



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
KAWASAN APARTEMEN
GRAND SAGARA SURABAYA**

LANANG ZARKASI
NRP 0311134000099

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Techn Umboro Lasminto, ST, Msc
Dr. Ir. Edijatno

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
KAWASAN APARTEMEN
GRAND SAGARA SURABAYA**

LANANG ZARKASI
NRP 0311134000099

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST, Msc
Dr. Ir. Edijatno

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019



FINAL PROJECT – RC14-1501

**DRAINAGE SYTEM PLANNING OF
GRAND SAGARA APARTMENT
RESIDENCE, SURABAYA**

LANANG ZARKASI
NRP 0311134000099

Supervisor
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST, Msc
Dr. Ir. Edijatno

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING PLANNING
AND GEOENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN
APARTEMEN
SURABAYA GRAND SAGARA
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:**

**LANANG ZARKASI
NRP. 0311134000099**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

1. Dr. Techn. Umboro Lasmono, S.T., M.Sc.
2. Dr. Ir. Edijatno



**SURABAYA
JANUARI 2020**

(halaman ini sengaja di kosongkan)

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
KAWASAN APARTEMEN GRAND SAGARA, SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Lanang Zarkasi
NRP : 0311134000099
Jurusan : Teknik Sipil FTSPK ITS
Dosen Konsultasi : Dr.Techn. Umboro Lasminto,
ST. M.Sc
Dr. Ir. Edijatno

Abstrak

Pembangunan Kawasan apartemen Surabaya Grand Sagara dan fasilitas penunjangnya di jalan Tambak Wedi terbagi menjadi kawasan barat dan timur, pada setiap kawasannya dibutuhkan sistem drainase yang memadai guna menanggulangi debit limpasan yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan sistem drainase yang diawali dengan melakukan analisis hidrologi dengan menggunakan distribusi Pearson tipe III dan stasiun hujan larangan sebagai stasiun hujan yang berpengaruh. Periode ulang direncanakan lima tahunan, dan untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan metode rasional. Analisa hidrolika dilakukan untuk memperoleh kapasitas dan dimensi saluran rencana. Air hujan yang jatuh pada atap dan podium masuk

menuju roof drain dan mengalir ke bawah menuju saluran dalam kawasan, sebelum dibuang menuju laut air limpasan dari kawasan apartemen ditampung terlebih dahulu pada *long storage*. Perencanaan diakhiri dengan analisa *backwater* pada akhir saluran kawasan apartemen menuju laut, bila ada *backwater* maka perlu direncanakan pintu air dan pompa air.

Hasil perhitungan diperoleh, debit limpasan meningkat dari $0,224 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $0,486 \text{ m}^3/\text{s}$ pada kawasan barat, dan $0,106 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $0,268 \text{ m}^3/\text{s}$ pada kawasan timur. Saluran dalam kawasan memiliki berbagai macam dimensi, dengan dimensi saluran terkecil $0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$, dan terbesar $0,70 \text{ m} \times 0,70 \text{ m}$. Saluran dalam kawasan kemudian dialirkan menuju ke *Long Storage*, total volume tampungan *Long Storage* sebesar 2795 m^3 pada kawasan barat, dan $1603,62 \text{ m}^3$ pada kawasan timur. Direncanakan masing-masing 2 Pompa air di setiap kawasan, dengan debit 100 l/dtk pada kawasan barat, dan 62 l/dtk pada kawasan timur, dan dengan waktu pengurasan selama 4 jam

Kata Kunci : Apartemen, Drainase, Long Storage, Saluran.

**DRAINAGE SYSTEM PLANNING OF GRAND SAGARA
APARTMENT RESIDENCE, SURABAYA**

Name : Lanang Zarkasi
Identity Number : 0311134000099
Major Department : Teknik Sipil FTSPK ITS
Supervisor : Dr. Techn. Umboro Lasminto,
ST, M. Sc
Dr. Ir. Edijatno

Abstract

The construction of Surabaya Grand Sagara apartment resident and it's supporting facility which located at Tambak Wedi street is divided into west and east section, on each section a proper drainage system is necessary for accomodating surface water runoff that was caused by change of land use.

On this final assignment the planning of drainage system start with hydrology analysis using Pearson type III distribution and Larangan rain station as the only affecting rain station. with the repition period is planned 5 yearly, and to calculate flood discharge rational method was used. Hydraulics analysis commenced to find capacity and dimension of channel. Rainfalls that fall into roof and podium then went into roofdrain streaming down into inside channel, before stream into sea surface water

runoff is contained into long storage. The planning end with backwater analysis on downstream channel streaming into sea, if there was backwater then water gate and pump is necessary.

Result indicate that discharge runoff increase from 0,224 m³/s to 0,486 m³/s on the west section, and 0,106 m³/s to 0,268 m³/s on the east section. The channel consist of many dimensions, with the smallest being 0,30 m x0,30 m and largest 0,70 m x 0,70 m. Water from channel will be directed into long storage, total volume of long storage is 2795 m³ on west section and 1603,62 m³ on east section, each section planned to have 2 pump with 100 l/s discharge on the west section and 62 l/s on east section, with 4 hours of draining time

Keywords:; Apartment, Chanel, Drainage, Long Storage.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan berkah nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Apartemen Grand Sagara, Surabaya” tepat pada waktunya.

Dalam proses pengerjaannya, penulis menemui banyak kendala-kendala yang tidak dapat penyusun selesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak karena itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua penulis, Alm. Sismanto dan Hernik Wiji Rahayu serta kakak dan adik penulis, Lanang Mahdi dan Lanang Ramadhan yang tiada hentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Techn Umboro Lasminto, ST., M. Sc., selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar selalu memberikan arahan dan bimbingannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Edijatno, selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar selalu memberikan arahan dan bimbingannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Rekan-rekan kerja CV Aksata Karya, Dodyk Bagus Hendratmo S.st, Hariadi Iwan S.st, Karonia Agustin S.st, dan Ardian Risca yang selalu menyemangati, *mensupport* dan berdiskusi bersama saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa, yang senantiasa memberi dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis berusaha menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya dan menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Karena itu segala bentuk saran, koreksi dan kritik dari pembaca sangat penulis harapkan.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
Abstrak	iii
Abstract	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3. TUJUAN.....	3
1.4. BATASAN MASALAH.....	3
1.5. LOKASI PEKERJAAN.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis Hidrologi.....	5
2.1.1 Penentuan Hujan Wilayah.....	5
2.1.2 Analisis Hujan Rencana.....	6
2.1.3 Analisis Debit Banjir.....	19
2.1.4 Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan.....	21
2.1.6 Perhitungan Debit Limba Domestik.....	24
2.2 Analisis Hidrolika.....	25
2.2.1 Debit Hidrolika.....	25
2.2.2 Perencanaan Saluran Drainase.....	26
2.2.3 Perencanaan Kolam Tampung.....	27
2.2.4 Analisis Backwater.....	28
2.2.5 Perencanaan Pompa.....	28

BAB 3 METODOLOGI	29
3.1 Umum.....	29
3.2 Tahap Persiapan	29
3.2.1 Studi Literatur	29
3.2.2 Survey Lapangan.....	29
3.3 Pengumpulan data	29
3.3.1 Data Hidrologi.....	30
3.3.2 Data Peta	30
3.4 Tahap Analisis Perencanaan.....	30
3.4.1 Analisis Hidrologi	30
3.4.2 Analisis Hidrolika	31
3.4.3 Perencanaan Kolam Tampungan.....	31
3.5 Analisis Backwater.....	31
3.6 Kesimpulan.....	31
3.7 Flowchart.....	32
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Analisis Data Curah Hujan.....	35
4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah	35
4.1.2 Analisis Distribusi Curah Hujan Maksimum Harian Rencana	36
4.1.3. Uji Kecocokan Distribusi	43
4.1.4. Kesimpulan Analisis Frekuensi.....	49
4.1.5. Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang	49
4.2. Sistem Jaringan Drainase Apartemen.....	50
4.2.1 Perhitungan Waktu Konsentrasi.....	51

4.2.2	Perhitungan Intesitas Hujan.....	90
4.2.3.	Perhitungan Koefisien Pengaliran (C).....	91
4.2.4.	Perhitungan Debit Limbah Domestik.....	98
4.2.5	Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	101
d4.2.6.	Perhitungan Dimensi Saluran.....	102
4.2.7.	Perhitungan Kolam Tampungan.....	107
4.2.8.	Perencanaan Pompa Air.....	109
4.3.	Analisis Backwater.....	110
4.4.	Analisis Pintu Air.....	112
4.4.1	Analisis Pintu Air Kawasan Barat.....	112
4.4.1	Analisis Pintu Air Kawasan Timur.....	118
BAB 5	KESIMPULAN.....	125
5.1	Kesimpulan.....	125
5.2	Saran.....	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	128

(halaman ini sengaja di kosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pekerjaan Kawasan Surabaya Grand Sagara	4
Gambar 2. 1 Contoh Polygon Thiessen (Sumber : Suripin, 2004)	6
Gambar 2. 2 Penampang Bentuk Persegi	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan	34
Gambar 4. 1 Hasil Polygon Thiessen (Sumber : Surabaya Drainage Master Plan 2011)	35
Gambar 4. 2 Lokasi Pekerjaan Kawasan Apartemen Grand Sagara	51
Gambar 4. 3 Layout Tower Kawasan Apartemen Grand Sagara	52
Gambar 4. 4 Denah Roofdrain pada atap tower 1,2,9,10,11	53
Gambar 4. 5 Denah Roofdrain pada atap tower 3,4	56
Gambar 4. 6 Denah Roofdrain pada tower 5	59
Gambar 4. 7 Denah Roofdrain pada tower 6,7	62
Gambar 4. 8 Denah Roofdrain pada tower 8	65
Gambar 4. 9 Denah Roofdrain pada Podium tower 8	68
Gambar 4. 10 Denah Roofdrain pada Podium tower 9,10,11	71
Gambar 4. 11 Denah Roofdrain pada Podium tower 12,13	74
Gambar 4. 12 Denah Roofdrain pada podium tower 1,2	77
Gambar 4. 13 Denah Roofdrain pada podium tower 3,4	80
Gambar 4. 14 Denah Roofdrain pada podium tower 5	83
Gambar 4. 15 Denah Roofdrain pada podium tower 6,7	86
Gambar 4. 16 Lokasi STP pada apartemen kawasan barat	98
Gambar 4. 17 Lokasi STP pada apartemen kawasan Timur	99
Gambar 4. 18 Analisis Backwater pada hilir saluran	111
Gambar 4. 19 Tamba Depan Pintu Air Rencana	112

(halaman ini sengaja di kosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Frekuensi untuk Sebaran Normal.....	8
Tabel 2. 2 Nilai <i>K</i> Distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III.....	12
Tabel 2. 3 Nilai Reduced Variate Untuk Metode Gumbel.....	13
Tabel 2. 4 Nilai <i>n</i> Untuk Metode Gumbel.....	14
Tabel 2. 5 <i>S_n</i> Untuk Metode Gumbel.....	14
Tabel 2. 6 Nilai Kritis <i>D₀</i> untuk Uji Smirnov-Kolmogorov.....	16
Tabel 2. 7 Nilai Kritis Untuk Uji Chi-Kuadrat.....	18
Tabel 2. 8 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional (dari Mc. Guen, 1989).....	22
Tabel 2. 9 Koefisien Aliran untuk Metode Rasional (dari Hassing, 1995).....	23
Tabel 2. 10 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (<i>n</i>)....	26
Tabel 4. 1 Data Hujan Stasiun Larangan.....	36
Tabel 4. 2 Penentuan Return Period.....	37
Tabel 4. 3 Data Hujan Dari Terbesar ke Terkecil.....	38
Tabel 4. 4 Perhitungan statistic untuk distribusi Normal Distribusi Gumbel dan Distribusi Pearson III.....	40
Tabel 4. 5 Perhitungan Distribusi Log Pearson III dan log Normal.....	42
Tabel 4. 6 Rekapitulasi <i>C_s</i> dan <i>C_k</i> perhitungan Distribusi.....	42
Tabel 4. 7 Uji Chi – Kuadrat Distribusi Pearson Tipe III.....	46
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov Distribusi Pearson tipe III.....	48
Tabel 4. 9 Curah Hujan Periode Ulang Distribusi.....	50
Tabel 4. 10 Perhitungan Tower 1,2,9,10,11 Kawasan Apartemen Grand Sagara.....	55

Tabel 4. 11 Perhitungan tc Tower 3,4 Kawasan Apartemen Grand Sagara.....	58
Tabel 4. 12 Perhitungan tc Tower 5,12,13 Kawasan Apartemen Grand Sagara.....	61
Tabel 4. 13 Perhitungan tc Tower 6,7 Kawasan Apartemen Grand Sagara.....	64
Tabel 4. 14 Perhitungan tc Tower 8 Kawasan Apartemen Grand Sagara.....	67
Tabel 4. 15 Perhitungan tc Podium Tower 8 Kawasan Apartemen Grand Sagara	70
Tabel 4. 16 Perhitungan tc Podium Tower 9,10,11 Kawasan Apartemen Grand Sagara	73
Tabel 4. 17 Perhitungan tc Podium Tower 12,13 Kawasan Apartemen Grand Sagara	76
Tabel 4. 18 Perhitungan tc Podium Tower 1,2 Kawasan Apartemen Grand Sagara	79
Tabel 4. 19 Perhitungan tc Podium Tower 3,4 Kawasan Apartemen Grand Sagara	82
Tabel 4. 20 Perhitungan tc Podium Tower 5, Kawasan Apartemen Grand Sagara	85
Tabel 4. 21 Perhitungan tc podium Tower 6 ,7 Kawasan Apartemen Grand Sagara	88
Tabel 4. 22 Perhitungan tc Gabungan Saluran Kawasan Barat .	92
Tabel 4. 23 Perhitungan tc Gabungan Saluran Kawasan Timur	94
Tabel 4. 24 Perhitungan tc Gabungan Saluran Long Storage Kawasan Barat	96
Tabel 4. 25 Perhitungan tc Gabungan Saluran Long Storage Kawasan Timur.....	97
Tabel 4. 26 Perhitungan kebutuhan air bersih dan limbah yang dihasilkan kawasan barat.....	99

Tabel 4. 27 Perhitungan kebutuhan air bersih dan limbah yang dihasilkan kawasan Timur.....	100
Tabel 4. 28 Perhitungan Q hidrologi dan dimensi Saluran kawasan barat.....	104
Tabel 4. 29 Perhitungan Q hidrologi dan dimensi Saluran kawasan timur	105
Tabel 4. 30 Perhitungan Q hidrologi dan dimensi Saluran <i>Long storage</i> kawasan barat.....	105
Tabel 4. 31 Perhitungan Q hidrologi dan dimensi Saluran Long Storage kawasan timur	106
Tabel 4. 32 Perhitungan Volume Tampungan Kawasan Barat Berdasarkan Perubahan Koefisien Tata Guna Lahan.....	107
Tabel 4. 33 Perhitungan Volume Tampungan Kawasan Timur Berdasarkan Perubahan Koefisien Tata Guna Lahan.....	108
Tabel 4. 34 Elevasi Muka Air Laut Selat Madura	111

(halaman ini sengaja di kosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Saat ini drainase menjadi topik yang sering kita lihat pada media berita cetak atau elektronik. Tentunya ini selaras dengan digalakkannya pembangunan, di mana bertujuan memajukan ekonomi masyarakat sekitar atau di sini lebih tepatnya warga Kota Surabaya.

