REVIEW SISTEM DRAINASE MENGGUNAKAN EPA SWMM 5.2 SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN GENANGAN DI PERUMAHAN WAHID FTI KELURAHAN BLOTONGAN KECAMATAN SIDOREJO KOTA SALATIGA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS
Disusun Oleh:

HONKY ANDRES SARIF **NIM. 24210007**

AFIFAH AINUN FITRI **NIM. 24210048**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN (GUPPI)
UNGARAN
2026

LEMBAR PERSETUJUAN

REVIEW SISTEM DRAINASE MENGGUNAKAN EPA SWMM SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN GENANGAN DI PERUMAHAN WAHID FTI KELURAHAN BLOTONGAN KECAMATAN SIDOREJO KOTA SALATIGA

Disusun Oleh:

AFIFAH AINUN FITRI	**NIM. 24210048**
HONKY ANDRES SARIF	**NIM. 24210007**

Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Diperiksa dan Disetujui

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Ratih Pujiastuti, ST, MT.	**Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST, M.Eng**
NIDN. 0623068302	NIDN. 0617019402

LEMBAR PENGESAHAN

REVIEW SISTEM DRAINASE MENGGUNAKAN EPA SWMM 5.2 SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN GENANGAN DI PERUMAHAN WAHID FTI KELURAHAN BLOTONGAN KECAMATAN SIDOREJO KOTA SALATIGA

Disusun Oleh:

HONKY ANDRES SARIF **NIM. 24210007**

AFIFAH AINUN FITRI **NIM. 24210048**

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :

14 Oktober 2026

Tugas akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji :

Ketua	: Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT.	( )
Anggota	: Ratih Pujiastuti, ST., MT.	( )
Anggota	: Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M.Eng.	( )

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT.

NIDN. 0604089203

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Afifah Ainun Fitri
   NIM : 24210048
   Judul : Review Sistem Drainase Menggunakan Epa Swmm Sebagai Upaya Pengendalian Genangan di Perumahan Wahid FTI Kelurahan Blotongan Kecamatan Sidorejo Kota Salatiga
2. Nama : Honky Andres Sarif
   NIM : 24210007
   Judul : Review Sistem Drainase Menggunakan Epa Swmm Sebagai Upaya Pengendalian Genangan di Perumahan Wahid FTI Kelurahan Blotongan Kecamatan Sidorejo Kota Salatiga

Menyatakan bahwa naskah Skripsi Tugas Akhir ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian / karya sendiri, kecuali pada bagian – bagian yang dirujuk sumbernya.

Ungaran, Oktober 2026

Yang membuat pernyataan

Penyusun

Afifah Ainun Fitri
NIM. 24210048

Honky Andres Sarif
NIM. 24210007

ABSTRAK

Perumahan Wahid FTI yang terletak di Kelurahan Blotongan, Kecamatan Sidorejo, Kota Salatiga, dibangun di atas lahan seluas ±28.682 m² dengan perbedaan elevasi mencapai 34 meter. Kondisi topografi yang curam ini menyebabkan aliran limpasan permukaan bergerak cepat menuju titik terendah perumahan. Walaupun pada tengah perumahan terdapat saluran kota yang menerima limpasan dari daerah perumahan bagian atas limpasan dari perumahan bagian bawah tetap mengalir ke titik terendah perumahan. Meskipun kolam resapan telah dibangun di titik terendah tersebut, fasilitas ini belum mampu mengakomodasi seluruh limpasan permukaan. Ketidakoptimalan sistem drainase eksisting ini berpotensi menimbulkan genangan dan melimpas ke permukiman padat penduduk di bawahnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi drainase eksisting, merencanakan jaringan drainase yang optimal, menghitung dimensi kolam retensi, serta menentukan kapasitas pompa yang dibutuhkan sebagai upaya pengendalian genangan. Metode penelitian diawali dengan identifikasi awal dan pengumpulan data primer serta sekunder. Analisis hidrologi dan pemodelan spasial drainase kemudian dilakukan untuk mensimulasikan kondisi hidraulika kawasan menggunakan perangkat lunak *Storm Water Management Model* (EPA SWMM 5.2). Jika simulasi menunjukkan adanya titik luapan (*flooding point*), maka akan dilakukan rekayasa sistem berupa perencanaan kolam retensi sebagai tampungan sementara dan rumah pompa untuk mengalirkan air ke saluran kota secara terkendali. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah berupa rekomendasi perencanaan ulang sistem drainase yang komprehensif dan optimal guna mengendalikan genangan di kawasan Perumahan Wahid FTI.

Kata Kunci: Sistem Drainase, EPA SWMM 5.2, Genangan, Kolam Retensi, Perumahan Wahid FTI.

ABSTRACT

The Wahid FTI Residence, located in Blotongan Village, Sidorejo Subdistrict, Salatiga City, was built on a plot of land measuring approximately 28,682 m² with an elevation difference of up to 34 meters. This sharp topography causes surface runoff to flow rapidly toward the lowest point of the housing complex. Although there is a municipal drainage channel in the center of the complex that receives runoff from the upper part of the residential area, runoff from the lower part of the residential area still flows to the lowest point of the housing complex.Although an infiltration pond has been constructed at this lowest point, this facility is not yet capable of accommodating all surface runoff due to the catchment area being divided by a municipal drainage channel that runs through the center of the housing complex. The suboptimal nature of this existing drainage system has the potential to cause flooding and runoff into the densely populated residential areas downstream. This study aims to identify the existing drainage conditions, plan an optimal drainage network, calculate the dimensions of retention basins, and determine the required pump capacity as a measure to control flooding.The research methodology began with an initial assessment and the collection of primary and secondary data. Hydrological analysis and spatial drainage modeling were then conducted to simulate the area's hydraulic conditions using the Storm Water Management Model (EPA SWMM 5.2) software. If the simulation indicates the presence of a flooding point, system engineering measures will be implemented, including the design of a retention pond as a temporary storage facility and a pump station to discharge water into the municipal sewer system in a controlled manner. The expected outcome of this study is a set of recommendations for a comprehensive and optimal redesign of the drainage system to control flooding in the Wahid FTI Residence.

Keywords: Drainage System, EPA SWMM 5.2, Flooding, Retention Pond, Wahid FTI Residence.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) ini dengan baik.

Tugas Akhir (TA) ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengikuti ujian akhir yang diselenggarakan oleh Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman (GUPPI) Ungaran sebagai syarat kelulusan. Adapun judul yang penulis pilih untuk pengajuan Tugas Akhir (TA) ini adalah "**Review Sistem Drainase Menggunakan EPA SWMM 5.2 Sebagai Upaya Pengendalian Genangan di Perumahan Wahid FTI Kelurahan Blotongan Kecamatan Sidorejo**". Dalam Tugas Akhir (TA), penulis mengalami berbagai kendala dan hambatan, namun berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada akhirnya penulis dapat mengatasinya. Maka dari itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi Rahmat, nikmat serta Hidayah-Nya
2. Keluarga kami yang telah memberi dukungan semangat
3. Bapak Abdullah S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman (GUPPI)
4. Bapak Ir. Agung Hari Wibowo, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman (GUPPI)
5. Ibu Ratih Pujiastuti, ST, MT., selaku dosen pembimbing satu Tugas Akhir
6. Bapak Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST, M.Eng., selaku dosen pembimbing dua Tugas Akhir
7. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman (GUPPI) Ungaran atas jasa – jasanya selama kami berada di bangku kuliah
8. Kepada teman – teman Teknik Sipil yang sudah bekerja sama

Akhir kata Penyusun mohon maaf jika pada Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Dengan segala kerendahan hati Penyusun mengharapkan masukan serta saran-saran yang sifatnya membangun dari segenap pembaca untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga hasil penyusunan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi para pembaca budiman pada umumnya.

Ungaran, Oktober 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR NOTASI xiii
BAB I. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Maksud dan Tujuan 3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian 4
1.5. Batasan Masalah 4
1.6. Lokasi Penelitian 4
1.7. Sistematika Penulisan 5
BAB II. STUDI PUSTAKA 7
2.1. Tinjauan Umum 7
2.2. Sistem Drainase Perkotaan 7
2.2.1. Pengertian Sistem Drainase 7
2.2.2. Fungsi Sistem Drainase 8
2.2.3. Klasifikasi Jenis Drainase 9
2.2.4. Komponen Sistem Drainase 14
2.2.5. Permasalahan Sistem Drainase 15
2.3. Analisis Hidrologi 15
2.3.1. Siklus Hidrologi 15
2.4. Daerah Aliran Sungai (DAS) 16
2.4.1. Memproses Data Curah Hujan 17

2.4.2. Curah Hujan 19
2.4.3. Uji Kecocokan Distribusi 25
2.4.4. Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*) 26
2.4.5. Uji Smirnov Kolmogorof 27
2.4.6. Hidrograf Satuan Sintetis 27
2.4.6.1. Metode Nakayashu 27
2.4.6.2. Metode *Snyder* 28
2.4.7. Intensitas Hujan 29
2.5. Analisis Hidraulika 30
2.5.1. Penampang Melintang Saluran 30
2.5.2. Tinggi Jagaan (*Freeboard*) 32
2.6. Kolam Retensi 33
2.6.1. Macam-Macam Kolam Retensi Menurut Standar Teknis 33
2.6.2. Karakteristik Operasional Kolam Retensi: 35
2.7. Pompa 36
2.7.1. Macam-Macam Pompa 37
2.7.2. Macam-Macam Rumah Pompa 39
2.7.3. Persyaratan Standar Fisik Bangunan Rumah Pompa (PUPR) 40
2.8. Program EPA SWMM 5.2 40
2.8.1. Pengertian Program EPA SWMM 5.2 40
2.8.2. Obyek pada Program EPA SWMM 5.2 41
2.8.3. Parameter Karakteristik Subcatchment dalam Model EPA SWMM 5.2 44
2.8.4. N-Imperv (Manning's n for Impervious Area) 44
2.8.5. N-Perv (Manning's n for Pervious Area) 45
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN 48
3.1. Umum 48
3.2. Tahapan Pengumpulan Data 49
3.3. Analisis Hidrologi 49
3.3.1. Analisis Statistik Data Hujan 49
3.3.2. Penentuan Distribusi Frekuensi 50
3.3.3. Perhitungan Curah Hujan Rencana 50
3.3.4. Uji Keselarasan Distribusi 50
3.3.5. Perhitungan Intensitas Curah Hujan 50

3.4. Pemodelan dan Simulasi EPA SWMM 5.2 52
3.4.1. Kondisi Eksisting (Rumah Belum Terbangun Seluruhnya) 52
3.4.2. Kondisi Terbangun Penuh dengan dengan Penambahan Kolam Retensi Baru dan Pompa 52
3.5. Evaluasi dan Perencanaan Solusi Alternatif 54
BAB IV. ANALISIS DAN PERHITUNGAN 55
4.1. Lokasi Penelitian 55
4.2. Curah Hujan Rancangan 55
4.3. Intensitas Curah Hujan 62
4.4. Karakteristik Setiap Sub DTA 63
4.5. Pemodelan SWMM 5.2 66
4.6. Hasil Pemodelan SWMM 5.2 Drainase Existing 69
4.7. Redesain Sistem Drainase Perumahan Wahid FTI 73
4.8. Layout Kolam retensi dan Rumah Pompa 79
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN 80
5.1. Kesimpulan 80
5.2. Saran 81
DAFTAR PUSTAKA 83
LAMPIRAN 85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pedoman Pemilihan Distribusi..... 20
Tabel 2. 2 Nilai k Dalam Sebaran Normal..... 21
Tabel 2. 3 Nilai k Untuk Distribusi Log Normal..... 21
Tabel 2. 4 Reduce Mean (Yn) 22
Tabel 2. 5 Reduce Standar Deviasi (Sn)..... 23
Tabel 2. 6 Reduce Variate (Y) 23
Tabel 2. 7 Nilai k Untuk Distribusi Log Pearson III..... 25
Tabel 2. 8 Nilai Chi-Square Kritik..... 26
Tabel 2. 9 Nilai D0 Kritis Untuk Smirnov Kolmogorof..... 27
Tabel 2. 10 Nilai Koefisien Manning 31
Tabel 2. 11 Penampang Melintang Ekonomis Untuk Saluran Trapesium, ... 32
Tabel 2. 12 Tabel Tinggi Jagaan (Freeboard) Minimum Saluran Drainase..... 32
Tabel 2. 13 Klasifikasi Kapasitas pompa banjir..... 38
Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Rawa Pening Klimatologo 2005 – 2020..... 56
Tabel 4. 2 Parameter Hujan Maksimal dalam Bentuk Log..... 56
Tabel 4. 3 Parameter Hujan Maksimal..... 57
Tabel 4. 4 Pemilihan Distribusi..... 59
Tabel 4. 5 Uji Keselarasan Sebaran Dengan Chi – Kuadrat..... 60
Tabel 4. 6 Uji Keselarasan Sebaran Dengan Smirnov Kolmogorof..... 61
Tabel 4. 7 Curah Hujan Harian Maksimum dengan Berbagai Kala Ulang..... 62
Tabel 4. 8 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota..... 62
Tabel 4. 9 Hitungan Hyetograph dengan Metode ABM..... 62
Tabel 4. 10 Karakteristik Sub DTA Existing..... 65
Tabel 4. 11 Karakteristik Sub DTA Rencana..... 65
Tabel 4. 12 Hasil Simulasi Limpasan..... 71
Tabel 4. 13 Detail Redesain Penampang Saluran..... 74
Tabel 4. 14 Detail Redesain Penampang Saluran..... 78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi pembangunan Perumahan Wahid FTI *1*
Gambar 1. 2 Kolam Resapan Perumahan Wahid FTI *2*
Gambar 1. 3 Peta Lokasi Perumahan Wahid FTI *5*
Gambar 2. 1 Drainase Alamiah ex. Danau Toba *9*
Gambar 2. 2 Drainase Buatan *9*
Gambar 2. 3 Drainase Sistem Gabungan *10*
Gambar 2. 4 Drainase Sistem Terpisah *11*
Gambar 2. 5 Drainase Permukaan *11*
Gambar 2. 6 Drainase Bawah Permukaan *12*
Gambar 2. 7 Drainase Saluran Terbuka *12*
Gambar 2. 8 Drainase Saluran Tertutup *13*
Gambar 2. 9 Hirarki Susunan Drainase *15*
Gambar 2. 10 Siklus Hidrologi *16*
Gambar 2. 11 Metode Poligon Thiessen *18*
Gambar 2. 12 Metode Isohyet *19*
Gambar 2. 13 Metode Nakayashu *28*
Gambar 2. 14 Metode Snyder *29*
Gambar 2. 15 Penampang Saluran *30*
Gambar 2. 16 Kolam Retensi yang berada di samping badan sungai. *33*
Gambar 2. 17 Kolam Retensi Tipe di Dalam Saluran *34*
Gambar 2. 18 Kolam Retensi Tipe Samping Badan Air Penerima *34*
Gambar 2. 19 Kolam Retensi Terintegrasi dengan Fasilitas Umum *35*
Gambar 2. 20 Kolam Retensi Tipe Kering *35*
Gambar 2. 21 Kolam Retensi Tipe Basah *36*
Gambar 2. 22 Properties EPA SWMM 5.2 ..... *47*
Gambar 3. 1 Bagan Alir Utama Pelaksanaan Penelitian *48*
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Perumahan Wahid FTI *55*
Gambar 4. 2 Grafik Hyetograph dengan Metode ABM *63*
Gambar 4. 3 Pembagian Sub DTA Perumahan Wahid FTI *64*
Gambar 4. 4 Penambahan Subcatchment dan Propertiesnya *67*
Gambar 4. 5 Penambahan Junction dan Propertiesnya *68*
Gambar 4. 6 Penambahan Conduit Link dan Propertiesnya *68*
Gambar 4. 7 Skema Jaringan Drainase pada SWMM 5.2 ..... *69*
Gambar 4. 8 Node Flooding *70*
Gambar 4. 9 Link Flow *70*
Gambar 4. 10 Profile Node *71*
Gambar 4. 11 Profile Node Storage 1 ..... *72*
Gambar 4. 12 Grafik Kedalaman Storage 1 ..... *72*

Gambar 4. 13 Redesain Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Alternatif 1 74
Gambar 4. 14 Pumping 76
Gambar 4. 15 Pompa 76
Gambar 4. 16 Genset 77
Gambar 4. 17 Redesain Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Alternatif 2 78
Gambar 4. 18 Layout Rumah Pompa 79

DAFTAR NOTASI

$\bar{R}$	: Tinggi curah hujan rata – rata
R_1, R_2, Rn	: Tinggi curah hujan pada pos pencatat 1, 2, ... n
An	: Luas pengaruh dari pos pencatat curah hujan n
Xrt	: Nilai rata-rata curah hujan harian (mm)
ΣX	: Jumlah curah hujan harian (mm)
S	: Standar deviasi
Xi	: Curah hujan harian ke-i (mm)
Cv	: Koefisien variasi
C	: Koefisien kemencengan
Ck	: Koefisien ketajaman
Xt	: Curah hujan rencana
k	: Koefisien untuk distribusi
Y	: Koefisien untuk distribusi Gumbel
Yn	: Reduce Mean
Sn	: Reduced standar deviasi ke n
Log $\bar{X}$	: Rata-rata logaritma curah hujan
Log X	: Logaritma curah hujan
X^2	: Nilai Chi-Square terhitung
Ef	: Banyak pengamatan yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
Of	: Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama
N	: Jumlah sub kelompok dalam satu grup
DK	: Derajad kebebasan
K	: Banyaknya kelas
A	: Banyaknya parameter
Pt(x)	: Posisi data X menurut garis sebaran teoritis
Pe(x)	: Posisi data X menurut pengamatan
Qp	: Debit puncak banjir

Re	: Curah hujan efektif
Tp	: Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf
$T_{0,3}$	: Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak
Tg	: Waktu konsentrasi
Tr	: Satuan waktu dari curah hujan
A	: Koefisien karakteristik DAS
L	: Panjang sungai utama (m) / Panjang pipa (m)
Lc	: Panjang sungai dari titik berat DAS ke outlet
Tp	: Waktu dari titik berat curah hujan efektif ke puncak banjir
C_1	: Koefisien – koefisien yang tergantung dari karakteristik DAS
Cp	: Koefisien tergantung dari karakteristik daerah pengalirannya
tD	: Durasi standar dari hujan efektif
tpR	: Waktu dari titik berat durasi hujan efektif tD ke puncak hidrograf satuan
QPr	: Debit puncak untuk durasi tr
I	: Intensitas curah hujan (mm/jam) / Kemiringan dasar saluran
R_{24}	: Curah hujan maksimum dalam 24 jam
R	: Jari-jari hidraulik (m)
N	: Banyaknya data pengamatan / Koefisien Manning / Jumlah item
A	: Luas penampang basah (m^2)
P	: Keliling penampang basah (m)
B	: Lebar dasar saluran (m)
H	: Tinggi muka air (m)
M	: Kemiringan dinding saluran
Q	: Debit aliran pada saluran (m^3/detik)
T	: Lebar permukaan muka air teratas (m) / Waktu dasar hidrograf satuan
Y	: Kedalaman atau tinggi muka air bersih di dalam saluran (m)
w	: Tinggi jagaan (m)
H	: Tinggi total (m)
V	: Volume air (m^3) / Kecepatan aliran (m/detik)

t	: Selang waktu (s)
Z	: Head elevasi total (m)
Zd	: Tinggi permukaan air pada sisi tekan/discharge (m)
Zs	: Tinggi permukaan air pada sisi isap/suction (m)
Δhp	: Head tekanan (m)
Pd	: Tekanan saat fluida keluar dari pompa (Pa)
Ps	: Tekanan saat fluida masuk ke pompa (Pa)
Hv	: Head kecepatan (m)
Vd_2	: Kecepatan zat cair pada saluran tekan (m/s)
Vs_2	: Kecepatan zat cair pada saluran isap (m/s)
g	: Percepatan gravitasi (m/s^2)
D atau Dpipa	: Diameter pipa (m)
v	: Kecepatan aliran fluida (m/s)
f	: Koefisien kerugian gesek

BAB I.
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem drainase merupakan salah satu prasarana yang berperan penting dalam menjaga fungsi kawasan permukiman dari dampak genangan maupun banjir akibat limpasan air hujan. Seiring berkembangnya kawasan permukiman menyebabkan meningkatnya luas permukaan kedap air, sehingga kemampuan lahan dalam meresapkan air hujan semakin berkurang. Kondisi tersebut mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan (*surface runoff*) yang harus ditampung dan dialirkan oleh sistem drainase (Khasanah et al., 2022). Apabila kapasitas sistem drainase tidak memadai, maka akan timbul genangan yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat serta menurunkan kualitas lingkungan permukiman.

Perumahan Wahid FTI dibangun pada lahan dengan luas sekitar 28.682 m^2 yang letaknya di atas permukiman padat penduduk di Kelurahan Blotongan Kecamatan Sidorejo Kota Salatiga. Lahan yang digunakan untuk membangun Perumahan Wahid FTI memiliki perbedaan elevasi antara titik tertinggi dan titik terendah sekitar 15 meter. Kondisi topografi tersebut menyebabkan aliran limpasan permukaan secara alami bergerak menuju titik terendah perumahan. Sebagai upaya pengendalian limpasan agar tidak melimpas pada kawasan permukiman di bawahnya, pada titik terendah tersebut telah dibangun sebuah kolam resapan.



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 1. 1 Kondisi pembangunan Perumahan Wahid FTI

Pada Perumahan Wahid FTI terdapat saluran drainase kota yang melintasi bagian tengah perumahan tersebut. Keberadaan saluran tersebut membagi daerah tangkapan air (*catchment area*) sehingga kolam resapan yang ada hanya menerima limpasan dari sebagian wilayah perumahan, sedangkan limpasan dari bagian lainnya langsung mengalir menuju saluran drainase kota. Meskipun demikian, keberadaan kolam resapan belum mampu mengakomodasi seluruh limpasan permukaan yang terjadi di kawasan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem drainase eksisting belum bekerja secara optimal dalam mengendalikan limpasan pada seluruh kawasan perumahan. Kondisi tanah yang padat juga menyebabkan kolam resapan tidak berfungsi dengan semestinya dikarenakan air tidak dapat menyerap. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.2 Kolam Resapan Perumahan Wahid FTI air yang masuk tidak meresap dan menjadi genangan.



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 1. 2 Kolam Resapan Perumahan Wahid FTI

Untuk memperoleh solusi yang tepat, diperlukan evaluasi terhadap sistem drainase eksisting melalui pemodelan hidrologi dan hidraulika. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam analisis sistem drainase adalah EPA Storm Water Management Model (SWMM). Melalui pemodelan menggunakan SWMM 5.2, kondisi eksisting jaringan drainase dapat disimulasikan sehingga titik-titik yang mengalami kelebihan kapasitas, genangan, maupun ketidakefisienan aliran dapat diidentifikasi (Ermalizar & Junaidi, 2018). Hasil evaluasi tersebut menjadi dasar dalam menyusun alternatif perencanaan ulang jaringan drainase yang lebih efektif.

Sebagai bagian dari upaya optimalisasi sistem drainase, direncanakan untuk menambah pembangunan kolam retensi yang dilengkapi rumah pompa. Kolam retensi berfungsi sebagai

tampungan sementara untuk mengurangi debit puncak limpasan, sedangkan rumah pompa berfungsi mengalirkan air dari kolam retensi menuju saluran drainase kota secara terkendali (Alexander Nugi Pramono, 2008). Selain itu, penelitian ini juga merencanakan saluran penghubung dari kolam retensi menuju saluran drainase kota berdasarkan pertimbangan teknis hidrologi dan hidraulika, tanpa membahas aspek kepemilikan maupun pembebasan lahan.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu penelitian mengenai perencanaan ulang sistem drainase Perumahan Wahid FTI menggunakan EPA SWMM 5.2 yang dipadukan dengan perencanaan kolam retensi dan rumah pompa sebagai upaya meningkatkan kinerja sistem drainase serta mengurangi potensi genangan pada kawasan penelitian.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil evaluasi sistem drainase eksisting menggunakan EPA SWMM 5.2?
2. Bagaimana perencanaan ulang jaringan drainase yang mampu mengakomodasi debit banjir rencana?
3. Bagaimana dimensi kolam retensi yang diperlukan untuk mengurangi debit limpasan di kawasan penelitian?
4. Berapa kapasitas pompa yang diperlukan untuk mengalirkan air dari kolam retensi menuju saluran drainase kota?

1.3. Maksud dan Tujuan

a. Maksud

Maksud penelitian ini adalah mengevaluasi dan merencanakan ulang sistem drainase Perumahan Wahid FTI menggunakan EPA SWMM 5.2 serta merencanakan kolam retensi dan pompa sebagai upaya meningkatkan kinerja sistem drainase kawasan .

b. Tujuan

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1) Mengidentifikasi kondisi sistem drainase eksisting di Perumahan Wahid FTI.
2) Merencanakan sistem jaringan drainase yang optimal.
3) Merencanakan dimensi kolam retensi berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidraulika.
4) Menentukan kapasitas pompa yang dibutuhkan.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini meliputi:

a. Lokasi penelitian berada di Perumahan Wahid FTI dengan luas kawasan sekitar 28.682 m².
b. Analisis difokuskan pada sistem drainase kawasan, kolam retensi, tata letak rumah pompa, dan saluran penghubung menuju drainase kota.
c. Evaluasi sistem drainase dilakukan menggunakan EPA SWMM 5.2.
d. Analisis hidrologi dilakukan berdasarkan data curah hujan yang tersedia.
e. Analisis hidraulika digunakan sebagai dasar perencanaan jaringan drainase dan kolam retensi.
f. Hasil penelitian berupa rekomendasi perencanaan ulang sistem drainase.

1.5. Batasan Masalah

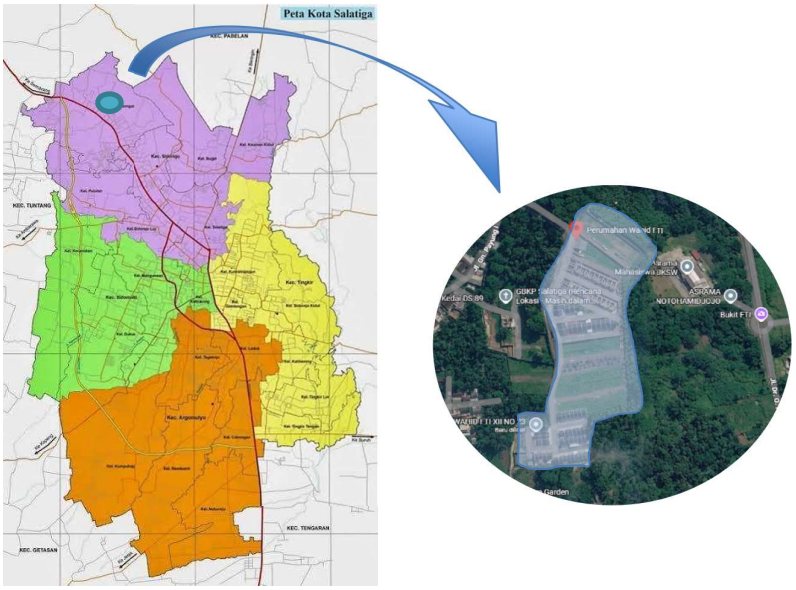
Agar penelitian lebih terarah, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

a. Penelitian hanya dilakukan pada kawasan Perumahan Wahid FTI.
b. Analisis menggunakan data topografi, jaringan drainase, dan data curah hujan yang tersedia.
c. Pemodelan sistem drainase dilakukan menggunakan EPA SWMM 5.2.
d. Perencanaan meliputi dimensi saluran drainase, kolam retensi, pompa, dan saluran penghubung menuju drainase kota.
e. Aspek struktur bangunan pelengkap rumah pompa dan kolam retensi, analisis biaya, metode pelaksanaan konstruksi, serta operasi dan pemeliharaan tidak dibahas secara rinci.
f. Perencanaan saluran menuju drainase kota hanya ditinjau dari aspek teknis dan tidak mempertimbangkan aspek kepemilikan atau pembebasan lahan.

1.6. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini perumahan bernama Perumahan Wahid FTI yang terletak di Kelurahan Blotongan, Kecamatan Sidorejo, Kota Salatiga. Perumahan ini dibangun pada tanah dengan luas 28,682 m2.

Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 1. 3 Peta Lokasi Perumahan Wahid FTI

1.7. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir Review SIstem Drainase Menggunakan EPA SWMM 5.2 serta Perencanaan Kolam Retensi dan RUmah Pompa sebagai Upaya Pengendalian Genangan di Perumahan Wahid FTI Kelurahan Blotongan Kecamatan Sidorejo terdiri dari 5 BAB, garis besar tentang sistematika tentang penulisan masing – masing BAB sebagai berikut :

- **BAB I PENDAHULUAN**

  Bab ini berisi tentang latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup dan sistematika penulisan laporan.

- **BAB II STUDI PUSTAKA**

  Bab ini berisi tentang landasan teori yang digunakan untuk menganalisa objek penelitian sebagai hasil dari kajian literasi terkait.

- **BAB III METODELOGI**

  Bab ini berisi tentang metode yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir meliputi :

  a. Pengumpulan data
  b. Analisis dan perhitungan

- **BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

Bab ini berisi tentang analisis dan perhitungan dengan memakai persamaan – persamaan yang telah diuraikan pada bagian studi pustaka. Terdapat tabel, grafik dan gambar yang merupakan bagian dari proses dan hasil analisa.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dalam penelitian.

BAB II.
STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Drainase berasal dari kata *drainage* yang berarti mengatuskan, mengeringkan, atau membuang air. Drainase merupakan sebuah sistem yang ditujukan untuk menangani masalah air berlebih yang tidak diperlukan baik yang mengalir di atas permukaan tanah maupun yang berada di bawah permukaan tanah. Kelebihan air ini dapat bersumber dari limpasan akibat hujan (*excess rainfall*) ataupun berasal dari air buangan limbah dari pemukiman.

Di lingkungan pemukiman, drainase berfungsi sebagai sarana sanitasi untuk mencegah menggenangnya air yang mengganggu kenyamanan dan kesehatan lingkungan, sekaligus sebagai sarana untuk mencegah banjir. Banjir yang terjadi di wilayah pemukiman sering kali disebabkan oleh gagalnya saluran drainase membuang kelebihan air tersebut. Di mana curah hujan yang tinggi tidak diimbangi dengan kapasitas saluran yang memadai atau bahkan tertutup oleh sampah.

Selain membuang air dari wilayah pemukiman, drainase juga diaplikasikan pada kegiatan pertanian untuk mencegah genangan air terlalu lama berada di sawah. Karena keberadaan genangan air di sawah pada jenis tanaman tertentu dapat mengganggu pertumbuhan karena akar tanaman akan sulit bernafas hingga mengalami busuk akar akibat tanah yang mengalami kenyang air (*waterlogging*).

Drainase juga diterapkan di bawah permukaan tanah untuk mengatuskan daerah yang ada di atasnya yang harus bebas genangan seperti lapangan bola. Selain untuk mengeringkan lapangan bola, drainase bawah permukaan juga digunakan untuk menurunkan kandungan air pori yang ada dalam tanah guna mencegah gagalnya dinding penahan tanah. Drainase bawah permukaan juga dapat berfungsi untuk mengontrol kualitas air tanah khususnya yang terkait dengan masalah salinitas(Saidah et al., 2021).

2.2. Sistem Drainase Perkotaan

2.2.1. Pengertian Sistem Drainase

Drainase perkotaan adalah sistem drainase dalam wilayah administrasi kota dan daerah perkotaan (*urban*) yang berfungsi untuk mengendalikan atau meringankan kelebihan air

permukaan di daerah pemukiman yang berasal dari hujan lokal, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia (Saidah et al., 2021).

