.25	1.25	28.76	0.539
S2	4.17	0.00	0.00	3.15	0.84	0.18	1.02	0.09	2.86	0.244
S3	4.17	0.00	0.00	3.06	1.01	0.10	1.11	1.74	43.58	0.265
S4	4.17	0.00	0.00	2.75	1.27	0.15	1.41	0.25	6.85	0.339

Gambar 14. Tabel Hasil Subcatchment Runoff

Summary Results

Topic: Node Depth Click a column header to sort the column.

Node	Type	Average Depth Feet	Maximum Depth Feet	Maximum HGL Feet	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth	Maximum Reported Depth Feet
J1	JUNCTION	0.42	2.41	480.10	0	04:01	2.40
J2	JUNCTION	0.42	2.41	478.19	0	04:02	2.38
J3	JUNCTION	0.49	2.90	476.88	0	04:01	2.88
J4	JUNCTION	0.52	3.11	475.49	0	04:01	3.08
Out1	OUTFALL	0.52	3.10	473.57	0	04:01	3.07

Gambar 15. Tabel Hasil Node Depth

Summary Results

Topic: Node Inflow Click a column header to sort the column.

Node	Type	Maximum Lateral Inflow CFS	Maximum Total Inflow CFS	Day of Maximum Inflow	Hour of Maximum Inflow	Lateral Inflow Volume 10 ⁶ gal	Total Inflow Volume 10 ⁶ gal	Flow Balance Error Percent
J1	JUNCTION	28.76	28.76	0	04:01	1.25	1.25	0.000
J2	JUNCTION	2.86	31.36	0	04:01	0.0907	1.34	0.000
J3	JUNCTION	43.58	74.80	0	04:01	1.74	3.07	0.000
J4	JUNCTION	6.85	81.31	0	04:01	0.253	3.32	0.000
Out1	OUTFALL	0.00	80.85	0	04:01	0	3.32	0.000

Gambar 16. Tabel Hasil Node Inflow

Summary Results

Topic: Outfall Loading Click a column header to sort the column.

Outfall Node	Flow Freq. Pcnt.	Avg. Flow CFS	Max. Flow CFS	Total Volume 10 ⁶ gal
Out1	90.83	11.33	80.85	3.325

Gambar 17. Tabe Hasil Outfall Loading

Summary Results

Topic: Link Flow Click a column header to sort the column.

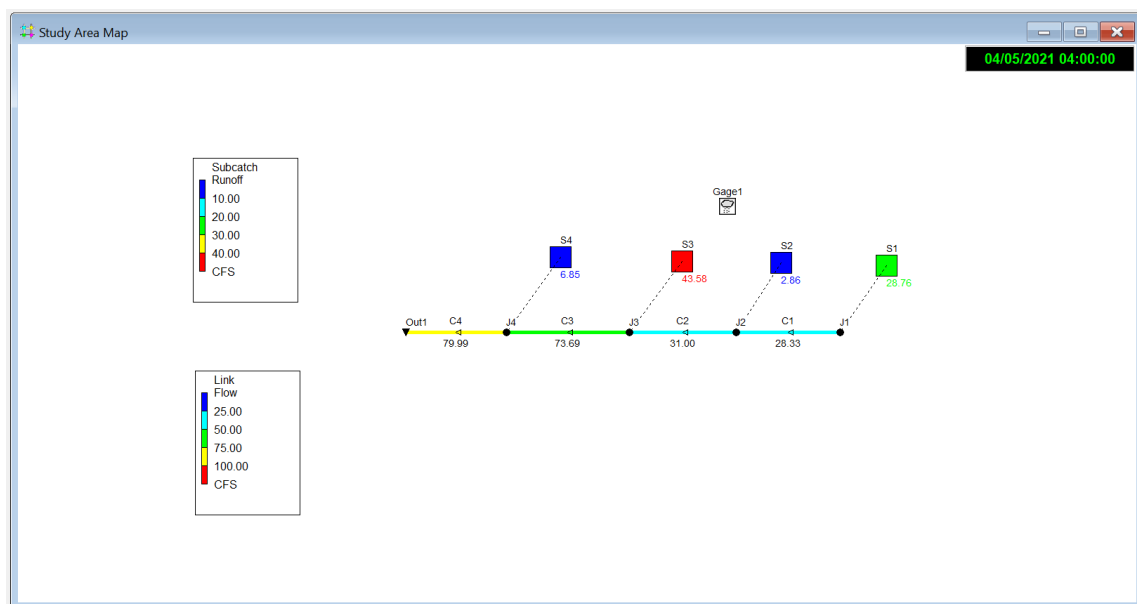
Link	Type	Maximum Flow CFS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum Velocity ft/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
C1	CONDUIT	28.72	0	04:02	6.24	0.90	0.91
C2	CONDUIT	31.34	0	04:02	8.02	0.72	0.76
C3	CONDUIT	74.45	0	04:01	9.89	0.86	0.88
C4	CONDUIT	80.85	0	04:01	10.02	0.93	0.95

Gambar 18. Tabel Hasil Link Flow

Viewing Results on the Map

Hasil simulasi dapat digambarkan pada peta area studi dengan tampilan *color-coded* untuk memberikan gambaran kuantitas hasil simulasinya. Langkah-langkah pengoperasiannya adalah sebagai berikut :