Mengenai Kota Surabaya dan pembangunannya akan selalu dikaitkan dengan permasalahan banjir. Ini dikarenakan pembangunan (proyek) ada yang dikerjakan di atas lahan kosong dan berfungsi sebagai daerah konservasi air yang mampu meresapkan air hujan ke dalam tanah dan disimpan sebagai cadangan air tanah. Tetapi dengan adanya pembangunan di atas lahan tersebut, air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah, dikarenakan permukaan lahan tersebut menjadi kedap air. Maka di sini diperlukan sistem drainase untuk mengalirkan air hujan yang jatuh pada lahan / debit limpasan yang sebelumnya meresap ke dalam tanah.

Pembangunan apartemen Surabaya Grand Sagara dan fasilitas penunjangnya di jalan Tambak Wedi kav ruko no. 27-28, kelurahan Tambak Wedi, kecamatan Kenjeran, Surabaya dengan luas lahan sebesar 59226,30 m² merupakan

usaha untuk lebih menggiatkan kehidupan ekonomi di kawasan tersebut dan kawasan sekitarnya. Mengingat lahan awal pada lokasi pekerjaan merupakan lahan kosong (daerah resapan air), maka dari itu diperlukan kajian drainase pada kawasan Surabaya Grand Sagara dan fasilitas penunjangnya.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan penjabaran latar belakang, diperoleh rumusan masalah yang perlu dikaji pada kawasan Grand Sagara Surabaya, di antaranya:

1. Berapakah besarnya perubahan debit limpasan dan volume yang terjadi pada kawasan Surabaya Grand Sagara dengan kondisi saat ini dan perencanaan tata guna lahan pada tahun mendatang ?
2. Bagaimana sistem drainase pada kawasan apartemen Grand Sagara Surabaya ?
3. Berapa dimensi saluran rencana drainase kawasan apartemen Grand Sagara Surabaya ?
4. Berapa volume rencana *Long Storage* guna mengatasi perubahan debit limpasan ?
5. Berapa debit pompa dan lama pengeluaran yang di butuhkan untuk membuang air yang tertampung ?

1.3. TUJUAN

Beberapa tujuan dari kajian sistem drainase kawasan Surabaya Grand Sagara adalah sebagai berikut:

1. Menghitung besar perubahan debit limpasan pada kawasan Surabaya Grand Sagara.
2. Merencanakan sistem drainase kawasan apartemen Grand Sagara Surabaya
3. Menghitung dimensi saluran rencana kawasan apartemen Grand Sagara Surabaya
4. Menghitung besar volume rencana *long storage*
5. Menghitung debit pompa dan lama pengeluaran yang di butuhkan untuk membuang air yang tertampung

1.4. BATASAN MASALAH

1. Tidak memperhitungkan anggaran biaya
2. Tidak membahas teknik pelaksanaan di lapangan
3. Tidak memperhitungkan struktur dan fasilitasnya
4. Tidak memperhitungkan sedimen

1.5. LOKASI PEKERJAAN

Lokasi pekerjaan berada pada jl. Tambak Wedi kelurahan Tambak Wedi, kecamatan Kenjeran, kota Surabaya. Lokasi pekerjaan tersebut dapat dilihat pada **gambar 1.1**, lokasi Pekerjaan di kawasan Surabaya Grand Sagara ini didapatkan berdasarkan peta satelit.

Kawasan Surabaya Grand Sagara memiliki batas-batas di antaranya sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Selat Madura
- Sebelah Timur : Saluran Jeblokkan
- Sebelah Selatan : Sekolah Dasar Negeri Tambak Wedi no. 508
- Sebelah Barat : Jalan Tambak Wedi Baru

Gambar 1.1 Lokasi Pekerjaan Kawasan Surabaya Grand Sagara



(Sumber : Google Earth)

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan analisis awal dalam perencanaan sistem drainase untuk mengetahui besarnya debit yang ada pada saluran. Sehingga dapat merencanakan dimensi saluran yang mampu mengalirkan debit. Besar debit yang dipakai sebagai dasar perencanaan adalah debit rencana yang didapat dari debit hujan rencana pada periode ulang tertentu.

2.1.1 Penentuan Hujan Wilayah

Apabila dalam suatu daerah didapatkan lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar. Dalam perhitungan hidrologi daerah sekitar diperlukan perhitungan hujan rata-rata dengan salah satu dari metode *polygon thiessen*

Metode Polygon Thiessen

Perhitungan hujan rata-rata metode *polygon thiessen* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1) Menghubungkan masing-masing stasiun hujan dengan garis *polygon*.
- 2) Membuat garis sumbu antara 2 stasiun hujan hingga bertemu dengan garis sumbu lainnya pada satu titik dalam *polygon*.
- 3) Luas area yang mewakili masing-masing stasiun hujan dibatasi oleh garis sumbu pada *polygon*.
- 4) Luas sub-area masing-masing stasiun hujan dipakai sebagai faktor dalam menghitung hujan rata-rata.
- 5) Sehingga perhitungan hujan rata-rata pada suatu daerah aliran sungai dapat dirumuskan :

$$P = \frac{(A_1 \cdot P_1) + (A_2 \cdot P_2) + (A_3 \cdot P_3) + \dots + (A_n \cdot P_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.1)$$

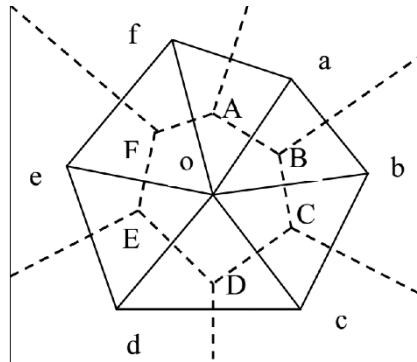
Dimana :

P : hujan rata-rata (mm)

P_1, P_2, P_3, P_n : jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm).

A_1, A_2, A_3, A_n : luas sub-area yang mewakili masing-masing stasiun hujan (km^2).

(Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010)



Gambar 2.1 Contoh Polygon Thiessen
(Sumber : Suripin, 2004)

2.1.2 Analisis Hujan Rencana

2.1.2.1 Analisis Distribusi Frekuensi

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan lima jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu :

a. Distribusi Normal

Distribusi Normal sering juga disebut dengan Distribusi *Gauss* memiliki langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- 1) Menyusun data curah hujan dari yang terbesar ke yang terkecil.

- 2) Melakukan perhitungan harga rata-rata curah hujan dengan rumus berikut:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \text{ atau } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.2)$$

- 3) Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan dengan curah hujan rata-rata :

$$(x - \bar{X})^2 \quad (2.3)$$

- 4) Menghitung standar deviasi data hujan :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2.4)$$

- 5) Menghitung harga koefisien Variasi data hujan :

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2.5)$$

- 6) Menghitung harga koefisien kemencengan (*skewness*) data hujan :

$$CS = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (2.6)$$

- 7) Menghitung harga koefisien *kortusis* (keruncingan) data hujan :

$$\frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (2.7)$$

Untuk aplikasi perhitungan hujan rencana distribusi normal menggunakan rumus :

$$X_t = \bar{X} + K T_x S \quad (2.8)$$

Di mana :

$$K_t = \frac{X_t - \bar{X}}{S} \quad (2.9)$$

Adapun faktor frekuensi k untuk distribusi normal atau distribusi *Gauss* dapat ditetapkan berdasarkan fungsi periode ulang dan peluang seperti pada **Tabel 2.1**

Tabel 2. 1 Faktor Frekuensi untuk Sebaran Normal

Periode Ulang (Tr)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
0,050	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	0,020	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

(Sumber : Suripin, 2004)

b. Distribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \text{Log } X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal (Suripin, 2004). Untuk distribusi Log Normal perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini :

$$S Y_t = \bar{Y} + K_t x S \quad (2.10)$$

Di mana :

$$K_t = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.11)$$

Keterangan :

YT : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T - tahunan,

Y : Nilai rata-rata hitung *variant*,

S : Deviasi standar nilai *variant*,

KT : Faktor frekuensi

Nilai faktor frekuensi KT untuk distribusi log normal sama dengan distribusi normal, seperti ditunjukkan dalam **Tabel 2.1**, yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi *Gauss* (*Variable reduced Gauss*).

(Sumber: Suripin, 2004)

c. Distribusi Pearson Tipe III

Distribusi Pearson Tipe III sering juga disebut dengan distribusi *Gamma*.

Fungsi kerapatan peluang distribusi dari distribusi Pearson Tipe III adalah :

$$p(x) = \frac{1}{a(b)} \left[\frac{x-c}{a} \right]^{b-1} \cdot e - \left(\frac{x-c}{a} \right) \quad (2.13)$$

Di mana :

$P(X)$: fungsi kerapatan peluang distribusi Pearson Tipe III

X : variabel acak kontinyu

a : parameter skala

b : parameter bentuk

c : parameter letal

D : (baca fungsi *Gamma*)

Untuk $U = 1$, maka

Bila dilakukan transformasi : $\frac{x-c}{a} = W$ dan $\frac{dx}{a} = dW$ maka :

$$P(X) = \frac{1^a}{a(b)} (W)^{b-1} e^{-w} a \cdot dw \quad (2.14)$$

Ke 3 parameter fungsi kerapatan (a,b dan c) dapat ditentukan dengan metode momen, dengan cara menghitung nilai :

\bar{X} : rata-rata

S : deviasi standar

CS : koefisien kemencengan

Sehingga :

$$a = \frac{Cs \cdot s}{2} \quad (2.15)$$

$$b = \left(\frac{1}{cs} x^2 \right)^2 \quad (2.16)$$

$$c = \bar{X} - \frac{2s}{cs} \quad (2.17)$$

Maka akan diperoleh :

$$X = \frac{Cs \cdot s}{2} w + \bar{X} - \frac{2 \cdot s}{cs} \quad (2.18)$$

$$X = \bar{X} + \left[\frac{cs}{w} w - \frac{2}{cs} \right] \cdot s \quad (2.19)$$

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad (2.20)$$

Persamaan (2.20) bisa digunakan untuk menentukan persamaan distribusi Pearson Tipe III, dengan menentukan faktor k = faktor sifat dari distribusi Pearson Tipe III yang merupakan fungsi dari besarnya CS dan peluang.

(Sumber : Soewarno,1995)

d. Distribusi Log Pearson III

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi log Pearson tipe III, adalah :

- 1) Tentukan logaritma dari semua nilai variat X.
- 2) Hitung nilai rata ratanya :

$$\log X = \frac{\Sigma \log x}{n} \quad (2.21)$$

n : jumlah data

- 3) Hitung nilai deviasi standarnya dari log X

$$S \log \bar{X} = \sqrt{\frac{\Sigma (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (2.22)$$

- 4) Hitung nilai koefisien kemencengan :

$$CS = \frac{n \Sigma (\log X - \overline{\log X})^2}{(n-1)(n-2)(S \log \bar{X})^2} \quad (2.23)$$

$$\log X = \overline{\log X} + k (\overline{S \log X}) \quad (2.24)$$

- 5) Tentukan anti log dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai CS nya. Nilai CS dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Apabila nilai $CS = 0$, maka distribusi log pearson tipe III identik dengan distribusi log normal, sehingga distribusi kumulatifnya akan tergambar sebagai garis lurus pada kertas grafik log normal. (sumber : Soewarno, 1995)

Tabel 2. 2 Nilai K Distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III

Koef. C _s	Periode Ulang							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.125	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	-2.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.6	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.449	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-7.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

(Sumber : Sri Harto, 1993)

e. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana menurut metode Gumbel mempunyai langkah-langkah yang hampir sama dengan distribusi normal. Untuk distribusi Gumbel, perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini :

$$X_T = \bar{X} + kxS \quad (2.26)$$

dimana:

\bar{X} : Nilai rata-rata hitung *variant*,

S : Deviasi standar nilai *variant*,

Nilai K (faktor probabilitas) untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.26)$$

dimana:

Y_n : *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel atau data n (**Tabel 2.4**)

S_n : *reduced standard deviation* yang tergantung pada jumlah sampel atau data n (**Tabel 2.5**)

Y_{Tr} : *reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (2.26)$$

Tabel 2. 3 Nilai *Reduced Variate* Untuk Metode Gumbel

Periode Ulang (tahun)	Reduced Variate
2	0,3655
5	1,9940
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 4 Nilai n Untuk Metode Gumbel

n	y_n	σ_n	n	y_n	σ_n	n	y_n	σ_n
8	0,4843	0,9043	39	0,5430	1,1388	70	0,5548	1,1854
9	0,4902	0,9288	40	0,5436	1,1413	71	0,5550	1,1863
10	0,4952	0,9497	41	0,5442	1,1436	72	0,5552	1,1873
11	0,4996	0,9676	42	0,5448	1,1458	73	0,5555	1,1881
12	0,5053	0,9833	43	0,5453	1,1480	74	0,5557	1,1890
13	0,5070	0,9972	44	0,5258	1,1490	75	0,5559	1,1898
14	0,5100	1,0098	45	0,5463	1,1518	76	0,5561	1,1906
15	0,5128	1,0206	46	0,5468	1,1538	77	0,5563	1,1915
16	0,5157	1,0316	47	0,5473	1,1557	78	0,5565	1,1923
17	0,5181	1,0411	48	0,5447	1,1574	79	0,5567	1,1930
18	0,5202	1,0493	49	0,5481	1,1590	80	0,5569	1,1938
19	0,5220	1,0566	50	0,5485	1,1607	81	0,5570	1,1945
20	0,5235	1,0629	51	0,5489	1,1625	82	0,5572	1,1953
21	0,5252	1,0696	52	0,5493	1,1638	83	0,5574	1,1959
22	0,5268	1,0754	53	0,5497	1,1653	84	0,5576	1,1967
23	0,5283	1,0811	54	0,5501	1,1667	85	0,5578	1,1973
24	0,5296	1,0864	55	0,5504	1,1681	86	0,5580	1,1980
25	0,5309	1,0914	56	0,5508	1,1696	87	0,5581	1,1987
26	0,5320	1,0961	57	0,5511	1,1708	88	0,5583	1,1994
27	0,5332	1,1004	58	0,5515	1,1721	89	0,5585	1,2001
28	0,5343	1,1047	59	0,5518	1,1734	90	0,5586	1,2007
29	0,5353	1,1086	60	0,5521	1,1747	91	0,5587	1,2013
30	0,5362	1,1124	61	0,5524	1,1759	92	0,5589	1,2020
31	0,5371	1,1159	62	0,5527	1,1770	93	0,5591	1,2026
32	0,5380	1,1193	63	0,5530	1,1782	94	0,5592	1,2032
33	0,5388	1,1226	64	0,5533	1,1793	95	0,5593	1,2038
34	0,5396	1,1255	65	0,5535	1,1803	96	0,5595	1,2044
35	0,5403	1,1285	66	0,5538	1,1814	97	0,5596	1,2049
36	0,5410	1,1313	67	0,5540	1,1824	98	0,5598	1,2055
37	0,5418	1,1339	68	0,5543	1,1834	99	0,5599	1,2060
38	0,5424	1,1363	69	0,5545	1,1844	100	0,5600	1,2065

(Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010)

Tabel 2. 5 S_n Untuk Metode Gumbel

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	1,1881	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1959	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2026	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2073	1,2084	1,2084	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber : Suripin, 2004)

2.1.2.2 Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Diperlukannya pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang akan diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut.