Secara struktural, sistem drainase perkotaan merupakan sebuah kesatuan jaringan hidrolika terintegrasi yang terbagi berdasarkan hierarki daerah tangkapan air, mulai dari saluran tersier sebagai pengumpul lokal, saluran sekunder sebagai penghubung, hingga saluran primer yang bermuara pada badan air penerima (*receiving waters*) seperti sungai atau laut. Pengelolaan sistem drainase yang komprehensif, adaptif, dan berkelanjutan dilakukan demi mempertahankan daya dukung lingkungan perkotaan serta melindungi aset infrastruktur dari degradasi struktural akibat genangan air yang berkepanjangan.

2.2.2. Fungsi Sistem Drainase

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

a. Mengeringkan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
b. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
c. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
d. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir

Menurut Saidah et al (2021) secara teknis fungsi dari drainase adalah sebagai berikut :

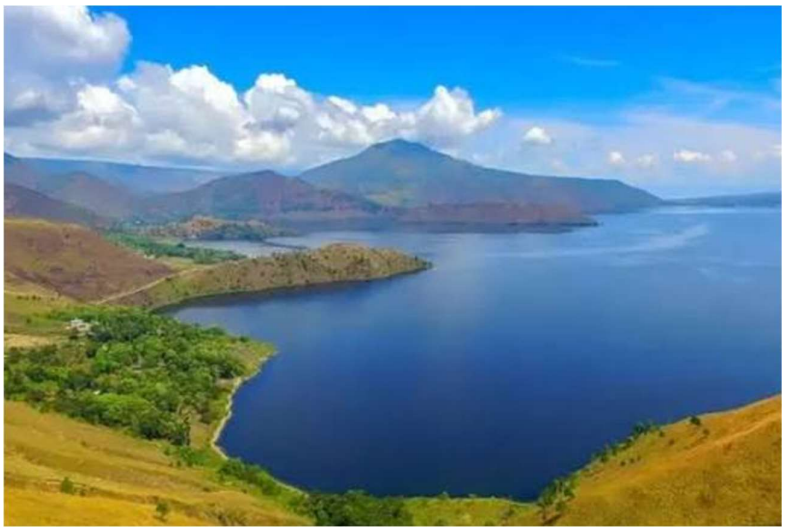
a. Mengeringkan/mengatuskan bagian wilayah perkotaan dari adanya genangan serta secepatnya membuang ke badan air penerima yang terdekat. Ini merupakan fungsi utama dari pembangunan sistem drainase perkotaan.
b. Meningkatkan keindahan dan kesehatan lingkungan serta memberi rasa aman dari kemungkinan banjir
c. Mengangkut air limbah (*waste water*)
d. Meresapkan air permukaan ke dalam tanah untuk tujuan konservasi dan kelestarian air tanah
e. Mengatur elevasi muka air tanah melalui sistem drainase bawah permukaan
f. Meminimalkan kerusakan jalan dan bangunan, sehingga dapat memperpanjang usia ekonomis bangunan yang telah ada
g. Menjadi alternatif sumber air baku
h. Mencegah erosi khususnya di daerah perbukitan

2.2.3. Klasifikasi Jenis Drainase

Pembagian jenis dan tipe drainase dikelompokkan dalam beberapa jenis sebagai berikut (Saidah et al., 2021) :

a. Menurut proses terbentuknya :

1) Drainase alamiah (*natural drainage*), yaitu drainase yang terbentuk secara alami sebagai hasil dari proses alam. Misalnya sungai dan danau.



Sumber : *Google Image*

Gambar 2. 1 Drainase Alamiah ex. Danau Toba

2) Drainase buatan (*artificial drainage*), yaitu drainase yang sengaja dirancang dan dibangun oleh manusia untuk tujuan tertentu. Misalnya saluran dan bangunan pelengkap drainase.

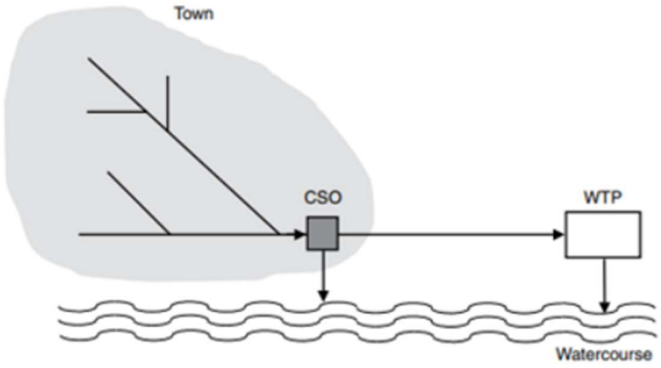


Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 2. 2 Drainase Buatan

b. Berdasarkan sistem pengalirannya

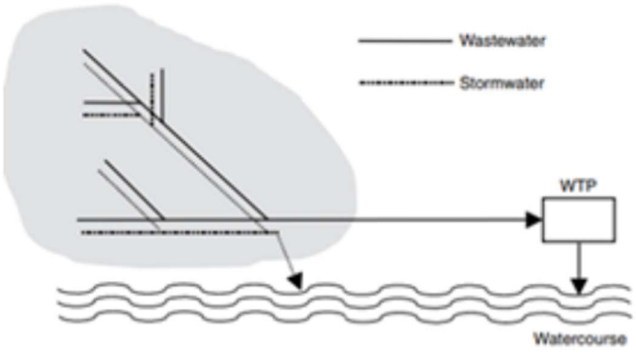
1) Sistem gabungan. Sistem ini mengalirkan air hujan dan air buangan melalui saluran terbuka atau pipa-pipa secara tercampur. Drainase sistem gabungan ini digunakan hampir di seluruh kota - kota di Indonesia. Pada gambar di bawah dapat dilihat saluran dari kota dijadikan satu pada CSO (*Combined sewer Overflows*) sebelum dialirkan pada saluran selanjutnya dan untuk limbah dialirkan pada WTP (*Water Treatment Plant*) untuk diolah menjadi air yang dapat digunakan kembali.



Sumber : Triatmodjo, 2008

Gambar 2. 3 Drainase Sistem Gabungan

2) Sistem terpisah. Sistem ini mengalirkan air hujan dan air buangan melalui saluran terbuka dan tertutup atau pipa-pipa secara terpisah yang biasanya diletakkan secara berdampingan. Dengan memisahkan aliran limbah dari air hujan, kemungkinan tercemarnya air hujan oleh air limbah dapat dicegah, dan air hujan dapat segera dibuang ke laut sedangkan hanya air limbah yang akan diolah di instalasi pengolahan air limbah. Seperti pada gambar di bawah yang memisahkan air yang bisa dialirkan langsung ke saluran selanjutnya dan limbah langsung dialirkan ke WTP (*Water Treatment Plant*). Sistem ini selain lebih kompleks juga mahal biaya pembangunannya. Sistem drainase terpisah banyak ditemukan di negara maju seperti UK, Jerman, Denmark, dan lain-lain.



Sumber : Triatmodjo, 2008

Gambar 2. 4 Drainase Sistem Terpisah

3) Sistem hibrid, merupakan sistem terpisah sebagian dan sebagian lagi sistem gabungan/campuran. Banyak kota menerapkan sistem hibrida ini karena alasan tidak disengaja, karena pengembangan kota baru menggunakan sistem terpisah menyertakan sebagian kecil bagian dari kota lama yang dikeringkan dengan sistem gabungan.

c. Berdasarkan letaknya

1) Drainase permukaan (*surface drainage*), adalah sistem drainase dengan saluran yang berada di atas permukaan tanah dan mengalirkan airnya secara gravitasi.



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 2. 5 Drainase Permukaan

2) Drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*), adalah sistem drainase yang dialirkan melalui bawah permukaan dengan cara membuat konstruksi (biasanya menggunakan pipa yang berlubang pada bagian atasnya) yang ditanam pada kedalaman tertentu membentuk jaringan di bawah permukaan dan terhubung dengan sistem drainase kota. Drainase bawah permukaan biasa diaplikasikan untuk mengeringkan lahan pertanian, untuk mencegah longsor pada lahan berkemiringan,

untuk drainase bawah jalan kereta api, untuk drainase lapangan udara pada bagian jalan/*apron*, *runway* dan *taxiway*, untuk drainase lapangan olahraga seperti lapangan bola, lapangan golf, lapangan atletik dan sebagainya.



Sumber : *Google Image*

Gambar 2. 6 Drainase Bawah Permukaan

d. Berdasarkan konstruksi

1) Drainase saluran terbuka. Jenis ini biasanya dipilih untuk mengalirkan air hujan dan juga drainase di wilayah pinggiran kota.



Sumber : *Google Image*

Gambar 2. 7 Drainase Saluran Terbuka

2) Drainase saluran tertutup. Jenis ini lebih dipilih untuk mengalirkan air limbah yang jika dialirkan secara terbuka dapat mengurangi keindahan juga rawan mencemari lingkungan yang dilalui. Selain itu jenis ini juga sering digunakan untuk drainase di kota besar yang memiliki lahan terbatas, di mana bagian atas dari saluran drainase yang tertutup dapat dimanfaatkan sebagai trotoar untuk pejalan kaki.



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 2. 8 Drainase Saluran Tertutup

e. Menurut Fungsinya

1) *Single Purpose*. Saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau air jenis buangan yang lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain - lain. Dengan demikian, bisa jadi harus membuat dua saluran drainase sekaligus agar pemanfaatannya lebih efektif.
2) *Multi Purpose*. Saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian. Untuk menanggulangi genangan air karena kapasitas air berlebih akibat percampuran air hujan dan limbah rumah tangga, maka bisa dibuat drainase dengan ukuran besar sekaligus.

f. Menurut tujuan pembangunannya

1) Drainase perkotaan,
2) Drainase untuk pertanian,
3) Drainase lapangan terbang,
4) Drainase jalan raya,
5) Drainase lapangan olah raga,
6) Drainase tanggul penahan tanah,
7) Drainase pada tubuh bendungan/tanggul tanah,
8) Drainase pada lahan gambut,
9) Dan sebagainya

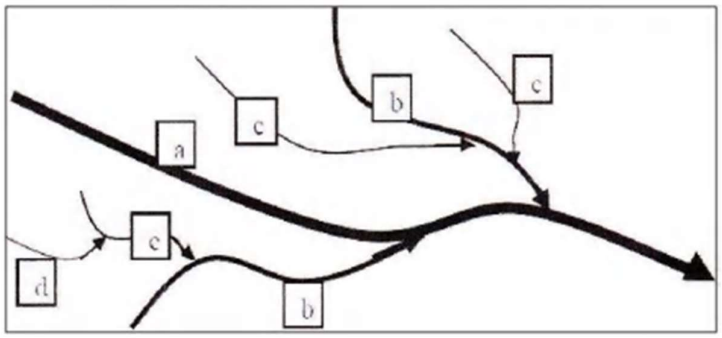
2.2.4. Komponen Sistem Drainase

Komponen yang ada dalam sistem drainase ini di antaranya adalah (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012; Suripin, 2004):

a. Sistem saluran. Dari bagian paling hulu yaitu atau saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*) dan badan air penerima (*receiving waters*) yaitu sungai, danau atau laut;
b. Bangunan pelengkap atau fasilitas lain, seperti:
   - bangunan perlintasan (gorong-gorong, siphon, jembatan air atau talang (*aquaduct*)),
   - bangunan pemecah energi (bangunan terjun, kolam olak, peredam energi)
   - pintu air,
   - stasiun pompa,
   - bak kontrol/*manholes, street inlet*,
   - Sumur resapan, yaitu bangunan yang berupa sumuran yang berfungsi meresapkan air hujan ke dalam tanah yang berasal dari atap bangunan,
   - kolam retensi, yaitu kolam yang berfungsi menampung serta meresapkan air hujan ke dalam tanah,
   - kolam detensi, yaitu kolam yang berfungsi memotong puncak banjir dengan cara menampung sementara air hujan (banjir) hingga waktu tertentu dan mengalirkan kembali jika muka air sungai telah menurun,
   - kolam tandon, adalah kolam yang digunakan untuk menampung air hujan untuk dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber air baku,
   - instalasi pengolah limbah, dan lain-lain.

Komponen sistem drainase juga dapat diklasifikasi sebagai berikut :

a. Saluran Drainase Primer. Saluran yang menerima masukan aliran dari saluran-saluran sekunder. Saluran primer relatif besar sebab letak saluran paling hilir. Aliran dari saluran primer langsung dialirkan ke badan air.
b. Saluran Drainase Sekunder. Saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi menerima aliran air dari saluran saluran tersier dan meneruskan aliran ke saluran primer.
c. Saluran Drainase Tersier. Saluran drainase yang menerima aliran air langsung dari saluran-saluran pembuangan rumah-rumah. Umumnya saluran tersier ini adalah saluran kiri kanan jalan perumahan.



(a) Saluran Primer

(b) Saluran Sekunder

(c) Saluran Tersier

Sumber : Iffahni, 2019

Gambar 2. 9 Hirarki Susunan Drainase

2.2.5. Permasalahan Sistem Drainase

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 (Suripin, 2004).

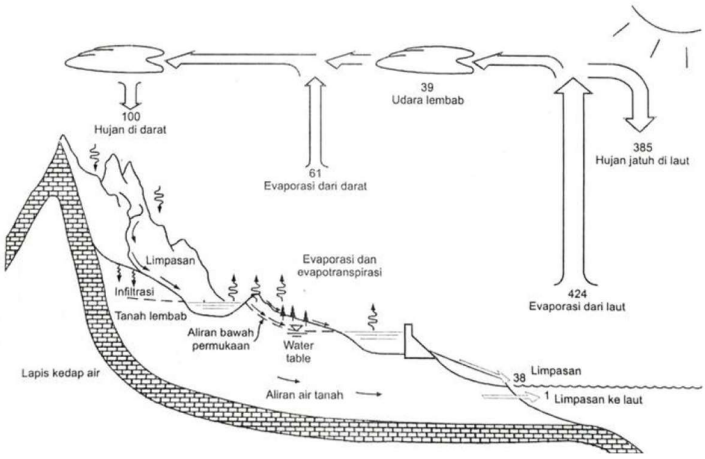
Permasalahan drainase perkotaan umumnya disebabkan oleh akumulasi berbagai faktor. Salah satu faktor utama adalah perencanaan sistem drainase yang kurang optimal akibat perkembangan kawasan perkotaan yang berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan proses perencanaannya. Selain itu, rendahnya kesadaran masyarakat dalam menjaga dan memelihara fungsi saluran drainase, seperti kebiasaan membuang sampah atau limbah ke dalam saluran, turut menyebabkan berkurangnya kapasitas aliran dan meningkatkan risiko terjadinya genangan maupun banjir (Saidah et al., 2021).

2.3. Analisis Hidrologi

2.3.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan pergerakan air yang tidak terputus dan berkelanjutan dari atmosfer ke Bumi dan kembali lagi ke atmosfer, yang tidak diketahui kapan dan di mana awal serta akhirnya. Dalam pergerakan air tersebut terjadi berbagai macam proses yaitu proses penguapan, kondensasi, presipitasi dan infiltrasi serta limpasan (*runoff*) (Suripin, 2004).

Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara yang disebut proses evaporasi. Air juga dapat menguap dari tumbuhan yang disebut dengan evapotranpirasi. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut mengalami presipitasi yaitu jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh - tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhimya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi (Triatmodjo, 2008).



Sumber : Triatmodjo, 2008

Gambar 2. 10 Siklus Hidrologi

2.4. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh elemen alam seperti punggung bukit atau gunung, serta batasan lain seperti jalan atau tanggul, yang di dalamnya air hujan yang turun akan mengalir dan berkontribusi pada aliran menuju titik kontrol atau outlet (Suripin, 2004). DAS juga dikenal dengan istilah Daerah Pengaliran Sungai (DPS) atau Daerah Tangkapan Air (DTA). Dalam bahasa Inggris, istilah yang digunakan antara lain adalah *Catchment Area* dan *Watershed*.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah daratan yang secara topografis dibatasi oleh punggung-punggung gunung, yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan air hujan, kemudian mengalirkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan ini disebut daerah tangkapan air (DTA atau catchment area), yang merupakan suatu ekosistem dengan sumber daya alam sebagai unsur utama, seperti tanah, air, dan vegetasi, serta sumber daya manusia yang memanfaatkan sumber daya alam tersebut (Asdak, 2023).

Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) menyebutkan bahwa DAS adalah wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai beserta anak-anak sungainya, yang berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan secara alami ke danau atau laut. Batas darat DAS ditandai dengan pemisah topografis, sementara batas lautnya mencakup perairan yang masih dipengaruhi aktivitas daratan. DAS tidak hanya mencakup badan sungai, tetapi juga mencakup keseluruhan ekosistem yang ada dalam batas pemisah topografis tersebut. Pemisah topografis di darat biasanya berupa wilayah dengan ketinggian paling tinggi, seperti punggung bukit, yang membatasi antara satu DAS dengan DAS lainnya.

2.4.1. Memproses Data Curah Hujan

Dalam suatu area biasanya terdapat satu atau beberapa pos pencatat curah hujan. Jika dalam suatu area terdapat beberapa pos pencatat curah hujan maka harus dihitung harga rata – ratanya. Ada tiga (3) metode untuk menghitung yaitu (Soemarto, 1987) :

a) Metode Rata – rata Aljabar

Metode rata – rata aljabar merupakan metode yang paling sederhana yaitu dengan cara menghitung rata – rata data curah hujan dari pos pencatat curah hujan yang ada di daerah aliran sungai (DAS). Metode ini hasilnya dapat memuaskan jika daerahnya kecil, datar, dan pos pencatat curah hujan tersebar merata. Persamaan yang digunakan yaitu :

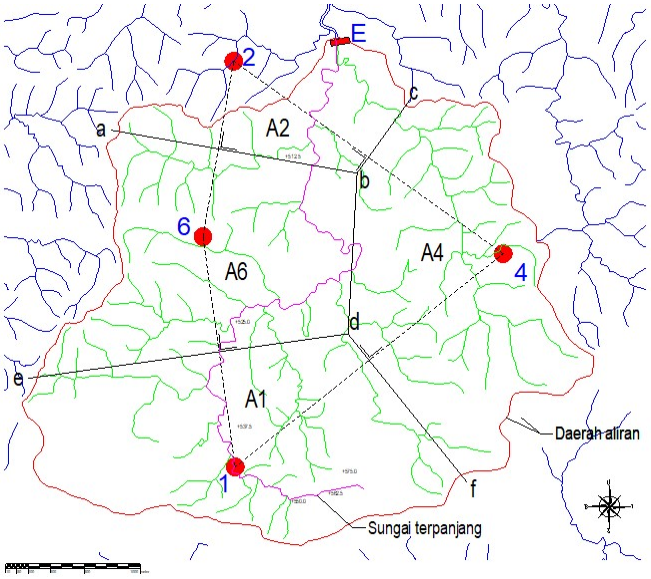
$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \ldots + R_n}{n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{R_i}{n} \qquad (1)$$

b) Metode Poligon *Thiessen*

Metode Poligon *Thiessen* memperhitungkan pengaruh dari masing – masing pos pencatat curah hujan yang ada di dalam maupun di sekitar DAS. Jumlah pos pencatat curah hujan minimum ada 3 buah.

Cara menghitung menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

- Gambar garis yang menghubungkan lokasi pos pencatat curah hujan satu dengan yang lain. Jika ada 3 pos pencatat curah hujan maka gambarnya akan berbentuk segitiga jika ada 4 pos pencatat maka berbentuk segiempat dan seterusnya.
- Tarik garis bagi yang tegak lurus pada setiap sisi sampai bertemu dengan garis bagi dari sisi yang lain sehingga garis – garis yang bertemu membentuk bidang dengan luasnya sendiri – sendiri.



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 2. 11 Metode Poligon Thiessen

- Hitung curah hujan rata – rata menggunakan persamaan berikut

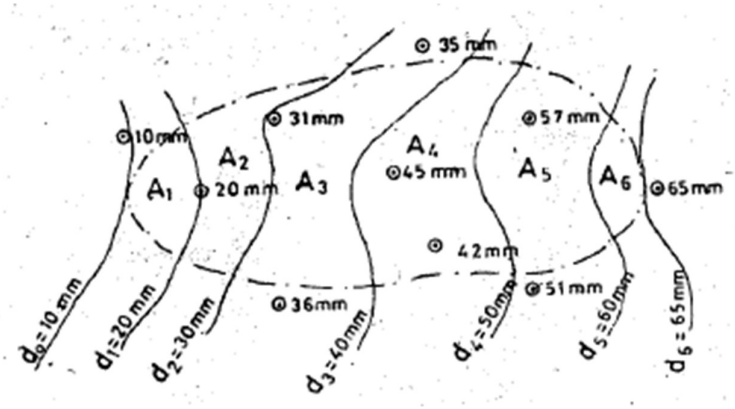
$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \ldots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \ldots + A_n} \qquad (2)$$

c) Metode *Isohyet*

Metode *Isohyet* adalah cara yang paling teliti, tetapi membutuhkan jaringan pos penakar yang relatip lebih banyak agar garis – garis *Isohyet* dapat dibuat.

Cara menghitung menggunakan metode ini adalah dengan menggambar garis yang menghubungkan titik – titik yang memiliki ketinggian yang sama. Garis – garis inilah yang disebut garis *Isohyet.* Setelah itu bidang diantara garis *Isohyet* dihitung luasannya dan dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_0 + R_1}{2}A_1 + \frac{R_1 + R_2}{2}A_2 + \ldots + \frac{R_{n-1} + R_n}{2}A_n}{A_1 + A_2 + \ldots + A_n} \qquad (3)$$



Sumber : Soemarto, 1987

Gambar 2. 12 Metode Isohyet

2.4.2. Curah Hujan

Sistem hidrologi umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti hujan intens, banjir, dan kekeringan. Tujuan dari analisis frekuensi dan hidrologi adalah untuk mengidentifikasi ukuran frekuensi kejadian melalui penerapan distribusi probabilitas.

Beberapa metode dapat digunakan untuk menghitung curah hujan harian maksimum rencana, diantaranya:

a) Distribusi Normal
b) Distribusi Gumbel
c) Distribusi Log Pearson III
d) Distribusi Log Normal

Sebelum memilih metode yang tepat, terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap parameter statistik, seperti:

a) Nilai Rata-rata (*Mean*)

Tinggi curah hujan rata-rata dihitung dengan mengambil nilai rata-rata yang diperoleh dari pengukuran pada alat penakar hujan di wilayah tersebut. Rumus yang digunakan untuk perhitungan ini adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 2008):

$$\text{Xrt} = \frac{\Sigma X}{n} \qquad (4)$$

b) Standar Deviasi (*Deviation Standart*)

Deviasi standar digunakan untuk mengukur sejauh mana variabilitas dalam distribusi. Semakin besar nilai deviasi, semakin lebar penyebaran distribusi tersebut. Nilai deviasi standar dapat dihitung dengan rumus berikut (Triatmodjo, 2008) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - X_{rt})^2}{n-1}} \quad (5)$$

c) Koefisien Variasi (*Variation Coeficient*)

Koefisien variasi merupakan perbandingan antara deviasi standar dan nilai rata-rata, yang memiliki rumus sebagai berikut (Triatmodjo, 2008):

$$Cv = \frac{S}{Xrt} \quad (6)$$

d) Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

Koefisien kemencengan digunakan untuk mengukur sejauh mana distribusi tersebut tidak simetris. Berikut rumusnya (Triatmodjo, 2008):

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - X_{rt})^3}{(n-1) * (n-2) * S^3} \quad (7)$$

e) Koefisien Ketajaman (*Kurtosis Coefficient*)

Koefisien Koefisien kurtosis berfungsi untuk mengukur tingkat ketajaman atau keruncingan kurva distribusi, yang biasanya dibandingkan dengan distribusi normal. Berikut rumus koefisien (Triatmodjo, 2008) :

$$Ck = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (X_i - X_{rt})^4}{S^4} \quad (8)$$

Adapun sifat-sifat parameter statistik dari masing-masing distribusi teoritis sebagai berikut (Triatmodjo, 2008):

Tabel 2. 1 Pedoman Pemilihan Distribusi

Distribusi	Normal	Gumbel	Log - Normal	Log Pearson Iii
Parameter	Cs ≈ 0	Cs ≈ 1.1396	Cs ≈ 1.137	Cs ≠ 0
	Ck ≈ 3	Ck ≈ 5.4002	Ck ≈ 3Cv	Cv ≈ 0.3

2.4.2.1. Distribusi Normal

Distribusi normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang juga disebut Distribusi *Gauss* sering diterapkan dalam analisis hidrologi, contohnya dalam studi frekuensi curah hujan, analisis statistik dari rata-rata tahunan, dan lain-lain.

Secara umum persamaan distibusi normal sebagai berikut :

$$X_t = X_{rt} + k * S \quad (9)$$

Nilai k dalam distribusi normal ditentukan sesuai paeriode kala ulang yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 Nilai k Dalam Sebaran Normal.

Tabel 2. 2 Nilai k Dalam Sebaran Normal

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,001	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,200	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

2.4.2.2. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal digunakan apabila nilai-nilai dari variabel random tidak mengikuti distribusi normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi normal. Persamaan yang digunakan yaitu :

$$LogX_t = LogX_{rt} + k * S \quad (10)$$

$$X_t = 10^{LogX_t} \quad (11)$$

Nilai k dalam distribusi log normal ditentukan sesuai paeriode kala ulang yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 Nilai k Untuk Distribusi Log Normal.

Tabel 2. 3 Nilai k Untuk Distribusi Log Normal

Periode Ulang T (tahun)	Peluang (%)	k
1,001	99,90	-3,05
1,005	99,50	-2,58
1,001	99,00	-2,33
1,050	95,00	-1,64
1,110	90,00	-1,28
1,250	80,00	-0,84
1,330	75,00	-0,67
1,430	70,00	-0,52
1,670	60,00	-0,25
2,000	50,00	0
2,500	40,00	0,25
3,330	30,00	0,52
4	25,00	0,67
5	20,00	0,84
10	10,00	1,28
20	5,00	1,64
50	20,00	2,05
100	1,00	2,33
200	0,50	2,58
500	0,20	2,88
1000	0,10	3,09

2.4.2.3. Distribusi Gumbel

Langkah-langkah untuk menghitung besarnya probabilitas hujan rencana dengan metode Gumbel hampir sama dengan distribusi normal namun untuk koefisien distribusi (k) dihitung menggunakan persamaan berikut yang dipengaruhi berapa tahun curah hujan yang diketahui (n):

$$k = \frac{(Y - Y_n)}{S_n} \qquad (12)$$

Nilai Yn (*Reduce Mean)* dalam distribusi gumbel dipengaruhi berapa tahun curah hujan yang diketahui yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 Reduce Mean (Yn).

Tabel 2. 4 Reduce Mean (Yn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5300	0.5820	0.5882	0.5343	0.5353

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.5363	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5400	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5463	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5468	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

Nilai Sn (*Reduce Standar Deviasi)* dalam distribusi gumbel dipengaruhi berapa tahun curah hujan yang diketahui yang dapat dilihat pada Tabel 2.5 Reduce Standar Deviasi (Sn).

Tabel 2. 5 Reduce Standar Deviasi (Sn)

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	1.1080
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	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
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	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2046	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Nilai Y (*Reduce Variate)* dalam distribusi gumbel dipengaruhi berapa tahun curah hujan yang diketahui yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 Reduce Variate (Y).

Tabel 2. 6 Reduce Variate (Y)

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9606
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2960
500	6.2140
1000	6.9190
5000	8.5390
10000	9.9210

2.4.2.4. Distribusi Log Pearson III

Metode Log Pearson Tipe III didasarkan pada transformasi data curah hujan ke dalam bentuk logaritma. Distribusi ini dipilih karena sifatnya yang fleksibel dalam menyesuaikan berbagai pola data (Suripin, 2004).

Adapun tahapan untuk menghitung besar kemungkinan curah hujan rencana dengan menggunakan metode ini adalah sebagai berikut (Suripin, 2004) :

a) Menyusun data curah hujan rata-rata dari yang terbesar ke yang terkecil (atau sebaliknya),
b) Merubah sejumlah n data curah hujan ($X1$, $X2$, … , Xn) ke dalam bentuk logaritma, sehingga menjadi log$X1$, log$X2$, … , logXn,
c) Menghitung besarnya harga rata-rata besaran logaritma tersebut dengan persamaan:

$$\overline{(\log(X))} = \frac{(\log \sum(X))}{n} \quad (13)$$

d) Mengitung besarnya harga deviasi rata-rata dari besaran log tersebut, dengan persamaan:

$$\overline{Slog(X)} = \frac{\sqrt{\Sigma}\left(\log(X) - \overline{\log(X)}\right)^2}{n-1} \quad (14)$$

e) Mengitung koefisien kemencengan dari besaran logaritma di atas dengan persamaan:

$$CS = \frac{n\sum\left(\log(X) - \overline{\log(X)}\right)^3}{(n-1)(n-2)\left(\overline{Slog(X)}\right)^3} \quad (15)$$

f) Berdasarkan nilai koefisien kemencengan yang diperoleh dan harga periode ulang (T) yang ditentukan, selanjutnya dapat dihitung harga dari K dengan menggunakan tabel dibawah ini:
g) Menghitung besarnya harga logaritma dari masing – masing data curah hujan untuk suatu periode ulang tertentu dengan persamaan:

$$Log\ X = \overline{\log(X)} + k\left(\overline{Slog(X)}\right) \quad (16)$$

h) Menghitung nilai X menggunakan anti Log dari nilai Log X

Nilai k dalam distribusi log Person III ditentukan sesuai paeriode kala ulang dan hasil perhitungan Cs (koefisien kemencengan) yang dapat dilihat pada Tabel 2.7 Nilai k Untuk Distribusi Log Pearson III.