- Pilih **Map** pada panel Project Browser (sisi kiri dari main window).
- Pilih variable yang akan ditampilkan untuk Subcatchments, Nodes, dan Links dari kotak dropdown combo yang muncul seperti pada Gambar 19, dimana subcatchment runoff dan link flow dipilih untuk ditampilkan.
- Pilih **View >> Legends** untuk mengatur penggunaan legenda color-coding yang akan ditampilkan.
- Untuk memindahkan legenda ke tempat lain dapat dilakukan dengan menekan tombol kiri mouse dan menggeser kursor mouse ke tempat yang diinginkan.
- Untuk merubah skala dan warna legenda dapat dilakukan dengan mengklik **View >> Legends >> Modify**, sedangkan untuk merubah ukuran numerik dari subcatchment, node, dan link dapat dilakukan dengan mengklik **Tools >> Map Display Options**.
- Untuk menampilkan hasil simulasi pada waktu tertentu dapat dilakukan dengan memilih waktu yang diinginkan pada kotak Time of Day.
- Untuk menampilkan hasil simulasi sepanjang waktu dapat dilakukan dengan mengklik kotak Animator.



Gambar 19. Tampilan Peta Hasil Simulasi pada Area Studi

Viewing a Time Series Plot

- Pilih **Report >> Graph >> Time Series** pada main menu atau klik  pada Standard Toolbar.
- Form dialog Time Series Plot Selection akan muncul (lihat Gambar 20(a)). Hal ini digunakan untuk memilih obyek dan variabel yang akan di-plot-kan.
- Sebagai contoh akan menampilkan hidrograf banjir pada ruas-ruas saluran, maka klik tombol **Add** untuk masuk ke form dialog Sata Series Selection (lihat Gambar 20(b)).
- Pilih Link conduit C1 dan pilih **Flow** sebagai variabel yang di-plot-kan. Klik tombol Accept untuk kembali ke form dialog Time Series Plot Selection.
- Ulangi langkah tersebut untuk conduit C2, C3, dan C4.
- Klik tombol OK untuk menuju tampilan grafik time series.

(a)

(b)

Time Series Plot Selection

Time Periods

Start Date: 04/05/2021 End Date: 04/05/2021

☒ Elapsed Time ☐ Date/Time

Data Series

+ Add Edit Delete

OK Cancel Help

Data Series Selection

Specify the object and variable to plot:
(Click an object on the map to select it)

Object Type: Link

Object Name: C1

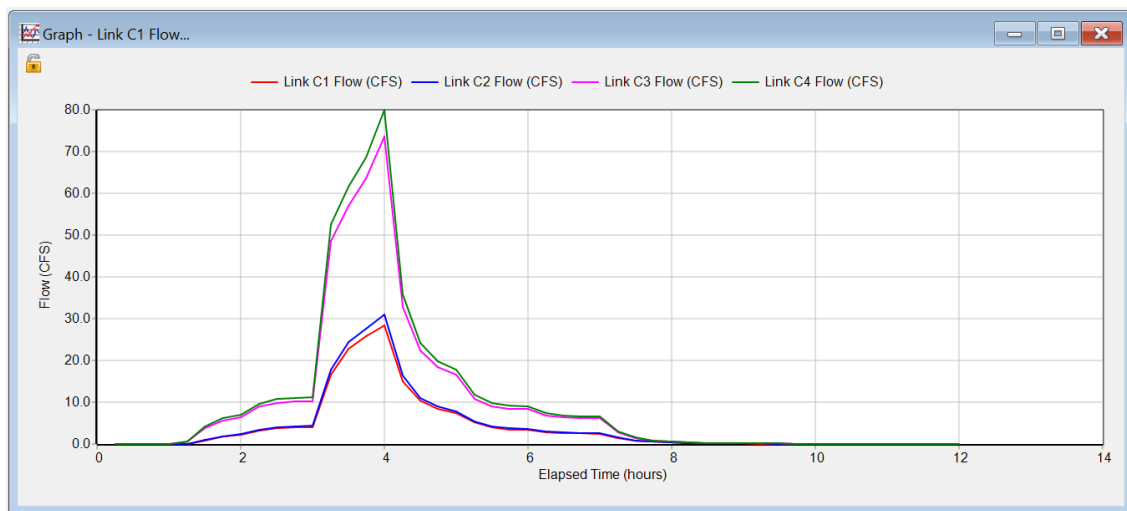
Variable: Flow

Legend Label:

Axis: ☒ Left ☐ Right

Accept Cancel Help

Gambar 20. Form Plotting Time Series



Gambar 21. Hidograf Banjir pada Ruas-ruas Saluran

Viewing a Profile Plot

- Pilih **Report >> Graph >> Profile** pada main menu atau klik  pada Standard Toolbar.
- Tulis J1 pada **Start Node** dan Out1 pada **End Node** (lihat Gambar22).
- Klik tombol Find Path untuk memunculkan jalur saluran antara Start dan End Node yang ditampilkan pada kotak Links in Profile.
- Klik tombol OK untuk menuju tampilan elevasi muka air sepanjang ruas-ruas saluran (lihat Gambar 23). Apabila ingin menampilkan perubahan muka air sepanjang waktu, maka dapat menggunakan tombol Animator pada Map Browser.