(Sumber : Suripin, 2004)

Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- 1) Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing masing data tersebut ;
 $X_1 P(X_1)$
 $X_2 P(X_2)$
 $X_m P(X_m)$
 $X_n P(X_n)$
- 2) Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :
 $X_1 P'(X_1)$
 $X_2 P'(X_2)$
 $X_m P'(X_m)$
 $X_n P'(X_n)$
- 3) Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesar antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum} [P(X_m) - P'(X_m)] \quad (2.28)$$
- 4) Berdasarkan tabel nilai kritis Smirnov-Kolmogorov (*test*) tentukan harga D_0 dari **Tabel 2.6**.

Apabila D lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D lebih besar dari D_0 maka distribusi teoritis

yang digunakan untuk menemukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2. 6 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	A			
	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 >	1,077	1,22	1,36	1,63
50	$\frac{1,077}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber : Soewarno,1995)

Uji Chi Kuadrat

Uji Chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut uji Chi-Kuadrat. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus :

$$X_{h^2} = \sum_{i=1}^G \frac{(o_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.29)$$

Keterangan :

X_h^2 : parameter chi-kuadrat terhitung

G : jumlah sub – kelompok

O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter X_h^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X_h^2 sama atau lebih besar dari pada nilai chi-kuadrat yang sederhana (X^2) dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. 7 Nilai Kritis Untuk Uji Chi-Kuadrat

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,1010	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,278	9,210	10,597
3	0,00717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,212	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber : Suripin,2004)

Prosedur uji Chi-Kuadrat adalah :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub-group, tiap-tiap sub group minimal 4 data pengamatan.
- 3) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub group

- 4) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- 5) Tiap tiap sub group hitung nilai

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.30)$$

- 6) Jumlah seluruh G sub group nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung.
- 7) Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai $R = 1$, untuk distribusi poisson)

Interpretasi hasilnya adalah :

- 1) Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- 2) Apabila peluang lebih kecil 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
- 3) Apabila peluang berada diantara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambah data.

(Sumber : Suripin, 2004)

2.1.3 Analisis Debit Banjir

2.1.3.1 Perhitungan Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol.

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen, yaitu (1) waktu yang diperlukan air untuk mengalir dipermukaan lahan sampai saluran terdekat t_o dan (2) waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran t_f , sehingga

$$t_c = t_o + t_c \quad (2.31)$$

dimana

$$t_o = 1,44 \times \left(n_d \times \frac{1}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} \text{ menit} \quad (2.32)$$

dan

$$t_f = \frac{L_s}{60V} \text{ menit} \quad (2.33)$$

dimana

n_d : angka kekasaran Manning

s : kemiringan lahan

L_s : panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)

V : kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

l : panjang antara titik terjauh aliran dan inlet (m)

t_o : waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di permukaan untuk mencapai inlet (*oveland flow time, inlet time*) (jam).

(Sumber : Suripin,2004)

2.1.3.2 Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar suatu periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF = *Intensity-Duration-Frequency Curve*).

Berdasarkan data hujan jangka pendek, lengkung IDF dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu :

Rumus Mononobe

Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (2.34)$$

(Sumber : Suripin, 2004)

Dimana :

- I : intensitas hujan (mm/jam)
 R_{24} : tinggi hujan max. Peretmal (mm)
 t_c : waktu / lama hujan (jam)

2.1.4 Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan (C), didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor ini merupakan variabel yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir. Pemilihan harga C yang tepat memerlukan pengalaman hidrologi yang luas. Faktor utama yang mempengaruhi C adalah laju infiltrasi tanah atau prosantase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Permukaan kedap air, seperti perkerasan aspal dan atap bangunan, akan menghasilkan aliran hampir 100% setelah permukaan menjadi basah, seberapa pun kemiringannya.

Koefisien limpasan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Faktor lain yang juga mempengaruhi adalah air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan simpanan depresi. Harga C untuk

berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan di sajikan dalam **Tabel 2.8**

Harga C yang ditampilkan pada tabel tersebut belum memberikan rincian masing-masing faktor yang berpengaruh terhadap besarnya nilai C. Oleh karena itu, Hassing (1995) menyajikan cara penentuan faktor C yang mengintegrasikan nilai yang mempertasaskan beberapa faktor yang mempengaruhi hubungan antara hujan dan aliran, yaitu topografi, permeabilitas tanah, penutup lahan, dan tata guna tanah yang disajikan dalam **Tabel 2.8**

Tabel 2. 8 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional (dari Mc. Guen, 1989)

No.	Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien Aliran C
1.	Bussines Perkotaan Pinggiran	0,70 – 0,95 0,50 – 0,70
2.	Perumahan Rumah Tunggal Multiumit, terpisah Multiumit, tergabung Perkampungan Apartemen	0,30 – 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,25 – 0,40 0,50 – 0,70
3.	Industri Ringan Berat	0,50 – 0,80 0,60 – 0,70
4.	Perkerasan Aspal dan beton Batu bata, paving	0,50 – 0,80 0,60 – 0,90
5.	Atap	0,75 – 0,95
6.	Halaman, tanah berpasir Datar 2% Rata – rata 2-7% Curam 7%	0,50- 0,10 0,10 – 0,15 0,15 – 0,20
7.	Halaman, tanah berpasir Datar 2% Rata – rata 2-7% Curam 7%	0,13 – 0,17 0,18 – 0,22 0,25 – 0,35
8.	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
9.	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
10.	Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
11.	Hutan Datar 2% Rata – rata 2-7% Curam 7%	0,10 – 0,40 0,25 – 0,50 0,30 – 0,60

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 9 Koefien Aliran untuk Metode Rasional (dari Hassing,1995)

Koefisien Aliran $C = C_1 + C_s + C_v$					
Topografi, C_1		Tanah, C_s		Vegetasi, C_v	
Datar (<1%)	0,03	Pasir dan Gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan(>20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2.8 Dan **Tabel 2.9**, menggambarkan penggunaan nilai Koefisien C untuk lahan yang sama, dimana kondisi seperti ini sangat jarang ditemui untuk lahan luas. Apabila DAS terdiri dari lebih satu jenis

lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka koefisien C yang digunakan adalah C gabungan yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_{gabungan} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.35)$$

Dimana :

A_i : luas lahan dengan jenis penutup tanah i

C_i : koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

n : jumlah jenis penutup lahan

(Sumber : Suripin,2004)

2.1.5 Perhitungan Debit Rencana (Q)

Perhitungan debit rencana sangat diperlukan untuk memperkirakan besarnya debit hujan maksimum yang sangat mungkin pada periode tertentu. Metode yang digunakan dalam perhitungan debit rencana, yaitu metode rasional.

Metode rasional

Metode rasional digunakan untuk menghitung debit rencana pada saluran yang memiliki luas daerah aliran sungai (DAS) tidak terlalu besar. Rumus yang digunakan dalam metode rasional ialah :

$$Q = \frac{1}{3,6} . C . I . A \quad (2.36)$$

Dimana :

- Q : debit puncak banjir (m^3/dt)
- C : koefisien pengaliran
- I : intensitas hujan (mm/jam)
- A : luas daerah yang ditinjau (km^2)

2.1.6 Perhitungan Debit Limba Domestik

Perhitungan debit air limbah berdasarkan konsumsi air bersih per orang per hari. Besarnya air bersih yang akan menjadi air limbah tersebut diperkirakan sebanyak 70% hingga 80% dari penggunaan air bersih. Estimasi debit air limbah di peroleh dengan persamaan berikut :

$$Q \text{ air bersih} = \text{Kebutuhan air bersih/orang} \times \text{Jumlah penduduk} \quad (2.37)$$

$$Q \text{ air limbah} = (70-80\%) \times Q \text{ air bersih} \quad (2.38)$$

2.2 Analisis Hidrolika

Dilakukannya analisis hidrolika sangat diperlukan untuk merencanakan dimensi saluran drainase yang dapat menampung limpasan, baik ditinjau hidrolis maupun dari elevasi lapangan. kapasitas saluran adalah sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk menyatakan angka debit yang direncanakan tersebut mampu untuk di tampung oleh saluran pada kondisi eksisting tanpa terjadi peluapan air sehingga apabila terjadi genangan hal yang dapat dijadikan alternatif adalah perencanaan ulang dimensi saluran eksisting. Perencanaan dimensi saluran ini dilakukan dengan menggunakan perumusan hidrolika seperti dijelaskan dibawah ini.

2.2.1 Debit Hidrolika

Dalam merencanakan dimensi penampang saluran, digunakan rumusan :

Rumus Manning :

$$Q = V \cdot A \quad (2.39)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.40)$$

(Sumber : Suripin,2004)

Dimana :

- V : kecepatan disaluran (m/dt)
- n : koefisien kekasaran (**Tabel 2.10**)
- R : jari-jari hidrolis (m)
- S : kemiringan saluran

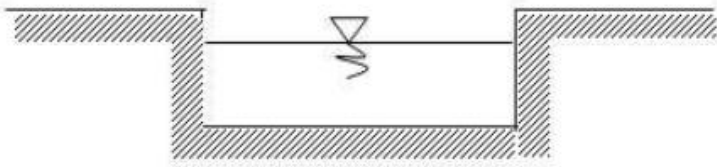
Tabel 2.10**Tabel 2. 10** Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (n)

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga (n)		
		Minimum	Normal	Maksimum
1.	Beton			
	- Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0.010	0.011	0.013
	- Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0.011	0.013	0.014
	- Beton di poles	0.011	0.012	0.014
	- Saluran pembuang dengan bak control	0.013	0.015	0.017
2.	Tanah, lurus dan seragam			
	- Bersih baru	0.016	0.018	0.020
	- Bersih telah melapuk	0.018	0.022	0.025
	- Berkerikil	0.022	0.025	0.030
	- Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0.022	0.027	0.033
3.	Saluran alam			
	- Bersih lurus	0.025	0.030	0.033
	- Bersih, berkelok-kelok	0.033	0.040	0.045
	- Banyak tanaman pengganggu	0.050	0.070	0.080
	- Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0.025	0.030	0.035
	- Saluran di belukar	0.035	0.050	0.070

(Sumber : Suripin,2004)

2.2.2 Perencanaan Saluran Drainase

2.2.2.1.Perhitungan Penampang Bentuk Persegi



Gambar 2. 2 Penampang Bentuk Persegi

$$A = b \cdot h \quad (2.41)$$

$$P = b + 2 \cdot h \quad (2.42)$$

$$R = \frac{A}{p} \quad (2.43)$$

Dimana :

- b : lebar saluran (m)
- h : tinggi muka air (m)
- A : luas penampang saluran (m²)
- R : jari-jari hidrolis (m)
- P : penampang basah (m)

(Sumber : Fifi Sofia, 2006)

2.2.3 Perencanaan Kolam Tampungan

Dalam perencanaan sistem drainase pada kawasan apartemen Grand Sagara diharapkan debit yang dikeluarkan ke saluran luar seminimal mungkin, sehingga dibutuhkan penampungan air. Penampungan air yang dimaksudkan dapat berupa *long storage*. Prinsip hidrolis kerja kolam tampungan meliputi hubungan antara inflow (I, aliran masuk ke kolam tampungan dari saluran-saluran drainase) dan outflow (O, aliran keluar dari kolam tampungan). Untuk pengaturan keluarnya debit air dari kawasan yaitu seperti berikut:

Dimensi Kolam Tampungan

Besarnya dimensi kolam tampungan tergantung dari besarnya hasil perhitungan volume limpasan air dari kolam tampungan sementara / *long storage*. Volume limpasan dapat dinyatakan sebagai luas segitiga. Berhubungan data yang digunakan adalah hujan harian distribusi setiap waktunya tidak diketahui.

Volume air hujan yang jatuh diatas lahan dihitung dengan rumus :

$$V = C. R. A \quad (2.44)$$

Dimana :

- R : Intensitas hujan (mm/jam)
A : Luas lahan (m²)
C : Koefisien pengaliran

2.2.4 Analisis *Backwater*

Analisa backwater di hilir saluran kawasan apartemen dapat diketahui dari perbedaan elevasi muka air antara hulu saluran outlet dengan laut yang berada pada sebelah utara apartemen.

2.2.5 Perencanaan Pompa

Pompa berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampungan maupun langsung dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi karena air dimuara / pembuangan lebih tinggi dibandingkan dengan di saluran. Daerah yang tidak dapat sepenuhnya mengandalkan sistem drainase gravitasi sebagai faktor pendorong, maka perlu dilengkapi dengan stasiun pompa. Analisis pompa yang dilakukan adalah dengan menentukan kapasitas pompa yang dibutuhkan dan operasional pompa untuk memompa air dari kawasan pada waktu muka air di luar kawasan tinggi.

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Umum

Metodologi disusun untuk mempermudah pelaksanaan studi, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang sistematis, sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

3.2 Tahap Persiapan

3.2.1 Studi Literatur

Mempelajari buku – buku literatur, laporan dan studi yang terkait dengan sistem drainase, diantaranya :

- SDMP (Surabaya Drainage Master Plan) 2008 Pemkot Surabaya
- Nugroho Hadisusanto. 2010. Aplikasi Hidrologi
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.
- Buku referensi hidrologi, hidrolika dan drainase lainnya.

3.2.2 Survey Lapangan

Tahapan ini merupakan peninjauan secara langsung ke lapangan dengan pengumpulan data-data berupa foto dan penyusuran saluran eksisting sekitar lokasi pembangunan apartemen.

3.3 Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan untuk membantu jalannya studi. Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder yang diambil dari data instansi terkait, literature dan topik sejenis sebagai berikut :

3.3.1 Data Hidrologi

Data Hidrologi terdiri dari :

- Data curah hujan stasiun yang berpengaruh Untuk menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang.
- Data pasang surut laut untuk mengetahui elevasi permukaan air laut maksimum

3.3.2 Data Peta

Data Peta terdiri dari :

- Peta Topografi
Untuk mengetahui kontur lokasi guna mencari arah aliran eksisting dari elevasi kontur. Juga untuk menentukan *catchment area*.
- Peta tata guna lahan
Untuk mengetahui perubahan nilai koefisien C sebelum dan setelah dibangun apartemen.