Tabel 2. 7 Nilai k Untuk Distribusi Log Pearson III

Cs/Cw	Interval Kejadian Tahun (Periode Ulang)										
	2	5	10	25	20	50	100	200	500	1000	10000
	Probabilitas terlampaui										
	(0,5)	(0,2)	(0,1)	(0,04)	(0,05)	(0,02)	(0,01)	(0,005)	(0,002)	(0,001)	(0,0001)
3,0	-0,365	0,424	1,148	2,217	1,946	3,094	4,023	4,997	6,348	7,414	11,201
2,8	-0,358	0,459	1,179	2,222	1,959	3,067	3,955	4,881	6,158	7,161	10,701
2,6	-0,347	0,495	1,208	2,223	1,969	3,035	3,881	4,757	5,960	6,900	10,194
2,4	-0,333	0,531	1,236	2,219	1,974	2,996	3,799	4,626	5,753	6,630	9,682
2,2	-0,315	0,567	1,261	2,210	1,975	2,950	3,709	4,486	5,539	6,353	9,666
2,0	-0,295	0,602	1,282	2,195	1,971	2,898	3,613	4,339	5,317	6,069	8,647
1,8	-0,272	0,636	1,301	2,175	1,962	2,840	3,509	4,185	5,088	5,779	8,127
1,6	-0,247	0,669	1,315	2,150	1,948	2,775	3,399	4,024	4,853	5,484	7,607
1,4	-0,220	0,699	1,326	2,118	1,928	2,704	3,282	3,857	4,613	5,185	7,090
1,2	-0,192	0,728	1,333	2,082	1,903	2,626	3,159	3,684	4,369	4,883	6,577
1,0	-0,162	0,754	1,335	2,039	1,872	2,543	3,030	3,506	4,122	4,580	6,071
0,8	-0,131	0,777	1,333	1,991	1,837	2,454	2,897	3,324	3,872	4,276	5,573
0,6	-0,099	0,798	1,327	1,938	1,796	2,360	2,759	3,139	3,621	3,974	5,087
0,4	-0,066	0,816	1,316	1,880	1,750	2,262	2,617	2,952	3,371	3,674	4,614
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	1,700	2,160	2,473	2,764	3,123	3,379	4,157
0	0,000	0,842	1,282	1,751	1,645	2,054	2,326	2,576	2,878	3,090	3,719
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,586	1,945	2,179	2,389	2,638	2,810	3,303
-0,4	0,066	0,854	1,231	1,606	1,524	1,835	2,032	2,204	2,405	2,539	2,911
-0,6	0,099	0,856	1,199	1,529	1,458	1,723	1,885	2,024	2,179	2,281	2,546
-0,8	0,131	0,854	1,165	1,450	1,390	1,611	1,741	1,848	1,964	2,037	2,212
-1,0	0,162	0,848	1,127	1,370	1,320	1,500	1,601	1,680	1,761	1,809	1,912
-1,2	0,192	0,839	1,086	1,288	1,248	1,390	1,645	1,520	1,572	1,600	1,650
-1,4	0,220	0,827	1,042	1,207	1,175	1,283	1,335	1,370	1,399	1,412	1,427
-1,6	0,247	0,812	0,996	1,126	1,102	1,180	1,212	1,231	1,244	1,248	1,249
-1,8	0,272	0,794	0,948	1,046	1,029	1,081	1,099	1,107	1,109	1,109	1,119
-2,0	0,295	0,772	0,899	0,969	0,958	0,989	0,996	0,997	0,998	1,000	1,040
-2,2	0,315	0,748	0,848	0,895	0,888	0,903	0,905	0,905	0,911	0,922	1,017
-2,4	0,333	0,720	0,797	0,824	0,821	0,827	0,827	0,832	0,852	0,878	1,053
-2,6	0,347	0,690	0,746	0,759	0,758	0,759	0,765	0,781	0,822	0,872	1,152
-2,8	0,358	0,657	0,695	0,700	0,700	0,703	0,719	0,752	0,826	0,905	1,318
-3,0	0,365	0,622	0,645	0,647	0,646	0,660	0,693	0,750	0,864	0,981	1,556

2.4.3. Uji Kecocokan Distribusi

Untuk mengetahui jenis metode yang paling sesuai dengan data curah hujan serta menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih, dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis maka dilakukan uji kecocokan. Adapun pengujian yang akan dibahas yaitu :

- Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*)
- Uji *Smirnov Kolmogorof*

2.4.4. Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*)

Pengujian Chi – Kuadrat didasarkan pada jumlah pengamatan yang dibagi pada kelas – kelas. Nilai yang dibandingkan yaitu nilai X^2 dengan nilai *Chi-Square* Kritik. Persamaan yang digunakan yaitu :

$$X^2 = \sum_{t=1}^{N} \left(\frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \right) \quad (17)$$

Proses perhitungan uji Chi-Kuadrat dapat dilakukan sebagai berikut:

- Urutkan data dari kecil ke besar,
- Kelompokkan data menjadi kelas – kelas dengan interval yang dapat diperoleh dari persamaan :

$$K = 1 + 3{,}322\ Log\ n \quad (18)$$

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (19)$$

- Hitung frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama (Of),
- Hitung banyak pengamatan yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya (Ef) dengan cara membagi jumlah data dengan banyaknya kelas,
- Hitung X^2 menggunakan persamaan yang telah disebutkan
- Bandingkan nilai *Chi-Square* terhitung (X^2) dengan nilai *Chi-Square* Kritik yang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2. 8 Nilai Chi-Square Kritik

DK	Distribusi X²					
	0.995	**0.9**	**0.5**	**0.1**	**0.05**	**0.01**
1	0	0.016	0.455	2.706	3.841	6.635
2	0.01	0.211	1.386	4.605	5.991	9.21
3	0.072	0.584	2.366	6.251	7.815	11.345
4	0.207	1.064	3.357	7.779	9.488	13.277
5	0.412	1.61	4.351	0.236	11.07	15.086
6	0.676	2.402	5.348	10.645	12.592	16.812
7	0.989	2.833	6.346	12.017	14.067	18.475
8	1.344	3.49	7.344	13.362	15.507	20.09
9	1.735	4.168	8.343	14.684	16.919	21.666
10	2.156	4.865	9.342	15.987	18.307	23.209

- Jika *Chi-Square* terhitung (X^2) lebih kecil dari nilai *Chi-Square* Kritik maka perhitungan distribusi dapat diterima

2.4.5. Uji Smirnov Kolmogorof

Digunakan untuk menguji kesesuaian dari distribusi secara horizontal dari data yang dimiliki. Proses perhitungan Uji *Smirnov Kolmogorof* dapat dilakukan sebagai berikut :

a) Urutkan data dari kecil ke besar (atau sebaliknya),

b) Hitung simpangan maksimum D menggunakan persamaan :

$$D = Max \mid P_t(x) - P_e(x)| \qquad (20)$$

c) Bandingkan simpangan maksimum yang dihitung (Dmax) dengan perbedaam kritis (D0) yang nilainya dapat ditentukan pad tabel berikut

Tabel 2. 9 Nilai D0 Kritis Untuk Smirnov Kolmogorof

Jumlah data	α (derajat kepercayaan)			
	0.20	**0.10**	**0.05**	**0.01**
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n > 50	1.07/n	1.22/n	1.36/n	1.63/n

2.4.6. Hidrograf Satuan Sintetis

Untuk membuat hidrograf banjir pada sungai – sungai yang tidak atau sedikit sekali dilakukan observasi hidrograf banjirnya, maka perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut terlebih dahulu seperti waktu untuk mencapai puncak hidrograf, lebar dasar, luas kemiringan, panjang alur terpanjang, koefisien limpasan, dan sebagainya. Ada 2 macam metode untuk menghitung hidrograf satuan sintetis yaitu (Soemarto, 1987) :

2.4.6.1. Metode Nakayashu

Metode *Nakayashu* diteliti oleh ilmuan asal Jepang yang bernama NAKAYASHU maka metode ini dikenal sebagai ‘Hidrograf Satuan Sintetik Nakayashu’. Rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penyelidikaannya antara lain sebagai berikut :

$$Qp = \frac{\text{A.Re}}{\text{3,6 (0,3Tp+T0,3}} \qquad (21)$$

$$Tp = tg + 0{,}8Tr \quad (22)$$

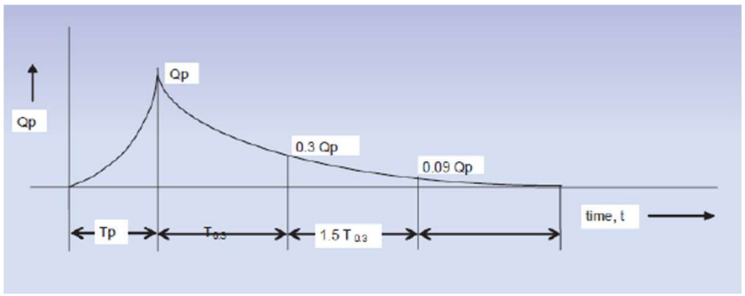
$$tg = 0{,}4 + 0{,}058L \quad \text{untuk L > 15 km} \quad (23)$$

$$tg = 0{,}21L^{0{,}7} \quad \text{untuk L < 15 km} \quad (24)$$

$$T_{0,3} = \alpha.tg \quad (25)$$

$$Tr = 0{,}75tg \quad (26)$$

Kurva perbandingan debit banjir dengan waktu pada metode *Nakayashu* digambarkan sebagai berikut :



Sumber : Soemarto, 1987

Gambar 2. 13 Metode Nakayashu

Keterangan :

Pada kurva naik (0 < t < Tp)

$$Q_t = Q_p(\frac{t}{T_p})^{2,4} \quad (27)$$

Pada kurva turun (Tp < t < Tp + $T_{0,3}$) (28)

$$Q_t = Q_p \times 0{,}3^{\frac{t-Tp}{T_{0,3}}} \quad (29)$$

Pada kurva turun (Tp + $T_{0,3}$ < t < Tp + $T_{0,3}$ + 1,5 $T_{0,3}$) (30)

$$Q_t = Q_p \times 0{,}3^{(t-Tp)+\frac{0{,}5T_{0,3}}{1{,}5T_{0,3}}} \quad (31)$$

Pada kurva turun (t > Tp + $T_{0,3}$ + 1,5 $T_{0,3}$) (32)

$$Q_t = Q_p \times 0{,}3^{(t-Tp)+\frac{0{,}5T_{0,3}}{2T_{0,3}}} \quad (33)$$

2.4.6.2. Metode *Snyder*

Dalam permulaan tahun 1938, F. F. SNYDER dari Amerika Serikat telah mengembangkan rumus empiris dengan koefisien – koefisien empiris yang menghubungkan unsur – unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengaliran. Persamaan – persamaan pada metode *Snyder* adalah sebagai berikut :

$$t_p = C_1(L \times L_c)^{0,3} \quad (34)$$

$$Q_p = \frac{c_p \times A}{t_p} \quad (35)$$

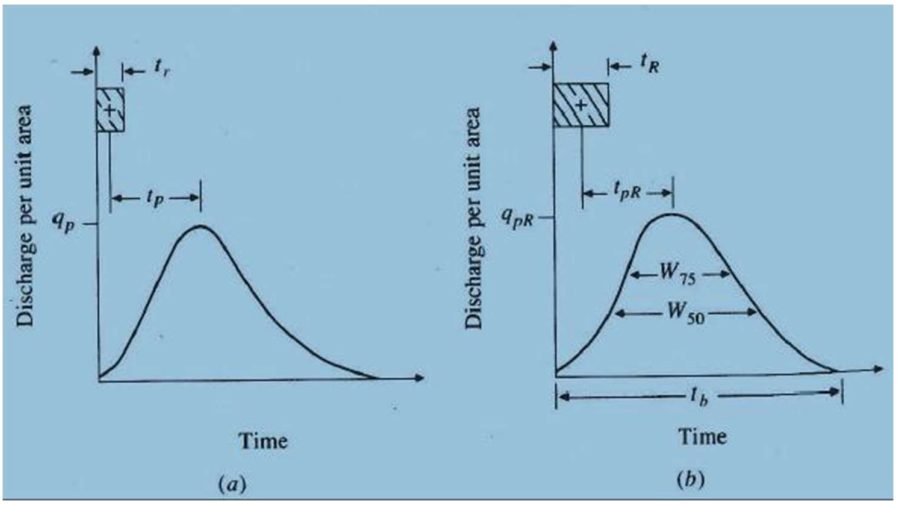
$$T = 3 + \frac{t_p}{9} \qquad t_D = \frac{t_p}{5{,}5} \quad (36)$$

Apabila durasi hujan efektif tr tidak sama dengan durasi standar t_D maka :

$$t_{pR} = t_p + 0{,}25\,(t_r - t_D) \quad (37)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}} \quad (38)$$

Kurva perbandingan debit banjir dengan waktu pada metode *Snyder* digambarkan sebagai berikut :



Sumber : Soemarto, 1987

Gambar 2. 14 Metode Snyder

2.4.7. Intensitas Hujan

Besarnya debit banjir perencanaan ditentukan oleh intensitas hujan. Umumnya makin lama waktu hujan maka intensitas hujannya semakin kecil. Namun pada kenyataannya intensitas hujan sering tidak diukur besarannya karena kurangnya alat penguji dan waktu. Untuk itu ada cara yang dapat ditempuh dengan cara empiris dengan menggunakan rumus – rumus sebagai berikut (Soemarto, 1987) :

a. Metode Ishiguro

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

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

$$b = \frac{[I][I\sqrt{t}]-[I^2\sqrt{t}]}{N[I^2]-[I][I]} \quad (39)$$

b. Metode Talbot (1881)

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

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

$$b = \frac{([I][I_t] - N[I_t^2])}{N[I^2] - [I][I]} \quad (40)$$

c. Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n}$$

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

$$n = \frac{([\log I][\log t] - N[\log t][\log I])}{(N[(\log t)^2] - [\log t][\log t])} \quad (41)$$

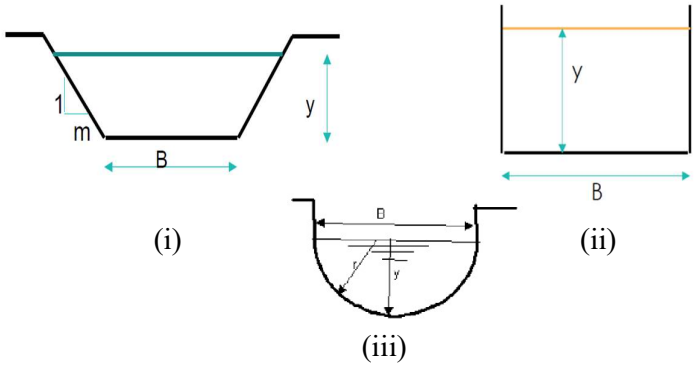
d. Metode Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (42)$$

2.5. Analisis Hidraulika

2.5.1. 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.



Trapesium (i) Persegi (ii) Setengah Lingkaran (iii)

Gambar 2. 15 Penampang Saluran

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

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (43)$$

Adapun nilai koefisien Manning dapat ditentukan dengan melihat tabel berikut (Triatmodjo, 2008):

Tabel 2. 10 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

Berdasarkan Suripin (2004) untuk menghitung nilai – nilai yang dibutuhkan dapat menggunakan rumus – rumus sebagai berikut :

1) Jari-jari hidraulik (R):

$$R = \frac{A}{P} \quad (44)$$

2) Luas penampang (A)

Untuk penampang trapesium

$$A = (B + m\,h)\,h \quad (45)$$

3) Keliling basah saluran penampang (P)

$$P = B + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (46)$$

4) Nilai debit aliran (Q)

$$Q = V.A \quad (47)$$

Menurut Permen PU No.12/PRT/M/ 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Kota setiap bentuk saluran memiliki rumus angka ekonimis sendiri – sendiri yang disajikan pada Tabel 2.11 berikut :

Tabel 2. 11 Penampang Melintang Ekonomis Untuk Saluran Trapesium, Segiempat Dan Segitiga dan Setengah Lingkaran

Melintang Saluran	Penampang Basah (A)	Basah (P)	Hidraulis (R)	Muka Air (T)	Hidraulis (D)	Factor (Z)
Trapesium	$y^2\sqrt{3}$	$2y\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{4}{3}y\sqrt{3}$	$\frac{3}{4}y$	$\frac{3}{2}y^{2,5}$
Segi empat	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2}y$	$2y$	y	$2y\text{^}2,5$
Segi tiga	y^2	$2y\sqrt{2}$	$\frac{1}{4}y\sqrt{2}$	$2y$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}y^{2,5}$
Setengah Lingkaran	$\frac{\pi}{2}y^2$	πy	$\frac{1}{2}y$	$2y$	$\frac{\pi}{4}y$	$\frac{\pi}{4}y^{2,5}$

Sumber: Permen PU No.12/PRT/M/ 2014

2.5.2. 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 :

$$w = 0{,}5\ h \qquad (48)$$

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

$$H = w + h \qquad (49)$$

Menurut Permen PU No.12/PRT/M/ 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Kota tinggi jagaan berbeda – beda tergantung pada debit dan material saluran.

Tabel 2. 12 Tabel Tinggi Jagaan (Freeboard) Minimum Saluran Drainase

Debit Rencana Q (m^3/detik)	Saluran Tanah/Tanggul (meter)	Saluran Pasangan Batu / Beton (meter)
< 0,5	0,40	0,20
0,5 - 1,5	0,50	0,20
1,5 - 5,0	0,60	0,25
5,0 - 10,0	0,75	0,30
10,0 - 15,0	0,85	0,40
> 15,0	1,00	0,50

Sumber: Permen PU No.12/PRT/M/ 2014

2.6. Kolam Retensi

Kolam Retensi merupakan suatu kolam tampungan air yang digunakan untuk menampung sementara air hasil limpasan yang berlebihan pada waktu tertentu yang nantinya akan di alirkan kembali. Selain itu pada penerapannya di lapangan kolam retensi digunakan untuk memotong puncak banjir sehingga dapat mengendalikan puncak banjir di bagian hilir. Kolam retensi merupakan salah satu konsep drainase berwawasan lingkungan, dimana kelebihan air limpasan pada suatu kawasan tidak langsung dilimpaskan ke sungai sebagai badan air penerima, akan tetapi ditahan pada suatu tempat untuk memberikan waktu yang cukup bagi air untuk meresap ke dalam tanah.(Alexander Nugi Pramono, 2008).

2.6.1. Macam-Macam Kolam Retensi Menurut Standar Teknis

Berdasarkan ketentuan *SNI 03-2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan* serta Pedoman Teknis Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR, kolam retensi diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe berdasarkan tata letak, fungsi spesifik, dan metode operasionalnya sebagai berikut:

- **Kolam Retensi Tipe di Samping Saluran (*Off-Stream Retention Basin*):** Kolam retensi ini dibangun di luar atau di samping jalur saluran drainase utama. Air dialirkan ke kolam melalui struktur pelimpah (*weir*) hanya ketika debit air di saluran utama melebihi kapasitas tertentu (saat terjadi banjir puncak). Keunggulan tipe ini adalah tidak mengganggu aliran normal saluran eksisting.



Sumber : SNI 03-2453-2002

Gambar 2. 16 Kolam Retensi yang berada di samping badan sungai.

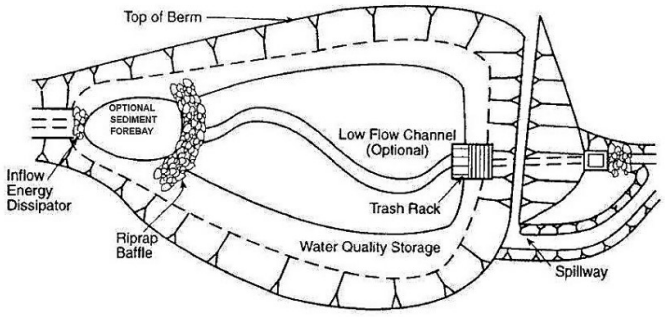
- **Kolam Retensi Tipe di Dalam Saluran (*On-Stream Retention Basin*):** Kolam retensi ini dibangun langsung memotong jalur atau badan saluran drainase terbuka. Seluruh aliran air dalam kondisi normal maupun banjir akan melewati kolam ini. Tipe ini membutuhkan ruang tampung yang memadai dan biasanya dilengkapi pintu pengatur aliran di bagian pengeluaran (*outlet*).



Sumber : SNI 03-2453-2002

Gambar 2. 17 Kolam Retensi Tipe di Dalam Saluran

- **Kolam Retensi Tipe Samping Badan Air Penerima:** Kolam retensi yang ditempatkan secara khusus tepat sebelum titik buangan akhir (*outfall*) menuju sungai atau badan air penerima. Fungsi utamanya adalah menahan luapan akibat efek air balik (*backwater effect*) jika elevasi muka air sungai utama sedang mengalami kenaikan.



Sumber : SNI 03-2453-2002

Gambar 2. 18 Kolam Retensi Tipe Samping Badan Air Penerima

- **Kolam Retensi Terintegrasi dengan Fasilitas Umum (*Dual-Use Basin*):** Merupakan konsep kolam retensi modern yang menggabungkan fungsi pengendalian hidrologi dengan prasarana publik, seperti ruang terbuka hijau (RTH), lapangan olahraga, atau taman rekreasi. Pada saat kondisi kemarau atau tidak hujan, dasar kolam dapat dimanfaatkan untuk aktivitas warga, sedangkan saat hujan lebat beralih fungsi menjadi bak tampungan limpasan.



Sumber : google

Gambar 2. 19 Kolam Retensi Terintegrasi dengan Fasilitas Umum

2.6.2. Karakteristik Operasional Kolam Retensi:

Berdasarkan cara pengosongan airnya, kolam retensi dibagi menjadi dua jenis operasional utama:

Kolam Retensi Tipe Kering (*Dry Detenton Pond*): Kolam dirancang untuk benar-benar kosong dan kering saat kondisi tidak ada hujan. Air hanya tertampung sementara selama waktu badai/hujan berlangsung dan akan habis dialirkan secara gravitasi dalam kurun waktu kurang dari 24-48 jam.



Sumber : google

Gambar 2. 20 Kolam Retensi Tipe Kering

Kolam Retensi Tipe Basah (*Wet Retention Pond*): Kolam yang mempertahankan volume air minimum secara permanen (*permanent pool*) sepanjang tahun untuk estetika, kelestarian ekosistem lokal, atau cadangan air pemadam kebakaran, sementara sisa volume atas kolam digunakan untuk menampung banjir rencana jam-jaman.



Sumber : google

Gambar 2. 21 Kolam Retensi Tipe Basah

2.7. Pompa

Pompa merupakan salah satu infrastruktur pengendali banjir yang sangat krusial, terutama pada kawasan perkotaan yang memiliki kendala topografi berupa area cekungan (*polder*) atau wilayah pesisir yang dipengaruhi pasang-surut air laut. Berikut adalah penjelasan mengenai pengertian, klasifikasi, serta regulasi teknis Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Peraturan Pemerintah terkait sistem pemompaan drainase perkotaan.

Berdasarkan peraturan teknis nasional, infrastruktur pompa didefinisikan melalui dua pendekatan utama:

- Menurut Peraturan Menteri PU No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan: Pompa drainase dan rumah pompa diklasifikasikan sebagai Sarana Drainase (Bangunan Pelengkap). Fungsi utamanya adalah mengatur, mengendalikan, dan mengalirkan aliran air hujan agar aman melewati hambatan atau kondisi topografi tertentu di mana pengaliran secara gravitasi murni sudah tidak efektif atau tidak memungkinkan lagi.
- Secara Teknis Infrastruktur Perkotaan: Pompa drainase adalah suatu alat mekanis yang dirancang khusus untuk memindahkan air limpasan hujan (*stormwater*) atau genangan air dari suatu area tangkapan (*catchment area*) atau kolam retensi menuju badan air penerima (sungai, danau, atau laut). Karakteristik utamanya adalah mampu mengalirkan

kapasitas debit air yang sangat besar (*high discharge*) dengan ketinggian angkat yang relatif rendah hingga sedang (*low to medium head*).

2.7.1. Macam-Macam Pompa

Dalam implementasi di lapangan, pompa drainase perkotaan dikelompokkan ke dalam beberapa klasifikasi teknis :

1. Berdasarkan Klasifikasi Impeller dan Karakteristik Aliran

a. Pompa Aliran Aksial / Baling-Baling (*Axial Flow Pump*):

Jenis pompa yang paling banyak digunakan untuk sistem polder drainase perkotaan besar. Air didorong searah dengan poros pompa. Karakteristik utamanya adalah mampu menghasilkan kapasitas debit yang sangat besar dengan head yang rendah, sangat cocok untuk memindahkan air banjir dengan cepat.

b. Pompa Aliran Campuran (*Mixed Flow Pump*):

Arah aliran air yang dihasilkan merupakan kombinasi antara aliran radial dan aksial. Memiliki efisiensi tinggi untuk kapasitas debit besar dengan head menengah. Sangat adaptif digunakan pada daerah muara sungai yang mengalami fluktuasi pasang-surut air laut yang cukup tinggi.

c. Pompa Ulir (*Archimedean Screw Pump*):

Menggunakan prinsip sekrup mekanis untuk menaikkan air ke elevasi yang lebih tinggi. Keunggulan utamanya adalah ketahanan yang sangat tinggi terhadap sampah padat perkotaan, tanaman enceng gondok, dan lumpur pekat tanpa risiko penyumbatan (*clogging*).

d. Pompa Sentrifugal / Aliran Radial (*Centrifugal Pump*):

Memanfaatkan gaya sentrifugal untuk mendorong air keluar tegak lurus dari poros impeller. Umumnya digunakan untuk sub-sistem drainase di area cekungan dalam yang membutuhkan head tinggi. Untuk drainase perkotaan, wajib dipilih tipe *non-clog centrifugal pump* agar serpihan sampah tidak merusak komponen dalam.

e. Pompa Benam (*Submersible Drainage Pump*)

Pompa yang seluruh unit motor dan impelernya dicelupkan langsung ke dalam air baku kolam retensi.

2. Berdasarkan Metode Instalasi Rumah Pompa (*Pit*)

a. Sistem Pit Basah (*Wet-Pit / Submersible*):

Seluruh badan pompa dan motor penggerak dirancang kedap air dan direndam langsung di dalam bak penampungan air (*wet well*). Sangat efisien dalam penggunaan lahan karena tidak membutuhkan ruang mesin yang luas di atas permukaan tanah.

b. Sistem Pit Kering (*Dry-Pit Pumping Station*):

Pompa ditempatkan di sebuah ruangan kering terpisah di samping bak penampungan air banjir. Mempermudah proses inspeksi visual, perawatan berkala, dan perbaikan mekanis, namun membutuhkan biaya konstruksi awal gedung stasiun pompa yang lebih besar.

3. Berdasarkan Mobilitas dan Operasional

a. Pompa Stasioner (Permanen):

Pompa yang terpasang secara permanen di dalam stasiun pompa / sistem polder utama untuk melindungi suatu kawasan makro perkotaan secara terjadwal dan otomatis.

b. Pompa Mobile / Portabel (Darurat):

Pompa yang terintegrasi dengan kendaraan truk atau trailer roda penarik. Berfungsi sebagai unit tanggap darurat yang dapat dipindahkan secara cepat ke titik-titik genangan lokal dadakan akibat sumbatan saluran drainase mikro.

Menurut Permen PU No.12/PRT/M/ 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Kota klasifikasi kapasitas pompa berdasarkan skala pelayanan dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Klasifikasi Kapasitas pompa banjir

Skala Pelayanan	Jenis Pompa	Kisaran Kapasitas Umum
Mikro / Lingkungan	Sentrifugal / Submersible Kecil	10 s.d. 100 Liter/detik
Kawasan / Sekunder	Mixed Flow / Submersible	100 s.d. 500 Liter/detik
Makro / Polder Utama (Kota)	Axial Flow / Archimedean Screw	500 s.d. >3.000 Liter/detik (atau> 3m³/detik

Sumber : Permen PU No. 12/PRT/M/2014

Menurut kamus data infrastruktur Kementerian PUPR dan pedoman Permen PU No. 12/PRT/M/2014, **Rumah Pompa** (atau Stasiun Pompa) adalah suatu bangunan sipil khusus yang dirancang untuk melindungi, menempatkan, dan mengoperasikan unit mesin pompa air beserta seluruh komponen kelengkapannya (seperti panel kontrol listrik, pipa kolom, katup/*valve*, dan mesin penggerak).

Fungsi utamanya adalah melindungi aset mekanikal-elektrikal dari gangguan cuaca/lingkungan, sekaligus mengontrol regulasi aliran air—baik untuk membuang genangan banjir (sistem polder/drainase) maupun menyuplai air bersih dan irigasi.

2.7.2. Macam-Macam Rumah Pompa

Dalam implementasi di lapangan, macam – macam rumah pompa sebagai bangunan pelengkap dikelompokkan ke dalam beberapa klasifikasi teknis

1. Berdasarkan Tata Letak & Konstruksi (Pedoman PUPR)

Berdasarkan sistem konstruksi dan posisi penempatan peralatan di dalam bangunan (merujuk pada Buku Panduan Sistem Pemompaan Drainase PUPR), rumah pompa dibagi menjadi 3 tipe utama:

- **Rumah Pompa Satu Lantai:** Bangunan yang seluruh peralatan penunjang, panel instrumen, dan mesin penggerak utamanya dipasang sejajar pada lantai yang sama. Biasanya digunakan untuk instalasi pompa jenis sentrifugal horizontal atau *submersible*.
- **Rumah Pompa Dua Lantai:** Bangunan yang memisahkan area mekanis bawah air dengan ruang operasional atas. Unit pompa hidrolis dipasang di lantai satu (bawah/basah), sedangkan mesin penggerak motor atau panel elektrikal diletakkan di lantai dua untuk menghindari risiko terendam air saat banjir. Umum digunakan pada pompa tipe *aksial/mixed flow* vertikal.
- **Rumah Pompa Terbuka (Outdoor):** Jenis stasiun pompa yang tidak memiliki bangunan gedung utuh, melainkan hanya menyisakan bak kontrol penampung air (*wet well*). Mesin pompa diletakkan di luar ruangan dengan pelindung panel minimalis kedap air, umumnya menggunakan tipe pompa celup (*submersible*).

2. Macam Rumah Pompa Berdasarkan Fungsi Infrastruktur (SNI & PP)

a) Rumah Pompa Pengendali Banjir / Drainase (Sistem Polder)

- **Regulasi:** Diatur dalam **Permen PUPR No. 12/2014 tentang Drainase Perkotaan**.
- **Karakteristik:** Dibangun berpasangan dengan kolam retensi/polder dan pintu air. Berfungsi memompa air dari saluran drainase sekunder wilayah perkotaan menuju ke badan sungai utama atau laut ketika air pasang terjadi.

b) Rumah Pompa Penyediaan Air Minum / Air Baku

- **Regulasi:** Diatur dalam **PP No. 122/2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)**.

- **Karakteristik:** Berfungsi melindungi instalasi pompa intake yang menyedot air dari mata air, waduk, atau sumur dalam (JIAT - Jaringan Irigasi Air Tanah) untuk dialirkan menuju instalasi pengolahan air bersih (IPA).

c) Rumah Pompa Proteksi Kebakaran Gedung (Fire Pump Room)

- **Regulasi:** Diatur dalam **SNI 03-3989** (Tata Cara Perencanaan Sistem Springkler) dan pedoman standar keselamatan Bina Marga/Cipta Karya.
- **Karakteristik:** Ruangan khusus di dalam atau di samping gedung yang wajib dibuat tahan api (minimal kompartemen 2 jam). Di dalamnya wajib menampung 3 jenis pompa proteksi yang bekerja sinkron: *Electric Pump*, *Diesel Pump*, dan *Jockey Pump*.

2.7.3. Persyaratan Standar Fisik Bangunan Rumah Pompa (PUPR)

Agar operasional aman, bangunan fisik rumah pompa wajib memenuhi standar kelayakan teknis berikut:

1. **Aksesibilitas:** Ruangan harus memberikan ruang gerak yang leluasa bagi operator untuk melakukan pemeliharaan pembongkaran mesin.
2. **Ventilasi & Sirkulasi:** Wajib memiliki sirkulasi udara yang baik (berupa kisi-kisi besi atau jendela) untuk membuang panas mesin agar panel kontrol tidak mengalami *overheating*.
3. **Konstruksi Tangguh:** Dinding menggunakan pasangan bata/beton bertulang dengan pondasi batu kali/beton bertulang yang tahan terhadap getaran mesin pompa besar.
4. **Fasilitas Derek (Crane):** Umumnya wajib dilengkapi *overhead crane* atau tiang katrol pemeliharaan guna mempermudah pengangkatan pompa saat perbaikan.

2.8. Program EPA SWMM 5.2

2.8.1. Pengertian Program EPA SWMM 5.2

Program SWMM 5.2 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 5.2 melakukan analisis data secara otomatis akan tetapi data yang dimasukkan merupakan hasil analisis secara manual termasuk penggambaran *subcatcthment*.

SWMM 5.2 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 (Rossman, 2010).

Dalam SWMM 5.2 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 (Rossman, 2010).

2.8.2. Obyek pada Program EPA SWMM 5.2

Adapun beberapa pengertian perintah pada program EPA SWMM 5.2 berikut (Rossman, 2010)

a. 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.

Parameter yang dibutuhkan pada obyek *rain gage* antara lain :

- Jenis data curah hujan seperti intensitas, volume, atau volume komulatif
- Interval waktu perekaman misalnya setiap jam atau 15 menit dan lain – lain
- Sumber data curah hujan
- Nama pos pencatat curah hujan

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek *rain gage* yang ditunjukkan dengan gambar pada *toolbar* sebelah kanan.

b. Subcatchment

Subcactment merupakan topografi dan elemen sistem drainase dalam mengarahkan permukaan limpasan di suatu titik pelepasan dan merupakan unit hidrologi tanah.

Parameter masukan pada objek *subcactment* antara lain :

- *Rain gage* yang ditugaskan
- Pertemuan keluaran atau sub-daerah tangkapan
- Luas keseluruhan
- Presentase area kedap air
- Kemiringan rata – rata
- Lebar karakteristik aliran permukaan

- Kekasaran Manning (n)

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek s*ubcactment* yang ditunjukkan dengan gambar  pada *toolbar* sebelah kanan.

c. Junction

Pada program SWMM 5.2 untuk melihat penghubung pipa, lubang got pada saluran pembuangan, dan saluran pada permukaan alami yang dipertemukan dapat dilihat pada yang ditampilkan oleh obyek *junction.*

Parameter masukan pada objek *junction* antara lain :

- Ketinggian dasar saluran
- Ketinggian sampai ke permukaan tanah
- Luas permukaan yang tergenang saat banjir (opsional)
- Data aliran masuk ekternal (opsional)

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek *junction* yang ditunjukkan dengan gambar  pada *toolbar* sebelah kanan.

d. Outfall

Dalam program SWMM 5.2 obyek outfall merupakan titik terminal pada sistem drainase dan pada umumnya merupakan pembuangan akhir saluran drainase.