Profile Plot Selection

Create Profile

Start Node
J1

End Node
Out1

Find Path

Use Saved Profile

Save Current Profile

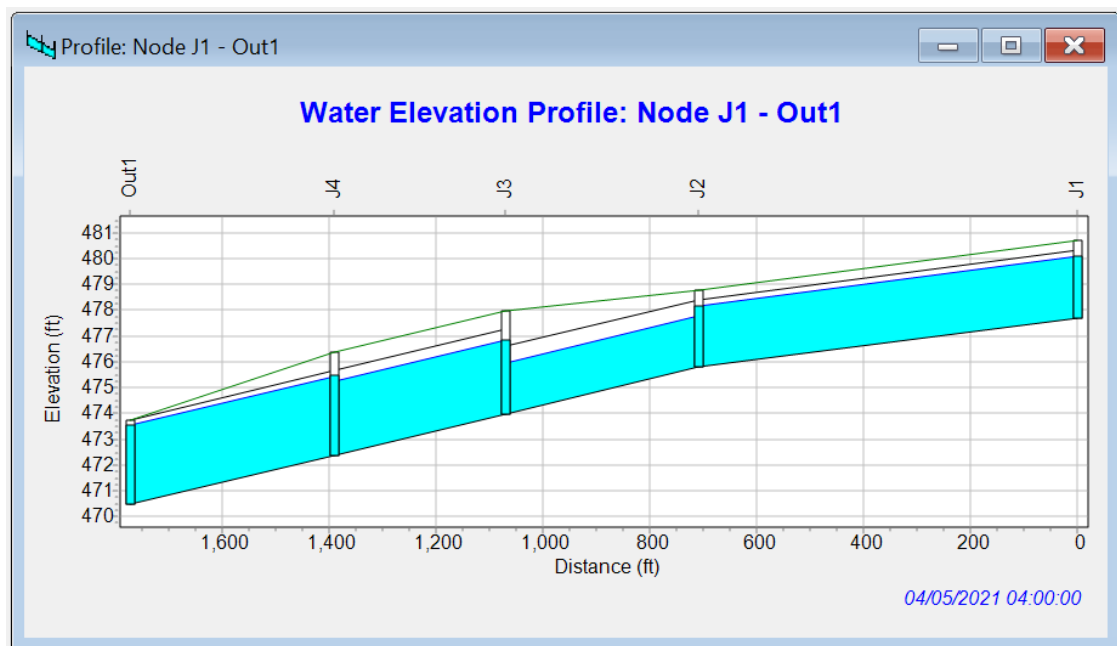
Links in Profile

C1
C2
C3
C4

+ - ↑ ↓ ✕

OK Cancel Help

Gambar 22. Form Profile Plot Selection

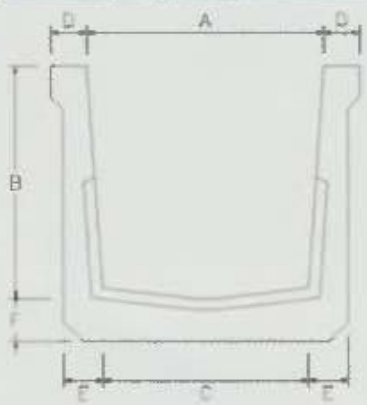
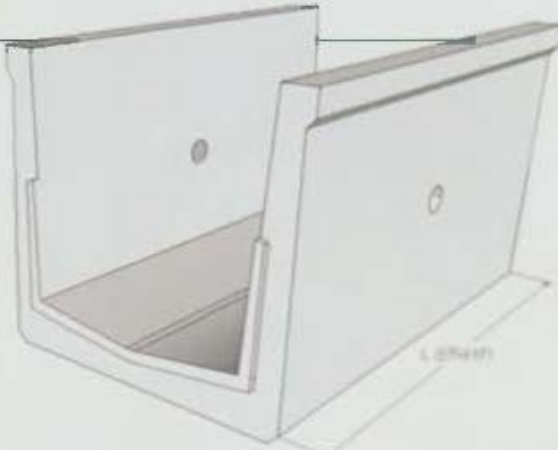


Gambar 23. Elevasi Muka Air Sepanjang Ruas-ruas Saluran

Lampiran 6 Ukuran U-Ditch yang Ada di Pasaran dari Beberapa Produsen

DC DURA CON
Prestar Concrete System

▶ SALURAN U-DITCH

No.	Tipe Produk	Dimensi (mm)						Panjang (L)	Berat Produk (Kg)
		A	B	C	D	E	F		
1	U-Ditch 300 x 300 x 1200	300	300	260	45	50	55	1200	143
2	U-Ditch 300 x 400 x 1200	300	400	250	45	50	55	1200	162
3	U-Ditch 400 x 400 x 1200	400	400	340	55	65	65	1200	231
4	U-Ditch 500 x 500 x 1200	500	500	440	60	75	80	1200	345
5	U-Ditch 600 x 600 x 1200	600	600	520	65	90	95	1200	482
6	U-Ditch 600 x 700 x 1200	600	700	510	65	100	105	1200	580
7	U-Ditch 600 x 800 x 1200	600	800	500	65	100	105	1200	615
8	U-Ditch 800 x 800 x 1200	800	800	700	70	100	100	1200	680
9	U-Ditch 800 x 1000 x 1200	800	1000	670	70	110	120	1200	841
10	U-Ditch 800 x 1200 x 1200	800	1200	640	70	130	115	1200	1009
11	U-Ditch 1000 x 1000 x 1200	1000	1000	870	80	120	120	1200	1021
12	U-Ditch 1000 x 1200 x 1200	1000	1200	845	80	130	135	1200	1191
13	U-Ditch 1200 x 1200 x 1200	1200	1200	1040	80	125	130	1200	1225