3.4 Tahap Analisis Perencanaan

3.4.1 Analisis Hidrologi

- Menentukan stasiun hujan yang berpengaruh pada kawasan
- Menghitung curah hujan kawasan
- Menghitung frekuensi dan probabilitas berdasarkan distribusi statistik yang sesuai
- Menguji uji kecocokan distribusi
- Menghitung hujan rencana
- Menghitung Intensitas hujan
- Menghitung perubahan koefisien C akibat perubahan lahan
- Pembagian *catchment area* dari peta topografi
- Perhitungan debit rencana

3.4.2 Analisis Hidrolika

- Merencanakan dimensi saluran dalam kawasan apartemen

3.4.3 Perencanaan Kolam Tampungan

- Dimensi *long storage*
- Analisis pompa dan pintu air

3.5 Analisis Backwater

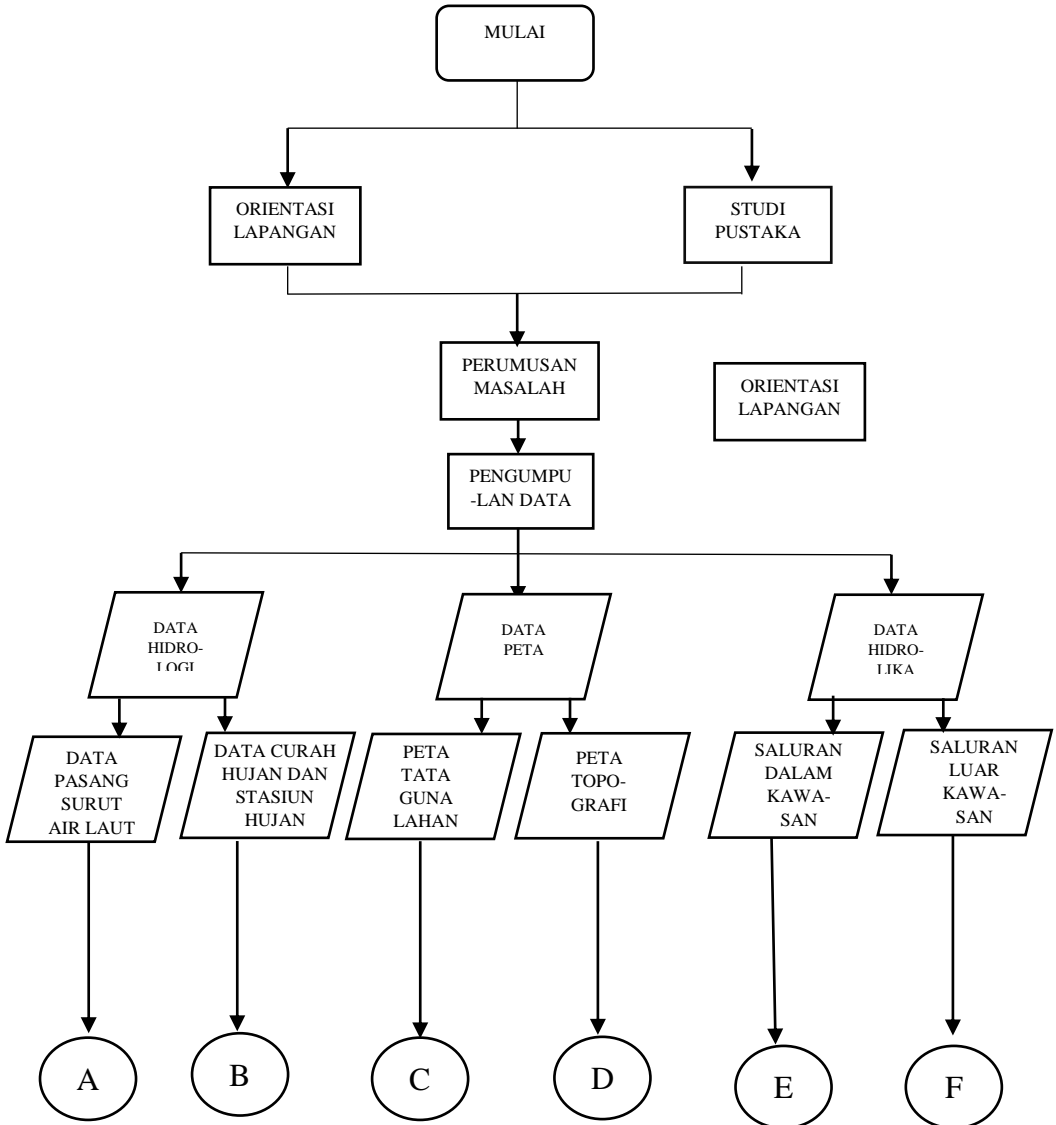
- Analisis backwater pada saluran akhir kawasan apartemen menuju saluran eksisting / laut

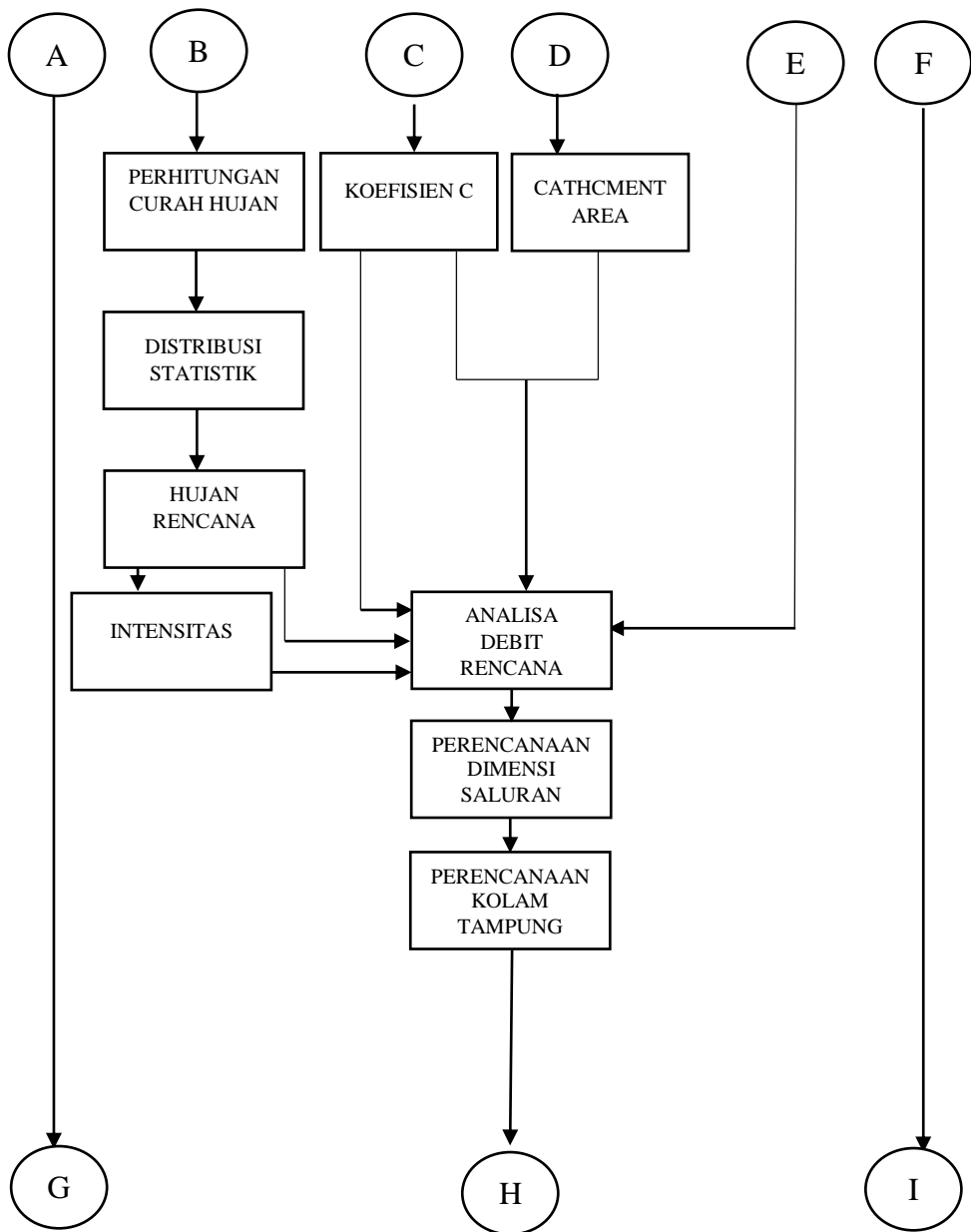
3.6 Kesimpulan

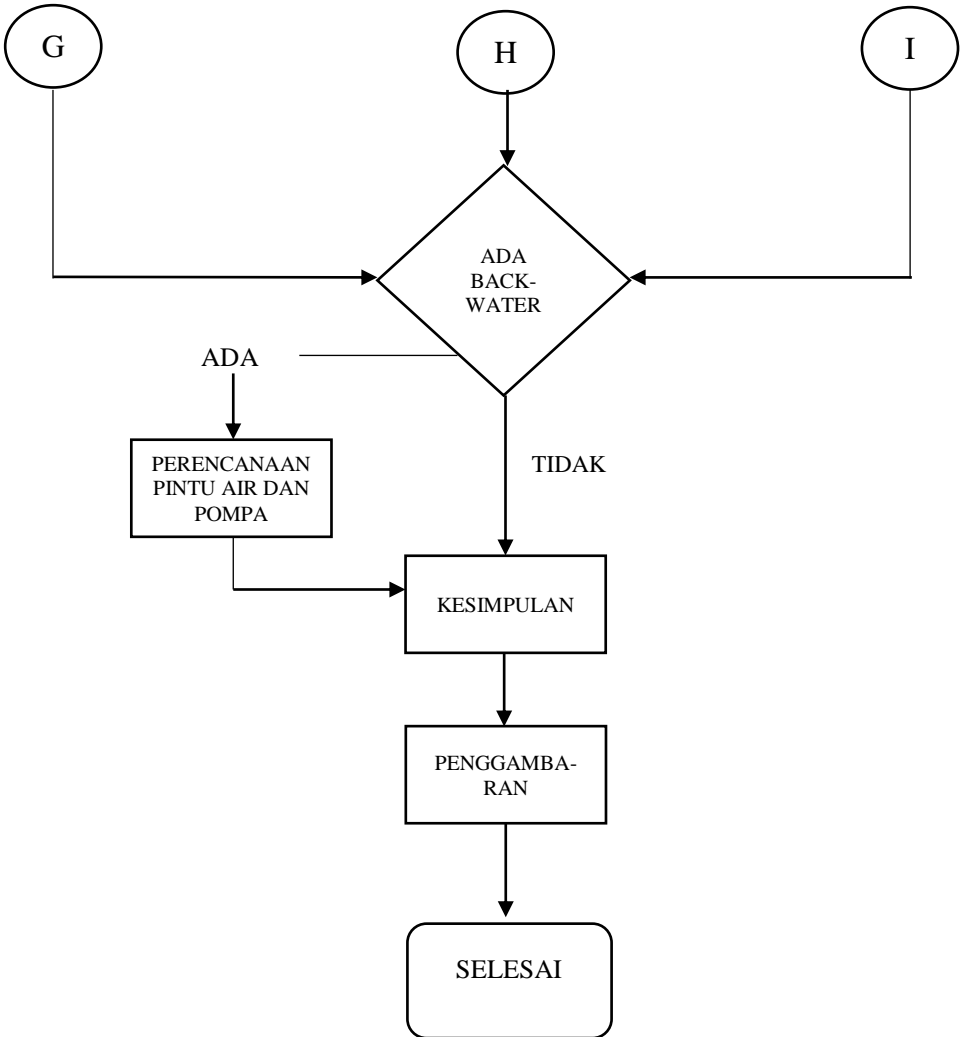
Berupa kesimpulan dari analisis data dan pembahasan sesuai dengan tujuan yang akan dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini.

3.7 Flowchart

Berikut merupakan diagram alir metodologi :







Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan

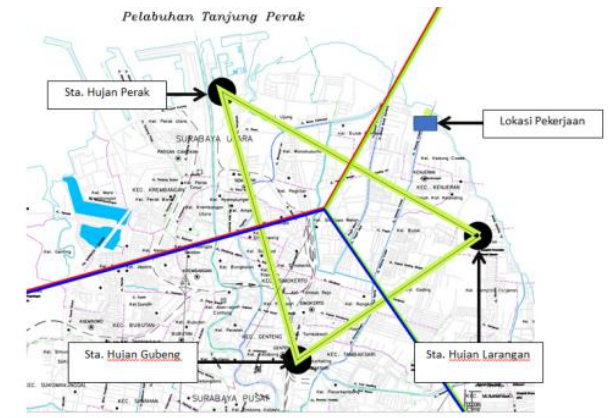
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data Curah Hujan

4.1.1 Penentuan Hujan Wilayah

Hal pertama yang harus dilakukan sebelum menganalisis curah hujan rata-rata harian adalah menentukan letak stasiun hujan yang akan digunakan terlebih dahulu. Letak stasiun hujan akan mempengaruhi data curah hujan di suatu lokasi studi. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini digunakan metode polygon Thiessen untuk menentukan stasiun hujan mana yang berpengaruh pada lokasi.

Pada analisis awal, terdapat 3 stasiun yang berpengaruh pada lokasi studi yaitu (1) stasiun Larangan, (2) stasiun Gubeng, dan (3) stasiun Perak. Setelah dianalisis dengan menggunakan polygon Thiessen dengan cara menghubungkan antara 3 stasiun tersebut, kemudian dibuat garis sumbu, didapatkan satu stasiun yang berpengaruh. Hal tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dimana lokasi berada dalam wilayah Stasiun Hujan Larangan.



Gambar 4. 1 Hasil Polygon Thiessen
(Sumber : Surabaya Drainage Master Plan 2011)

Data Hujan Stasiun Larangan yang digunakan adalah selama 15 tahun. Dari tahun 2003-2017 dan didapatkan nilai curah hujan hariannya seperti pada **Tabel 4.1**

Tabel 4. 1 Data Hujan Stasiun Larangan.

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
[1]	[2]	[3]
1	2003	65,00
2	2004	61,00
3	2005	64,00
4	2006	72,00
5	2007	64,00
6	2008	84,00
7	2009	70,00
8	2010	113,00
9	2011	72,00
10	2012	70,00
11	2013	80,00
12	2014	105,00
13	2015	57,00
14	2016	118,00
15	2017	111,00

(Sumber : PPK UPT PSAWS Buntung
Paketingan, 2018)

4.1.2 Analisis Distribusi Curah Hujan Maksimum Harian Rencana

Curah hujan harian rencana merupakan besaran curah hujan yang digunakan untuk menghitung debit banjir untuk setiap periode rencana yang akan ditentukan. Dalam analisis ini sesuai dengan kriteria saluran dan luasan daerah tangkapan ditentukan periode ulang rencana. Periode ulang

rencana ini akan menunjukkan tingkat layanan dari sistem drainase yang direncanakan. Periode ulang rencana (*return period*) yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah 5 tahun. Penentuan *return period* dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4. 2 Penentuan Return Period

No.	Distribusi	PUH (Tahun)
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
	Atau :	
	Luas DAS (25-50)Ha	5
	Luas DAS (50-100)Ha	(5-10)
	Luas DAS (100-1300)Ha	(10-25)
	Luas DAS (1300-6500)Ha	(25-50)

(Sumber : Fifi Sofia, 2006)

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, analisis curah hujan maksimum harian rencana menggunakan metode Normal, Pearson III, Gumbel, Log-Normal, dan Log-Pearson III yang kemudian diambil hasil yang sesuai dengan syarat yang telah di tentukan.

a. Distribusi Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Pearson III

Perhitungan dari ketiga distribusi tersebut memiliki langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Menyusun data curah hujan dari yang terbesar ke yang terkecil.

Tabel 4. 3 Data Hujan Dari Terbesar ke Terkecil.

No	Tahun	Data Rmaks Urut (x)
[1]	[2]	[3]
1	2016	118,00
2	2010	113,00
3	2017	111,00
4	2014	105,00
5	2008	84,00
6	2013	80,00
7	2011	72,00
8	2006	72,00
9	2009	70,00
10	2012	70,00
11	2003	65,00
12	2007	64,00
13	2005	64,00
14	2004	61,00
15	2015	57,00

(Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pematusan)

- Melakukan perhitungan harga rata-rata curah hujan dengan rumus berikut :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{15} \times 1206 = 80,60 \text{ mm}$$

3. Menghitung standar deviasi data hujan :

$$\bar{X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{1}{15-1} \times 6087,60} = 20,85$$

4. Menghitung harga koefisien Variasi data hujan :

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{20,85}{80,60} = 0,259$$

5. Menghitung harga koefisien kemencangan (*skewness*) data hujan :

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 =$$
$$= \frac{15}{(15-1)(15-2)20,85^3} \times 95365,92 = 0,867$$

6. Menghitung harga koefisien kurtosis (keruncingan) data hujan :

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 =$$
$$C_k = \frac{15}{(15-1)(15-2)(15-3)20,85^4} \times 504708045$$

$$C_k = 0,867$$

Tabel perhitungan parameter statistik untuk distribusi Normal. Distribusi Gumbel dan Distribusi Pearson III dapat dilihat pada **Tabel 4.4** berikut

Tabel 4. 4 Perhitungan statistik untuk distribusi Normal Distribusi Gumbel dan Distribusi Pearson III.