Parameter masukan pada objek *outfall* antara lain :

- Ketinggian balikan
- Tipe kondisi batasan dan deskripsi
- Adanya pintu penutup mencegah aliran balik melalui saluran keluaran

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek *outfall* yang ditunjukkan dengan gambar pada *toolbar* sebelah kanan.

e. 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.

Parameter masukan pada objek *flow divider* antara lain :

- Nama saluran yang menerima aliran yang dialihkan
- Metode yang digunakan untuk menghitung jumlah aliran yang dialihkan

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek *flow divider* yang ditunjukkan dengan gambar  pada *toolbar* sebelah kanan.

f. 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.

Parameter masukan pada objek *storage unit* antara lain :

- Elevasi bawah balikan
- Kedalaman maksimum
- Data luas permukaan kedalaman
- Potensi penguapan
- Parameter rembesan (opsional)
- Data aliran masuk eksternal (opsional)

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek *storage unit* yang ditunjukkan dengan gambar  pada *toolbar* sebelah kanan.

g. Conduit

Obyek *conduit* merupakan saluran yang mengalirkan air. Dalam SWMM 5.2 untuk menyatakan hubungan antara debit (Q), luas penampang (A), jari-jari hidraulik (R), dan kemiringan saluran (S) digunakan persamaan Manning.

Parameter masukan pada objek *conduit* antara lain :

- Nama – nama titik masuk dan keluar
- Offset ketinggian atau elevasi di atas titik balik simpul masuk dan keluar
- Panjang
- Koefisien kekasaran Manning
- Geometri penampang

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek *conduit* yang ditunjukkan dengan gambar pada *toolbar* sebelah kanan.

h. Pump

Untuk membuat kenaikkan air dan untuk membuat kenaikkan tinggi elevasi muka air dapat menggunkan obyek *pump*. Pengguna dapat mengatur pompa dalam keadaan hidup atau mati secara dinamik selama dalam pengaturan kontrol yang sudah pengguna tetapkan.

Parameter masukan pada objek *conduit* antara lain :

- Nama – nama simpul masuk dan keluarnya
- Nama kurva pompa
- Status on-off
- Kedalaman awal dan akhir

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek *pump* yang ditunjukkan dengan gambar  pada *toolbar* sebelah kanan.

i. Flow Regulator

Flow regulator merupakan obyek pada SWMM 5.2 untuk digunakan sebagai pengontrol dan pengalih aliran.

Parameter masukan pada objek *flow regulator* antara lain :

- Nama – nama simpul masuk dan keluarnya
- Konfigurasi (bawah atau samping)
- Bentuk (lingkaran atau persegi panjang)
- Tinggi atau elevasi di atas dasar simpul masuk
- Koefisien debit
- Waktu untuk membuka atau menutup

Untuk menambahkan parameter tersebut dapat ditambahkan pada obyek *flow regulator* yang ditunjukkan dengan gambar  pada *toolbar* sebelah kanan.

2.8.3. Parameter Karakteristik Subcatchment dalam Model EPA SWMM 5.2

Dalam pemodelan hidrologi menggunakan *Storm Water Management Model* (SWMM 5.2), suatu subcatchment (sub-daerah tangkapan air) direpresentasikan secara skematis sebagai permukaan persegi panjang (*rectangular plane*) yang memiliki kemiringan (*slope*) tertentu. Ketika hujan turun, air akan mengisi tampungan permukaan (*depression storage*) terlebih dahulu sebelum mengalir sebagai limpasan permukaan (*overland flow*). Kecepatan aliran limpasan di atas permukaan subcatchment ini dihitung menggunakan persamaan kontinuitas yang dikombinasikan dengan Persamaan Manning. Oleh karena itu, koefisien kekasaran Manning (*Manning's roughness coefficient* atau nilai n) menjadi parameter krusial untuk menentukan hambatan gesek permukaan terhadap aliran air. Di dalam model SWMM 5.2, parameter ini dibagi menjadi dua berdasarkan jenis tata guna lahannya, yaitu N-Imperv dan N-Perv.

2.8.4. N-Imperv (Manning's n for Impervious Area)

N-Imperv merupakan koefisien kekasaran Manning yang diterapkan secara khusus untuk bagian area kedap air (*impervious area*) di dalam suatu subcatchment. Area kedap air ini mencakup wilayah yang tidak memiliki kapasitas infiltrasi, seperti atap bangunan, jalan aspal, trotoar, dan area perkerasan beton. Semakin kecil nilai N-Imperv, maka tingkat kekasaran permukaan semakin rendah (semakin licin). Hal ini menyebabkan waktu

konsentrasi limpasan (*time of concentration*) menjadi lebih singkat, sehingga debit puncak (*peak flow*) limpasan perkotaan akan tercapai dengan sangat cepat menuju ke jaringan drainase atau conduit. Nilai tipikal N-Imperv untuk area urban umumnya berada pada rentang 0,011 hingga 0,015.

2.8.5. N-Perv (Manning's n for Pervious Area)

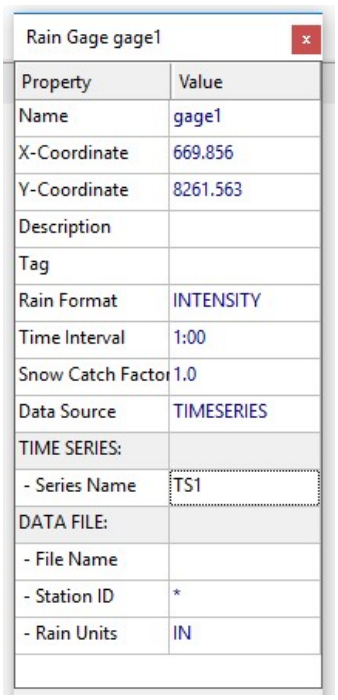
N-Perv merupakan koefisien kekasaran Manning yang diterapkan pada bagian area lulus air (*pervious area*), yaitu wilayah vegetasi atau tanah terbuka yang masih memiliki kemampuan untuk menginfiltrasikan air ke dalam tanah. Contoh dari area lulus air ini antara lain lapangan rumput, taman kota, lahan pertanian, dan kawasan hutan. Karena adanya hambatan fisik dari vegetasi, struktur tanaman, serta ketidakrataan permukaan tanah alami, nilai N-Perv jauh lebih besar daripada N-Imperv. Nilai kekasaran yang tinggi ini berfungsi untuk meredam dan memperlambat laju aliran limpasan permukaan (*overland flow routing*). Nilai tipikal N-Perv sangat bervariasi tergantung kerapatan vegetasi, yakni berkisar antara 0,10 hingga 0,80.

Berikut adalah tabel nilai referensi Manning untuk aliran permukaan (*overland flow*) yang bersumber langsung dari manual hidrologi EPA:

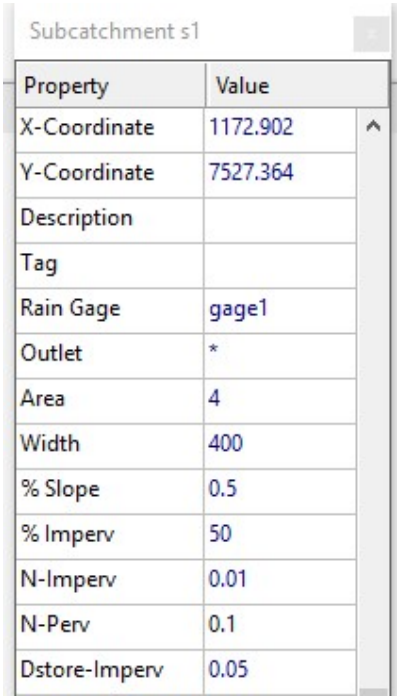
Tabel 2. 14 Tabel Referensi Parameter Nilai Kekasaran Manning (n) dalam SWMM 5.2

No	Karakteristik Permukaan / Tata Guna Lahan	Nilai Kekasaran Manning (n)	Kategori Parameter
1	Aspal Halus (Smooth asphalt)	0,011	N-Imperv
2	Beton Halus (Smooth concrete)	0,012	N-Imperv
3	Linoleum / Plastik	0,013	N-Imperv
4	Kerikil Padat (Packed clay)	0,013	N-Imperv
5	Tanah Terbuka Halus (Fallow / no residue)	0,05	N-Perv
6	Rumput Pendek / Lapangan (Short grass prairie)	0,15	N-Perv
7	Rumput Padat Bermutu (Dense grass)	0,24	N-Perv
8	Lahan Rimbun / Semak Belukar (Bermudagrass)	0,41	N-Perv
9	Hutan Bervegetasi Rapat (Woods with light underbrush)	0,4	N-Perv
10	Hutan Sangat Lebat (Woods with dense underbrush)	0,8	N-Perv

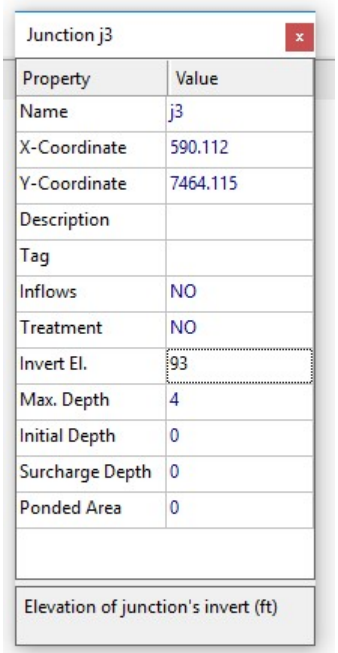
Sumber : U.S. EPA, 2016



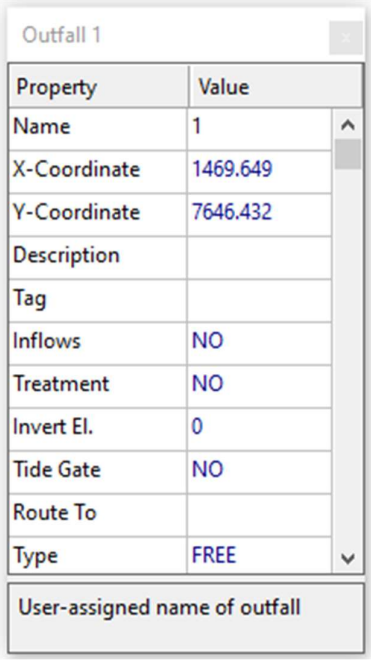
(a) Properti Rain Gage



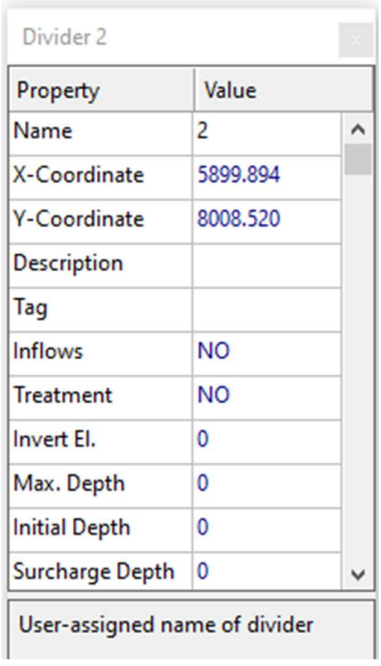
(b) Properti Subcatchment



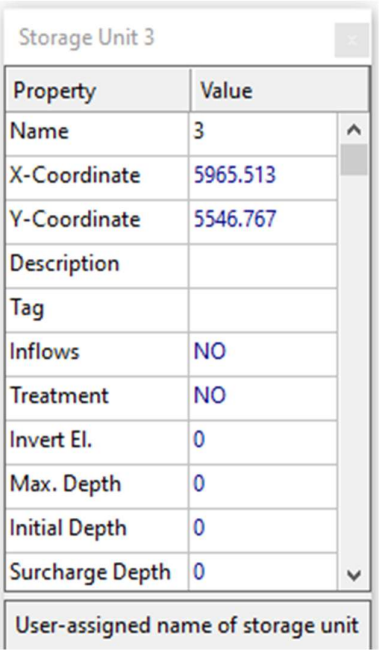
(c)Properti Junction



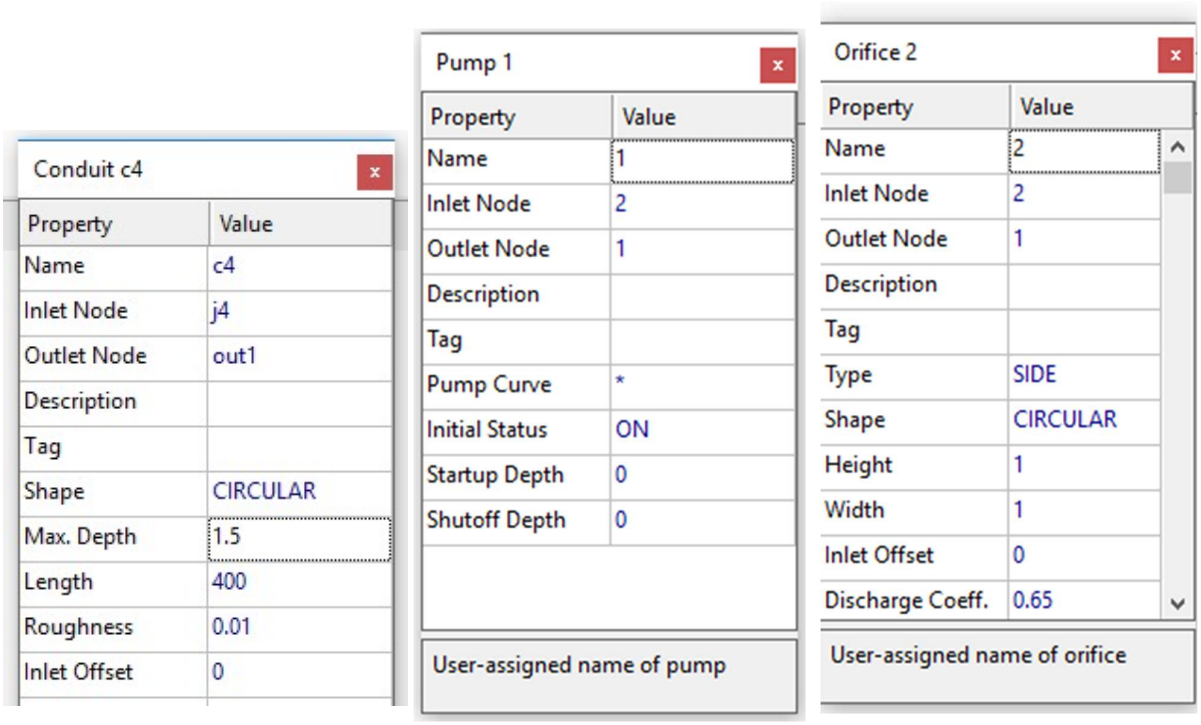
(d) Properti Outfall Gambar



(e)Properti Flow Divider



(f)Properti Storage Unit



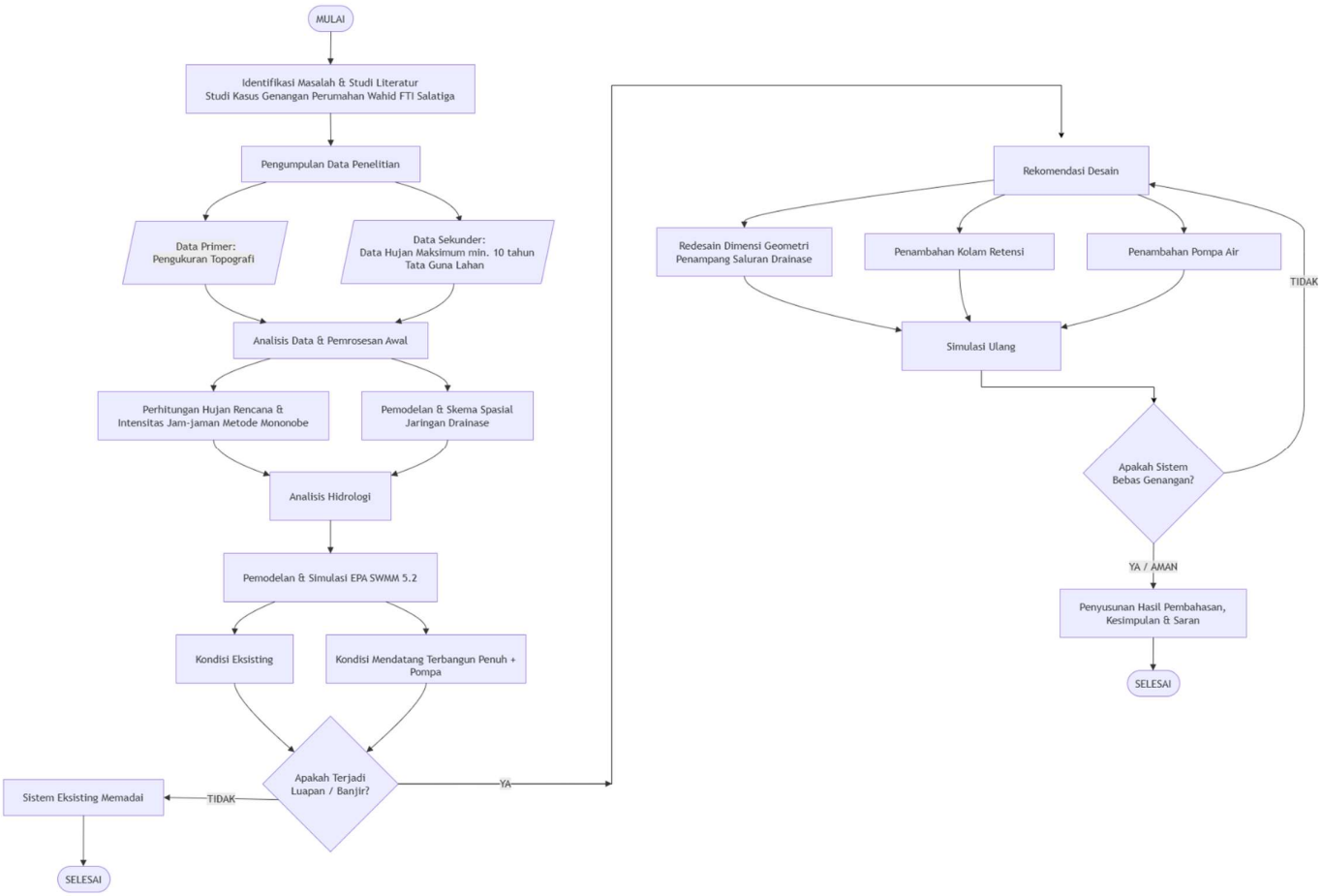
(g) Properti Conduit *(h) Properti Pump* *(i)Flow Regulator*

Gambar 2. 22 Properties EPA SWMM 5.2

BAB III.
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Metodologi penelitian merupakan rangkaian tahapan sistematis yang dirancang untuk mengatasi permasalahan genangan di Perumahan Wahid FTI, Kelurahan Blotongan, Kecamatan Sidorejo, Kota Salatiga. Penelitian ini berfokus pada evaluasi kapasitas sistem drainase eksisting dan kolam resapan dengan menggunakan perangkat lunak **EPA SWMM 5.2** (*Storm Water Management Model*). Langkah-langkah penelitian dimulai dari identifikasi awal, pengumpulan data lapangan (*primer dan sekunder*), analisis hidrologi, pemodelan spasial drainase, simulasi hidrolika, hingga penentuan solusi alternatif rekayasa apabila ditemukan titik luapan (*flooding point*). Alur pelaksanaan penelitian secara menyeluruh dapat dilihat pada **Gambar 3.1 berikut.**



Gambar 3. 1 Bagan Alir Utama Pelaksanaan Penelitian

3.2. Tahapan Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu data primer yang diperoleh langsung dari survei lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari instansi atau pihak terkait:

Data Primer: Data yang diperoleh melalui pengukuran langsung di lokasi Perumahan Wahid FTI meliputi :

- Pengukuran bentuk geometri (persegi atau trapesium),
- Lebar basah,
- Tinggi saluran
- Tinggi muka air pada kondisi eksisting.

Data Sekunder: Data pendukung penelitian yang diperoleh dari instansi berwenang meliputi:

- Data curah hujan harian maksimum dengan rentang waktu minimal 10 tahun terakhir dari BMKG atau Dinas terkait
- Peta topografi berupa kontur dan elevasi kawasan permukiman
- Peta tata guna lahan
- Site plan
- Jaringan saluran dari pihak pengembang Perumahan.

3.3. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh besaran curah hujan rancangan yang akan digunakan sebagai input dalam pemodelan sistem drainase menggunakan **EPA SWMM 5.2**. Analisis hidrologi ini mencakup beberapa tahapan utama, yaitu analisis statistik data hujan, penentuan distribusi frekuensi, perhitungan curah hujan rencana, uji keselarasan distribusi, dan perhitungan intensitas curah hujan jam-jaman.

3.3.1. Analisis Statistik Data Hujan

Analisis statistik data hujan dilakukan untuk menghitung parameter-parameter statistik dasar dari data curah hujan harian maksimum yang diperoleh dari Stasiun Rawa Pening Klimatologi. Parameter statistik yang dihitung meliputi nilai rata-rata (*mean*), standar deviasi (*standard deviation*), koefisien variasi (*coefficient of variation*), koefisien kemencengan (*skewness coefficient*), dan koefisien ketajaman (*kurtosis coefficient*). Hasil

perhitungan parameter statistik ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan jenis distribusi frekuensi yang sesuai dengan karakteristik data hujan.

3.3.2. Penentuan Distribusi Frekuensi

Penentuan distribusi frekuensi dilakukan dengan membandingkan nilai parameter statistik yang telah dihitung dengan syarat-syarat teoritis masing-masing distribusi. Beberapa jenis distribusi yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah Distribusi Normal, Distribusi Gumbel, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Log Pearson Tipe III. Pemilihan distribusi didasarkan pada kedekatan nilai koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien ketajaman (Ck) hasil perhitungan dengan nilai teoritis masing-masing distribusi.

3.3.3. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Setelah jenis distribusi yang sesuai ditentukan, langkah selanjutnya adalah menghitung besaran curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang yang dibutuhkan. Perhitungan ini menggunakan persamaan distribusi terpilih dengan memasukkan faktor frekuensi (K) yang nilainya bergantung pada periode ulang dan jenis distribusi yang digunakan. Periode ulang yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan tipologi kota dan luas daerah tangkapan air, sesuai dengan standar drainase perkotaan yang berlaku.

3.3.4. Uji Keselarasan Distribusi

Uji keselarasan distribusi dilakukan untuk memastikan bahwa distribusi frekuensi yang dipilih benar-benar sesuai dengan data empiris yang ada. Pengujian ini menggunakan dua metode, yaitu Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square Test*) dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Uji Chi-Kuadrat dilakukan dengan membandingkan nilai Chi-Kuadrat terhitung dengan nilai Chi-Kuadrat kritis, sedangkan Uji Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan membandingkan simpangan maksimum (*Dmax*) hasil perhitungan dengan nilai kritis (*Do*) yang diperoleh dari tabel. Apabila hasil pengujian memenuhi syarat toleransi statistik, maka distribusi tersebut dapat diterima.

3.3.5. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan dilakukan untuk mengubah besaran curah hujan harian total menjadi distribusi intensitas hujan jam-jaman. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Mononobe, yang menghasilkan kurva *Intensity-Duration-*

Frequency (IDF). Hasil perhitungan ini selanjutnya akan digunakan sebagai input data hujan pada komponen *Rain Gage* dalam pemodelan EPA SWMM 5.2.

Langkah-langkah Analisis Hidrologi

Secara lebih rinci, tahapan analisis hidrologi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Input Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan**

   Data curah hujan harian maksimum tahunan diperoleh dari Stasiun Rawa Pening Klimatologi dengan rentang seri data minimal 10 tahun terakhir. Data ini menjadi dasar seluruh analisis hidrologi selanjutnya.

2. **Analisis Parameter Statistik**

   Menghitung nilai rata-rata (*Xrt*), standar deviasi (*S*), koefisien variasi (*Cv*), koefisien kemencengan (*Cs*), dan koefisien ketajaman (*Ck*) dari data curah hujan yang tersedia.

3. **Pemilihan Distribusi Frekuensi**

   Membandingkan nilai Cs dan Ck hasil perhitungan dengan syarat teoritis masing-masing distribusi (Normal, Log Normal, Gumbel, atau Log Pearson Tipe III) untuk menentukan distribusi yang paling sesuai.

4. **Perhitungan Curah Hujan Rencana**

   Menghitung besaran curah hujan rencana (*Xt*) untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun menggunakan persamaan distribusi terpilih dan faktor frekuensi (*K*) yang sesuai.

5. **Uji Keselarasan Distribusi**

   Melakukan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov untuk memverifikasi bahwa distribusi terpilih dapat mewakili data empiris. Jika hasil uji memenuhi syarat, analisis dilanjutkan; jika tidak, kembali ke langkah 3.

6. **Perhitungan Intensitas Curah Hujan Jam-jaman**

   Menggunakan Metode Mononobe untuk mengubah curah hujan harian menjadi intensitas hujan jam-jaman, yang selanjutnya disusun dalam bentuk *time series* untuk input *Rain Gage* pada EPA SWMM 5.2.

7. **Output: Kurva IDF dan *Rain Time Series***

   Hasil akhir analisis hidrologi berupa kurva IDF dan distribusi grafik hujan yang siap diinput ke dalam komponen *Rain Gage* pada pemodelan EPA SWMM 5.2.

3.4. Pemodelan dan Simulasi EPA SWMM 5.2

Pemodelan sistem drainase digital dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak EPA SWMM 5.2 (Storm Water Management Model). EPA SWMM 5.2 merupakan program simulasi hidrologi dan hidraulika yang mampu memodelkan aliran permukaan (runoff), aliran di dalam saluran, serta perilaku sistem drainase secara dinamis. Melalui pemodelan ini, kondisi eksisting jaringan drainase dapat disimulasikan sehingga titik-titik yang mengalami kelebihan kapasitas (flooding) maupun ketidakfisienan aliran dapat diidentifikasi secara visual dan kuantitatif.

Dalam penelitian ini, simulasi EPA SWMM 5.2 dilakukan dalam dua skenario yang berbeda, yaitu:

3.4.1. Kondisi Eksisting (Rumah Belum Terbangun Seluruhnya)

Kondisi ini memodelkan drainase eksisting di Perumahan Wahid FTI pada saat penelitian dilakukan, di mana belum seluruh unit rumah terbangun. Tujuan dari skenario ini adalah untuk mengevaluasi kinerja sistem drainase yang ada, mengidentifikasi titik-titik genangan (flooding point), serta mengetahui sejauh mana kapasitas saluran dan kolam resapan eksisting mampu mengakomodasi limpasan permukaan yang terjadi. Hasil dari skenario ini menjadi dasar dalam menentukan solusi alternatif yang diperlukan.

3.4.2. Kondisi Terbangun Penuh dengan dengan Penambahan Kolam Retensi Baru dan Pompa

Memodelkan kondisi Perumahan Wahid FTI setelah seluruh unit rumah terbangun, sehingga luas permukaan kedap air (impervious area) meningkat dan limpasan permukaan yang dihasilkan juga lebih besar. Pada skenario ini, ditambahkan pompa sebagai bagian dari solusi alternatif untuk mengalirkan air dari kolam retensi menuju saluran drainase kota. Tujuan dari skenario ini adalah untuk menguji efektivitas perencanaan kolam retensi dan rumah pompa dalam mengendalikan genangan pada kondisi terbangun penuh. Apabila hasil simulasi pada skenario ini menunjukkan sistem bebas genangan, maka perencanaan alternatif dinyatakan memadai.

Kedua skenario simulasi tersebut mengikuti prosedur pemodelan yang sama, mulai dari pengaturan peta dasar hingga eksekusi komputasi hidraulika. Perbedaan utama terletak pada input parameter karakteristik sub DTA (persentase area kedap air) serta keberadaan elemen rekomendasi desain baru (saluran baru, kolam retensi, dan pompa).

.Langkah-langkah Pemodelan dan Simulasi EPA SWMM 5.2. Secara lebih rinci, tahapan pemodelan dan simulasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan Peta Dasar (*Set Backdrop Map*)

Mengimpor denah spasial lokasi Perumahan Wahid FTI ke dalam EPA SWMM 5.2 sebagai peta dasar, sehingga tata letak jaringan drainase dapat digambarkan sesuai kondisi nyata di lapangan.

2. Digitalisasi Elemen Jaringan Drainase

Membentuk elemen-elemen sistem drainase secara spasial, meliputi:

- *Subcatchment* (daerah tangkapan air/sub DTA)
- *Junction* (titik simpang atau manhole)
- *Conduit* (saluran terbuka atau tertutup)
- *Storage Unit* (kolam resapan atau kolam retensi eksisting)
- *Outfall* (lokasi pembuangan akhir)
- *Pump* (elemen pompa, khusus untuk skenario 2)

3. Input Parameter Karakteristik Fisik Objek

Memasukkan parameter fisik setiap elemen, meliputi:

- Luas area, kemiringan lahan (slope), dan persentase area kedap air (% impervious) untuk subcatchment.
- Dimensi penampang saluran, panjang saluran, dan elevasi dasar untuk conduit.
- Elevasi dasar, kedalaman maksimum, dan geometri untuk storage unit.
- Karakteristik pompa (kurva pompa, startup depth, dan shutoff depth)

4. Input Data Hidrologi Luar (*Rain Gage*)

Memasukkan data curah hujan jam-jaman hasil perhitungan Metode Mononobe ke dalam komponen Rain Gage sebagai beban hidrologi yang akan disimulasikan.

5. Pengaturan Opsi Simulasi (*Simulation Options*)

Mengaktifkan metode Routing aliran *Dynamic Wave* untuk mengakomodasi aliran balik (*backwater*) akibat kemiringan saluran yang curam, serta mengatur durasi waktu simulasi sesuai kebutuhan analisis.

6. Eksekusi Komputasi Hidraulika (*Running Simulation*)

Menjalankan simulasi untuk memperoleh hasil berupa Status Report dan profil hidraulika aliran pada setiap elemen jaringan drainase.

7. Analisis Dokumen Keluaran (*Output Analysis*)

Memeriksa Status Report untuk mengidentifikasi ada tidaknya *Junction Flooding* (luapan pada titik simpang) atau *Conduit Surcharge* (saluran penuh melebihi kapasitas). Apabila terdeteksi genangan pada skenario 1, maka dilanjutkan dengan perencanaan solusi alternatif dan simulasi ulang pada skenario 2.

8. Output: Sistem Bebas Genangan

Hasil akhir yang diharapkan adalah sistem drainase yang bebas genangan pada skenario 2, yang berarti perencanaan kolam retensi dan rumah pompa dinyatakan efektif.