Spesifikasi Produk

- Metode Produksi: Cetak Basah (*Wet Cast*)
- Mutu Beton: Rata-rata kuat tekan kubus beton adalah 350 kg/cm² pada umur 28 hari.
- Baja Tulangan: U-50 HDDW (*Hard Drawn Deformed Wire*)
 - Tegangan Leleh ≥ 4500 kg/cm²
 - Tegangan Tarik ≥ 5000 kg/cm²

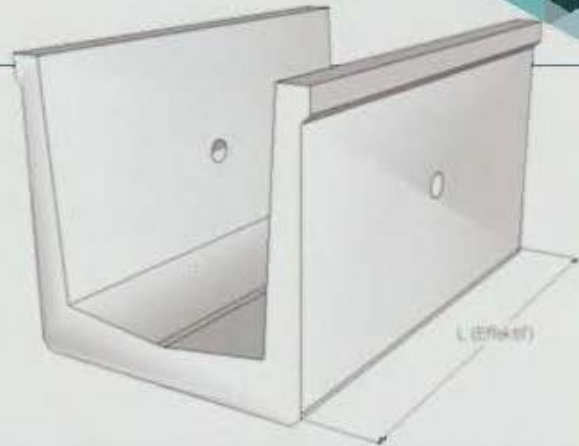
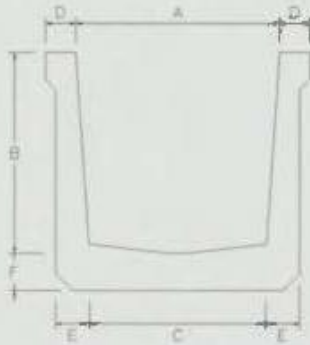
Catatan :

- Dimensi menggunakan satuan millimeter (mm).

Data Spesifikasi dapat berubah tanpa pemberitahuan terlebih dahulu.



SALURAN U-DITCH



No.	Tipe Produk	Dimensi (mm)						Panjang (L)	Berat Produk (Kg)
		A	B	C	D	E	F		
1	U-Ditch 300 x 300 x 1000	300	300	260	45	50	55	1000	119
2	U-Ditch 300 x 400 x 1000	300	400	250	45	50	55	1000	135
3	U-Ditch 300 x 500 x 1000	300	500	240	45	70	70	1000	215
4	U-Ditch 400 x 400 x 1000	400	400	340	55	65	65	1000	193
5	U-Ditch 400 x 500 x 1000	400	500	330	55	70	70	1000	244
6	U-Ditch 400 x 600 x 1000	400	600	320	55	80	85	1000	299
7	U-Ditch 500 x 500 x 1000	500	500	440	60	75	80	1000	288
8	U-Ditch 500 x 600 x 1000	500	600	430	60	80	85	1000	333
9	U-Ditch 500 x 700 x 1000	500	700	410	60	90	90	1000	391
10	U-Ditch 600 x 600 x 1000	600	600	520	65	90	95	1000	401
11	U-Ditch 600 x 700 x 1000	600	700	510	65	100	105	1000	483
12	U-Ditch 600 x 800 x 1000	600	800	500	65	100	105	1000	513
13	U-Ditch 800 x 800 x 1000	800	800	700	70	100	100	1000	567
14	U-Ditch 800 x 900 x 1000	800	900	680	70	110	120	1000	668
15	U-Ditch 800 x 1000 x 1000	800	1000	670	70	110	120	1000	701

Spesifikasi Produk

- Metode Produksi: Cetak Basah (Wet Cast)
- Mutu Beton: Rata-rata kuat tekan kubus beton adalah 350 kg/cm² pada umur 28 hari.
- Baja Tulangan: U-50 HDDW (Hard Drawn Deformed Wire)
 - Tegangan Leleh ≥ 4500 kg/cm²
 - Tegangan Tarik ≥ 5000 kg/cm²

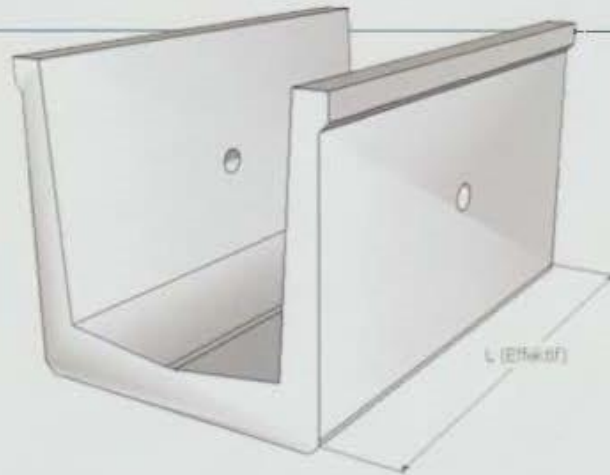
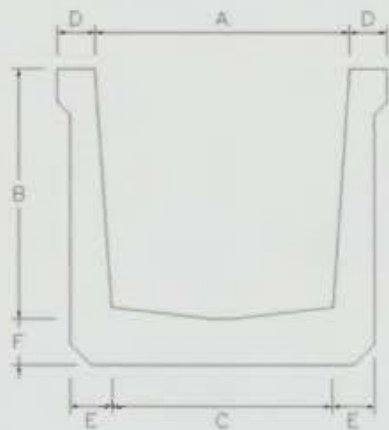
Catatan :

- Dimensi menggunakan satuan millimeter [mm].