No	Tahun	Rmaks (mm)	Tahun Urut	Data Rmaks Urut (x)	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^3$	$(x - \bar{x})^4$
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1	2003	65,00	2016	118,00	1413,760	53157,376	1998717,338
2	2004	61,00	2010	113,00	1062,760	34645,976	1129458,818
3	2005	64,00	2017	111,00	936,360	28652,616	876770,050
4	2006	72,00	2014	105,00	605,160	14886,936	366218,626
5	2007	64,00	2008	84,00	12,960	46,656	167,962
6	2008	84,00	2013	80,00	0,160	-0,064	0,026
7	2009	70,00	2011	72,00	70,560	-592,704	4978,714
8	2010	113,00	2006	72,00	70,560	-592,704	4978,714
9	2011	72,00	2009	70,00	108,160	-1124,864	11698,586
10	2012	70,00	2012	70,00	108,160	-1124,864	11698,586
11	2013	80,00	2003	65,00	237,160	-3652,264	56244,866
12	2014	105,00	2007	64,00	268,960	-4410,944	72339,482
13	2015	57,00	2005	64,00	268,960	-4410,944	72339,482
14	2016	118,00	2004	61,00	376,360	-7301,384	141646,850
15	2017	111,00	2015	57,00	547,560	-12812,904	299821,954
Jumlah				1206,00	6087,600	95365,920	5047080,048

(Sumber : Perhitungan)

7. Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi log Pearson Tipe III adalah : tentukan logaritma dari semua nilai *Variat X*.

Data hujan tahun 2016.

$$X = 118$$

$$\text{Log } x = 2,072$$

- Hitung nilai rata-ratanya :

$$\text{Log } X = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$\text{Log } X = \frac{28,39}{15} = 1,893$$

- Hitung nilai deviasi standarnya dari log x

$$S \log X = \sqrt{\frac{\Sigma(\log x - \log \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,157}{15-1}} = 0,106$$

- Hitung nilai koefisien Variasi (CV) :

$$C_v = \frac{S \log x}{\log X} = \frac{0,106}{1,893} = 0,056$$

- Hitung nilai koefisien kemencengan (CS) :

$$C_s = \frac{n \Sigma(\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S \log x)^3} = \frac{15 \times 0,00969}{(15-1)(15-2)(0,106)^3} = 0,670$$

- Hitung nilai koefisien ketajaman (Ck) :

$$C_k = \frac{n^2 \Sigma(\log x - \log \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(S \log x)^4} = \frac{15^2 \times 0,0031587}{(15-1)(15-2)(0,106)^4} = 2,576$$

Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada **Tabel 4.5** berikut :

Tabel 4. 5 Perhitungan Distribusi Log Pearson III dan log Normal.

No	Tahun	Rmaks (mm)	Tahun Urut	Data Rmaks Urut (x)	$y = \log x$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$	$(y - \bar{y})^4$
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	2003	65,00	2016	118,00	2,072	0,032114	0,00575490	0,0010312969
2	2004	61,00	2010	113,00	2,053	0,025728	0,00412677	0,0006619334
3	2005	64,00	2017	111,00	2,045	0,023300	0,00355665	0,0005429023
4	2006	72,00	2014	105,00	2,021	0,016515	0,00212235	0,0002727440
5	2007	64,00	2008	84,00	1,924	0,000999	0,00003156	0,0000009972
6	2008	84,00	2013	80,00	1,903	0,000108	0,00000113	0,0000000117
7	2009	70,00	2011	72,00	1,857	0,001249	-0,00004416	0,0000015609
8	2010	113,00	2006	72,00	1,857	0,001249	-0,00004416	0,0000015609
9	2011	72,00	2009	70,00	1,845	0,002264	-0,00010772	0,0000051253
10	2012	70,00	2012	70,00	1,845	0,002264	-0,00010772	0,0000051253
11	2013	80,00	2003	65,00	1,813	0,006363	-0,00050751	0,0000404816
12	2014	105,00	2007	64,00	1,806	0,007482	-0,00064719	0,0000559809
13	2015	57,00	2005	64,00	1,806	0,007482	-0,00064719	0,0000559809
14	2016	118,00	2004	61,00	1,785	0,011524	-0,00123707	0,0001327977
15	2017	111,00	2015	57,00	1,756	0,018715	-0,00256033	0,0003502625
Jumlah				1206,00	28,390	0,157356	0,00969032	0,0031587616

(sumber : Perhitungan)

Sifat dari masing – masing parameter statistik dapat ditinjau dari besar nilai koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien ketajaman (C_k) yang sesuai dengan syarat masing- masing distribusi. Kesimpulan analisis distribusi dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut

Tabel 4. 6 Rekapitulasi C_s dan C_k perhitungan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Nilai	Hitungan	Hasil	Keterangan
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
1	Normal	$C_s = 0$	0	Sesuai dengan rumusan Koefisien Skewness (C_s)	0,867	Tidak Mendekati
		atau $-0,015 < C_s < +0,015$				
		$C_k = 3$ $+2,70 < C_k < +3,30$	3	Sesuai dengan rumusan Koefisien Kurtosis (C_k)	2,750	
2	Gumbel	$C_s \approx 1,1396$	$\approx 1,1396$	Sesuai dengan rumusan Koefisien Skewness (C_s)	0,867	Tidak Mendekati
		$C_k \approx 5,4002$	$\approx 5,4002$	Sesuai dengan rumusan Koefisien Kurtosis (C_k)	2,750	
3	Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$	$\neq 0$	Sesuai dengan rumusan Koefisien Skewness (C_s)	0,867	Mendekati
		$C_v = 0,3$	0,3	Sesuai dengan rumusan Koefisien Variasi (C_v)	0,259	
4	Log Pearson Tipe III	$C_k = 1,50 C_s^2 + 3$	3,674	Sesuai dengan rumusan Koefisien Kurtosis (C_k)	2,576	Tidak Mendekati

(sumber : Perhitungan)

Maka kesimpulan dari **Tabel 4.6** metode distribusi yang memenuhi syarat sifat distribusi adalah Distribusi Pearson tipe III.

4.1.3. Uji Kecocokan Distribusi

Diperlukannya uji kecocokan distribusi untuk mengetahui apakah data curah hujan yang ada sudah sesuai dengan jenis distribusi yang dipilih hingga dapat diperkirakan dapat menggambarkan metode distribusi tersebut.

Pengujian parameter yang dipakai ada 2 yaitu :

1. Uji Chi-Kuadrat
2. Uji Smirnov-Kolmogorov

4.1.3.1 Uji Chi Kuadrat

$$\text{Jumlah data (n)} = 15$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah grup (k)} &= 1 + 3,322 \log (n) \\ &= 1 + 3,322 \log (15) \\ &= 4,906 \\ &= 5 \text{ (Pembulatan)} \end{aligned}$$

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub group dengan interval peluang $(P) = \frac{1}{5} = 0,2$. Besarnya peluang untuk setiap sub grup adalah :

- Sub grup 1 = $p \leq 0,20$
- Sub grup 2 = $0,20 \leq p \leq 0,40$
- Sub grup 3 = $0,40 \leq p \leq 0,60$
- Sub grup 4 = $0,60 \leq p \leq 0,80$
- Sub grup 5 = $p \geq 0,80$

4.1.3.1.1. Distribusi Pearson Tipe III

Persamaan distribusi :

$$X = X + S \cdot K$$

$$= 80,40 + 20,853 \cdot K$$

$$Cs = 0,867$$

- Untuk $P = 0,2 \Rightarrow T = \frac{1}{0,20} = 5$ Tahun

Dengan interpolasi pada Tabel k, untuk $Cs = 0,867$ dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai K seperti berikut :

- $K = 0,78 - \left(\frac{0,800 - 0,867}{0,800 - 0,900} \right) x \left(\frac{0,780}{0,769} \right)$
- $K = 0,773$

Maka

$$X = X + S \cdot K$$

$$= 80,40 + 20,853 \cdot 0,773$$

$$= 96,512$$

- Untuk $P = 0,4 \Rightarrow T = \frac{1}{0,40} = 2,5$ Tahun

Dengan interpolasi pada Tabel k, untuk $Cs = 0,867$ dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai K seperti berikut :

- $K = 0,773 - \left(\frac{5,00 - 2,50}{5,00 - 2,00} \right) x \left(\frac{0,773}{0,143} \right)$
- $K = 0,010$

Maka

$$X = X + S \cdot K$$

$$= 80,40 + 20,853 \cdot 0,010$$

$$= 80,606$$

- Untuk $P = 0,6 \Rightarrow T = \frac{1}{0,60} = 1,67$ Tahun

Dengan interpolasi pada Tabel k, untuk $C_s = 0,867$ dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai K seperti berikut :

- $(-0,467) - \left(\frac{2,00-1,67}{2,00-(1,111)} \right) x \left(\frac{-0,143}{-1,153} \right)$
- $K = -0,518$

Maka

$$X = X + S \cdot K$$

$$= 80,40 + 20,853 \cdot (-0,518)$$

$$= 69,601$$

- Untuk $P = 0,6 \Rightarrow T = \frac{1}{0,80} = 1,25$ Tahun

Dengan interpolasi pada Tabel k, untuk $C_s = 0,867$ dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai K seperti berikut :

- $(-0,143) - \left(\frac{2,00-1,25}{1,67-1,11} \right) x \left(\frac{-0,518}{-1,153} \right)$
- $K = -0,995$

Maka

$$\begin{aligned} X &= \bar{X} + S \cdot K \\ &= 80,40 + 20,853 \cdot (-0,998) \\ &= 59,644 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dilanjutkan pada **Tabel 4.7** berikut

Tabel 4.7 Uji Chi – Kuadrat Distribusi Pearson Tipe III

Kelas	Batasan Nilai			O _i	E _i	(O _i - E _i) ²	X ² _h
[1]	[2]			[3]	[4]	[5]	[6]
1	X	≤	59,644	1	3	4	1,333
2	59,644	< X ≤	69,601	4	3	1	0,333
3	69,601	< X ≤	80,606	5	3	4	1,333
4	80,606	< X ≤	96,512	1	3	4	1,333
5	X	≥	96,512	4	3	1	0,333
Jumlah				15	15		4,667

(Sumber : Perhitungan)

Dari **Tabel 4.7** di atas diperoleh nilai chi kuadrat seperti berikut :

$$(Xh^2) = 4,667$$

$$Dk = G - R - 1 = 2$$

$$G = \text{Group}$$

$$R = 2$$

Berdasarkan tabel nilai kritis untuk distribusi Chi Kuadrat, maka nilai kritis untuk Chi Kuadrat pada derajat kepercayaan, (α) = 5 % didapatkan nilai X^2 (Chi kritis) = 5,991 (dari **Tabel 2.7**) Berdasarkan perhitungan didapat kesimpulan bahwa $Xh^2 < X^2 \Rightarrow 4,667 < 5,991$ sehingga persamaan distribusi Pearson Tipe III dapat diterima.

4.1.3.2 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov – Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan *non parametric* karena pengujianya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

4.1.3.2.1. Distribusi Pearson Tipe III

Contoh perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov untuk data hujan tahun 2016 dengan tinggi hujan (R_{24}) adalah 118 mm :

1. Mengurutkan data dari besar ke kecil berdasarkan curah hujan maksimum dari masing masing tahun. Dari **Tabel 4.3** untuk data hujan tahun 2016 dengan tinggi hujan 118 mm sehingga didapatkan

$$\begin{aligned} m \text{ (peringkat / nomor ranking)} &= 1 \\ n \text{ (jumlah data hujan)} &= 15 \\ X \text{ rata-rata} &= 80,40 \end{aligned}$$

Dengan rumus peluang didapat nilai $P(X)$:

$$P(X) = \left(\frac{m}{n+1} \right) = \left(\frac{1}{(15+1)} \right) = 0,063$$

2. Besarnya $P(X<)$ dapat dicari dengan rumus :

$$P(X<) = 1 - P(X) = 1 - 0,063 = 0,938$$

3. Nilai $f(t)$ dapat dicari dengan rumus :

$$f(t) = \frac{x - \bar{x}}{s} = \frac{118 - 80,40}{20,853} = 1,80$$

4. Besarnya peluang teoritis $P'(X)$ dicari dengan menggunakan Tabel wilayah luas dibawah kurva normal dari nilai $f(t)$ yang terdapat pada lampiran. Dari Tabel dengan nilai $f(t) = 1,80 \Rightarrow$
 $= 0,9641$

Sehingga nilai $P'(X) = 1 - 0,9641$

5. Nilai D dapat dicari dengan rumus :

$$\begin{aligned} D &= P'(X<) - P(X<) \\ &= 0,9641 - 0,938 \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan data hujan yang lain ditabelkan dalam **Tabel 4.8** sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov Distribusi Pearson tipe III

No	Tahun	Rmaks (mm)	Tahun Urut	Data Rmaks Urut x	Peringkat Data m	P(X)	P(X<)	f(t)	Luas Wilayah di Bawah Kurva	P'(X)	P'(X<)	D
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
1	2003	65,00	2016	118,00	1	0,063	0,938	1,80	0,9641	0,0359	0,9641	0,027
2	2004	61,00	2010	113,00	2	0,125	0,875	1,56	0,9406	0,0594	0,9406	0,066
3	2005	64,00	2017	111,00	3	0,188	0,813	1,47	0,9292	0,0708	0,9292	0,117
4	2006	72,00	2014	105,00	4	0,250	0,750	1,18	0,8810	0,1190	0,8810	0,131
5	2007	64,00	2008	84,00	5	0,313	0,688	0,17	0,5675	0,4325	0,5675	0,120
6	2008	84,00	2013	80,00	6	0,375	0,625	-0,02	0,4920	0,5080	0,4920	0,133
7	2009	70,00	2011	72,00	7	0,438	0,563	-0,40	0,3446	0,6554	0,3446	0,218
8	2010	113,00	2006	72,00	8	0,500	0,500	-0,40	0,3446	0,6554	0,3446	0,155
9	2011	72,00	2009	70,00	9	0,563	0,438	-0,50	0,3085	0,6915	0,3085	0,129
10	2012	70,00	2012	70,00	10	0,625	0,375	-0,50	0,3085	0,6915	0,3085	0,067
11	2013	80,00	2003	65,00	11	0,688	0,313	-0,74	0,2296	0,7704	0,2296	0,083
12	2014	105,00	2007	64,00	12	0,750	0,250	-0,79	0,2148	0,7852	0,2148	0,035
13	2015	57,00	2005	64,00	13	0,813	0,188	-0,79	0,2148	0,7852	0,2148	0,027
14	2016	118,00	2004	61,00	14	0,875	0,125	-0,93	0,1762	0,8238	0,1762	0,051
15	2017	111,00	2015	57,00	15	0,938	0,063	-1,12	0,1314	0,8686	0,1314	0,069
Jumlah				1206,00							Dmaks	0,218

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari perhitungan nilai D dalam **Tabel 4.8** di atas didapatkan harga $D_{max} = 0,218$ pada data dengan peringkat 7. Dengan menggunakan tabel nilai kritis D_0 untuk Uji Smirnov – Kolmogorov, untuk derajat kepercayaan 5% dan $N = 15$, maka diperoleh $D_0 = 0,34$

Dapat disimpulkan bahwa $D_{max} < D_0$, maka persamaan distribusi Pearson tipe III diterima untuk menghitung distribusi peluang data hujan harian.