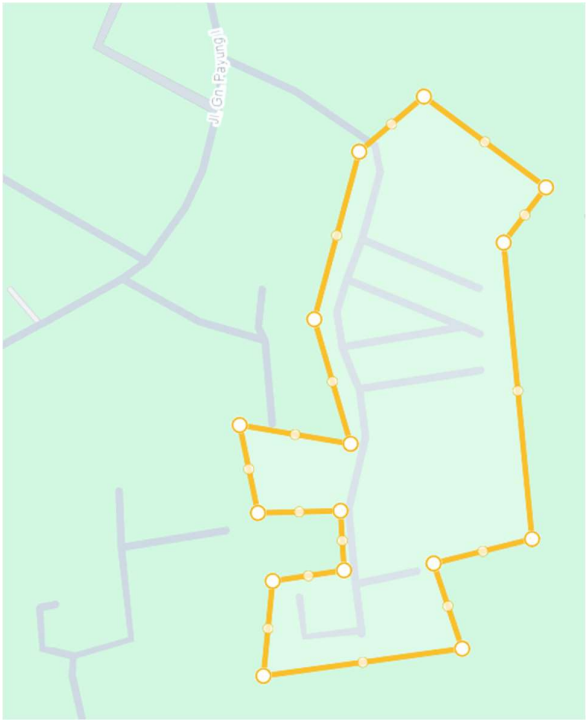
3.5. Evaluasi dan Perencanaan Solusi Alternatif

Hasil keluaran (*output*) simulasi EPA SWMM 5.2 berupa *Status Report* akan dievaluasi secara saksama. Apabila teridentifikasi adanya *Junction Flooding* (luapan pada titik simpang) atau *Conduit Surcharge* (saluran penuh melebihi kapasitas), maka sistem drainase eksisting dinyatakan tidak memadai. Langkah selanjutnya adalah melakukan perencanaan solusi alternatif dengan mensimulasikan beberapa skenario rekayasa teknis, seperti redesain dimensi saluran agar penampang lebih luas, serta optimasi volume kolam retensi dengan penambahan pintu regulasi atau pompa banjir pada titik terendah elevasi.

BAB IV.
ANALISIS DAN PERHITUNGAN

4.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Perumahan Wahid FTI yang terletak di Kelurahan Blotongan, Kecamatan Sidorejo, Kota Salatiga yang dibangun pada lahan dengan luas sekitar 28.682 m2. Dari total luas tersebut direncanakan dibangun rumah sebanyak 186 unit. Namun pada saat penelitian ini masing terbangun 86 unit sehingga ada 100 unit yang belum terbangun.



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Perumahan Wahid FTI

4.2. Curah Hujan Rancangan

Untuk penelitian ini data curah hujan menggunakan data curah hujan harian maksimum pada stasiun Rawa Pening Klimatologi tahun 2005 – 2020 (lihat Tabel 4.1 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. Sebelum dilakukan uji kelayakan, terdapat satu persyaratan awal yang harus dipenuhi, yaitu semua data hujan yang memiliki nilai dibawah 50 mm harus dibuang terlebih dahulu(KemenPUPR, 2022) . Maka dari itu data curah hujan pada tahun 2014 dibuang

karena nilainya 46 mm (dibawah 50 mm), sehingga data curah hujan yang dimiliki hanya 15 tahun.

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Rawa Pening Klimatologo 2005 – 2020

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm) Rawa Pening Klimatologi
2005	215
2006	60
2007	125
2008	68
2009	82
2010	87
2011	133
2012	133
2013	119
2015	103
2016	165
2017	92
2018	58
2019	56
2020	129

Dari data curah hujan maksimum tersebut kemudian dibuat perhitungan parameter statistik hujan maksimal dalam bentuk logaritma (Tabel 4.2) dan bukan dalam bentuk logaritma (Tabel 4.3)

Tabel 4. 2 Parameter Hujan Maksimal dalam Bentuk Log

No	Tahun	Xi (mm)	Log Xi (mm)	(Log Xi - Xrt)	$(Xi\ Xrt)^2$	$(Xi\ Xrt)^3$	$(Xi\ Xrt)^4$
1	2005	215,000	2,332	0,330	0,109	0,036	0,012
2	2006	60,000	1,778	-0,224	0,050	-0,011	0,003
3	2007	125,000	2,097	0,095	0,009	0,001	0,000
4	2008	68,000	1,833	-0,170	0,029	-0,005	0,001
5	2009	82,000	1,914	-0,088	0,008	-0,001	0,000
6	2010	87,000	1,940	-0,063	0,004	0,000	0,000
7	2011	133,000	2,124	0,122	0,015	0,002	0,000
8	2012	133,000	2,124	0,122	0,015	0,002	0,000
9	2013	119,000	2,076	0,073	0,005	0,000	0,000
10	2015	103,000	2,013	0,011	0,000	0,000	0,000
11	2016	165,000	2,217	0,215	0,046	0,010	0,002

No	Tahun	Xi (mm)	Log Xi (mm)	(Log Xi - Xrt)	$(Xi\ Xrt)^2$	$(Xi\ Xrt)^3$	$(Xi\ Xrt)^4$
12	2017	92,000	1,964	-0,038	0,001	0,000	0,000
13	2018	58,000	1,763	-0,239	0,057	-0,014	0,003
14	2019	56,000	1,748	-0,254	0,065	-0,016	0,004
15	2020	129,000	2,111	0,108	0,012	0,001	0,000
JUMLAH			30,033		0,425	0,005	0,026
Rata - Rata (Log Xrt)			2,002				
S			0,174				
Cv			0,087				
Cs			0,000				
Ck			1,850				
Max Log			2,332				
Min Log			1,748				

Tabel 4. 3 Parameter Hujan Maksimal

No	Tahun	Xi (mm)	(Xi - Xrt)	$(Xi\ Xrt)^2$	$(Xi\ Xrt)^3$	$(Xi\ Xrt)^4$
1	2005	215,00	106,67	11377,78	1213629,63	129453827,16
2	2006	60,00	-48,33	2336,11	-112912,04	5457415,12
3	2007	125,00	16,67	277,78	4629,63	77160,49
4	2008	68,00	-40,33	1626,78	-65613,37	2646405,94
5	2009	82,00	-26,33	693,44	-18260,70	480865,20
6	2010	87,00	-21,33	455,11	-9709,04	207126,12
7	2011	133,00	24,67	608,44	15008,30	370204,64
8	2012	133,00	24,67	608,44	15008,30	370204,64
9	2013	119,00	10,67	113,78	1213,63	12945,38
10	2015	103,00	-5,33	28,44	-151,70	809,09
11	2016	165,00	56,67	3211,11	181962,96	10311234,57
12	2017	92,00	-16,33	266,78	-4357,37	71170,38
13	2018	58,00	-50,33	2533,44	-127516,70	6418340,75
14	2019	56,00	-52,33	2738,78	-143329,37	7500903,72
15	2020	129,00	20,67	427,11	8826,96	182423,90
JUMLAH		1625,00		27303,33	958429,11	163561037,11
Rata - Rata (Xrt)		108,33				
S		44,16				
Cv		0,41				
Cs		0,92				
Ck		2,87				
Max		215,00				
Min		56,00				

Perhitungan parameter statistik dalam analisis data hidrologi adalah sebagai berikut

a. Nilai Rata-rata (*Mean*)

Tinggi curah hujan rata-rata dihitung dengan mengambil nilai rata-rata yang diperoleh dari pengukuran pada alat penakar hujan di wilayah tersebut. Rumus yang digunakan untuk perhitungan ini adalah persamaan *(4)* (Triatmodjo, 2008):

Untuk parameter dalam bentuk logaritma maka nilai rata – rata adalah

Xrt = 30,033/ 15 = 2,002

Untuk parameter bukan dalam bentuk logaritma maka nilai rata – rata adalah

Xrt = 1625,00 / 15 = 108,33

b. Standar Deviasi (*Deviation Standart*)

Deviasi standar digunakan untuk mengukur sejauh mana variabilitas dalam distribusi. Semakin besar nilai deviasi, semakin lebar penyebaran distribusi tersebut. Nilai deviasi standar dapat dihitung dengan persamaan *(5)* (Triatmodjo, 2008) :

Untuk parameter dalam bentuk logaritma maka nilai standar deviasi adalah

$$S = \sqrt{\frac{0{,}425}{14}} = 0{,}174$$

Untuk parameter bukan dalam bentuk logaritma maka nilai standar deviasi adalah

$$S = \sqrt{\frac{27303{,}33}{14}} = 44{,}16$$

c. Koefisien Variasi (*Variation Coeficient*)

Koefisien variasi merupakan perbandingan antara deviasi standar dan nilai rata-rata, dihitung dengan persamaan *(6)* (Triatmodjo, 2008):

Untuk parameter dalam bentuk logaritma maka nilai koefisien variasi adalah

Cv = 0,174 / 2,002 = 0,087

Untuk parameter bukan dalam bentuk logaritma maka nilai koefisien variasi adalah

Cv = 44,,16 / 108,33 = 0,41

d. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

Koefisien kemencengan digunakan untuk mengukur sejauh mana distribusi tersebut tidak simetris, dihitung dengan persamaan *(7)* (Triatmodjo, 2008):

Untuk parameter dalam bentuk logaritma maka nilai koefisien kemencengan adalah

Cs = 15x0,005 / 14x13x0,174^3 = 0,000

Untuk parameter bukan dalam bentuk logaritma maka nilai koefisien kemencengan adalah

Cs = 15x958429,11/ 14x13x44,16^3 = 0,92

e. Koefisien Ketajaman (*Kurtosis Coefficient*)

Koefisien Koefisien kurtosis berfungsi untuk mengukur tingkat ketajaman atau keruncingan kurva distribusi, yang biasanya dibandingkan dengan distribusi normal dihitung dengan persamaan *(8)* (Triatmodjo, 2008) :

Untuk parameter dalam bentuk logaritma maka nilai koefisien ketajaman adalah

$$Ck = \frac{\frac{1}{15}x0{,}026}{0{,}174^4} = 1{,}850$$

Untuk parameter bukan dalam bentuk logaritma maka nilai koefisien ketajaman adalah

$$Ck = \frac{\frac{1}{15}x163561037{,}11}{4{,}16^4} = 2{,}87$$

Dari hasil hitungan statistik dasar maka jenis sebaran data curah hujan harian maksimum yang memenuhi syarat adalah distribusi normal (lihat Tabel 4.4)

Tabel 4. 4 Pemilihan Distribusi

DISTRIBUSI	**NORMAL**	**GUMBEL**	**LOG - NORMAL**	**LOG PEARSON III**
Parameter	Cs ≈ 0	Cs ≈ 1.1396	Cs ≈ 1.137	Cs ≠ 0
	Ck ≈ 3	Ck ≈ 5.4002	Ck ≈ 3Cv	Cv ≈ 0.3
Hasil	0,9172	0,9172	0,0005	0,0005
	2,8669	2,8669	1,850	0,0870
Keterangan	Tidak Mendekati	Tidak Mendekati	Tidak Mendekati	**Mendekati**

Dari keempat metode yang digunakan diatas yang paling mendekati adalah sebaran Metode Log Pearson III dengan nilai Cs = 0,0005 mendekati persyaratan Cs ≠ 0 dan nilai Ck = 0,0870 mendekati persyaratan Ck = 0,3. Dari jenis sebaran yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya dengan beberapa metode. Hasil uji kecocokan sebaran menunjukkan distribusinya dapat diterima atau tidak.

a. Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*)

Pengujian Chi – Kuadrat didasarkan pada jumlah pengamatan yang dibagi pada kelas – kelas. Nilai yang dibandingkan yaitu nilai X^2 dengan nilai *Chi-Square* Kritik. Persamaan yang digunakan yaitu :

$$X^2 = \sum_{t=1}^{N} \left(\frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \right)$$

$K = 1 + 3{,}322 \log n$

K = 1 + 3,322 Log15 = 4,90= 5

DK = K – (α + 1)

DK = 5 – (2 + 1) = 2

Nilai x^2cr dicari pada tabel 2.8 Nilai x^2 Kritis Untuk Uji Kecocokan Chi – Square dengan menggunakan nilai DK = 2 dan derajat kepercayaan 5%, lalu dibandingkan dengan nilai x^2 hasil perhitungan yang dapat dilihat pada tabel 4.5 Uji Keselarasan Sebaran Dengan Chi – Kuadrat. Syarat yang harus dipenuhi yaitu x^2 hitungan lebih kecil dari x^2cr dari tabel.

Tabel 4. 5 Uji Keselarasan Sebaran Dengan Chi – Kuadrat

n	=	15
K	=	4,906975163
	diambil	5
banyaknya parameter	=	2
Dk	=	2
Ef	=	3
DX	=	0,12

No	Probabilitas	Of	Ef	X^2
1	1,748 < Xi < 1,868	4	3	0,3333
2	1,868 < Xi < 1,988	3	3	0
3	1,988 < Xi < 2,108	3	3	0
4	2,108 < Xi < 2,228	4	3	0,3333
5	2,228 < Xi < 2,348	1	3	1,3333
Jumlah				2

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai x^2 adalah 2 sedangkan nilai x^2cr dari tabel adalah 5,991 sehingga 2 < 5,991 sesuai syarat $x^2 < x^2$cr. Maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

b. Uji *Smirnov Kolmogorof*

Hasil perhitungan uji keselarasan sebaran dengan *Smirnov Kolmogorof* untuk metode distribusi normal dapat dilihat pada tabel

Tabel 4. 6 Uji Keselarasan Sebaran Dengan Smirnov Kolmogorof

Xi 1	m 2	P (X) 3 = m/(n+1)	P (x<) 4 = 1 - 3	(Xi - Xrt) / S 5	P (X) 6 = m/(n-1)	P (x<) 7 = 1 - 6	D 8 = 4-7
2,3324	1	0,0625	2,2699	1,8955	0,0714	2,2610	0,0089
2,2175	2	0,1250	2,0925	1,2357	0,1429	2,0746	0,0179
2,1239	3	0,1875	1,9364	0,6983	0,2143	1,9096	0,0268
2,1239	4	0,2500	1,8739	0,6983	0,2857	1,8381	0,0357
2,1106	5	0,3125	1,7981	0,6222	0,3571	1,7534	0,0446
2,0969	6	0,3750	1,7219	0,5436	0,4286	1,6683	0,0536
2,0755	7	0,4375	1,6380	0,4210	0,5000	1,5755	0,0625
2,0128	8	0,5000	1,5128	0,0611	0,5714	1,4414	0,0714
1,9638	9	0,5625	1,4013	-0,2204	0,6429	1,3209	0,0804
1,9395	10	0,6250	1,3145	-0,3597	0,7143	1,2252	0,0893
1,9138	11	0,6875	1,2263	-0,5073	0,7857	1,1281	0,0982
1,8325	12	0,7500	1,0825	-0,9739	0,8571	0,9754	0,1071
1,7782	13	0,8125	0,9657	-1,2859	0,9286	0,8496	0,1161
1,7634	14	0,8750	0,8884	-1,3705	1,0000	0,7634	0,1250
1,7482	15	0,9375	0,8107	-1,4579	1,0714	0,6768	0,1339

Nilai Do kritis dicari pada tabel 2.9 Nilai D0 Kritis Untuk *Smirnov Kolmogorof* dengan menggunakan nilai derajat signifikan 5% dan data yang dimiliki 15 tahun lalu dibandingkan dengan nilai Dmax hasil perhitungan yang dapat dilihat pada tabel 4. 6 Uji Keselarasan Sebaran Dengan *Smirnov Kolmogorof*. Syarat yang harus dipenuhi yaitu Dmaks hitungan lebih kecil dari Do kritis dari tabel.

Dari hasil perhitungan diperoleh Dmak adalah 0,1339 sedangkan nilai Do kritis dari tabel adalah 0,34 sehingga 0,1339 < 0,34 sesuai syarat Dmak < Do kritis. Maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

Hasil perhitungan curah hujan rancangan untuk berbagai kala ulang dengan analisis frekuensi berdasarkan data pencatatan hujan di stasiun Rawa Pening Klimatologi dari tahun 2005-2020 (15 tahun) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 7 Curah Hujan Harian Maksimum dengan Berbagai Kala Ulang

NO	T	Log Xrt	S	k	Log Xt	Xt
	(tahun)	(mm)		Normal	(mm)	(mm)
1	2	2,0022	0,1742	0,00	2,0022	100,5064
2	5	2,0022	0,1742	0,84	2,1489	140,8934
3	10	2,0022	0,1742	1,28	2,2255	168,0929
4	25	2,0022	0,1742	1,75	2,3073	202,8900
5	50	2,0022	0,1742	2,05	2,3601	229,1134
6	100	2,0022	0,1742	2,33	2,4074	255,5286

4.3. Intensitas Curah Hujan

Distribusi hujan jam-jaman (hyetograph) dianalisis dengan menggunakan Alternating Block Method (ABM). Menurut BPS Kota Salatiga Tahun 2026 jumlah penduduk salatiga sekitar 200.716 jiwa sehingga Kota Salatiga diklasifikasikan sebagai kota sedang.

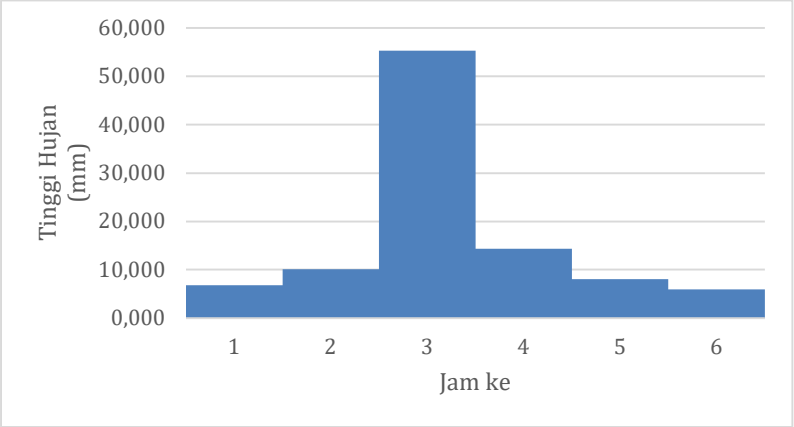
Tabel 4. 8 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR			
	(Ha) : < 10	(Ha) : 10 – 100	(Ha) : 101 – 500	(Ha) : > 500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th	10 – 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 – 5 Th

Daerah Perumahan Wahid FTI memiliki luas lahan sebesar 28.682 m2 atau 2,86 ha, sehingga menurut Tabel 4.8 kala ulang yang dibutuhkan adalah kala ulang 2 tahun sebesar 104,438 mm/hari. Hitungan distribusi hujan jam – jaman untuk curah hujan rancangan dengan kala ulang 2 tahun dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 9 Hitungan Hyetograph dengan Metode ABM

Td	Δt	It	It*Td	Δp	pt	Hyetograph	
jam	jam	mm	mm	mm	%	%	mm
1	0-1	34,8436	34,8436	34,8436	55,03%	6,75%	6,780
2	1-2	21,9501	43,9002	9,05659	14,30%	10,03%	10,085
3	2-3	16,7511	50,2532	6,35299	10,03%	55,03%	55,311
4	3-4	13,8277	55,3108	5,0576	7,99%	14,30%	14,376
5	4-5	11,9164	59,5818	4,27095	6,75%	7,99%	8,028
6	5-6	10,5525	63,3151	3,73331	5,90%	5,90%	5,926
			Jumlah	63,3151	100%	100%	100,506

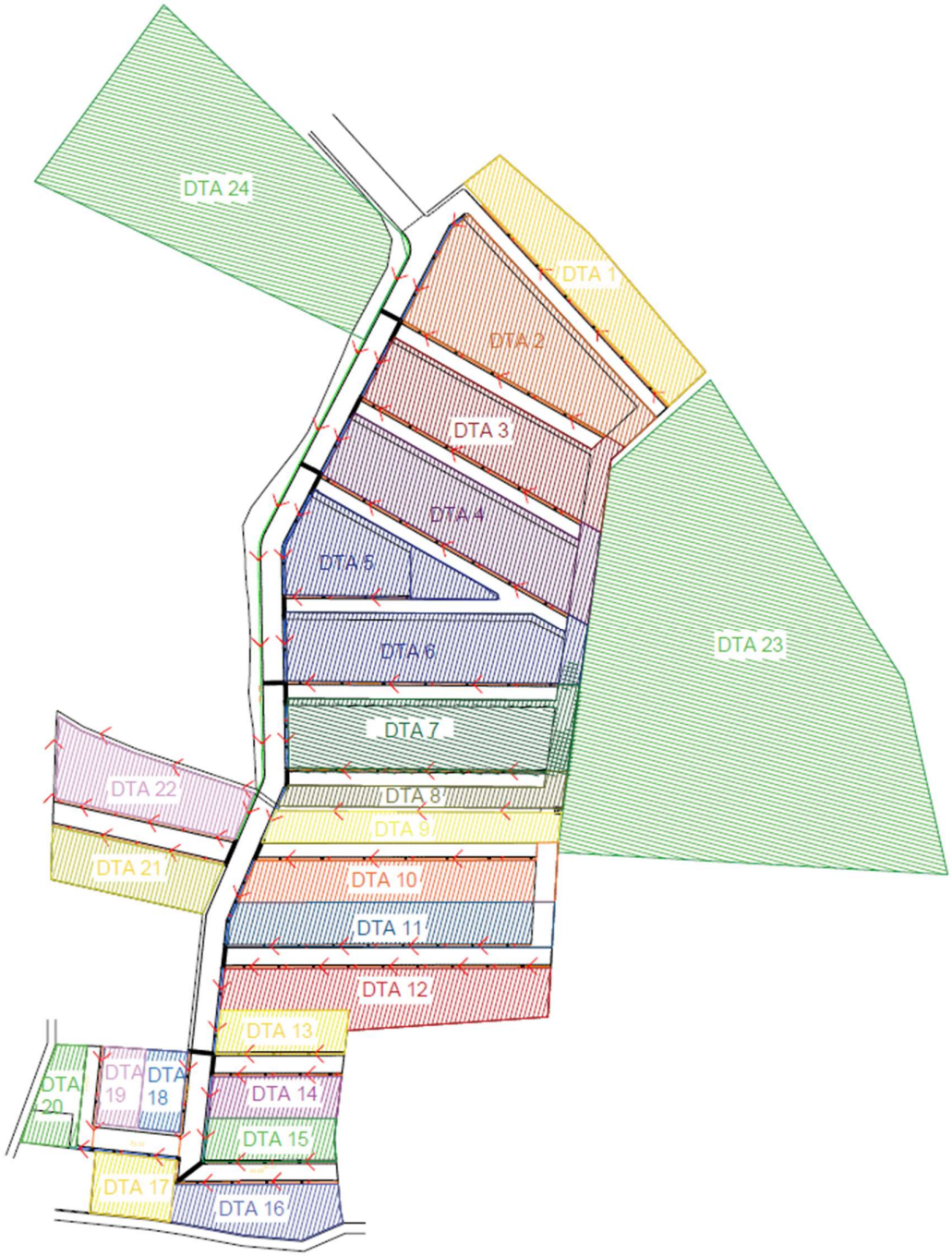


Gambar 4. 2 Grafik Hyetograph dengan Metode ABM

4.4. Karakteristik Setiap Sub DTA

Penentuan batas Daerah Tangkapan Air (catchment area) dilakukan dengan menganalisis topografi wilayah kajian yaitu Perumahan Wahid FTI. Mekanisme dan arah aliran air ditentukan berdasarkan prinsip gravitasi, yaitu air hujan yang jatuh akan mengalir dari elevasi yang tinggi menuju ke elevasi yang lebih rendah.

Dalam melakukan analisa hidrologi DTA saluran drainase Perumahan Wahid FTI, DTA dibagi menjadi beberapa sub DTA, pembagian sub DTA ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. 3 Pembagian Sub DTA Perumahan Wahid FTI

Perumahan Wahid FTI dapat dibagi menjadi 22 DTA yang memiliki karakteristik tersendiri serta 2 DTA diluar perumahan namun aliran airnya menuju saluran di perumahan. Karakteristik seperti kemiringan dan luas atap lebih jelasnya dapat dilihat pada dua tabel berikut yang mana satu tabel karakteristik DTA Perumahan Wahid FTI existing (Tabel 4.10) dan tabel karakteristik DTA Perumahan Wahid FTI perencanaan kedepannya (Tabel 4.11).

Tabel 4. 10 Karakteristik Sub DTA Existing

DTA	Luas Total DTA		Lebar DTA	Kemiringan	Luas Lahan Terbuka		Luas Atap	
	Luas	Prosentase			Luas	Prosentase	Luas	Prosentase
	ha	%	m		ha	%	ha	%
1	0,13	3,90%	14,8	0,0542	0,13	100,00%	0,00	0,00%
2	0,18	5,45%	14,7	0,0545	0,18	100,00%	0,00	0,00%
3	0,15	4,45%	21,5	0,0372	0,10	69,26%	0,05	30,74%
4	0,17	5,09%	22,6	0,0354	0,12	67,76%	0,06	32,24%
5	0,10	3,04%	15,0	0,0533	0,07	73,03%	0,03	26,97%
6	0,17	4,99%	20,5	0,0390	0,11	67,09%	0,06	32,91%
7	0,17	4,95%	20,5	0,0390	0,17	100,00%	0,00	0,00%
8	0,05	1,52%	6,0	0,0500	0,05	100,00%	0,00	0,00%
9	0,07	2,20%	8,7	0,0345	0,07	100,00%	0,00	0,00%
10	0,11	3,26%	12,5	0,0400	0,11	100,00%	0,00	0,00%
11	0,11	3,32%	12,5	0,0400	0,11	100,00%	0,00	0,00%
12	0,14	4,02%	14,5	0,0345	0,14	100,00%	0,00	0,00%
13	0,04	1,31%	12,5	0,0400	0,02	52,50%	0,02	47,50%
14	0,04	1,31%	12,5	0,0400	0,02	52,37%	0,02	47,63%
15	0,04	1,32%	12,5	0,0400	0,02	52,54%	0,02	47,46%
16	0,07	1,99%	11,6	0,0431	0,04	59,66%	0,03	40,34%
17	0,04	1,21%	18,3	0,0273	0,03	70,56%	0,01	29,44%
18	0,03	0,82%	12,1	0,0413	0,02	56,41%	0,01	43,59%
19	0,03	0,80%	12,4	0,0403	0,01	55,31%	0,01	44,69%
20	0,04	1,08%	16,2	0,0309	0,04	100,00%	0,00	0,00%
21	0,07	2,12%	15,5	0,0323	0,07	100,00%	0,00	0,00%
22	0,10	2,90%	14,8	0,0338	0,10	100,00%	0,00	0,00%
23	0,93	27,77%	102,6	0,1267	0,93	100,00%	0,00	0,00%
24	0,38	11,18%	94,1	0,0308	0,38	100,00%	0,00	0,00%

Tabel 4. 11 Karakteristik Sub DTA Rencana

DTA	Luas Total DTA		Lebar DTA	Kemiringan	Luas Lahan Terbuka		Luas Atap	
	Luas	Prosentase			Luas	Prosentase	Luas	Prosentase
	ha	%	m		ha	%	ha	%
1	0,13	3,90%	14,8	0,0542	0,03	24,05%	0,10	75,95%
2	0,18	5,45%	14,7	0,0545	0,03	14,72%	0,16	85,28%
3	0,15	4,45%	21,5	0,0372	0,02	15,03%	0,13	84,97%
4	0,17	5,09%	22,6	0,0354	0,03	15,77%	0,14	84,23%
5	0,10	3,04%	15,0	0,0533	0,01	13,19%	0,09	86,81%
6	0,17	4,99%	20,5	0,0390	0,03	16,10%	0,14	83,90%

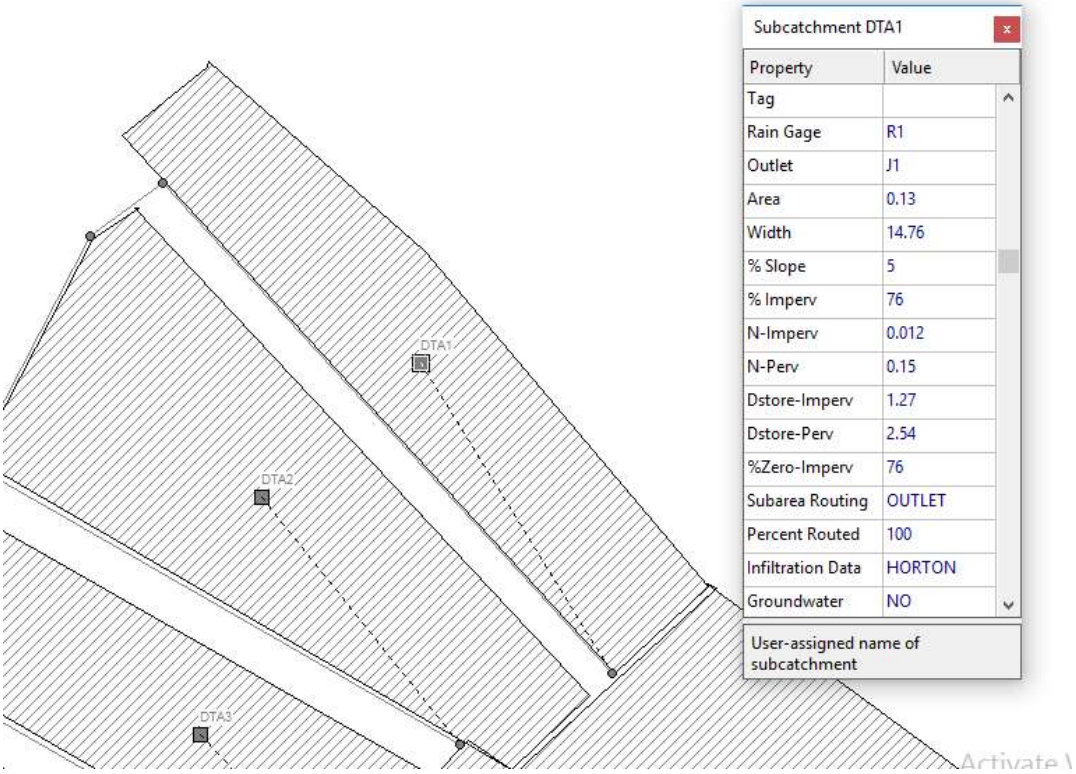
DTA	Luas Total DTA		Lebar DTA	Kemiringan	Luas Lahan Terbuka		Luas Atap	
	Luas	Prosentase			Luas	Prosentase	Luas	Prosentase
	ha	%	m		ha	%	ha	%
7	0,17	4,95%	20,5	0,0390	0,03	16,22%	0,14	83,78%
8	0,05	1,52%	6,0	0,0500	0,05	100,00%	0,00	0,00%
9	0,07	2,20%	8,7	0,0345	0,07	100,00%	0,00	0,00%
10	0,11	3,26%	12,5	0,0400	0,02	16,02%	0,09	83,98%
11	0,11	3,32%	12,5	0,0400	0,02	20,34%	0,09	79,66%
12	0,14	4,02%	14,5	0,0345	0,03	18,90%	0,11	81,10%
13	0,04	1,31%	12,5	0,0400	0,01	22,48%	0,03	77,52%
14	0,04	1,31%	12,5	0,0400	0,01	22,54%	0,03	77,46%
15	0,04	1,32%	12,5	0,0400	0,01	22,47%	0,03	77,53%
16	0,07	1,99%	11,6	0,0431	0,01	19,09%	0,05	80,91%
17	0,04	1,21%	18,3	0,0273	0,01	13,94%	0,04	86,06%
18	0,03	0,82%	12,1	0,0413	0,01	20,63%	0,02	79,37%
19	0,03	0,80%	12,4	0,0403	0,01	21,15%	0,02	78,85%
20	0,04	1,08%	16,2	0,0309	0,04	100,00%	0,00	0,00%
21	0,07	2,12%	15,5	0,0323	0,01	17,93%	0,06	82,07%
22	0,10	2,90%	14,8	0,0338	0,01	14,55%	0,08	85,45%
23	0,93	27,77%	102,6	0,1267	0,93	100,00%	0,00	0,00%
24	0,38	11,18%	94,1	0,0308	0,38	100,00%	0,00	0,00%

4.5. Pemodelan SWMM 5.2

Tahap berikutnya adalah inventarisasi kondisi fisik saluran drainase melalui survei lapangan untuk memperoleh informasi mengenai dimensi saluran, kondisi struktur, tingkat sedimentasi, kerusakan, dan hambatan aliran. Informasi ini kemudian diintegrasikan ke dalam model untuk menggambarkan kondisi eksisting secara akurat. Setiap segmen saluran dimasukkan ke dalam SWMM 5.2 sebagai node dan link sesuai konfigurasi jaringan yang sebenarnya (Wayangkau & Hattu, 2025).