Data Spesifikasi dapat berubah tanpa pemberitahuan terlebih dahulu.



SALURAN U-DITCH



No.	Tipe Produk	Dimensi (mm)							Berat Produk (Kg)
		A	B	C	D	E	F	Panjang (L)	
1	U-Ditch 1200 x 1500 x 1000	1200	1500	1000	80	155	160	1000	1413
2	U-Ditch 1400 x 1400 x 1000	1400	1400	1250	90	140	150	1000	1457
3	U-Ditch 1400 x 1600 x 1000	1400	1600	1250	90	140	150	1000	1540
4	U-Ditch 1500 x 1500 x 1000	1500	1500	1350	95	150	150	1000	1616
5	U-Ditch 1600 x 1400 x 1000	1600	1400	1420	100	175	150	1000	1713
6	U-Ditch 1600 x 1600 x 1000	1600	1600	1435	100	165	160	1000	1873
7	U-Ditch 1800 x 1800 x 1000	1800	1800	1615	110	185	195	1000	2439
8	U-Ditch 2000 x 2000 x 1000	2000	2000	1790	130	210	200	1000	2964
9	U-Ditch 2500 x 2300 x 1000	2500	2300	2259	150	240	250	1000	4201

Spesifikasi Produk

- Metode Produksi: Cetak Basah (Wet Cast)
- Mutu Beton: Rata-rata kuat tekan kubus beton adalah 350 kg/cm² pada umur 28 hari.
- Baja Tulangan: U-50 HDDW (Hard Drawn Deformed Wire)
 - Tegangan Leleh ≥ 4500 kg/cm²
 - Tegangan Tarik ≥ 5000 kg/cm²

Catatan :

- Dimensi menggunakan satuan millimeter (mm).
- Data Spesifikasi dapat berubah tanpa pemberitahuan terlebih dahulu.



U - DITCH



Uditch adalah saluran air berbentuk huruf 'u' terbuat dari beton bertulang yang berfungsi untuk menampung dan mengalihkan air hujan.



COVER UDITCH G 5 TON

Cover	Tbl Pinggir	Berat
30 x 120 Cm	8Cm	110Kg
40 x 120 Cm	6Cm	113Kg

COVER UDITCH G 10 TON

Cover	Tbl Pinggir	Berat
30 x 120 Cm	8Cm	109Kg
40 x 120 Cm	8Cm	143Kg

COVER UDITCH G 20 TON

Cover	Tbl Pinggir	Berat
56 x 120 Cm	10Cm	184Kg

G 5 TON

Type Uditch	Tbl Bawah	Dinding	Berat
30 x 30 x 120 Cm	5Cm	5Cm	151Kg
30 x 40 x 120 Cm	5Cm	5Cm	180Kg
30 x 50 x 120 Cm	5Cm	5Cm	209Kg
40 x 40 x 120 Cm	6Cm	6Cm	238Kg
40 x 50 x 120 Cm	6Cm	6Cm	273Kg
40 x 60 x 120 Cm	6Cm	6Cm	308Kg

G 10 TON

Type Uditch	Tbl Bawah	Dinding	Berat
30 x 30 x 120 Cm	7Cm	5Cm	174Kg
30 x 40 x 120 Cm	7Cm	5Cm	203Kg
30 x 50 x 120 Cm	7Cm	5Cm	232Kg
40 x 40 x 120 Cm	8Cm	6Cm	268Kg
40 x 50 x 120 Cm	8Cm	6Cm	303Kg
40 x 60 x 120 Cm	8Cm	6Cm	372Kg

G 20 TON

Type Uditch	Tbl Bawah	Dinding	Berat
40 x 40 x 120 Cm	10Cm	8Cm	353Kg
40 x 50 x 120 Cm	10Cm	8Cm	399Kg
40 x 60 x 120 Cm	10Cm	8Cm	445Kg

Jual U Ditch (Saluran Beton) Precast / Pracetak – Pabrik U Ditch Megacon

megaconbeton.com/produk/u-ditch

PC U-DITCH



U-DITCH



PRECAST CONCRETE PRODUCT

Saluran U Ditch merupakan saluran drainase air dari beton bertulang berpenampang type U. Dimensi saluran ini dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan pelanggan.

Spesifikasi dan Dimensi Ukuran, Silahkan Lihat pada Tabel yang tertera dibawah ini.