4.1.4. Kesimpulan Analisis Frekuensi

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil Uji Kecocokan untuk menentukan persamaan distribusi yang dapat digunakan adalah distribusi Pearson Tipe III

4.1.5. Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Perhitungan curah hujan periode ulang menggunakan persamaan distribusi Pearson Tipe III

Contoh perhitungan curah hujan periode ulang 5 tahunan adalah sebagai berikut :

- Pada perhitungan sebelumnya didapatkan

$$\bar{X} = 80,40$$

$$S = 20,853$$

$$C_s = 0,867$$

- Nilai k untuk periode $T = 5$ tahunan didapatkan dari tabel variable reduksi Gauss adalah $K = 0,773$

- R_{24} maksimum periode ulang 5 tahunan :

$$X = \bar{X} + S \cdot K$$

$$= 80,40 + 20,853 \cdot 0,773$$

$$X_5 = 96,512 \text{ mm}$$

Perhitungan Curah hujan dengan periode ulang lainnya dapat dilihat pada **Tabel 4.9** berikut

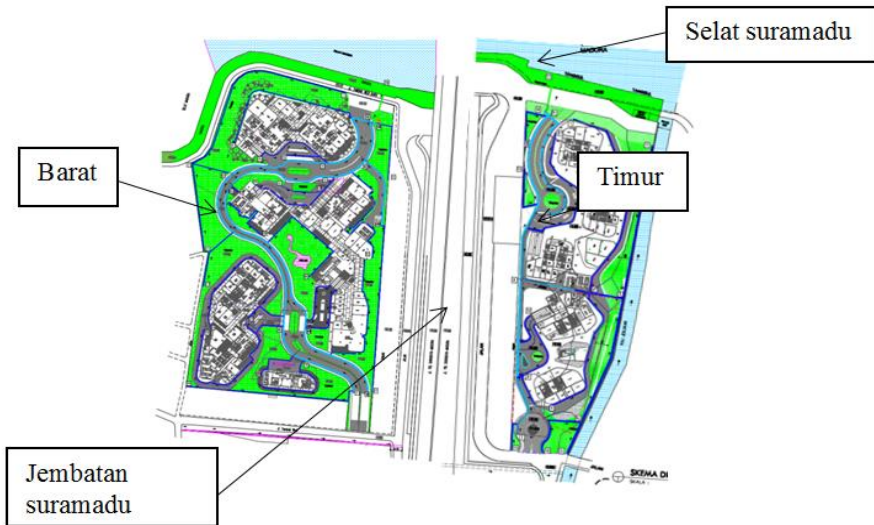
Tabel 4. 9 Curah Hujan Periode Ulang Distribusi

Periode Ulang (Tr) (tahun)	k	X_{Tr} (mm)
[1]	[2]	[3]
1,0101	-1,684	45,280
1,1111	-1,153	56,351
2	-0,143	77,424
5	0,773	96,512
10	1,338	108,301
15	1,562	112,981
25	2,011	122,342
50	2,483	132,178
100	2,935	141,605
200	3,371	150,704
1000	4,347	171,044

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.2. Sistem Jaringan Drainase Apartemen

Untuk sistem jaringan yang ada pada kawasan apartemen Grand Sagara dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian barat dan timur, dikarenakan kawasan apartemen Grand Sagara terpisahkan oleh jembatan Suramadu.



Gambar 4. 2 Lokasi Pekerjaan Kawasan Apartemen Grand Sagara

Sistem Drainase Surabaya Grand Sagara Barat dan Timur dimulai dari air hujan yang jatuh ke atap atau podium bangunan yang masuk ke roofdrain menuju saluran dalam kawasan, air hujan kemudian ditampung dahulu oleh long storage sebelum di pompa menuju ke laut.

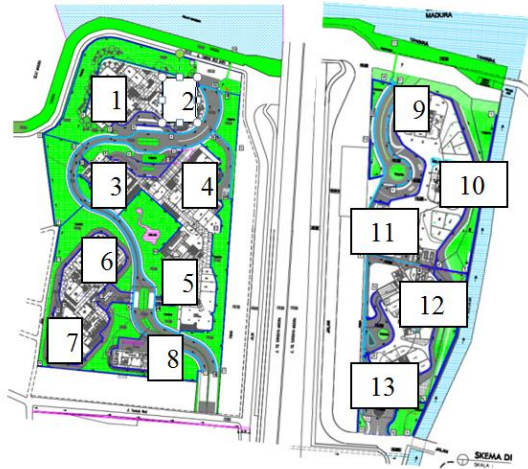
4.2.1 Perhitungan Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) merupakan penjumlahan dari waktu aliran pada lahan (t_0) dengan waktu aliran saluran (t_f) pada suatu titik yang ditinjau / dikontrol. t_0 adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir di permukaan untuk mencapai *inlet* (*overland flow time, time inlet*)

Pada perhitungan waktu konsentrasi dilakukan perhitungan luas *catchment area* yang dilakukan sebanyak 3 kali. Yang pertama luas *catchment* pada atap masing masing gedung.

Yang kedua luas *catchment* pada podium setiap lantai serta yang ketiga luas *catchment* pada jalan kawasan apartemen.

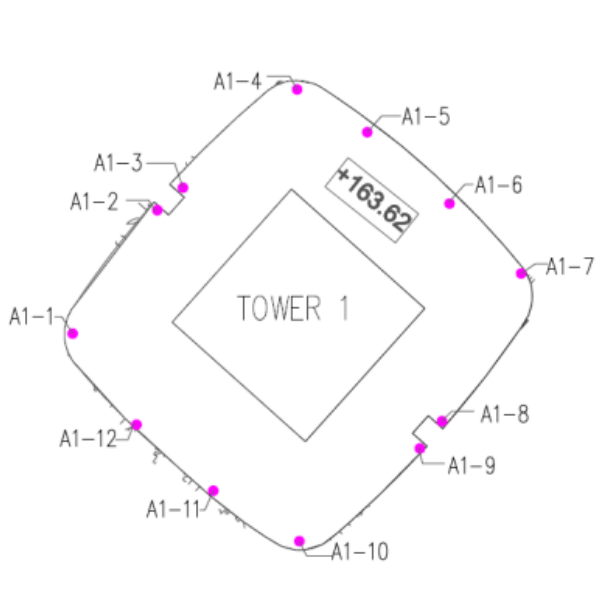
Kawasan apartemen Grand Sagara memiliki 12 gedung apartemen dan 1 kantor. Setiap gedung memiliki beberapa desain dan jumlah lantai yang berbeda, dapat dilihat pada **Gambar 4.3** di bawah



Gambar 4.3 Layout Tower Kawasan Apartemen Grand Sagara

4.2.1.1 Perhitungan t_c pada *roofdrain* atap Apartemen

Pada tower 1,2,9,10,11 terdiri dari 50 lantai dengan elevasi tertinggi adalah +163,62 m dan memiliki desain atap seperti pada **Gambar 4.4** berikut. Setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang.



Gambar 4. 4 Denah *Roofdrain* pada atap tower 1,2,9,10,11

Contoh perhitungan t_c pada tower 1

1. Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 A1 – 1

Nd atap = 0,02 (permukaan beton)

S = 0,0002

L_h = 9,30 m

$$\begin{aligned} t_0 &= 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\ &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{9,30}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\ &= 4,7966 \text{ menit} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 dari lantai elevasi + 163,62 m

$$L \text{ pipa} = 163,62$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2gh} \\ &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 163,62} \\ &= 56,66 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{163,62}{56,66} = 2,89 = 0,0481 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.10**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi 163,62 m dengan cara berikut :

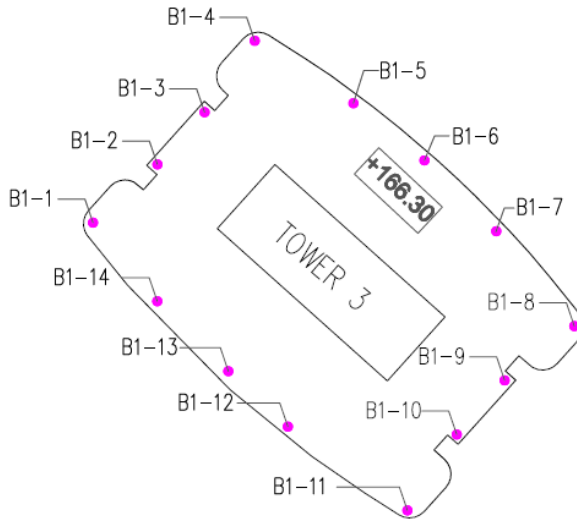
$$\begin{aligned} t_c &= t_0 + t_f \\ &= 4,79 + 0,0481 \\ &= 4,85 \text{ menit} = 0,0807 \text{ jam} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai t_c pada atap tower 1,2,9,10,11 dapat dilihat pada **Tabel 4.10** berikut

Tabel 4. 10 Perhitungan Tower 1,2,9,10,11 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran	kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
		(m)		menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
A1-1	0,02	9,30	0,0002	4,797	163,62	0,15	56,659	0,048	4,845	0,081
A1-2	0,02	7,80	0,0002	4,418	163,62	0,15	56,659	0,048	4,466	0,074
A1-3	0,02	7,80	0,0002	4,418	163,62	0,15	56,659	0,048	4,466	0,074
A1-4	0,02	9,30	0,0002	4,797	163,62	0,15	56,659	0,048	4,845	0,081
A1-5	0,02	8,00	0,0002	4,471	163,62	0,15	56,659	0,048	4,519	0,075
A1-6	0,02	8,00	0,0002	4,471	163,62	0,15	56,659	0,048	4,519	0,075
A1-7	0,02	9,30	0,0002	4,797	163,62	0,15	56,659	0,048	4,845	0,081
A1-8	0,02	7,80	0,0002	4,418	163,62	0,15	56,659	0,048	4,466	0,074
A1-9	0,02	7,80	0,0002	4,418	163,62	0,15	56,659	0,048	4,466	0,074
A1-10	0,02	9,30	0,0002	4,797	163,62	0,15	56,659	0,048	4,845	0,081
A1-11	0,02	8,00	0,0002	4,471	163,62	0,15	56,659	0,048	4,519	0,075
A1-12	0,02	8,00	0,0002	4,471	163,62	0,15	56,659	0,048	4,519	0,075

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4. 5 Denah *Roofdrain* pada atap tower 3,4

Pada tower 3,4 terdiri dari 50 lantai dengan elevasi tertinggi adalah +166,30 m dan memiliki desain atap seperti pada **Gambar 4.5** berikut. Setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang.

Contoh perhitungan t_c pada tower 3

1. Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 B1 – 1

Nd atap = 0,02 (permukaan beton)

S = 0,0002

L_h = 11,10 m

$$\begin{aligned}
 t_0 &= 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\
 &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{11,10}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\
 &= 5,2098 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 dari lantai elevasi + 166,30 m

$$L \text{ pipa} = 166,30$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2gh} \\ &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 166,30} \\ &= 57,12 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{163,30}{57,12} = 2,91 = 0,0485 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.11**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi 163,62 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned} t_c &= t_0 + t_f \\ &= 5,21 + 0,0485 \\ &= 5,26 \text{ menit} = 0,0876 \text{ jam} \end{aligned}$$

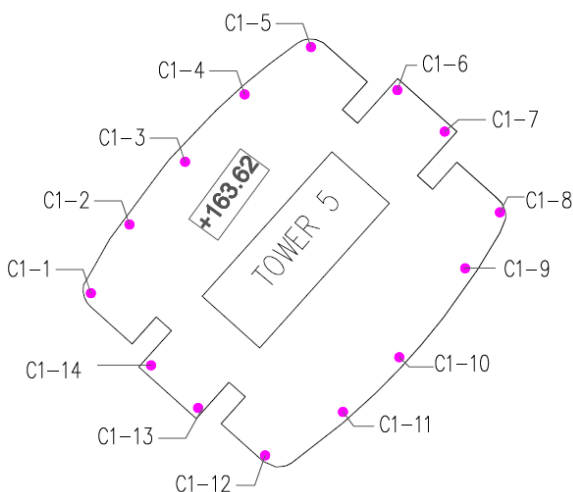
Hasil perhitungan nilai t_c pada atap tower 3,4 dapat dilihat pada **Tabel 4.11** berikut :

Tabel 4. 11 Perhitungan t_c Tower 3,4 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran		kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
		(m)			menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
[1]	[2]	[3]		[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
B1 - 1	0,02	11,10		0,0002	5,2098	166,30	0,15	57,1210	0,0485	5,2583	0,0876
B1 - 2	0,02	7,50		0,0002	4,3382	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,3867	0,0731
B1 - 3	0,02	7,50		0,0002	4,3382	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,3867	0,0731
B1 - 4	0,02	11,10		0,0002	5,2098	166,30	0,15	57,1210	0,0485	5,2583	0,0876
B1 - 5	0,02	8,15		0,0002	4,5099	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,5584	0,0760
B1 - 6	0,02	8,15		0,0002	4,5099	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,5584	0,0760
B1 - 7	0,02	8,15		0,0002	4,5099	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,5584	0,0760
B1 - 8	0,02	11,10		0,0002	5,2098	166,30	0,15	57,1210	0,0485	5,2583	0,0876
B1 - 9	0,02	7,50		0,0002	4,3382	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,3867	0,0731
B1 - 10	0,02	7,50		0,0002	4,3382	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,3867	0,0731
B1 - 11	0,02	11,10		0,0002	5,2098	166,30	0,15	57,1210	0,0485	5,2583	0,0876
B1 - 12	0,02	8,15		0,0002	4,5099	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,5584	0,0760
B1 - 13	0,02	8,15		0,0002	4,5099	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,5584	0,0760
B1 - 14	0,02	8,15		0,0002	4,5099	166,30	0,15	57,1210	0,0485	4,5584	0,0760

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 5,12,13 terdiri dari 50 lantai dengan elevasi tertinggi adalah +163,62 m dan memiliki desain atap seperti pada **Gambar 4.6** berikut. Setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang.