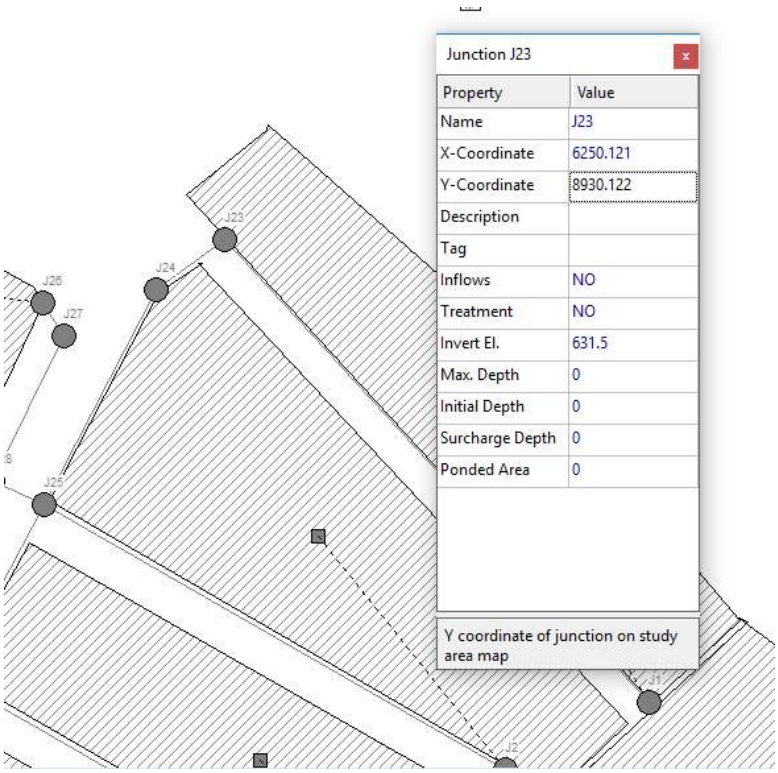
Proses pembangunan model dilakukan dengan menetapkan parameter hidrologi, seperti koefisien limpasan permukaan, roughness, luas subcatchment, serta waktu konsentrasi berdasarkan karakteristik lahan dan literatur teknis. Model kemudian menjalankan simulasi hujan–aliran untuk memperoleh debit limpasan dan kapasitas saluran pada berbagai skenario hujan. Setelah model dasar terbentuk, dilakukan kalibrasi dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data genangan aktual di lapangan. Penyesuaian parameter dilakukan hingga model menunjukkan kesesuaian yang memadai antara hasil simulasi dan kondisi nyata.

Model dasar dibentuk menyerupai sistem drainase pada Perumahan Wahid FTI yaitu lahan perumahan dibentuk menggunakan perintah *subcathment* dengan memasukkan angka luasan, kemiringan, lebar area, nilai N-Imperv serta nilai N-Perv (Gambar 4.4)



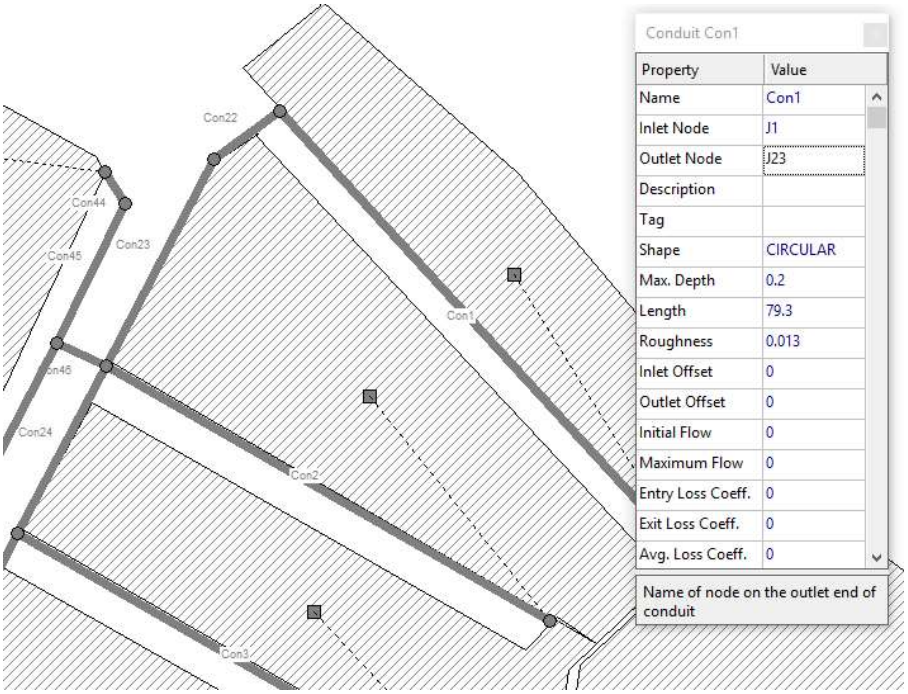
Gambar 4. 4 Penambahan Subcatchment dan Propertiesnya

Penambahan titik masuknya air atau pertemuan antar saluran dibentuk menggunakan perintah *junction* dengan memasukkan angka elevasi titik tersebut (Gambar 4.5)



Gambar 4. 5 Penambahan Junction dan Propertiesnya

Penambahan saluran dibentuk menggunakan perintah *conduit link* dengan memasukkan informasi bentuk, ukuran, dan kekasaran saluran (Gambar 4.6)



Gambar 4. 6 Penambahan Conduit Link dan Propertiesnya

Elemen – elemen di atas ditambahkan sesuai data sehingga membentuk suatu sistem drainase seperti dapat dilihat pada gambar di bawah :



Gambar 4. 7 Skema Jaringan Drainase pada SWMM 5.2

4.6. Hasil Pemodelan SWMM 5.2 Drainase Existing

Hasil pemodelan hidrologi berbasis *Storm Water Management Model* (SWMM 5.2) mengindikasikan bahwa sistem drainase eksisting pada kawasan Perumahan Wahid FTI mengalami limpasan (*overflow*) di beberapa titik lokasi. Titik – titik yang mengalami limpasan pada program SWMM 5.2 dapat dilihat pada menu *Repport – Summary – Node Floding* yang tampilannya adalah sebagai berikut :

Summary Results

Topic: Node Flooding — Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
J3	1.06	0.014	0	04:00	0.045	0.000
J4	1.18	0.031	0	04:00	0.089	0.000
J17	1.00	0.027	0	03:55	0.089	0.000
J26	1.99	0.045	0	04:00	0.161	0.000
J27	2.11	0.003	0	04:00	0.024	0.000
J34	1.10	0.027	0	03:28	0.079	0.000
J35	0.93	0.008	0	03:59	0.024	0.000
J39	1.42	0.017	0	04:00	0.069	0.000
J43	0.97	0.027	0	03:59	0.077	0.000
J50	1.01	0.018	0	03:03	0.009	0.000
Storag1	8.07	0.055	0	04:00	0.257	0.000

Gambar 4. 8 Node Flooding

Adapun saluran yang mengalami limpasan dapat dilhat pada menu *Repport – Summary – Link Flow* yang tampilannya adalah sebagai berikut :

Summary Results

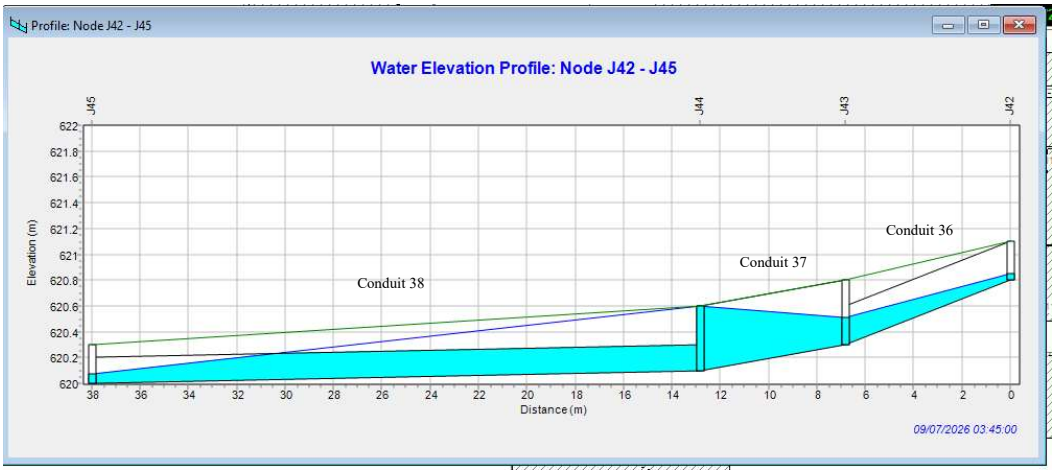
Topic: Link Flow — Click a column header to sort the column.

Link	Type	Maximum |Flow| CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum |Velocity| m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
Con29	CONDUIT	0.035	0	03:07	3.06	0.31	0.43
Con30	CONDUIT	0.061	0	04:00	1.52	0.21	0.4
Con31	CONDUIT	0.061	0	04:00	1.36	0.51	0.68
Con32	CONDUIT	0.228	0	04:00	1.77	0.37	0.52
Con33	CONDUIT	0.255	0	04:00	1.82	0.48	0.56
Con35	CONDUIT	0.017	0	04:00	1.43	0.18	0.23
Con36	CONDUIT	0.017	0	04:00	0.41	0.05	0.58
Con37	CONDUIT	0.021	0	03:08	0.13	0.02	0.70
on38	CONDUIT	0.033	0	03:08	1.77	1.12	0.62
Con39	CONDUIT	0.014	0	03:08	0.81	0.08	0.19
Con40	CONDUIT	0.025	0	03:08	1.05	0.08	0.26
Con41	CONDUIT	0.031	0	03:08	2.25	0.52	0.45
Con42	CONDUIT	0.037	0	03:56	1.12	0.14	0.37
Con43	CONDUIT	0.048	0	03:55	1.64	0.86	0.88

Gambar 4. 9 Link Flow

Pada gambar di atas yang ditandai dengan persegi biru yaitu Con30 dapat diketahui bahwa saluran tersebut memiliki nilai ‘Max/Full Flow’ dibawah 1 yaitu 0,21 yang artinya debit maksimum yang terjadi sebesar 0,21 dari kapasitas saluran sehingga dapat disimpulkan saluran tersebut aman. Sedangkan Con38 yang ditandai persegi merah menunjukkan nilai ‘Max/Full Flow’ diatas 1 yaitu 1,12 yang artinya debit maksimum yang terjadi sebesar 1,12

kali lebih besar dibandingkan dengan kapasitas saluran sehingga dapat disimpulkan saluran tersebut mengalami limpasan. Visualisasi limpasan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 10 Profile Node

Hasil tiap titik dan saluran dianalisa satu persatu sehingga menghasilkan rincian persebaran dan besaran limpasan yang disajikan pada Tabel 4.12 Hasil Simulasi Limpasan dan data hasil SWMM 5.2 lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4. 12 Hasil Simulasi Limpasan

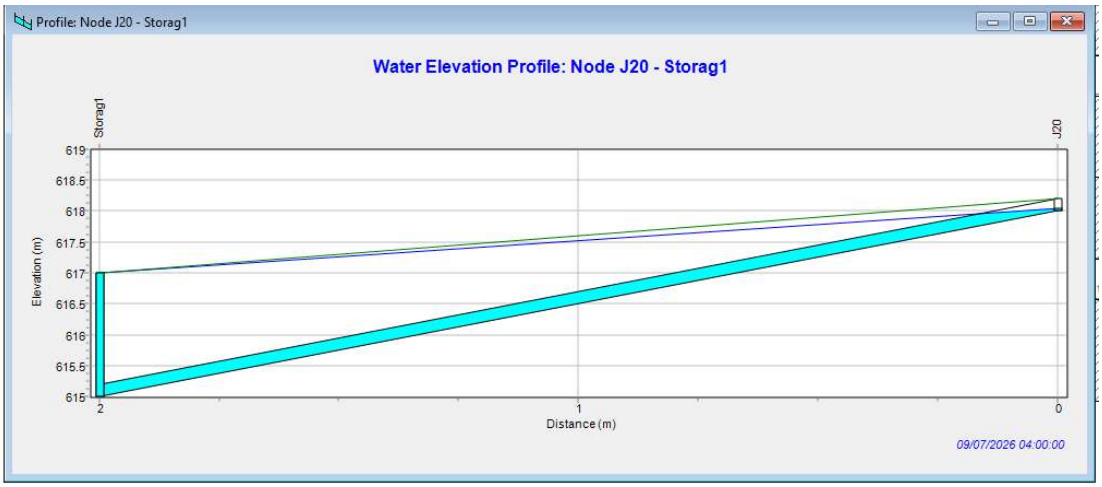
Lokasi	Indikasi Masalah	Penyebab
J50 - C19 - J20	Max/Full Flow = 18,59	Kapasitas saluran sangat kecil dibandingkan debit
J43	Kedalaman maksimum 0,50 m	Node menerima aliran dari beberapa saluran
J17 - C16 - J50	Max/Full Flow = 1,07 Max/Full Depth = 1,00	Saluran terlampaui
J26 - C44 - J27	Max/Full Depth = 1,00 Surcharge ± 2 jam	Saluran Penuh
J44 - C38 - J45	Max/Full Flow = 1,12	Kapasitas saluran terlampaui
J35 - C52 - J39	Max/Full Flow = 1,03	Kapasitas saluran sedikit terlampaui
J35	Depth = 0,30 m	Node mengalami penumpukan aliran
J40	Depth = 0,50 m	Menerima beberapa aliran sebelum outlet
C10 & C36	Downstream full ± 10 jam	Kemungkinan pengaruh kondisi hilir / tail water
C61	Downstream full ± 7,85 jam	Kondisi hilir / outfall

Pada C19 atau Conduit 19 Max/Full Flow 18,59 yang artinya debit maksimum yang terjadi sebesar 18,59 kali lebih besar dibandingkan dengan kapasitas conduit. Jika dilihat

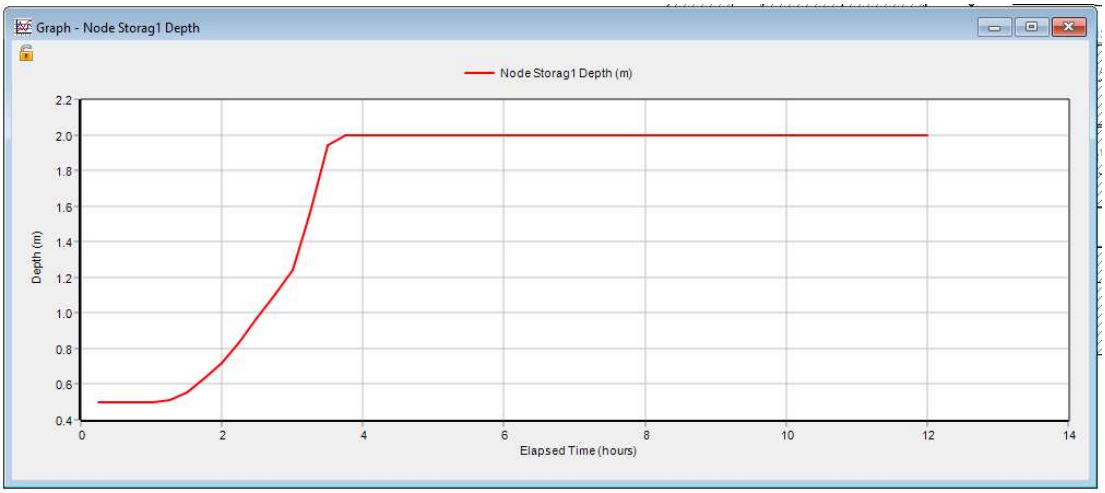
lagi debit maksimum pada saluran adalah 0,050 m^3/s sehingga jika dihitung $Q_{full} = \frac{0.050}{18.59} = 0.00269\ m^3/s$. Itu artinya kapasitas hidraulik C19 sangat kecil sehingga masalahnya bukan hanya dikapasitas saluran saja.

Berbeda pada C16 atau Conduit 16 Max/Full Flow 1,07 yang artinya debit maksimum yang terjadi sebesar 1,07 kali lebih besar dibandingkan dengan kapasitas conduit dan Max/Full Depth 1,00 yang artinya kedalaman maksimum sama dengan kedalaman penuh conduit sehingga masalahnya dapat disimpulkan kapasitas saluran.

Pada storage 1 atau kolam retensi existing terjadi banjir dikarenakan total air yang masuk selama hujan menggunakan data hujan tersebut adalah 507 m3 namun kapasitas kolam yang tersedia hanya 262 m3. Visualisasi limpasan dapat dilihat pada gambar 4.11 sedangkan grafik ketinggian air dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4. 11 Profile Node Storage 1



Gambar 4. 12 Grafik Kedalaman Storage 1

4.7. Redesain Sistem Drainase Perumahan Wahid FTI

Berdasarkan hasil analisis simulasi menggunakan EPA SWMM 5.2 sebelumnya dapat disimpulkan bahwa saluran di Perumahan Wahid FTI kurang optimal karena mengalami kelebihan beban dan luapan akibat kapasitas tampung yang kurang memadai. Selain dari hasil analisa redesain sistem drainase juga melihat kondisi sebenarnya di Perumahan Wahid FTI yang bermasalah yaitu :

- Posisi lahan kolam retensi yang berada di elevasi terbawah pada perumahan (paling belakang) yang tidak tersedia saluran pembuangan ke saluran kota di bawahnya sehingga air yang tertampung pada kolam tidak bisa dialirkan ke saluran selanjutnya.
- Saluran kota yang bisa menjadi tempat pembuangan air dari kolam retensi berada di sekitar 6 meter lebih tinggi dari elevasi kolam yang jaraknya 80 meter (berada di tengah perumahan).
- DTA 1 – 8 dialirkan pada saluran kota ditengah perumahan yang dinding saluran menempel pada dinding belakang rumah pada DTA 22, sehingga kedepannya dikhawatirkan menimbulkan masalah seperti dinding rumah yang terus lembab serta sulitnya pemeliharaan saluran tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan yang ada disarankan redesain sistem drainase Perumahan Wahid FTI yaitu:

- Menutup saluran kota di belakang DTA 22 dan mengarahkan aliran ke saluran dalam perumahan yang ditampung di kolam retensi
- Alternatif 1 : menambah saluran pembuangan bawah tanah dari kolam retensi pertama ke kolam retensi ke dua serta menambahkan kolam retensi ke 2 pada DTA 21 untuk menampung kelebihan air dari kolam retensi pertama sehingga air dapat dibuang ke saluran kota dengan mengubah lahan kavling rumah menjadi area kolam dan rumah pompa
- Alternatif 2 : membuat saluran pembuangan dari perumahan melewati pemukiman warga sampai menemukan saluran kota yang panjangnya sekitar 150 meter

Gambar redesain Alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 4.13 Redesain Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Alternatif 1 serta tabel 4.13 Detail Redesain Penampang Saluran.



Gambar 4. 13 Redesain Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Alternatif 1

Tabel 4. 13 Detail Redesain Penampang Saluran

Nama	Penampang Awal	Penampang Ganti
C1 - C10	Buis Beton Ø20	Tetap
C16 - C30	Buis Beton Ø20	Buis Beton Ø30
C31; C51, C61	Buis Beton Ø30	Buis Beton Ø40
C63 - C68	Belum ada	Box Cluvert 40.40

Pada simulasi menggunakan SWMM 5.2 dengan data yang ada diketahui hasil simulasi pemodelan hidrologi dan hidrolika berbasis SWMM 5.2 mengenai kolam retensi pertama adalah sebagai berikut :

Total inflow volume (total volume air masuk) = 636 m^3

Max Total Inflow (Debit inflow maks) = 89 L/s

Hour of Max Inflow (Debit maks terjadi) = Jam ke 0:00

Average Volume (Rata – rata vol air yang tersimpan) = 159 m^3

Maximum Volume (Vol air terbesar yang terjadi) = 191 m^3

Sedangkan hasil simulasi pemodelan hidrologi dan hidrolika berbasis SWMM 5.2 mengenai kolam retensi kedua adalah sebagai berikut :

Total inflow volume (total volume air masuk) = 3.140 m^3

Max Total Inflow (Debit inflow maks) = 500 L/s

Hour of Max Inflow (Debit maks terjadi) = Jam ke 0:00

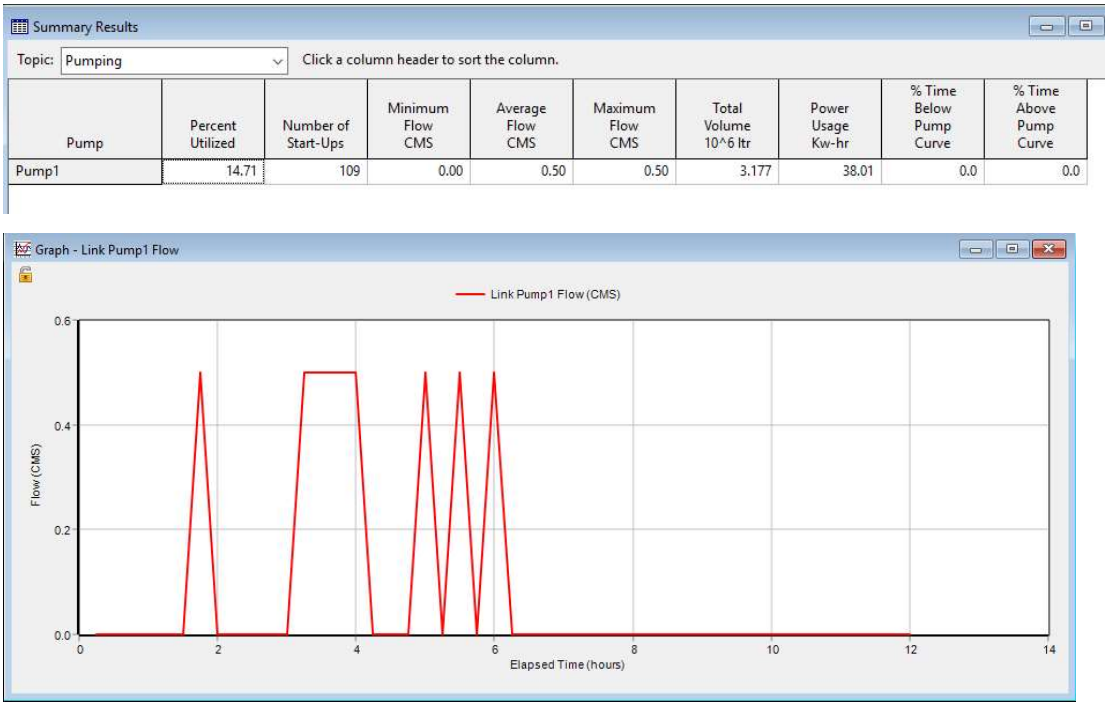
Average Volume (Rata – rata vol air yang tersimpan) = 23 m^3

Maximum Volume (Vol air terbesar yang terjadi) = 35 m^3

Ukuran kolam retensi eksisting yaitu berbentuk trapesium dengan panjang 10,0 m dan panjang sisi sejajar 11,0 m dan 13,85 m dengan kedalaman 1,8 m sehingga kapasitas maksimum dari kolam retensi adalah 248 m^3. Sedangkan kolam retensi kedua yaitu berbentuk persegi panjang dengan panjang 7,5 m dan lebar 4,0 m dengan kedalaman efektif dihitung dari elevasi dasar saluran yang masuk ke kolam retensi yaitu 1,0 m sehingga tinggi total kolam retensi dihitung dari elevasi permukaan tanah yaitu 4,9 m. Sehingga untuk keamanan pinggir kolam dapat dibangun pagar pembatas.

Dari hasil pemodelan SWMM 5.2 yang dilihat dari *Repport – Summary – Pumping* (Gambar 4.14) dapat disimpulkan kebutuhan pompa adalah sebagai berikut :

- Daya Motor (Power) : 38 kW
- Kapasitas Aliran (Flow Rate) : 500 liter/detik



Gambar 4. 14 Pumping

Sehingga dicarilah pompa yang dapat memompa air dengan debit 500 liter/detik yaitu Ebara Pump (Tipe HSC - *Horizontal Split Case*) dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe Pompa : *Centrifugal Horizontal Split Case*
- Kapasitas / Flow Rate : 30 m^3/menit atau 500 liter/detik
- *Speed* : 1.450 RPM (4-pole) atau 2.950/3.000 RPM (2-pole)
- Ukuran Outlet : 100 mm hingga 350 mm (atau lebih)



Sumber : https://www.ebaraindonesia.com/

Gambar 4. 15 Pompa

Untuk meningkatkan keamanan sistem pengendalian banjir, direncanakan penggunaan dua unit pompa dengan kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan debit rencana. Kedua pompa tersebut direncanakan sebagai langkah antisipasi apabila salah satu pompa mengalami kerusakan atau gangguan operasional, sehingga pompa lainnya tetap dapat dioperasikan untuk membantu mengurangi risiko terjadinya genangan maupun banjir. Selain itu, untuk menjamin keberlangsungan operasional pompa direncanakan penggunaan generator set (genset) sebagai sumber listrik. Genset yang dipilih adalah Genset Industri Kapasitas 400 kVA tipe Silent (*Soundproof*).



Sumber : https://www.hargen.co.id/

Gambar 4. 16 Genset

Gambar redesain Alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 4.17 Redesain Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Alternatif 2 serta tabel 4.14 Detail Redesain Penampang Saluran.



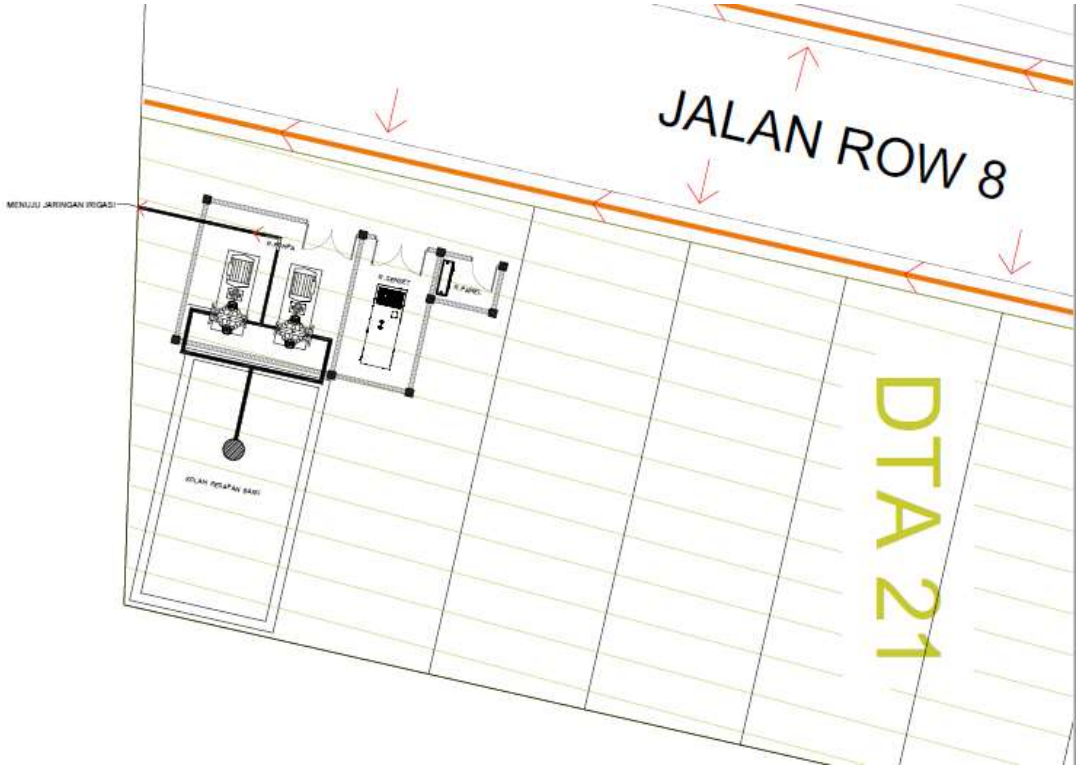
Gambar 4. 17 Redesain Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Alternatif 2

Tabel 4. 14 Detail Redesain Penampang Saluran

Nama	Penampang Awal	Penampang Ganti
C1 - C10	Buis Beton Ø20	Tetap
C16 - C30	Buis Beton Ø20	Buis Beton Ø30
C31; C51, C61	Buis Beton Ø30	Buis Beton Ø40
C63 - C68	Belum ada	Box Cluvert 40.40

4.8. Layout Kolam retensi dan Rumah Pompa

Perencanaan layout kolam retensi dan rumah pompa merupakan bagian penting dalam redesain sistem drainase karena berkaitan dengan penempatan bangunan, keterhubungan antar komponen sistem, serta kelancaran proses penampungan dan pembuangan air. Layout direncanakan dengan mempertimbangkan kondisi eksisting kawasan, ketersediaan lahan, elevasi, serta jalur aliran air menuju kolam retensi dan dari kolam retensi menuju saluran drainase kota. Penempatan kolam retensi dan rumah pompa diharapkan dapat mendukung pengendalian limpasan air hujan secara optimal serta mengurangi risiko terjadinya genangan di kawasan perumahan. Adapun gambar layout dapat dilihat pada gambar di bawah atau pada Lampiran 3



Gambar 4. 18 Layout Rumah Pompa

BAB V.
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi, pemodelan sistem drainase menggunakan EPA SWMM 5.2, serta perencanaan ulang (redesain) saluran, kolam retensi, dan rumah pompa di Perumahan Wahid FTI, Kelurahan Blotongan, Kecamatan Sidorejo, Kota Salatiga, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi Sistem Drainase Eksisting

Berdasarkan hasil simulasi EPA SWMM 5.2 terhadap kondisi eksisting, sistem drainase Perumahan Wahid FTI belum mampu mengakomodasi debit limpasan secara optimal. Hal ini ditunjukkan dengan teridentifikasinya beberapa titik genangan (*flooding point*) dan saluran yang mengalami *surcharge*, antara lain:

- Saluran C19 (J50 – C19 – J20) memiliki nilai *Max/Full Flow* sebesar 18,59, yang berarti debit maksimum yang terjadi jauh melebihi kapasitas saluran.
- Saluran C16 (J17 – C16 – J50) memiliki *Max/Full Flow* sebesar 1,07 dan *Max/Full Depth* sebesar 1,00, yang menunjukkan saluran telah mencapai kapasitas penuh.
- Saluran C38 (J44 – C38 – J45) memiliki *Max/Full Flow* sebesar 1,12.
- Saluran C52 (J35 – C52 – J39) memiliki *Max/Full Flow* sebesar 1,03.
- Posisi lahan kolam retensi yang berada di elevasi terbawah pada perumahan (paling belakang) yang tidak tersedia saluran pembuangan ke saluran kota di bawahnya sehingga air yang tertampung pada kolam tidak bisa dialirkan ke saluran selanjutnya dan meluap.

2. Hasil Perencanaan Ulang (Redesain) Saluran

Redesain saluran dilakukan pada segmen-segmen yang mengalami permasalahan hidraulik, meliputi:

- Perubahan elevasi pada J20 dan J26.
- Perubahan dimensi saluran dari buis beton Ø20 cm menjadi Ø30 cm pada C19, C10, C36, dan C38.
- Perubahan tipe saluran dari buis U20 menjadi saluran beton 20×20 cm pada C44, C52, dan conduit sebelum J40.