No	Type Width x Height	Dimension (mm)										Estimated Weight (Kg)
		A	A1	B	C	D	T	L eff.	t	t1	x	
1	U 300 x 300	300	300	280	390	60	45	1200	180	180	40	177
2	U 300 x 400	300	400	280	390	60	45	1200	180	280	40	193
3	U 300 x 500	300	500	280	390	60	45	1200	180	380	40	220
4	U 400 x 400	400	400	390	500	70	50	1200	235	235	70	247
5	U 400 x 500	400	500	390	500	70	50	1200	235	335	70	279
6	U 400 x 600	400	600	390	500	70	50	1200	235	435	70	310
7	U 500 x 500	500	500	488	640	70	70	1200	285	285	70	367
8	U 500 x 600	500	600	488	640	70	70	1200	285	385	70	411
9	U 500 x 700	500	700	488	640	70	70	1200	285	485	70	454
10	U 600 x 600	600	600	586	740	70	70	1200	335	335	70	436



K H . BETON

Ds. Jomboran, Mojosongo, Boyolali
Telp. 0276 - 320015 Phone. 0815-2785-5785.
email . khbetonhpc@gmail.com

Dimensi cm lebar X tinggi X panjang	Tebal (mm)	Satuan
30 x 20 x 120	50	pcs
30 x 30 x 120	50	pcs
30 x 40 x 120	50	pcs
30 x 50 x 120	50	pcs
40 x 40 x 120	60	pcs
40 x 50 x 120	60	pcs
40 x 60 x 120	60	pcs
50 x 50 x 120	70	pcs
50 x 60 x 120	70	pcs
50 x 70 x 120	70	pcs
50 x 50 x 120	100	pcs
50 x 60 x 120	100	pcs
50 x 70 x 120	100	pcs
60 x 60 x 120	70	pcs
60 x 70 x 120	70	pcs
60 x 80 x 120	70	pcs
60 x 60 x 120	100	pcs
60 x 70 x 120	100	pcs
60 x 80 x 120	100	pcs
80 x 80 x 120	80	pcs
80 x 100 x 120	80	pcs
80 x 80 x 120	100	pcs
80 x 100 x 120	100	pcs
100 x 100 x 120	100	pcs
100 x 120 x 120	100	pcs
100 x 140 x 120	100	pcs
120 x 120 x 120	100	pcs
120 x 140 x 120	100	pcs
120 x 160 x 120	100	pcs
Cover U-ditch		
400 x 120	100	pcs
500 x 120	100	pcs
600 x 120	100	pcs
800 x 120	100	pcs
120 x 120	100	pcs
Box Culvert		
80 x 80 x 100	95	pcs
100 x 100 x 100	115	pcs
120 x 120 x 100	135	pcs

Dimensi Produk

U DITCH

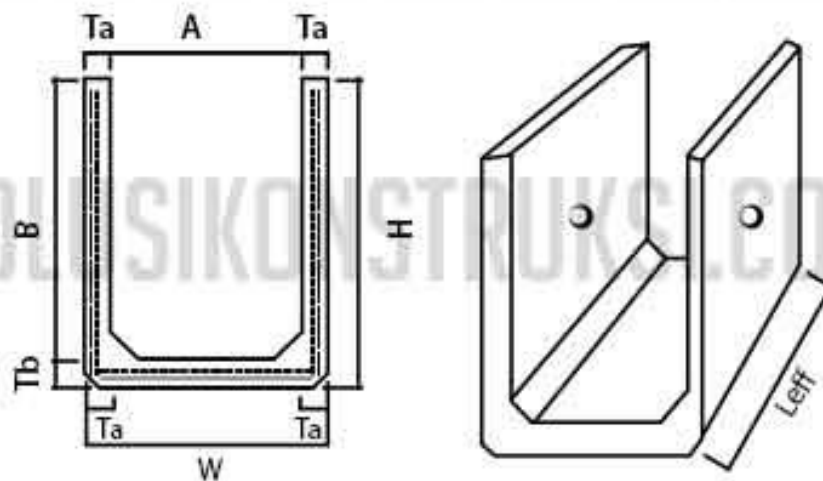


No	Tipe Produk	Dimensi (mm)								Berat Produk (kg)
		A	B	W	H	Ta	Tb	Tw	Leff	
1	U-Ditch 30 x 30 x 120	300	300	400	360	50	60	60	1200	177
2	U-Ditch 30 x 40 x 120	296	400	400	460	52	60	60	1200	193
3	U-Ditch 30 x 50 x 120	300	500	400	560	50	60	60	1200	220
4	U-Ditch 40 x 40 x 120	400	400	500	475	50	75	65	1200	247
5	U-Ditch 40 x 50 x 120	394	500	510	575	58	75	70	1200	279
6	U-Ditch 40 x 60 x 120	400	600	510	675	55	75	70	1200	310
7	U-Ditch 50 x 50 x 120	500	500	635	575	68	75	90	1200	367
8	U-Ditch 50 x 70 x 120	495	700	635	775	70	75	90	1200	454
9	U-Ditch 60 x 60 x 120	598	600	740	680	76	80	90	1200	436
10	U-Ditch 60 x 70 x 120	594	700	740	780	73	80	90	1200	479
11	U-Ditch 60 x 80 x 120	600	800	740	880	70	70	90	1200	522
12	U-Ditch 80 x 80 x 120	794	800	940	900	73	100	85	1200	657
13	U-Ditch 80 x 100 x 120	800	1000	940	1100	70	100	85	1200	749
14	U-Ditch 100 x 100 x 120	993	1000	1180	1110	94	110	110	1200	1124
15	U-Ditch 100 x 120 x 120	1000	1200	1180	1310	90	110	110	1200	1259
16	U-Ditch 120 x 120 x 120	1194	1200	1400	1320	103	120	120	1200	1629