Gambar 4. 6 Denah *Roofdrain* pada tower 5

Contoh perhitungan t_c pada tower 5

1. Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 C1 – 1

Nd atap = 0,02 (permukaan beton)

S = 0,0002

L_h = 163,62 m

$$\begin{aligned} t_0 &= 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\ &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{163,62}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\ &= 4,962 \text{ menit} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 dari lantai elevasi + 163,62 m

$$L \text{ pipa} = 163,62$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2gh} \\ &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 163,62} \\ &= 56,66 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{163,62}{56,66} = 2,89 = 0,0481 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada 4.12

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi 163,62 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned} t_c &= t_0 + t_f \\ &= 4,962 + 0,0481 \\ &= 5,01 \text{ menit} = 0,0835 \text{ jam} \end{aligned}$$

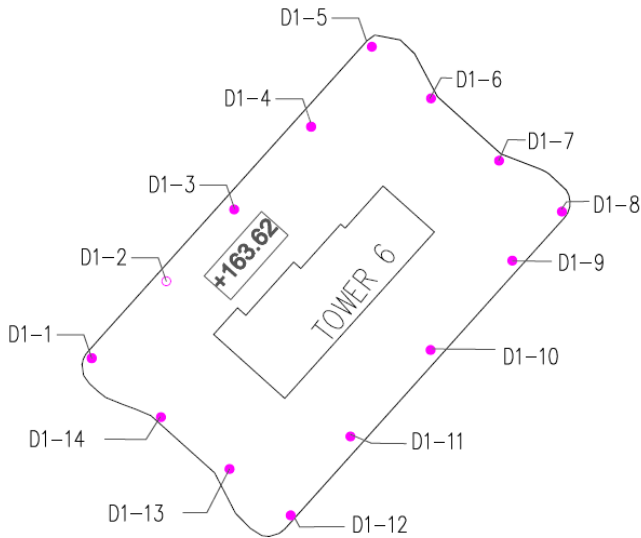
Hasil perhitungan nilai t_c pada atap tower 5,12,13 dapat dilihat pada **Tabel 4.12** berikut :

Tabel 4. 12 Perhitungan t_c Tower 5,12,13 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran	kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
		(m)		menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
C1 - 1	0,02	10,00	0,0002	4,9620	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	5,0101	0,0835
C1 - 2	0,02	8,80	0,0002	4,6744	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,7225	0,0787
C1 - 3	0,02	8,80	0,0002	4,6744	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,7225	0,0787
C1 - 4	0,02	8,80	0,0002	4,6744	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,7225	0,0787
C1 - 5	0,02	10,00	0,0002	4,9620	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	5,0101	0,0835
C1 - 6	0,02	7,40	0,0002	4,3111	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,3592	0,0727
C1 - 7	0,02	7,40	0,0002	4,3111	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,3592	0,0727
C1 - 8	0,02	10,00	0,0002	4,9620	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	5,0101	0,0835
C1 - 9	0,02	8,80	0,0002	4,6744	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,7225	0,0787
C1 - 10	0,02	8,80	0,0002	4,6744	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,7225	0,0787
C1 - 11	0,02	8,80	0,0002	4,6744	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,7225	0,0787
C1 - 12	0,02	10,00	0,0002	4,9620	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	5,0101	0,0835
C1 - 13	0,02	7,40	0,0002	4,3111	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,3592	0,0727
C1 - 14	0,02	7,40	0,0002	4,3111	163,6200	0,1500	56,6588	0,0481	4,3592	0,0727

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 6,7 terdiri dari 50 lantai dengan elevasi tertinggi adalah +163,62 m dan memiliki desain atap seperti pada **Gambar 4.7** berikut. Setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang.



Gambar 4.7 Denah *Roofdrain* pada tower 6,7

Contoh perhitungan t_c pada tower 6

1. Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 D1 – 1

Nd atap = 0,02 (permukaan beton)

S = 0,0002

L_h = 12,30 m

$t_0 = 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467}$

$$\begin{aligned}
 &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{12,3}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\
 &= 5,4656 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 dari lantai elevasi + 163,62 m

$$L \text{ pipa} = 163,62$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \sqrt{2gh} \\
 &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 163,62}
 \end{aligned}$$

$$= 56,656 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{163,62}{56,656} = 2,888 = 0,0481 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Gambar 4.13**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi +163,62 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned}
 t_c &= t_0 + t_f \\
 &= 5,4656 + 0,0481 \\
 &= 5,5137 \text{ menit} = 0,0919 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

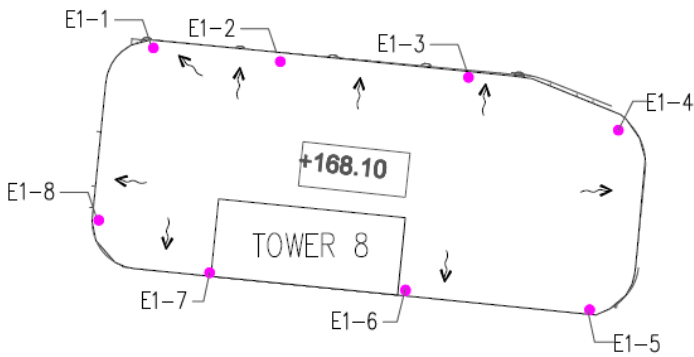
Hasil perhitungan nilai t_c pada atap tower 6,7 dapat dilihat pada **Tabel 4.13** berikut :

Tabel 4. 13 Perhitungan t_c Tower 6,7 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran	kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
		(m)		menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
D1-1	0,02	12,30	0,0002	5,4656	163,62	0,20	56,6588	0,0481	5,5137	0,0919
D1-2	0,02	5,70	0,0002	3,8163	163,62	0,15	56,6588	0,0481	3,8645	0,0644
D1-3	0,02	7,20	0,0002	4,2563	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,3044	0,0717
D1-4	0,02	8,18	0,0002	4,5176	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,5657	0,0761
D1-5	0,02	8,10	0,0002	4,4969	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,5451	0,0758
D1-6	0,02	8,10	0,0002	4,4969	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,5451	0,0758
D1-7	0,02	7,40	0,0002	4,3111	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,3592	0,0727
D1-8	0,02	12,30	0,0002	5,4656	163,62	0,15	56,6588	0,0481	5,5137	0,0919
D1-9	0,02	7,30	0,0002	4,2838	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,3319	0,0722
D1-10	0,02	7,30	0,0002	4,2838	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,3319	0,0722
D1-11	0,02	7,30	0,0002	4,2838	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,3319	0,0722
D1-12	0,02	12,30	0,0002	5,4656	163,62	0,15	56,6588	0,0481	5,5137	0,0919
D1-13	0,02	8,10	0,0002	4,4969	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,5451	0,0758
D1-14	0,02	8,10	0,0002	4,4969	163,62	0,15	56,6588	0,0481	4,5451	0,0758

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 8 terdiri dari 50 lantai dengan elevasi tertinggi adalah +168,10 m dan memiliki desain atap seperti pada **Gambar 4.8** berikut. Setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang.



Gambar 4.8 Denah *Roofdrain* pada tower 8

Contoh perhitungan t_c pada Tower 8

1. Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 E1 – 1

Nd atap = 0,02 (permukaan beton)

S = 0,0002

L_h = 8,70 m

$$\begin{aligned} t_0 &= 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\ &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{8,70}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\ &= 4,65 \text{ menit} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 dari lantai elevasi + 168,10 m

$$L \text{ pipa} = 168,10$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2gh} \\ &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 168,10} \\ &= 57,43 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{168,10}{57,43} = 2,93 = 0,049 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.14**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi +168,10 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned} t_c &= t_0 + t_f \\ &= 4,65 + 0,0187 \\ &= 4,698 \text{ menit} = 0,0783 \text{ jam} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai t_c pada atap tower 8, dapat dilihat pada **Tabel 4.14** berikut :

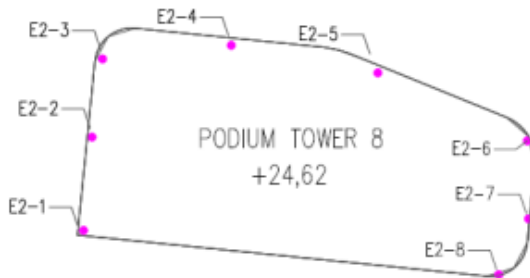
Tabel 4. 14 Perhitungan t_c Tower 8 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran	kemiringan atap (s)	t_0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
		(m)		menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
E1-1	0,02	8,70	0,0002	4,6495	168,10	0,15	57,4293	0,0488	4,6983	0,0783
E1-2	0,02	8,50	0,0002	4,5993	168,10	0,15	57,4293	0,0488	4,6481	0,0775
E1-3	0,02	8,50	0,0002	4,5993	168,10	0,15	57,4293	0,0488	4,6481	0,0775
E1-4	0,02	9,50	0,0002	4,8445	168,10	0,15	57,4293	0,0488	4,8933	0,0816
E1-5	0,02	11,00	0,0002	5,1878	168,10	0,15	57,4293	0,0488	5,2366	0,0873
E1-6	0,02	10,30	0,0002	5,0309	168,10	0,15	57,4293	0,0488	5,0797	0,0847
E1-7	0,02	10,30	0,0002	5,0309	168,10	0,15	57,4293	0,0488	5,0797	0,0847
E1-8	0,02	8,30	0,0002	4,5484	168,10	0,15	57,4293	0,0488	4,5972	0,0766

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.2.1.2 Perhitungan t_c pada *roofdrain* Podium Apartemen

Pada tower 8. Terdapat podium dengan elevasi + 24,62 m, dengan desain podium seperti pada **Gambar 4.9** berikut. setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang



Gambar 4. 9 Denah *Roofdrain* pada Podium tower 8

Contoh perhitungan t_c pada podium tower 8

- Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 E1 – 1
 N_d atap = 0,02 (permukaan beton)
 $S = 0,0002$
 $L_h = 5,70$ m
 $t_0 = 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467}$
 $= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{5,70}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467}$
 $= 3,8163$ menit

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 m dari lantai elevasi + 24,80 m

$$L \text{ pipa} = 24,80$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2gh} \\ &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 24,80} \\ &= 21,06 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{24,80}{21,06} = 1,12 = 0,0187 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.15**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi +24,80 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned} t_c &= t_0 + t_f \\ &= 3,8163 + 0,0187 \\ &= 3,835 \text{ menit} = 0,0639 \text{ jam} \end{aligned}$$

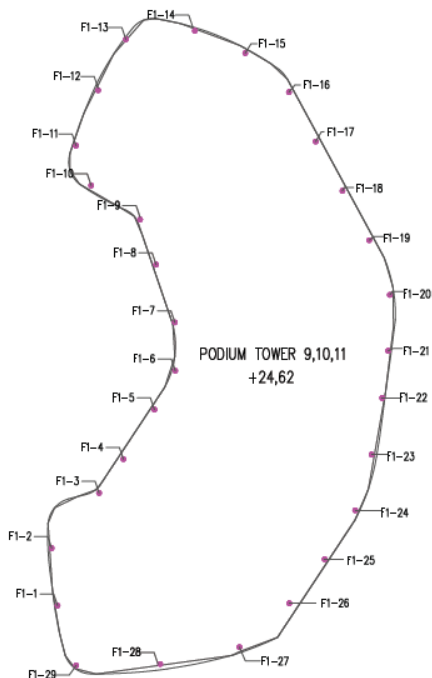
Hasil perhitungan nilai t_c pada atap podium tower 8 dapat dilihat pada **Tabel 4.15** berikut :

Tabel 4. 15 Perhitungan t_c Podium Tower 8 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran (m)	kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
				menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
E2-1	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,8351	0,0639
E2-2	0,02	5,50	0,0002	3,7532	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,7719	0,0629
E2-3	0,02	6,10	0,0002	3,9391	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,9579	0,0660
E2-4	0,02	5,90	0,0002	3,8783	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,8970	0,0650
E2-5	0,02	5,90	0,0002	3,8783	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,8970	0,0650
E2-6	0,02	6,00	0,0002	3,9089	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,9276	0,0655
E2-7	0,02	5,00	0,0002	3,5898	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,6086	0,0601
E2-8	0,02	5,20	0,0002	3,6562	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,6749	0,0612

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 9,10,11 Terdapat podium dengan elevasi + 24,63 m, dengan desain podium seperti pada **Gambar 4.10** berikut. setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang



Gambar 4. 10 Denah *Roofdrain* pada Podium tower 9,10,11

Contoh perhitungan t_c pada podium tower 9,10,11

1. Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 F1 – 1
 $N_d \text{ atap} = 0,02$ (permukaan beton)
 $S = 0,0002$
 $L_h = 5,50 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 t_0 &= 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\
 &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{5,50}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\
 &= 3,75 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 m dari lantai elevasi + 24,63 m

$$L \text{ pipa} = 24,63$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \sqrt{2gh} \\
 &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 24,80}
 \end{aligned}$$

$$= 21,06 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{24,80}{21,06} = 1,12 = 0,0187 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.16**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi + 24,63 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned}
 t_c &= t_0 + t_f \\
 &= 3,75 + 0,0187 \\
 &= 3,7719 \text{ menit} = 0,0629 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

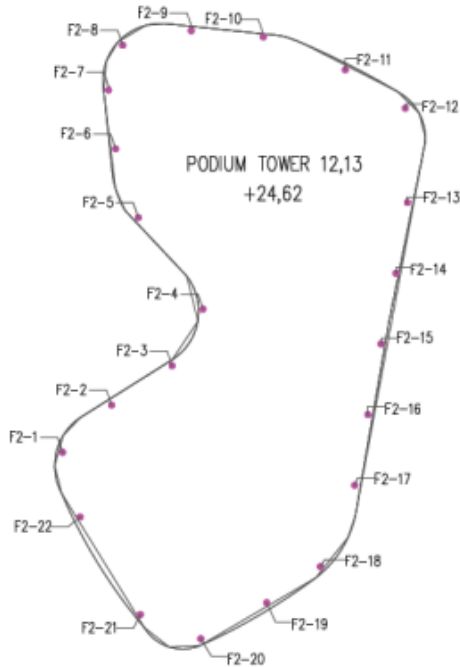
Hasil perhitungan nilai t_c pada atap podium tower 8 dapat dilihat pada **Tabel 4.16** berikut :

Tabel 4. 16 Perhitungan t_c Podium Tower 9,10,11 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran (m)	kemiringan atap (s)	t_0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
				menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
F1-1	0,02	5,50	0,0002	3,7532	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,7719	0,0629
F1-2	0,02	5,00	0,0002	3,5898	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,6085	0,0601
F1-3	0,02	5,40	0,0002	3,7212	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,7399	0,0623
F1-4	0,02	5,20	0,0002	3,6562	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,6748	0,0612
F1-5	0,02	15,70	0,0002	6,1255	24,63	0,15	21,9805	0,0187	6,1441	0,1024
F1-6	0,02	16,00	0,0002	6,1798	24,63	0,15	21,9805	0,0187	6,1985	0,1033
F1-7	0,02	17,00	0,0002	6,3573	24,63	0,15	21,9805	0,0187	6,3760	0,1063
F1-8	0,02	5,60	0,0002	3,7849	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,8036	0,0634
F1-9	0,02	5,50	0,0002	3,7532	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,7719	0,0629
F1-10	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,8350	0,0639
F1-11	0,02	22,20	0,0002	7,2011	24,63	0,15	21,9805	0,0187	7,2198	0,1203
F1-12	0,02	20,70	0,0002	6,9697	24,63	0,15	21,9805	0,0187	6,9883	0,1165
F1-13	0,02	19,50	0,0002	6,7780	24,63	0,15	21,9805	0,0187	6,7966	0,1133
F1-14	0,02	7,60	0,0002	4,3651	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,3838	0,0731
F1-15	0,02	8,70	0,0002	4,6495	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,6682	0,0778
F1-16	0,02	7,40	0,0002	4,3111	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,3297	0,0722
F1-17	0,02	7,10	0,0002	4,2285	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,2472	0,0708
F1-18	0,02	6,40	0,0002	4,0285	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,0471	0,0675
F1-19	0,02	6,40	0,0002	4,0285	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,0471	0,0675
F1-20	0,02	8,00	0,0002	4,4709	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,4896	0,0748
F1-21	0,02	19,40	0,0002	6,7617	24,63	0,15	21,9805	0,0187	6,7804	0,1130
F1-22	0,02	14,50	0,0002	5,9022	24,63	0,15	21,9805	0,0187	5,9208	0,0987
F1-23	0,02	6,50	0,0002	4,0577	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,0764	0,0679
F1-24	0,02	7,65	0,0002	4,3785	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,3971	0,0733
F1-25	0,02	17,60	0,0002	6,4611	24,63	0,15	21,9805	0,0187	6,4798	0,1080
F1-26	0,02	8,00	0,0002	4,4709	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,4896	0,0748
F1-27	0,02	4,90	0,0002	3,5561	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,5748	0,0596
F1-28	0,02	4,40	0,0002	3,3818	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,4005	0,0567
F1-29	0,02	6,30	0,0002	3,9989	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,0176	0,0670