- Alternatif 1 : menambah saluran pembuangan bawah tanah dari kolam retensi pertama ke kolam retensi ke dua serta menambahkan kolam retensi ke 2 pada DTA 21 untuk menampung kelebihan air dari kolam retensi pertama sehingga air dapat dibuang ke saluran kota dengan mengubah lahan kavling rumah menjadi area kolam dan rumah pompa
- Alternatif 2 : membuat saluran pembuangan dari perumahan melewati pemukiman warga sampai menemukan saluran kota

3. Kolam Retensi

- Kolam retensi yang sudah ada (eksisting) berbentuk trapesium dengan panjang 10,0 m dan panjang sisi sejajar 11,0 m dan 13,85 m dengan kedalaman 1,8 m dipertahankan
- Penambahan kolan retensi ke dua pada alternatif 1 berbentuk persegi panjang dengan panjang 7,5 m dan lebar 4,0 m dengan kedalaman efektif dihitung dari elevasi dasar saluran yang masuk ke kolam retensi yaitu 1,0 m sehingga tinggi total kolam retensi dihitung dari elevasi permukaan tanah yaitu 4,9 m

4. Kapasitas Pompa Banjir Terpilih

- Untuk mengatasi defisit tampungan kolam retensi pada kondisi terbangun penuh, diperlukan bantuan pompa banjir dengan debit pompa (Qpm) minimal 500 liter/s.
- Spesifikasi mekanikal-elektrikal yang sesuai dengan kebutuhan lapangan di pasaran adalah Ebara Pump (Tipe HSC - *Horizontal Split Case*).
- Hasil simulasi ulang pada EPA SWMM 5.2 menunjukkan penambahan sistem pemompaan ini berhasil mewujudkan kawasan bebas genangan (aman).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan perencanaan yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pelaksanaan redesain saluran

Redesain Saluran perlu dilakukan pada lokasi-lokasi yang telah teridentifikasi mengalami kelebihan kapasitas, terutama pada C19, C16, C38, C52, C44, serta bagian saluran yang menuju J40 dan C61.

2. Pembangunan Rumah Pompa dan Fasilitas Komponen

- Pembangunan fisik rumah pompa wajib mengikuti standar fisik Kementerian PUPR, termasuk penyediaan ruang ventilasi panel kontrol yang baik agar tidak terjadi overheating, serta penempatan elevasi panel listrik di atas muka air banjir tertinggi.
- Diperlukan pemasangan saringan sampah (trash rack) yang kuat di depan saluran masuk (inlet) kolam retensi guna mencegah serpihan sampah urban masuk ke dalam impeler pompa yang dapat memicu kerusakan mekanis (clogging).

3. Operasi dan Pemeliharaan Berkala

- Perlu dibentuk tim pengelola lingkungan perumahan untuk melakukan pengerukan sedimen lumpur secara berkala pada kolam retensi guna menjaga volume tampungan efektif.
- Uji coba pemanasan motor (*running test*) genset cadangan dan mesin pompa submersible wajib dilaksanakan secara rutin minimal satu minggu sekali pada musim kemarau agar sistem polder siap beroperasi penuh saat mendadak terjadi hujan lebat.

4. Studi Lanjutan

- Merencanakan metode kerja untuk pembangunan saluran dari kolam retensi 1 ke kolam retensi 2 pada alternatif 1.
- Menghitung keseluruhan area disekitar Perumahan Wahid FTI yang topografinya merupakan lereng sehingga perencanaan sistem drainase lingkungan lebi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander Nugi Pramono, P. T. S. (2008). *Efektivitas Kolam Retensi Terhadap Pengendalian Banjir*. *4*, 94–107.

Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Ugm Press.

Butler, D., & Davies, J. (2011). Urban Drainage (Third Edition). Spon Press, London. sistem drainase perkotaan dan pemodelan hidrolika

Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book Company. koefisien kekasaran Manning (*n*) dan karakteristik aliran saluran terbuka

Ermalizar, L. M., & Junaidi, A. (2018). *Flood simulation using EPA SWMM 5 . 1 on small catchment urban drainage system*. *2*, 1–9.

Gironás, J., Roesner, L. A., Rossman, L. A., & Davis, J. (2010). A new applications manual for the Storm Water Management Model (SWMM 5.2). Environmental Modelling and Software, 25(6), 813–814

Harto, S. (1993). Hidrologi Terapan. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil UGM, Yogyakarta. analisis hidrologi, distribusi frekuensi, dan metode Mononobe

Iffahni, I. (2019). *Integrasi Jaringan Jalan dan Drainase di Perumahan Bumi Aroepala, Kabupaten Gowa*. Universitas Hasanuddin.

Khasanah, M., Rahmatillah, S. A., Haryono, B., Nurhaliza, A. P., Putri, C. A., Apptika, N., Pemerintahan, I., & Yani, J. A. (2022). *ALIH FUNGSI LAHAN RESAPAN AIR MENJADI PEMUKIMAN DI KAWASAN BANDUNG UTARA (STUDI KASUS KELURAHAN CIPAGERAN DAN KELURAHAN CITEUREUP)*. *6*(2), 164–175.

Pedoman Teknis Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR

Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Permen PU No.12/PRT/M/ 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Kota

Rossman, L. A. (2010). *Storm water management model user's manual, version 5.0* (Vol. 276). National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and ….

Saidah, H., Nur, N. K., Rangan, P. R., Mukrim, M. I., Tumpu, M., Jamal, M., Mansida, A., Sindagamanik, F. D., Yayasan, P., & Menulis, K. (2021). *DRAINASE PERKOTAAN*.

SNI 03-2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan

Soemarto. (1987). *HIDROLOGI TEKNIK*.

Suripin. (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Andi. https://books.google.co.id/books?id=om44AAAACAAJ

Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan, Beta Offset. *Yogyakarta. Hal*, 195–273.

Wayangkau, H. G., & Hattu, R. F. (2025). Evaluasi sistem drainase perkotaan dengan model simulasi SWMM 5.2 pada kawasan padat penduduk. *Jurnal Studi Dan Aplikasi Teknik Sipil (JSATS)*, *1*(1), 7–12.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan Harian Stasiun Rawa Pening Klimatologi tahun 2005 – 2020

Rawa Pening Klimatologi

Tahun 2005

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	0	36	7	50	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	2	25	10	0	1	0	37	0	0	0	31	
3	10	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	75	
4	0	0	10	15	9	0	0	0	0	0	0	15	
5	30	5	45	3	25	0	0	0	0	0	0	13	
6	35	3	15	0	2	0	15	0	0	0	0	5	
7	15	0	15	7	0	215	0	0	0	0	0	0	
8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	14	15	40	
9	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
10	0	0	0	45	10	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	46	0	0	0	0	0	2	0	0	
12	0	6	20	15	3	0	3	0	0	25	0	28	
13	40	0	36	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	48	0	12	2	0	0	7	0	0	0	0	0	
15	0	0	60	0	0	5	2	0	0	0	0	13	
16	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	70	
17	0	7	0	45	0	0	50	3	60	5	0	0	
18	10	0	36	30	0	0	10	0	0	7	0	10	
19	25	10	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2	
20	11	25	0	0	0	50	0	0	0	0	15	25	
21	29	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	30	0	0	0	15	0	0	
24	0	2	43	0	0	2	0	0	60	5	0	0	
25	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	5	8	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
27	3	3	15	0	0	0	0	0	15	0	0	20	
28	15	0	4	0	0	15	0	0	0	25	10	0	
29	0		6	0	0	2	0	0	0	0	1	0	
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
31	0		8		0		0	0		0		0	
Hujan Maximum	48	36	60	50	25	215	50	37	60	25	15	75	215
Jml Curah Hujan	279	132	412	294	49	330	87	40	135	98	41	354	2251
Jml.Hari Hujan	14	14	19	14	5	11	6	2	3	8	4	15	115
Hujan (1-15)	181	62	253	196	49	221	27	37	0	41	15	225	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	98	70	159	98	0	109	60	3	135	57	26	129	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2006

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	5	0	5	2	20	0	0	0	0	0	0	0	
2	25	0	0	0	9	5	0	0	0	0	0	0	
3	0	8	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	5	0	15	3	0	0	0	0	0	0	30	
5	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	4	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	22	
7	0	25	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	
8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
9	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	21	0	
10	0	20	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	15	0	
12	5	5	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	3	35	0	0	0	0	0	0	0	0	40	20	
18	0	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
19	3	3	3	5	0	0	0	0	0	0	0	14	
20	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	
21	0	15	4	0	60	0	0	0	0	0	0	12	
22	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	15	0	
23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
24	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	15	
25	0	4	0	0	20	0	0	0	0	0	0	40	
26	14	30	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	
28	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	5	20	
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	15	14	
31	15		0		0		0	0		0		15	
Hujan Maximum	25	35	10	45	60	5	0	0	0	0	40	40	60
Jml Curah Hujan	96	205	32	151	189	5	0	0	0	0	130	302	1110
Jml.Hari Hujan	11	16	7	10	12	1	0	0	0	0	7	15	79
Hujan (1-15)	46	76	15	136	72	5	0	0	0	0	36	75	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	50	129	17	15	117	0	0	0	0	0	94	227	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2007

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	0	0	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	29	0	32	13	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	26	0	0	0	29	0	0	0	0	0	13	
5	17	0	35	5	0	0	0	0	0	0	40	0	
6	15	35	0	22	0	0	0	0	0	0	0	11	
7	0	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	14	32	50	2	0	0	0	0	0	0	70	11	
9	0	0	10	0	18	0	0	0	0	0	31	0	
10	73	0	13	2	20	0	0	0	0	46	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	25	0	
12	0	73	0	3	0	0	0	0	0	0	0	35	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	
14	0	0	20	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
15	21	0	12	0	0	0	26	0	0	0	0	0	
16	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	0	
17	12	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	20	6	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
19	66	0	42	0	0	0	0	0	0	28	0	55	
20	16	19	7	0	0	0	0	0	0	0	0	31	
21	37	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	40	
22	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	60	0	18	0	15	0	0	0	0	0	0	38	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	21	0	40	12	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	35	20	0	0	0	0	0	0	17	0	0	
29	15		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	0		40	0	0	0	0	0	0	0		0	
31	22		88		0		0	0		0		125	
Hujan Maximum	73	73	88	62	20	29	26	0	0	46	70	125	125
Jml Curah Hujan	432	287	523	147	56	29	26	0	0	141	166	469	2276
Jml.Hari Hujan	15	9	19	11	4	1	1	0	0	5	4	11	80
Hujan (1-15)	169	198	212	120	41	29	26	0	0	81	166	130	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	263	89	311	27	15	0	0	0	0	60	0	339	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	

Tahun 2008

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	15	0	6	54	60	24	0	0	2	0	0	0	
2	15	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
3	5	15	0	8	4	0	0	0	0	0	48	0	
4	20	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3	0	
5	20	8	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	
6	15	4	30	3	3	0	0	0	0	0	0	0	
7	5	46	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	20	54	50	18	30	0	0	0	0	2	0	6	
9	0	20	5	0	0	0	0	0	0	25	9	20	
10	0	2	10	15	0	0	0	0	0	0	7	36	
11	0	14	5	0	0	0	0	0	25	0	6	10	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	4	
13	0	4	0	0	3	10	0	0	0	0	4	20	
14	0	14	20	5	3	0	0	16	0	0	5	5	
15	0	19	0	0	0	0	0	8	0	0	8	8	
16	10	3	0	18	3	0	0	0	0	0	28	5	
17	0	22	5	0	0	0	0	0	0	0	25	3	
18	3	18	10	0	0	0	0	0	0	3	12	4	
19	5	32	0	52	10	0	0	0	0	56	8	3	
20	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	2	3	
21	0	0	0	15	20	0	0	0	5	0	0	10	
22	0	15	0	0	0	0	0	0	0	7	40	0	
23	15	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	
24	5	36	18	0	0	0	0	0	0	8	0	10	
25	0	9	0	22	0	0	0	0	0	25	10	0	
26	0	6	0	8	0	0	0	5	0	58	0	0	
27	0	15	15	4	0	0	0	6	25	0	0	0	
28	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	
29	0	0	0	0	0	15	0	42	0	6	0	60	
30	46		0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
31	68		20	0	0		0	7		6		13	
Hujan Maximum	68	54	50	54	60	24	0	42	25	58	48	60	68
Jml Curah Hujan	270	364	208	238	140	49	0	84	57	276	220	245	2151
Jml.Hari Hujan	16	21	15	15	10	3	0	6	4	13	16	20	139
Hujan (1-15)	115	200	134	109	107	34	0	24	27	107	90	109	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	155	164	74	129	33	15	0	60	30	169	130	136	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2009

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	58	22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
2	14	15	0	7	0	35	0	0	0	0	0	0	
3	6	18	8	0	0	5	0	0	0	0	0	0	
4	0	10	2	0	0	5	0	0	0	0	1	0	
5	0	0	29	34	17	4	0	0	0	0	0	21	
6	63	11	3	0	12	0	0	0	0	0	8	5	
7	9	0	12	39	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	11	
9	72	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	12	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	
12	0	0	0	0	8	52	0	0	0	3	0	0	
13	23	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	3	2	28	52	0	0	0	0	0	0	41	0	
15	0	0	11	0	2	13	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	
17	22	8	0	13	10	0	0	0	0	7	7	0	
18	26	0	0	0	12	27	0	0	0	4	0	0	
19	0	13	0	0	0	19	0	0	0	0	9	0	
20	0	20	0	27	7	35	0	0	0	0	0	0	
21	51	38	49	19	12	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	8	35	0	5	0	0	0	0	52	0	
23	0	15	0	0	25	2	0	0	0	0	0	0	
24	0	42	4	5	5	59	0	0	0	0	0	21	
25	8	4	0	2	82	0	0	0	0	0	6	10	
26	5	70	0	59	0	8	0	0	0	0	0	0	
27	12	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	5	7	0	75	2	0	0	0	0	0	48	55	
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	
30	48		0	7	36	0	0	0	0	0	0	20	
31	8		0		63		0	0		0		16	
Hujan Maximum	72	70	49	75	82	59	0	0	0	12	52	55	82
Jml Curah Hujan	445	335	165	374	296	269	0	0	0	33	183	159	2259
Jml.Hari Hujan	18	18	12	13	16	13	0	0	0	6	10	8	114
Hujan (1-15)	260	93	104	132	42	114	0	0	0	17	52	37	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	185	242	61	242	254	155	0	0	0	16	131	122	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2010

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	18	42	0	24	0	0	15	0	0	0	0	45	
2	5	0	29	0	57	0	16	0	0	0	0	0	
3	2	1	0	0	0	0	0	1	0	23	0	45	
4	38	8	27	5	0	0	4	2	3	0	7	29	
5	3	2	0	0	27	10	10	0	0	0	37	0	
6	0	58	0	2	0	0	0	0	28	0	15	8	
7	0	0	0	0	16	30	18	0	2	0	0	0	
8	25	0	26	0	0	11	0	0	0	9	4	35	
9	18	0	0	0	7	87	0	0	29	0	39	17	
10	0	0	51	59	10	1	0	0	0	0	10	24	
11	0	0	73	9	2	0	36	0	0	0	3	0	
12	0	0	0	0	27	0	0	0	19	0	0	0	
13	18	0	0	0	59	4	0	0	26	23	6	0	
14	0	0	50	41	7	0	0	0	4	34	1	14	
15	0	0	30	0	16	0	0	12	23	3	0	8	
16	5	7	0	13	26	0	10	0	2	13	10	0	
17	0	0	56	11	0	6	9	0	0	4	10	6	
18	2	0	18	7	3	0	0	0	13	30	4	2	
19	0	0	64	26	0	0	3	0	12	4	0	2	
20	14	11	75	35	30	0	0	0	23	0	0	6	
21	0	0	0	8	20	0	0	29	8	48	0	0	
22	8	0	2	0	0	0	0	6	26	0	6	5	
23	58	27	51	12	22	0	0	0	49	2	0	32	
24	0	0	72	2	0	0	0	1	21	15	24	0	
25	6	6	0	0	23	0	0	30	0	15	5	0	
26	2	0	33	69	6	0	0	8	0	0	0	0	
27	0	14	0	13	34	9	0	0	0	26	42	36	
28	18	0	0	6	5	9	0	0	0	0	3	33	
29	0		44	0	0	7	12	0	0	0	15	0	
30	22		33	0	0	0	0	35	0	0	10	0	
31	27		0		0		0	0		0		3	
Hujan Maximum	58	58	75	69	59	87	36	35	49	48	42	45	87
Jml Curah Hujan	289	176	734	342	397	174	133	124	288	249	251	350	3507
Jml.Hari Hujan	18	10	17	17	19	10	10	9	16	14	19	18	177
Hujan (1-15)	127	111	286	140	228	143	99	15	134	92	122	225	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	162	65	448	202	169	31	34	109	154	157	129	125	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2011

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	18	4	17	0	24	1	0	0	0	0	0	0	
2	56	13	1	11	14	0	0	0	0	0	7	0	
3	5	0	7	5	0	0	0	0	0	0	22	9	
4	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	
5	0	62	1	11	4	0	0	0	0	0	0	0	
6	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	17	25	
7	1	6	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	5	2	0	10	0	0	0	0	0	36	0	
9	10	0	0	6	0	0	0	0	0	0	8	13	
10	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	
11	14	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	6	
12	56	0	0	0	0	0	2	0	0	0	15	0	
13	13	0	0	39	3	0	1	0	0	0	7	8	
14	6	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	
15	22	0	0	6	0	0	0	0	0	0	8	0	
16	9	14	0	14	0	0	0	0	0	0	0	69	
17	5	3	0	16	0	0	0	0	4	0	0	10	
18	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	
19	4	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	0	
20	9	0	0	0	0	0	2	0	0	2	4	0	
21	14	7	0	18	41	0	2	0	0	21	0	0	
22	5	12	1	0	0	0	0	0	0	23	17	0	
23	1	0	0	6	24	0	0	0	0	23	3	0	
24	0	13	5	0	0	0	0	0	0	1	0	133	
25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	
26	31	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
27	0	0	0	0	9	0	0	0	0	24	0	0	
28	0	10	4	0	0	0	0	0	0	15	63	0	
29	0		0	0	0	55	0	0	0	0	18	0	
30	0		5	49	0	12	0	0	0	0	0	20	
31	0		5		18		0	0		0		0	
Hujan Maximum	56	62	23	49	41	55	29	0	25	24	63	133	133
Jml Curah Hujan	348	149	71	181	160	68	36	0	29	123	274	317	1756
Jml.Hari Hujan	23	11	11	11	11	3	5	0	2	8	18	12	115
Hujan (1-15)	248	90	28	78	68	1	32	0	25	0	131	72	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	100	59	43	103	92	67	4	0	4	123	143	245	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2012

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	25	10	0	10	66,5	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	2	18	0	0	0	0	0	0	0	7	0	
3	0	25	0	43,5	0	0	0	0	0	0	22	9	
4	85	6	0	68	0	0	0	0	0	0	2	5	
5	0	25	0	21	20	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	17	25	
7	5	0	5	0	35	6,5	0	0	0	0	0	0	
8	8	0	17	27	0	21	0	0	0	0	36	0	
9	13	9	2,5	0	0	0	0	0	0	0	8	13	
10	19	0	0	0	0	15,5	0	0	0	0	9	6	
11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
12	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	
13	23	11	0	10,5	3	0	0	0	0	0	7	8	
14	21	0	0	12,5	0	0	0	0	25	0	0	0	
15	26	12,5	0	0	10,5	0	0	0	0	0	8	0	
16	14	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	69	
17	0	68	2	0	76,5	0	0	0	4	0	0	10	
18	17	0	0	0	8	0	0	0	0	0	30	0	
19	0	45	0	73,5	0	0	0	0	0	0	14	4	0
20	0	17,5	20	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0
21	17	9,5	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	17	0
23	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	3	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	133
25	0	7	34	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
26	0	5	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	13
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0
28	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	63	0
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0
30	59		0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
31	7		0		0		0	0		0		0	
Hujan Maximum	85	68	34	74	77	21	0	0	25	24	63	133	133
Jml Curah Hujan	389	260	99	278	221	43	0	0	29	123	274	317	2031
Jml.Hari Hujan	18	16	7	10	8	3	0	0	2	8	18	12	102
Hujan (1-15)	239	103	43	193	136	43	0	0	25	0	131	72	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	150	157	56	85	85	0	0	0	4	123	143	245	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2013

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	37	8	0	8	46	0	3	0	0	0	0	0	
2	12	5	0	7	0	0	5	0	0	0	0	0	
3	17	5	3	10	0	5	6	0	0	0	0	5	
4	18	0	23	6	0	0	41	0	0	0	0	18	
5	20	23	3	0	0	2	0	0	0	0	9	0	
6	2	0	0	3	0	25	0	0	0	0	0	0	
7	2	0	0	9	7	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	54	0	9	11	0	0	0	0	0	47	
9	0	0	7	20	0	0	2	0	0	0	0	31	
10	0	18	22	20	0	0	0	0	0	0	0	26	
11	5	0	0	0	0	7	14	0	0	0	0	47	
12	0	16	19	2	1	9	16	0	0	0	3	6	
13	0	48	25	5	0	0	0	0	0	0	4	14	
14	16	0	38	33	0	0	0	0	0	0	0	14	
15	2	3	17	54	5	0	0	0	0	0	2	0	
16	8	19	0	8	21	17	0	0	0	0	18	0	
17	0	0	10	16	35	0	0	0	0	0	0	43	
18	16	35	66	69	30	1	0	0	0	0	25	36	
19	0	2	13	0	36	0	0	0	0	0	12	33	
20	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	22	
21	26	0	0	0	5	0	14	0	0	0	0	4	
22	23	8	0	12	0	0	15	0	0	0	0	12	
23	119	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	41	
24	62	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	
25	0	0	0	0	2	0	6	0	0	28	21	0	
26	11	27	9	0	59	0	0	0	0	26	0	0	
27	10	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	17	32	0	0	23	0	0	0	0	0	2	
29	8		1	0	20	0	0	0	0	0	0	0	
30	0		12	0	0	25	0	9	0	0	0	8	
31	0		13		0		0	0		0		1	
Hujan Maximum	119	71	66	69	59	25	41	9	0	28	25	47	119
Jml Curah Hujan	414	305	395	335	280	125	122	9	0	54	94	414	2547
Jml.Hari Hujan	19	15	19	17	14	10	10	1	0	2	8	20	135
Hujan (1-15)	131	126	211	177	68	59	87	0	0	0	18	208	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	283	179	184	158	212	66	35	9	0	54	76	206	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2014

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	
2	30	4	0	0	-	-	-	-	0	0	0	11	
3	6	4	0	0	-	-	-	-	0	0	0	3	
4	32	3	0	0	-	-	-	-	0	0	0	11	
5	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	7	
6	39	2	0	0	-	-	-	-	0	0	0	3	
7	14	0	0	0	-	-	-	-	0	0	15	11	
8	23	14	0	0	-	-	-	-	0	0	0	2	
9	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	11	0	
10	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	4	33	
11	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	9	
12	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	11	0	
13	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	25	0	
15	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	11	5	
16	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	9	6	
17	5	0	0	0	-	-	-	-	0	2	0	0	
18	9	0	0	0	-	-	-	-	0	0	30	7	
19	2	0	0	0	-	-	-	-	0	0	2	4	
20	0	0	0	0	-	-	-	-	0	19	0	20	
21	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	6	0	
22	8	0	0	23	-	-	-	-	0	0	0	2	
23	0	0	0	12	-	-	-	-	0	6	11	4	
24	0	0	0	7	-	-	-	-	0	0	24	15	
25	0	0	0	4	-	-	-	-	0	0	40	0	
26	0	0	0	2	-	-	-	-	0	0	26	7	
27	9	0	0	0	-	-	-	-	0	0	3	0	
28	12	0	0	0	-	-	-	-	0	9	35	0	
29	0		0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	
30	13		0	0	-	-	-	-	0	3	0	0	
31	46		0		-		-	-		0		0	
Hujan Maximum	46	14	0	23	-	-	-	-	0	19	40	33	-
Jml Curah Hujan	248	27	0	48	-	-	-	-	0	39	263	160	-
Jml.Hari Hujan	14	5	0	5	-	-	-	-	0	5	16	18	-
Hujan (1-15)	144	27	0	0	0	0	0	0	0	0	77	95	
Jml. data kosong	0	0	0	0	15	15	15	15	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	104	0	0	48	-	-	-	-	0	39	186	65	
Jml. data kosong	0	0	0	0	16	15	16	16	0	0	0	0	

Tahun 2015

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	0	1	23	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
2	0	0	16	0	11	0	0	0	0	0	0	9	
3	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
4	32	22	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	2	4	
11	19	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	6	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	11	6	19	0	0	0	0	0	0	0	26	17	
14	0	6	22	0	16	0	0	0	0	0	0	8	
15	0	0	21	0	55	0	0	0	0	0	0	100	
16	16	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	4	28	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	
18	0	25	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	38	7	11	0	0	0	0	0	0	0	7	5	
20	17	0	65	0	0	0	0	0	0	0	8	5	
21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	7	35	23	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	18	0	
24	19	0	0	7	26	0	0	0	0	0	0	0	
25	17	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	7	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	
27	1	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	18	
28	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
29	23		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	12		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	14		0		33		0	0		0		0	
Hujan Maximum	38	39	103	23	55	4	0	0	0	0	37	100	103
Jml Curah Hujan	254	185	355	48	170	5	0	0	0	0	109	174	1300
Jml.Hari Hujan	16	14	16	5	9	2	0	0	0	0	7	10	79
Hujan (1-15)	68	100	138	0	91	5	0	0	0	0	65	141	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	186	85	217	48	79	0	0	0	0	0	44	33	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2016

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	0	0	0	65	0	27	0	0	0	0	2	0	
2	25	6	0	22	0	0	81	0	0	14	0	0	
3	0	0	3	40	0	0	0	0	0	81	0	0	
4	0	7	17	5	0	0	0	0	0	0	0	5	
5	25	56	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	25	77	0	0	0	0	0	0	0	12	7	
7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	10	22	
8	18	8	7	0	5	0	0	0	0	0	49	6	
9	16	0	0	0	4	0	49	0	0	13	41	0	
10	45	57	3	0	0	0	48	0	0	55	43	0	
11	0	5	13	0	0	0	0	0	0	4	14	0	
12	0	0	0	50	12	0	0	0	0	0	22	0	
13	33	0	0	16	0	31	0	0	0	0	29	5	
14	6	0	0	6	0	0	85	0	0	0	28	8	
15	0	13	7	0	0	0	2	38	23	0	10	0	
16	0	0	15	0	0	0	0	11	11	0	0	5	
17	0	0	10	0	0	0	0	7	9	0	5	0	
18	0	9	0	0	0	0	4	18	19	0	2	0	
19	9	7	11	0	22	24	0	0	0	0	0	9	
20	20	1	0	11	0	0	3	0	4	16	9	63	
21	14	18	0	0	11	0	2	5	3	0	0	0	
22	0	58	0	0	2	0	8	6	0	0	0	0	
23	0	34	3	0	0	0	0	0	0	13	17	0	
24	0	50	76	0	0	0	0	0	17	30	30	0	
25	0	18	0	0	0	0	0	0	53	6	10	0	
26	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	18	0	14	0	0	16	0	11	32	0	0	
28	0	0	0	0	0	13	0	93	16	0	15	0	
29	15	11	0	0	0	0	0	38	0	0	41	0	
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	
31	0		0		8		0	165		91		2	
Hujan Maximum	45	58	77	65	22	31	85	165	53	91	49	63	165
Jml Curah Hujan	241	404	268	229	64	95	298	381	166	355	393	139	3033
Jml.Hari Hujan	12	19	13	9	7	4	10	9	10	11	20	11	135
Hujan (1-15)	168	180	153	204	21	58	265	38	23	167	260	53	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	73	224	115	25	43	37	33	343	143	188	133	86	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2017

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	58	22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	18	
2	14	2	0	7	0	0	0	0	0	5	0	0	
3	6	18	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
4	0	10	2	0	0	0	0	0	0	11	0	15	
5	0	0	29	34	17	0	0	0	0	0	2	14	
6	63	11	3	0	12	0	0	0	0	0	40	51	
7	9	0	12	39	0	0	0	0	0	5	3	3	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	
9	72	10	5	0	0	0	0	0	0	4	0	24	
10	12	5	0	0	1	0	0	0	0	2	0	17	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	44	
12	0	0	0	0	8	0	0	0	0	4	38	20	
13	23	0	6	0	0	0	0	0	0	0	8	0	
14	3	2	28	52	0	0	0	0	0	0	68	7	
15	0	0	11	0	2	0	0	0	0	0	2	14	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	24	
17	22	8	0	13	10	0	0	0	0	4	21	5	
18	26	0	0	0	12	0	0	0	0	0	5	18	
19	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	
20	0	20	0	27	7	0	5	0	0	10	4	2	
21	51	38	49	19	12	0	0	0	0	0	8	8	
22	0	0	8	35	0	0	0	0	0	0	23	10	
23	0	15	0	0	25	0	0	0	0	0	5	0	
24	0	42	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	
25	8	4	0	2	92	0	0	0	0	0	9	0	
26	5	70	0	59	0	0	0	0	9	8	62	0	
27	12	25	0	0	0	0	0	0	5	0	8	2	
28	5	7	0	8	2	0	0	0	3	15	1	7	
29	0		0	0	0	0	0	0	5	30	13	0	
30	48		0	7	36	0	0	0	0	6	2	0	
31	8		0		63		0	0		0		0	
Hujan Maximum	72	70	49	59	92	0	5	0	9	30	68	51	92
Jml Curah Hujan	445	322	165	307	306	0	6	0	22	105	330	350	2358
Jml.Hari Hujan	18	18	12	13	16	0	2	0	4	13	21	21	138
Hujan (1-15)	260	80	104	132	42	0	0	0	0	32	165	262	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	185	242	61	175	264	0	6	0	22	73	165	88	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2018

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	0	1,5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	5,5	0	9	0	0	0	0	0	0	0	3	
3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	30	
4	3	2	2	8	0	0	0	0	0	0	3	38	
5	9	4,5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	4	5	4	2,2	0	0	0	0	0	0	3	4	
7	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	
8	9	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
9	10	6	3	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	
10	0	0	11	2	0	0	0	0	0	0	16	0	
11	2	2	30	0	0	0	0	0	0	0	8	23	
12	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
15	0	6,2	0	0		0	0	0	0	0	37	51	
16	0	58	0	0	3	0	0	0	0	0	0	16	
17	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
18	2	2	20	13	2	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	1,5	25	0	0	0	0	0	0	0	2	5	
20	1	6	1	3	0	0	0	0	0	0	7	11	
21	0	10,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	1	5	11	7	1	0	0	0	0	2	15	10	
23	2	5	2	1	2	0	0	0	0	0	0	8	
24	0	1	0	2,3	20	0	0	0	0	0	0	0	
25	6	8,5	15	0	0	0	0	0	0	1	0	15	
26	10	4	1	0	2	0	0	0	0	37	21	45	
27	5	7,2	0	0	9	0	0	0	0	0	9	7	
28	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	
29	4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	2		0	0	0	0	0	11	0	0	7	0	
31	2		3		0		0	0		0		0	
Hujan Maximum	10	58	30	13	20	0	0	11	0	37	37	51	58
Jml Curah Hujan	79	159	152	54	39	0	0	11	0	40	151	267	951
Jml.Hari Hujan	20	25	18	11	7	0	0	1	0	3	16	15	116
Hujan (1-15)	42	48	60	27	0	0	0	0	0	0	80	150	
Jml. data kosong	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	37	112	92	26	39	0	0	11	0	40	71	117	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2019

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	15	5	0	2	12	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	39	0	26	7	0	0	0	0	4	14	0	
3	0	14	0	2	56	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	2	0	22	0	0	0	0	0	0	0	15	
6	0	7	0	0	43	25	2	0	0	0	0	15	
7	6	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	
11	0	0	0	13	4	0	0	0	0	0	0	0	
12	23	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	21	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	35	
14	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	17	0	
15	25	4	0	0	14	0	0	0	0	0	0	29	
16	0	18	0	0	19	0	0	0	0	0	0	5	
17	54	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	
18	7	2	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	
19	11	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
20	0	6	0	0	13	0	0	0	0	0	0	6	
21	23	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	
22	2	29	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
23	8	30	23	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
24	11	2	27	0	5	0	0	0	0	0	0	0	
25	15	9	20	0	2	0	0	0	0	0	0	16	
26	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
27	0	15	0	0	3	0	0	0	0	0	0	25	
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0		0	0	7	0	0	0	0	0	15	13	
30	8		0	2	0	0	0	0	0	0	4	2	
31	0		9		0		0	0		0		0	
Hujan Maximum	54	39	27	26	56	25	2	0	0	4	32	35	56
Jml Curah Hujan	243	233	87	67	256	25	2	0	0	4	93	239	1249
Jml.Hari Hujan	16	19	5	6	18	1	1	0	0	1	6	17	90
Hujan (1-15)	99	101	0	65	183	25	2	0	0	4	74	110	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	144	132	87	2	73	0	0	0	0	0	19	129	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tahun 2020

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	39	27	13	14	0	0	0	0	0	0	6	6,7	
2	23	0	5	3	5	0	0	0	0	0	0	6,2	
3	4	3	0	5	0	0	0	0	0	4	0	15	
4	16	31	0	57	8	0	0	0	0	0	17	7,5	
5	0	0	19	0	2	0	0	0	0	0	31	7	
6	3	26	0	58	73	0	0	0	0	0	0	6	
7	49	3	0	15	0	0	20	0	0	0	0	5	
8	5	14	52	8	3	0	0	0	0	0	0	2	
9	24	0	3	7	47	0	0	0	0	0	0	9	
10	2	0	0	3	0	13	0	0	0	0	0	0,7	
11	42	4	0	0	56	0	0	0	0	0	10	1,2	
12	2	0	0	2	0	0	0	24	0	0	5	94	
13	0	26	0	1	0	0	0	0	0	0	4	2	
14	0	0	7	18	0	0	0	0	0	0	0	10,3	
15	6	0	7	0	0	0	0	0	0	0	10	3	
16	4	13	15	14	0	0	5	0	0	0	8	0	
17	43	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
18	11	2	73	0	0	0	0	0	0	0	2	2,5	
19	0	5	0	0	43	0	0		0	0	1	0	
20	0	59	41	3	12	0	0		0	0	15,5	0	
21	30	0	0	9	4	0	0		0	0	3,5	0	
22	2	0	0	0	0	6	5		0	0	0	17	
23	0	11	0	129	0	0	0		0	0	12,5	0	
24	14	0	52	0	0	0	0		0	0	8	32	
25	14	0	0	0	1	0	0		0	0	1	8	
26	6	2	9	0	31	0	0		0	0	0	4,5	
27	0	6	0	2	41	0	0		0	0	7,1	4	
28	12	38	0	0	6	0	0		0	0	1,5	34	
29	0	8	0	1	7	0	0		0	0	4,9	22,5	
30	0		0	4	0	0	0		0	0	4	1,5	
31	13		37		22		0			0		18,7	
Hujan Maximum	49	59	73	129	73	13	20	24	0	4	31	94	129
Jml Curah Hujan	364	284	333	353	361	19	30	24	0	4	152	333	2257
Jml.Hari Hujan	22	18	13	19	16	2	3	1	0	1	19	26	140
Hujan (1-15)	215	134	106	191	194	13	20	24	0	4	83	176	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	149	150	227	162	167	6	10	0	0	0	69	158	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	

Lampiran 2 Data Hasil SWMM 5.2 Lengkap

Topic: Conduit Surcharge — Click a column header to sort the column.