PT. INDOJAYA MITRA PERKASA

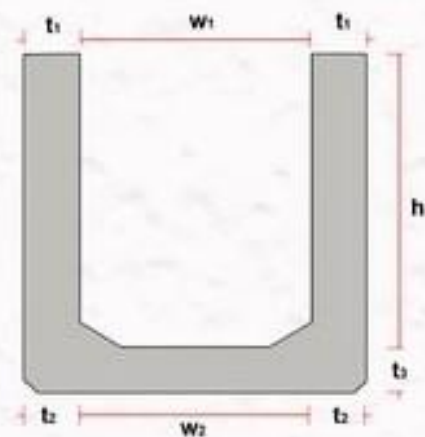
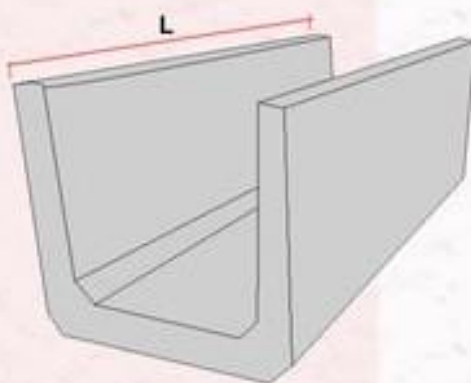
NO	TIPE U DITCH	DIMENSI (mm)								BERAT (Kg)
		A	B	W	H	Ta	Tb	Tw	Leff	
1	U-Ditch 30x30x120	300	300	400	360	50	60	60	1200	177
2	U-ditch 30x40x120	296	400	400	460	52	60	60	1200	193
3	U-Ditch 30x50x120	300	500	400	560	50	60	60	1200	220
4	U-Ditch 40x40x120	400	400	500	475	50	75	65	1200	247
5	U-Ditch 40x50x120	394	500	510	575	58	75	70	1200	279
6	U-Ditch 40x60x120	400	600	510	675	55	75	70	1200	310
7	U-Ditch 50x50x120	500	500	635	575	68	75	90	1200	367
9	U-Ditch 50x70x120	495	700	635	775	70	75	90	1200	454
10	U-Ditch 60x60x120	598	600	740	680	76	80	90	1200	436
11	U-Ditch 60x70x120	594	700	740	780	73	80	90	1200	479
12	U-Ditch 60x80x120	600	800	740	880	70	70	90	1200	522
13	U-Ditch 80x80x120	794	800	940	900	73	100	85	1200	657
14	U-Ditch 80x100x120	800	1000	940	1100	70	100	85	1200	749
15	U-Ditch 100x100x120	993	1000	1180	1110	94	110	110	1200	1124
16	U-Ditch 100x120x120	1000	1200	1180	1310	90	110	110	1200	1259
17	U-Ditch 120x120x120	1194	1200	1400	1320	103	120	120	1200	1629



U-Ditch



Type	w1	h	w2	t1	t2	t3	L
30 x 30	300	300	277	47	57	60	1200
30 x 40	300	400	277	47	57	60	1200
30 x 50	300	500	277	47	57	60	1200
40 x 40	400	400	367	52	67	70	1200
40 x 50	400	500	367	52	67	70	1200
40 x 60	400	600	367	52	67	70	1200
60 x 60	600	600	570	62	75	77	1200
60 x 80	600	800	570	62	75	77	1200
80 x 80	800	800	750	67	85	85	1200
80 x 100	800	1000	750	67	85	85	1200
100 x 100	1000	1000	950	75	100	100	1200



Lampiran 7 Hasil Hitungan Program EPA SWMM 5.1

Summary Results

Topic: Subcatchment Runoff Click a column header to sort the column.

Subcatchment	Total Precip in	Total Runon in	Total Evap in	Total Infil in	Imperv Runoff in	Perv Runoff in	Total Runoff in	Total Runoff 10 ⁶ gal	Peak Runoff CFS	Runoff Coeff
S1	4.17	0.00	0.00	1.90	1.98	0.27	2.25	1.25	28.76	0.539
S2	4.17	0.00	0.00	3.15	0.84	0.18	1.02	0.09	2.86	0.244
S3	4.17	0.00	0.00	3.06	1.01	0.10	1.11	1.74	43.58	0.265
S4	4.17	0.00	0.00	2.75	1.27	0.15	1.41	0.25	6.85	0.339

Summary Results

Topic: Node Depth Click a column header to sort the column.

Node	Type	Average Depth Feet	Maximum Depth Feet	Maximum HGL Feet	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth	Maximum Reported Depth Feet
J1	JUNCTION	0.42	2.41	480.10	0	04:01	2.40
J2	JUNCTION	0.42	2.41	478.19	0	04:02	2.38
J3	JUNCTION	0.49	2.90	476.88	0	04:01	2.88
J4	JUNCTION	0.52	3.11	475.49	0	04:01	3.08
Out1	OUTFALL	0.52	3.10	473.57	0	04:01	3.07

Summary Results

Topic: **Node Inflow** Click a column header to sort the column.