Conduit	Hours Both Ends Full	Hours Upstream Full	Hours Downstream Full	Hours Above Normal Flow	Hours Capacity Limited
Con3	0.01	0.01	0.01	5.93	0.01
Con4	0.01	0.01	0.81	6.02	0.01
Con10	0.01	0.01	10.31	0.01	0.01
Con11	0.01	0.01	0.38	0.01	0.01
Con16	0.99	1.01	1.01	0.05	0.01
Con17	0.01	0.01	1.01	0.01	0.01
Con18	0.01	0.01	1.01	0.01	0.01
Con19	0.01	1.01	0.01	5.25	0.01
Con25	0.01	0.01	0.81	0.01	0.01
Con26	0.01	0.81	0.01	0.09	0.01
Con36	0.01	0.01	10.26	0.01	0.01
Con37	0.01	0.01	0.98	0.01	0.01
Con38	0.01	0.38	0.01	1.02	0.01
Con43	0.01	0.01	1.01	0.01	0.01
Con44	2.00	2.00	2.16	0.01	0.01
Con45	0.01	2.16	0.01	0.01	0.01
Con50	0.01	0.01	1.14	0.01	0.01
Con51	0.01	0.01	0.94	0.01	0.01
Con52	0.01	1.14	0.01	1.13	0.01
Con53	0.01	0.01	3.09	0.01	0.01
Con61	0.01	0.01	7.85	0.01	0.01

Topic: Flow Classification — Click a column header to sort the column. Flow class frequencies are fraction of all time steps.

Conduit	Adjusted/ Actual Length	Fully Dry	Upstrm Dry	Dnstrm Dry	Sub Critical	Super Critical	Upstrm Critical	Dnstrm Critical	Normal Flow Limited	Inlet Control
Con27	1.00	0.09	0.01	0.00	0.11	0.80	0.00	0.00	0.91	0.00
Con28	1.00	0.09	0.00	0.00	0.08	0.83	0.00	0.00	0.01	0.00
Con29	1.00	0.10	0.00	0.00	0.23	0.67	0.00	0.00	0.09	0.00
Con30	1.00	0.09	0.23	0.00	0.22	0.46	0.00	0.00	0.83	0.00
Con31	1.00	0.09	0.00	0.00	0.31	0.60	0.00	0.00	0.30	0.00
Con32	1.00	0.09	0.02	0.00	0.47	0.42	0.00	0.00	0.81	0.00
Con33	1.00	0.09	0.00	0.00	0.35	0.57	0.00	0.00	0.15	0.00
Con35	1.00	0.12	0.00	0.00	0.37	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Con36	1.00	0.12	0.34	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00
Con37	1.00	0.12	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
Con38	1.00	0.09	0.03	0.00	0.06	0.82	0.00	0.00	0.01	0.00
Con39	1.00	0.08	0.00	0.00	0.82	0.10	0.00	0.00	0.83	0.00
Con40	1.00	0.09	0.00	0.00	0.68	0.24	0.00	0.00	0.91	0.00
Con41	1.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00
Con42	1.00	0.09	0.00	0.00	0.58	0.33	0.00	0.00	0.91	0.00
Con43	1.00	0.08	0.00	0.00	0.18	0.73	0.00	0.00	0.83	0.00
Con44	1.00	0.12	0.00	0.00	0.32	0.56	0.00	0.00	0.53	0.00
Con9	1.00	0.12	0.00	0.00	0.39	0.49	0.00	0.00	0.87	0.00
Con45	1.00	0.12	0.00	0.00	0.23	0.65	0.00	0.00	0.01	0.00
Con46	1.00	0.09	0.21	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00
Con47	1.00	0.29	0.00	0.00	0.11	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
Con48	1.00	0.09	0.31	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00
Con49	1.00	0.13	0.27	0.00	0.06	0.54	0.00	0.00	0.44	0.00
Con5	1.00	0.08	0.06	0.00	0.84	0.01	0.00	0.00	0.91	0.00
Con50	1.00	0.08	0.05	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00
Con51	1.00	0.08	0.01	0.00	0.45	0.45	0.00	0.00	0.91	0.00
Con52	1.00	0.08	0.00	0.00	0.09	0.83	0.00	0.00	0.81	0.00
Con53	1.00	0.09	0.00	0.00	0.12	0.79	0.00	0.00	0.37	0.00
Con55	1.00	0.12	0.37	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00
Con6	1.00	0.08	0.00	0.00	0.40	0.52	0.00	0.00	0.42	0.00
Con7	1.00	0.32	0.11	0.00	0.06	0.51	0.00	0.00	0.41	0.00
Con8	1.00	0.11	0.08	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00
Con56	1.00	0.12	0.00	0.00	0.35	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Con57	1.00	0.12	0.37	0.00	0.50	0.02	0.00	0.00	0.87	0.00
Con58	1.00	0.12	0.34	0.00	0.04	0.50	0.00	0.00	0.87	0.00
Con59	1.00	0.12	0.00	0.00	0.37	0.51	0.00	0.00	0.10	0.00
Con61	1.00	0.09	0.00	0.00	0.66	0.25	0.00	0.00	0.79	0.00
Con54	1.00	0.49	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Topic: Flow Classification — Click a column header to sort the column. Flow class frequencies are fraction of all time steps.

Conduit	Adjusted/ Actual Length	Fully Dry	Upstrm Dry	Dnstrm Dry	Sub Critical	Super Critical	Upstrm Critical	Dnstrm Critical	Normal Flow Limited	Inlet Control
Con1	1.00	0.12	0.00	0.00	0.37	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Con2	1.00	0.08	0.24	0.00	0.37	0.30	0.00	0.00	0.87	0.00
Con3	1.00	0.08	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Con4	1.00	0.08	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Con10	1.00	0.12	0.15	0.00	0.72	0.01	0.00	0.00	0.87	0.00
Con11	1.00	0.12	0.29	0.00	0.56	0.03	0.00	0.00	0.85	0.00
Con12	1.00	0.08	0.00	0.00	0.41	0.50	0.00	0.00	0.60	0.00
Con13	1.00	0.08	0.20	0.00	0.65	0.06	0.00	0.00	0.91	0.00
Con14	1.00	0.08	0.00	0.00	0.42	0.50	0.00	0.00	0.85	0.00
Con15	1.00	0.08	0.14	0.00	0.71	0.06	0.00	0.00	0.91	0.00
Con16	1.00	0.08	0.00	0.00	0.84	0.07	0.00	0.00	0.83	0.00
Con17	1.00	0.08	0.00	0.00	0.90	0.02	0.00	0.00	0.91	0.00
Con18	1.00	0.08	0.24	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00
Con19	1.00	0.09	0.00	0.00	0.47	0.45	0.00	0.00	0.05	0.00
Con22	1.00	0.12	0.32	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00
Con23	1.00	0.09	0.04	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00
Con24	1.00	0.09	0.00	0.00	0.22	0.69	0.00	0.00	0.12	0.00
Con25	1.00	0.09	0.00	0.00	0.20	0.72	0.00	0.00	0.91	0.00
Con26	1.00	0.09	0.00	0.00	0.06	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00
Con27	1.00	0.09	0.01	0.00	0.11	0.80	0.00	0.00	0.91	0.00
Con28	1.00	0.09	0.00	0.00	0.08	0.83	0.00	0.00	0.01	0.00
Con29	1.00	0.10	0.00	0.00	0.23	0.67	0.00	0.00	0.09	0.00
Con30	1.00	0.09	0.23	0.00	0.22	0.46	0.00	0.00	0.83	0.00
Con31	1.00	0.09	0.00	0.00	0.31	0.60	0.00	0.00	0.30	0.00
Con32	1.00	0.09	0.02	0.00	0.47	0.42	0.00	0.00	0.81	0.00
Con33	1.00	0.09	0.00	0.00	0.35	0.57	0.00	0.00	0.15	0.00
Con35	1.00	0.12	0.00	0.00	0.37	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Con36	1.00	0.12	0.34	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00
Con37	1.00	0.12	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
Con38	1.00	0.09	0.03	0.00	0.06	0.82	0.00	0.00	0.01	0.00
Con39	1.00	0.08	0.00	0.00	0.82	0.10	0.00	0.00	0.83	0.00
Con40	1.00	0.09	0.00	0.00	0.68	0.24	0.00	0.00	0.91	0.00
Con41	1.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00
Con42	1.00	0.09	0.00	0.00	0.58	0.33	0.00	0.00	0.91	0.00
Con43	1.00	0.08	0.00	0.00	0.18	0.73	0.00	0.00	0.83	0.00
Con44	1.00	0.12	0.00	0.00	0.32	0.56	0.00	0.00	0.53	0.00
Con9	1.00	0.12	0.00	0.00	0.39	0.49	0.00	0.00	0.87	0.00
Con45	1.00	0.12	0.00	0.00	0.23	0.65	0.00	0.00	0.01	0.00

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

Outfall Node	Flow Frequency %	Avgerage Flow CMS	Maximum Flow CMS	Total Volume 10^6 ltr
Out1	95.75	0.084	0.255	1.960
Out3	82.60	0.009	0.027	0.167

Topic: Storage Volume — Click a column header to sort the column.

Storage Unit	Average Volume 1000 m³	Average Percent Full	Evaporation Loss %	Exfiltration Loss %	Maximum Volume 1000 m³	Maximum Percent Full	Day of Maximum Volume	Hour of Maximum Volume	Maximum Outflow CMS
Storag1	0.259	13.0	0.0	0.0	0.495	24.7	0	12:00	0.000

Topic: Node Flooding — Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
J3	1.03	0.014	0	03:59	0.046	0.000
J4	1.08	0.031	0	03:59	0.103	0.000
J17	1.01	0.027	0	03:11	0.092	0.000
J26	1.99	0.045	0	04:00	0.160	0.000
J27	2.16	0.003	0	04:00	0.024	0.000
J34	1.04	0.027	0	03:12	0.081	0.000
J35	0.94	0.008	0	03:55	0.026	0.000
J39	1.21	0.017	0	04:00	0.064	0.000
J43	0.98	0.028	0	03:10	0.086	0.000
J50	1.01	0.015	0	04:08	0.009	0.000

Topic: Node Surcharge — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
J3	JUNCTION	1.03	0.000	0.000
J4	JUNCTION	1.08	0.000	0.000
J17	JUNCTION	1.01	0.000	0.000
J26	JUNCTION	2.00	0.000	0.000
J27	JUNCTION	2.16	0.000	0.000
J34	JUNCTION	1.04	0.000	0.000
J35	JUNCTION	0.94	0.000	0.000
J39	JUNCTION	1.21	0.000	0.000
J43	JUNCTION	0.98	0.000	0.000
J50	JUNCTION	1.01	0.000	0.000

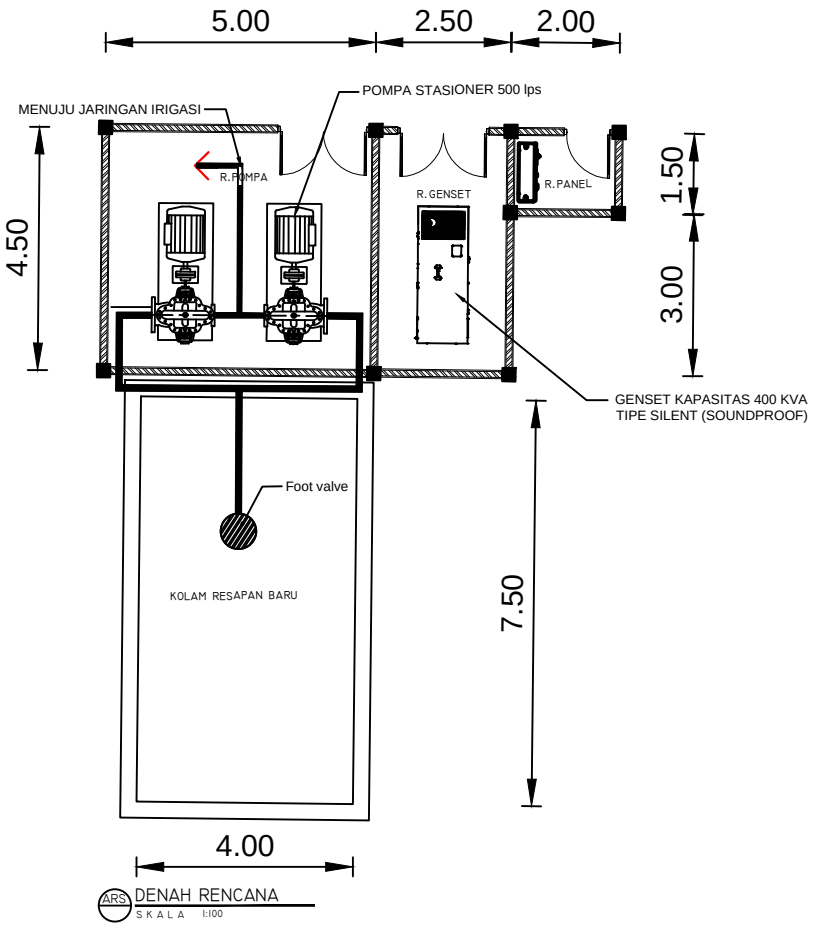
Topic: Node Inflow — Click a column header to sort the column.

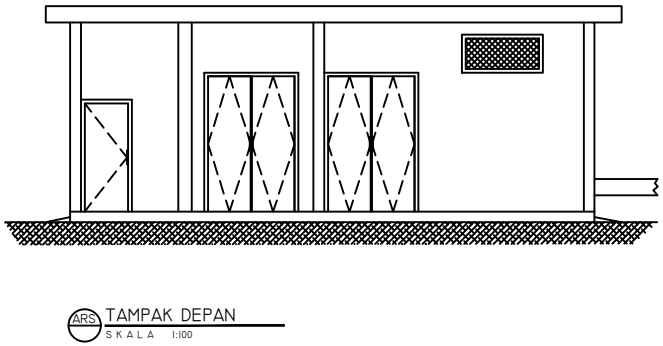
Node	Type	Maximum Lateral Inflow CMS	Maximum Total Inflow CMS	Day of Maximum Inflow	Hour of Maximum Inflow	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr	Flow Balance Error %
J18	JUNCTION	0.005	0.019	0	03:05	0.0302	0.141	0.001
J19	JUNCTION	0.005	0.005	0	03:15	0.0302	0.0302	-0.017
J20	JUNCTION	0.006	0.055	0	04:00	0.0393	0.494	-0.576
J21	JUNCTION	0.011	0.024	0	04:00	0.0688	0.15	-0.000
J22	JUNCTION	0.016	0.016	0	04:00	0.0983	0.0983	-0.003
J23	JUNCTION	0.000	0.021	0	04:00	0	0.128	0.003
J24	JUNCTION	0.000	0.021	0	04:00	0	0.128	-0.001
J25	JUNCTION	0.000	0.059	0	03:59	0	0.466	0.004
J26	JUNCTION	0.060	0.060	0	04:00	0.37	0.37	-0.000
J27	JUNCTION	0.000	0.015	0	03:06	0	0.21	0.000
J28	JUNCTION	0.000	0.012	0	03:01	0	0.187	0.000
J29	JUNCTION	0.000	0.069	0	03:59	0	0.569	0.003
J30	JUNCTION	0.000	0.002	0	03:59	0	0.0294	0.004
J31	JUNCTION	0.000	0.071	0	04:00	0	0.676	0.005
J32	JUNCTION	0.000	0.000	0	03:59	0	0.00358	0.055
J33	JUNCTION	0.000	0.071	0	03:11	0	0.665	0.000
J34	JUNCTION	0.000	0.086	0	03:12	0	0.764	0.001
J35	JUNCTION	0.000	0.052	0	03:55	0	0.559	-0.001
J36	JUNCTION	0.000	0.087	0	03:50	0	0.854	0.003
J37	JUNCTION	0.000	0.061	0	03:50	0	0.465	0.001
J38	JUNCTION	0.000	0.061	0	03:51	0	0.465	-0.001
J39	JUNCTION	0.000	0.044	0	03:09	0	0.533	0.000
J40	JUNCTION	0.000	0.255	0	04:00	0	1.96	0.001
J41	JUNCTION	0.000	0.017	0	04:00	0	0.108	0.008
J42	JUNCTION	0.000	0.017	0	04:00	0	0.108	-0.001
J43	JUNCTION	0.000	0.035	0	04:00	0	0.218	1.443
J44	JUNCTION	0.000	0.040	0	03:05	0	0.266	-0.178
J45	JUNCTION	0.000	0.039	0	03:05	0	0.305	-0.001
J47	JUNCTION	0.000	0.031	0	03:05	0	0.235	0.006
J48	JUNCTION	0.000	0.037	0	03:06	0	0.275	0.003
J49	JUNCTION	0.000	0.048	0	03:10	0	0.345	0.005
J50	JUNCTION	0.000	0.053	0	03:04	0	0.464	0.098
J51	JUNCTION	0.000	0.027	0	04:00	0	0.167	0.003
J52	JUNCTION	0.000	0.024	0	04:00	0	0.15	0.001
J53	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
Out1	OUTFALL	0.000	0.255	0	04:00	0	1.96	0.000
Out3	OUTFALL	0.000	0.027	0	04:00	0	0.167	0.000
Storag1	STORAGE	0.000	0.055	0	04:00	0	0.497	0.520

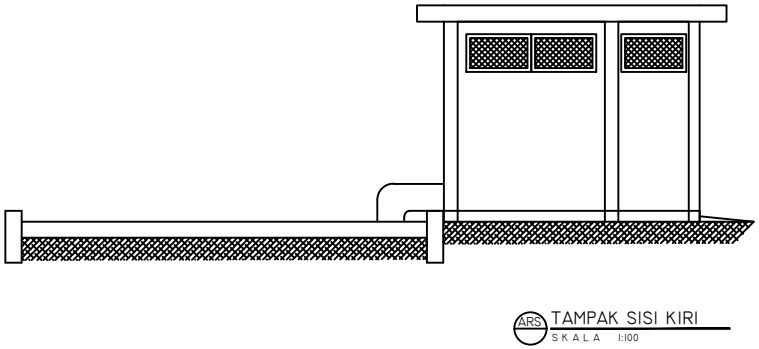
Topic: Subcatchment Runoff — Click a column header to sort the column.

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Imperv Runoff mm	Perv Runoff mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10^6 ltr	Peak Runoff CMS	Runoff Coeff
DTA1	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.29	98.29	0.13	0.02	0.941
DTA2	104.44	0.00	0.00	4.31	0.00	100.28	100.28	0.18	0.03	0.960
DTA3	104.44	0.00	0.00	4.23	32.14	67.56	99.70	0.15	0.02	0.955
DTA4	104.44	0.00	0.00	2.74	33.18	68.43	101.61	0.17	0.03	0.973
DTA5	104.44	0.00	0.00	4.47	27.97	71.65	99.62	0.10	0.02	0.954
DTA6	104.44	0.00	0.00	4.10	34.22	65.76	99.98	0.17	0.03	0.957
DTA7	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.20	98.20	0.17	0.03	0.940
DTA8	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.30	98.30	0.05	0.01	0.941
DTA9	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.26	98.26	0.07	0.01	0.941
DTA10	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.29	98.29	0.11	0.02	0.941
DTA11	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.28	98.28	0.11	0.02	0.941
DTA12	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.26	98.26	0.14	0.02	0.941
DTA13	104.44	0.00	0.00	3.25	48.81	52.10	100.91	0.04	0.01	0.966
DTA14	104.44	0.00	0.00	3.18	49.85	51.12	100.97	0.04	0.01	0.967
DTA15	104.44	0.00	0.00	3.25	48.81	52.10	100.91	0.04	0.01	0.966
DTA16	104.44	0.00	0.00	3.67	41.50	58.97	100.47	0.07	0.01	0.962
DTA17	104.44	0.00	0.00	4.35	30.05	69.79	99.84	0.04	0.01	0.956
DTA18	104.44	0.00	0.00	3.43	45.67	55.05	100.73	0.03	0.00	0.964
DTA19	104.44	0.00	0.00	3.37	46.72	54.07	100.78	0.03	0.00	0.965
DTA20	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.26	98.26	0.04	0.01	0.941
DTA22	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.28	98.28	0.10	0.02	0.941
DTA21	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	98.31	98.31	0.07	0.01	0.941
DTA23	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	97.65	97.65	0.91	0.15	0.935
DTA24	104.44	0.00	0.00	6.12	0.00	97.39	97.39	0.37	0.06	0.933

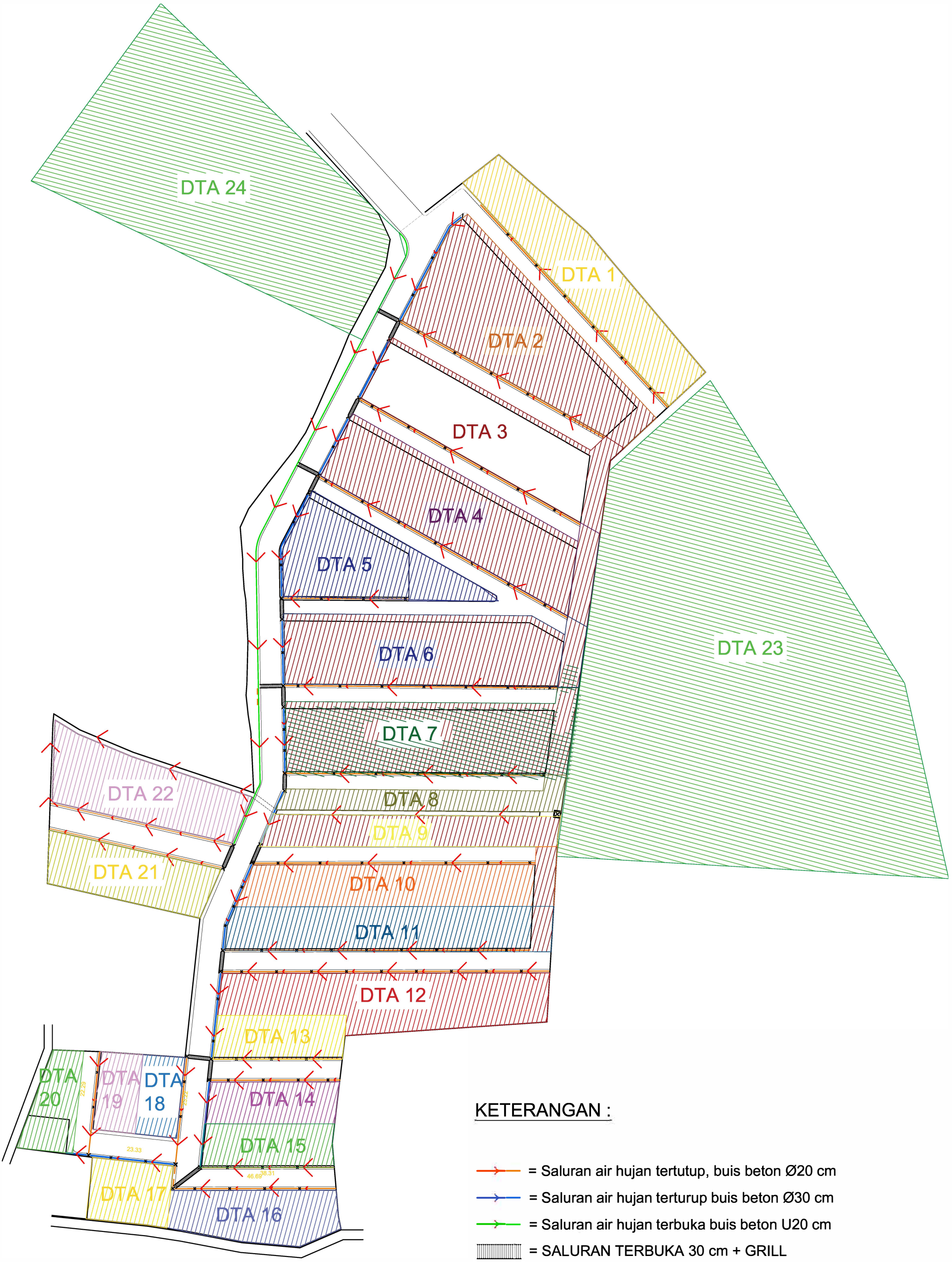
Lampiran 3 : *Denah dan Tampak Rumah Pompa*







Lampiran 4 : *Siteplan Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Existing*



KETERANGAN :

= Saluran air hujan tertutup, buis beton Ø20 cm

= Saluran air hujan terturup buis beton Ø30 cm

= Saluran air hujan terbuka buis beton U20 cm

= SALURAN TERBUKA 30 cm + GRILL

Lampiran 5 : *Redesain Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Alternatif 1*

KETERANGAN :

= Saluran air hujan tertutup, buis beton Ø20 cm

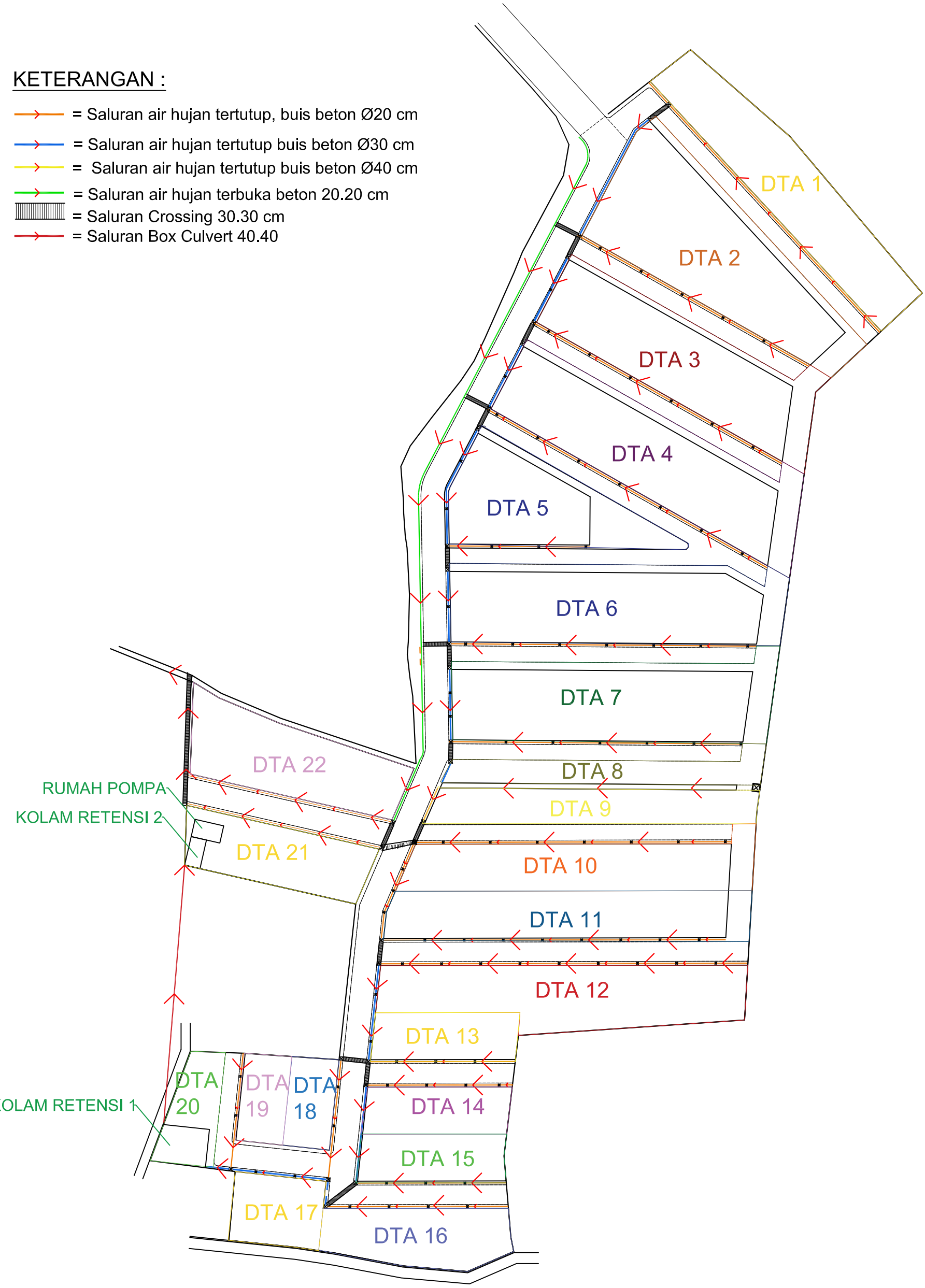
= Saluran air hujan tertutup buis beton Ø30 cm

= Saluran air hujan tertutup buis beton Ø40 cm

= Saluran air hujan terbuka beton 20.20 cm

= Saluran Crossing 30.30 cm

= Saluran Box Culvert 40.40



Lampiran 6 : *Redesain Saluran Drainase Perumahan Wahid FTI Alternatif 2*

KETERANGAN :

= Saluran air hujan tertutup, buis beton Ø20 cm

= Saluran air hujan tertutup buis beton Ø30 cm

= Saluran air hujan tertutup buis beton Ø40 cm

= Saluran air hujan terbuka beton 20.20 cm

= Saluran Crossing 30.30 cm

= Saluran Box Culvert 40.40