Node	Type	Maximum Lateral Inflow CFS	Maximum Total Inflow CFS	Day of Maximum Inflow	Hour of Maximum Inflow	Lateral Inflow Volume 10 ⁶ gal	Total Inflow Volume 10 ⁶ gal	Flow Balance Error Percent
J1	JUNCTION	28.76	28.76	0	04:01	1.25	1.25	0.000
J2	JUNCTION	2.86	31.36	0	04:01	0.0907	1.34	0.000
J3	JUNCTION	43.58	74.80	0	04:01	1.74	3.07	0.000
J4	JUNCTION	6.85	81.31	0	04:01	0.253	3.32	0.000
Out1	OUTFALL	0.00	80.85	0	04:01	0	3.32	0.000

Summary Results

Topic: **Outfall Loading** Click a column header to sort the column.

Outfall Node	Flow Freq. Pcnt.	Avg. Flow CFS	Max. Flow CFS	Total Volume 10 ⁶ gal
Out1	90.83	11.33	80.85	3.325

Summary Results							
Topic: Link Flow		Click a column header to sort the column.					
Link	Type	Maximum Flow CFS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum Velocity ft/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
C1	CONDUIT	28.72	0	04:02	6.24	0.90	0.91
C2	CONDUIT	31.34	0	04:02	8.02	0.72	0.76
C3	CONDUIT	74.45	0	04:01	9.89	0.86	0.88
C4	CONDUIT	80.85	0	04:01	10.02	0.93	0.95

Lampiran 8 Hasil Pengujian Permeabilitas Lapangan

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JANABADRA Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231					
<u>PENGUJIAN PERMEABILITAS LAPANGAN</u>					
Lokasi		: Jl. Tegal Mlati, Jombor Lor, sinduadi, Mlati, Sleman			
Nomer Titik		: I (Utara Jalan)			
Kedalaman		: -			
Tanggal		: Desember 2020			
Contoh Tanah		: <i>Undisturbed</i>			
No.	Pemeriksaan		Hasil Pemeriksaan		
			II	III	IV
1	Diameter pipa, d	cm	6.95	6.95	6.95
2	Diameter Tanah, D	cm	6.95	6.95	6.95
3	Luas Penampang Pipa, a	cm ²	37.92	37.92	37.92
4	Luas Penampang Tanah, A	cm ²	37.92	37.92	37.92
5	Tinggi Tanah, L	cm	13.70	13.70	13.70
6	Waktu, t	detik	3.00E+02	3.00E+02	3.00E+02
7	Tinggi muka air awal, h1	cm	29.30	29.30	29.30
8	Tinggi muka air akhir, h2	cm	11.30	11.30	12.30
9	Koef Permeabilitas, k	cm/detik	4.35E-02	4.35E-02	3.96E-02
10	Koef Permeabilitas rata-rata, k	cm/detik	4.22E-02		

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JANABADRA Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231					
<u>PENGUJIAN PERMEABILITAS LAPANGAN</u>					
Lokasi		: Jl. Tegal Mlati, Jombor Lor, sinduadi, Mlati, Sleman			
Nomer Titik		: I (Selatan Jalan)			
Kedalaman		: -			
Tanggal		: Desember 2020			
Contoh Tanah		: <i>Undisturbed</i>			
No.	Pemeriksaan		Hasil Pemeriksaan		
			I	II	
1	Diameter pipa, d	cm	6.99	6.99	
2	Diameter Tanah, D	cm	6.99	6.99	
3	Luas Penampang Pipa, a	cm ²	38.36	38.36	
4	Luas Penampang Tanah, A	cm ²	38.36	38.36	
5	Tinggi Tanah, L	cm	16.00	16.00	
6	Waktu, t	detik	3.60E+03	3.60E+03	
7	Tinggi muka air awal, h1	cm	27.00	27.00	
8	Tinggi muka air akhir, h2	cm	25.31	25.80	
9	Koef Permeabilitas, k	cm/detik	2.87E-04	2.02E-04	
10	Koef Permeabilitas rata-rata, k	cm/detik	2.45E-04		



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JANABADRA**

Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231

PENGUJIAN PERMEABILITAS LAPANGAN

Lokasi : Jl. Tegal Mlati, Jombor Lor, sinduadi, Mlati, Sleman
Nomer Titik : 2 (Selatan Jalan)
Kedalaman : -
Tanggal : Desember 2020
Contoh Tanah : *Undisturbed*

No.	Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	
		I	II
1	Diameter pipa, d cm	6.99	6.99
2	Diameter Tanah, D cm	6.99	6.99
3	Luas Penampang Pipa, a cm ²	38.36	38.36
4	Luas Penampang Tanah, A cm ²	38.36	38.36
5	Tinggi Tanah, L cm	15.80	15.80
6	Waktu, t detik	3.60E+03	3.60E+03
7	Tinggi muka air awal, h ₁ cm	25.50	25.50
8	Tinggi muka air akhir, h ₂ cm	23.57	23.58
9	Koef Permeabilitas, k cm/detik	3.45E-04	3.44E-04
10	Koef Permeabilitas rata-rata, k cm/detik	3.44E-04	