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 12,13. Terdapat podium dengan elevasi + 24,62 m, dengan desain podium seperti pada **Gambar 4.11** berikut. setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang



Gambar 4. 11 Denah *Roofdrain* pada Podium tower 12,13

Contoh perhitungan t_c pada podium tower 12,13

1. Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 F2 – 1
 Nd atap = 0,02 (permukaan beton)
 $S = 0,0002$
 $L_h = 6,40 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 t_0 &= 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\
 &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{6,40}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\
 &= 4,0285 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 m dari lantai elevasi + 24,62 m

$$L \text{ pipa} = 24,62$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \sqrt{2gh} \\
 &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 24,62}
 \end{aligned}$$

$$= 21,98 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{24,62}{21,98} = 1,12 = 0,0187 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.17**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi + 24,80 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned}
 t_c &= t_0 + t_f \\
 &= 4,0285 + 0,0187 \\
 &= 4,0471 \text{ menit} = 0,0675 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

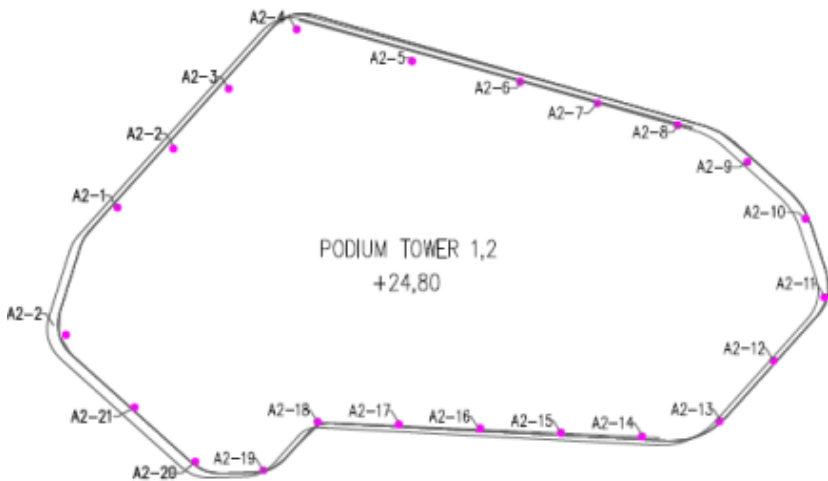
Hasil perhitungan nilai t_c pada atap podium tower 12,13 dapat dilihat pada **Tabel 4.17** berikut :

Tabel 4. 17 Perhitungan t_c Podium Tower 12,13 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran	kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
		(m)		menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
F2-1	0,02	6,40	0,0002	4,0285	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,0471	0,0675
F2-2	0,02	5,80	0,0002	3,8475	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,8661	0,0644
F2-3	0,02	7,80	0,0002	4,4184	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,4370	0,0740
F2-4	0,02	12,24	0,0002	5,4531	24,63	0,15	21,9805	0,0187	5,4718	0,0912
F2-5	0,02	8,15	0,0002	4,5099	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,5285	0,0755
F2-6	0,02	7,60	0,0002	4,3651	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,3838	0,0731
F2-7	0,02	11,40	0,0002	5,2751	24,63	0,15	21,9805	0,0187	5,2937	0,0882
F2-8	0,02	13,40	0,0002	5,6887	24,63	0,15	21,9805	0,0187	5,7073	0,0951
F2-9	0,02	7,20	0,0002	4,2563	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,2749	0,0712
F2-10	0,02	6,40	0,0002	4,0285	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,0471	0,0675
F2-11	0,02	5,40	0,0002	3,7212	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,7399	0,0623
F2-12	0,02	7,47	0,0002	4,3301	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,3487	0,0725
F2-13	0,02	5,57	0,0002	3,7754	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,7941	0,0632
F2-14	0,02	5,57	0,0002	3,7754	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,7941	0,0632
F2-15	0,02	13,90	0,0002	5,7868	24,63	0,15	21,9805	0,0187	5,8055	0,0968
F2-16	0,02	14,65	0,0002	5,9306	24,63	0,15	21,9805	0,0187	5,9493	0,0992
F2-17	0,02	10,20	0,0002	5,0081	24,63	0,15	21,9805	0,0187	5,0267	0,0838
F2-18	0,02	4,30	0,0002	3,3457	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,3643	0,0561
F2-19	0,02	4,30	0,0002	3,3457	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,3643	0,0561
F2-20	0,02	5,75	0,0002	3,8319	24,63	0,15	21,9805	0,0187	3,8506	0,0642
F2-21	0,02	9,58	0,0002	4,8635	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,8822	0,0814
F2-22	0,02	9,58	0,0002	4,8635	24,63	0,15	21,9805	0,0187	4,8822	0,0814

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 1,2. Terdapat podium dengan elevasi + 24,80 m, dengan desain podium seperti pada **Gambar 4.12** berikut. setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang.



Gambar 4. 12 Denah *Roofdrain* pada podium tower 1,2.

Contoh perhitungan t_c pada Podium Tower 12

- Perhitungan t_0 pada saluran roofdrain tower 1 A2 – 1
 N_d atap = 0,02 (permukaan beton)
 $S = 0,0002$
 $L_h = 5,20$ m
 $t_0 = 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467}$

$$\begin{aligned}
 &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{5,20}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\
 &= 3,66 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada rooftop dapat dilihat pada **Tabel 4.18**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 m dari lantai elevasi + 24,80 m

$$L \text{ pipa} = 24,80$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \sqrt{2gh} \\
 &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 24,80} \\
 &= 22,06 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{24,80}{22,06} = 1,12 = 0,0187 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari roofdrain dapat dilihat pada **Tabel 4.18**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi + 163,62 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned}
 t_c &= t_0 + t_f \\
 &= 3,66 + 0,0187 \\
 &= 3,67 \text{ menit} = 0,0612 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

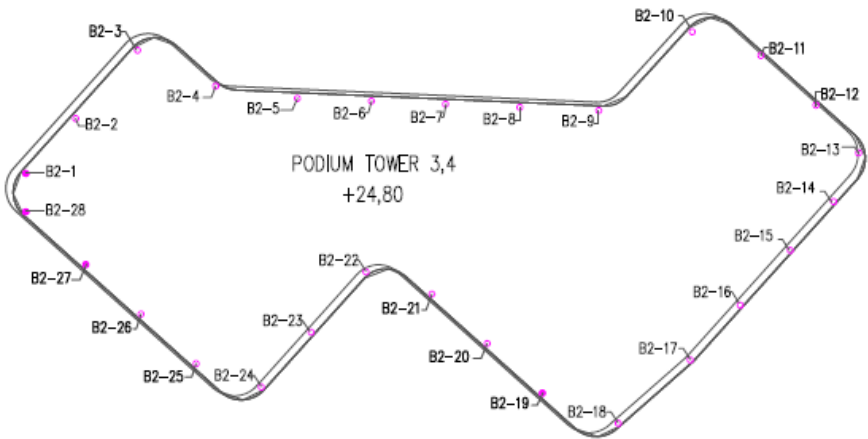
Hasil perhitungan nilai t_c pada podium tower 1,2 dapat dilihat pada **Tabel 4.18** berikut

Tabel 4. 18 Perhitungan t_c Podium Tower 1,2 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran		kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
		(m)			menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
[1]	[2]	[3]		[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
A2-1	0,02	5,20		0,0002	3,6562	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,6749	0,0612
A2-2	0,02	5,20		0,0002	3,6562	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,6749	0,0612
A2-3	0,02	20,12		0,0002	6,8778	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,8965	0,1149
A2-4	0,02	17,70		0,0002	6,4782	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,4970	0,1083
A2-5	0,02	19,30		0,0002	6,7454	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,7641	0,1127
A2-6	0,02	19,20		0,0002	6,7291	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,7478	0,1125
A2-7	0,02	20,10		0,0002	6,8746	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,8933	0,1149
A2-8	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-9	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-10	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-11	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-12	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-13	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-14	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-15	0,02	15,20		0,0002	6,0336	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,0523	0,1009
A2-16	0,02	19,45		0,0002	6,7698	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,7886	0,1131
A2-17	0,02	19,50		0,0002	6,7780	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,7967	0,1133
A2-18	0,02	11,30		0,0002	5,2534	24,80	0,15	22,0585	0,0187	5,2721	0,0879
A2-19	0,02	5,00		0,0002	3,5898	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,6086	0,0601
A2-20	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-21	0,02	4,50		0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-22	0,02	7,50		0,0002	4,3382	24,80	0,15	22,0585	0,0187	4,3569	0,0726

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 3,4. Terdapat podium dengan elevasi + 24,80 m, dengan desain podium seperti pada **Gambar 4.13** berikut. setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang.



Gambar 4. 13 Denah *Roofdrain* pada podium tower 3,4

Contoh perhitungan t_c pada tower 3

1. Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 B2 – 1

Nd atap = 0,02 (permukaan beton)

S = 0,0002

L_h = 4,50 m

$$\begin{aligned} t_0 &= 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\ &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{4,50}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\ &= 3,4175 \text{ menit} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.19**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 m dari lantai elevasi + 24,80 m

$$L \text{ pipa} = 24,80$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{2gh}$$

$$= \sqrt{2 \times 9,81 \times 24,80}$$

$$= 22,06 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{24,80}{22,06} = 1,12 = 0,0187 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.19**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi + 24,80 m dengan cara berikut :

$$t_c = t_0 + t_f$$

$$= 3,42 + 0,0187$$

$$= 3,44 \text{ menit} = 0,573 \text{ jam}$$

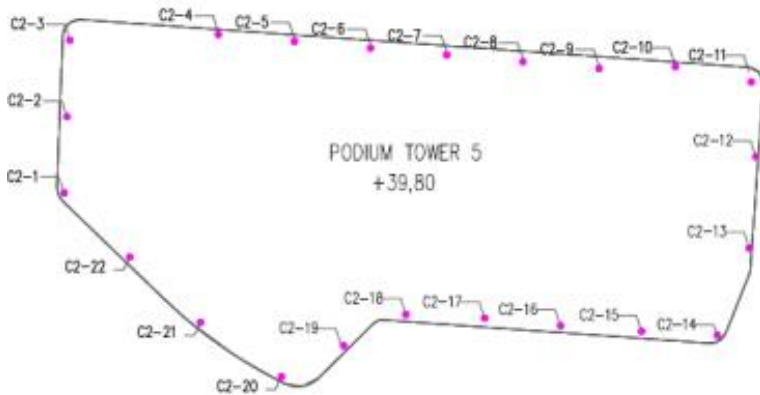
Hasil perhitungan nilai t_c pada podium tower 3,4 dapat dilihat pada **Tabel 4.19** berikut

Tabel 4. 19 Perhitungan t_c Podium Tower 3,4 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran (m)	kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
				menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
A2-1	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-2	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-3	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-4	0,02	4,00	0,0002	3,2346	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,2533	0,0542
A2-5	0,02	8,00	0,0002	4,4709	24,80	0,15	22,0585	0,0187	4,4896	0,0748
A2-6	0,02	12,00	0,0002	5,4029	24,80	0,15	22,0585	0,0187	5,4217	0,0904
A2-7	0,02	10,00	0,0002	4,9620	24,80	0,15	22,0585	0,0187	4,9807	0,0830
A2-8	0,02	12,00	0,0002	5,4029	24,80	0,15	22,0585	0,0187	5,4217	0,0904
A2-9	0,02	4,00	0,0002	3,2346	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,2533	0,0542
A2-10	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-11	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-12	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-13	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-14	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-15	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-16	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-17	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-18	0,02	14,35	0,0002	5,8736	24,80	0,15	22,0585	0,0187	5,8923	0,0982
A2-19	0,02	15,00	0,0002	5,9964	24,80	0,15	22,0585	0,0187	6,0151	0,1003
A2-20	0,02	12,80	0,0002	5,5683	24,80	0,15	22,0585	0,0187	5,5870	0,0931
A2-21	0,02	13,70	0,0002	5,7478	24,80	0,15	22,0585	0,0187	5,7665	0,0961
A2-22	0,02	8,90	0,0002	4,6991	24,80	0,15	22,0585	0,0187	4,7179	0,0786
A2-23	0,02	4,50	0,0002	3,4175	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,4362	0,0573
A2-24	0,02	3,90	0,0002	3,1965	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,2153	0,0536
A2-25	0,02	3,80	0,0002	3,1580	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,1767	0,0529
A2-26	0,02	3,80	0,0002	3,1580	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,1767	0,0529
A2-27	0,02	3,80	0,0002	3,1580	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,1767	0,0529
A2-28	0,02	3,80	0,0002	3,1580	24,80	0,15	22,0585	0,0187	3,1767	0,0529

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 5. Terdapat podium dengan elevasi + 39,80 m, dengan desain podium seperti pada **Gambar 4.14** berikut. setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang



Gambar 4. 14 Denah *Roofdrain* pada podium tower 5

Contoh perhitungan t_c pada tower 5

- Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 C2 – 1
 N_d atap = 0,02 (permukaan beton)
 $S = 0,0002$
 $L^h = 10,40$ m
 $t_0 = 1,44 \times \left(n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467}$
 $= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{10,40}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467}$
 $= 5,0537$ menit

Untuk hasil perhitungan t_0 pada *rooftop* dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 m dari lantai elevasi + 39,80 m

$$L \text{ pipa} = 39,80$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2gh} \\ &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 39,80} \\ &= 27,94 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{39,80}{2794} = 1,424 = 0,024 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.20**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi +163,62 m dengan cara berikut :

$$\begin{aligned} t_c &= t_0 + t_f \\ &= 5,0537 + 0,024 \\ &= 5,077 \text{ menit} = 0,0846 \text{ jam} \end{aligned}$$

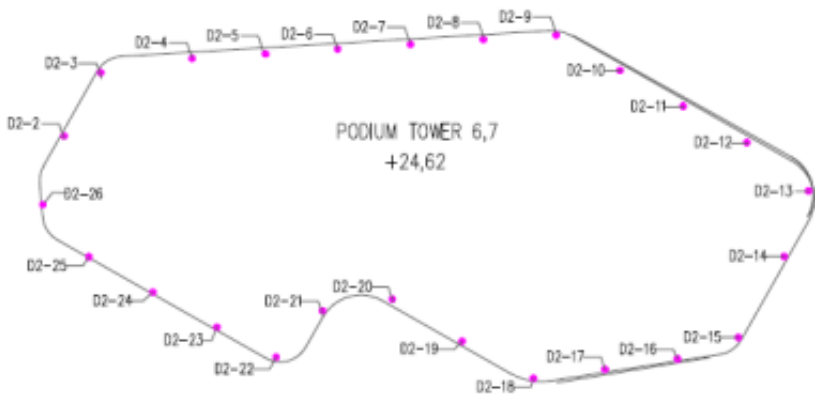
Hasil perhitungan nilai t_c pada atap podium tower 5, dapat dilihat pada **Tabel 4.20** berikut :

Tabel 4. 20 Perhitungan tc Podium Tower 5, Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran	kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
		(m)		menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
C2-1	0,02	10,40	0,0002	5,0537	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,0774	0,0846
C2-2	0,02	12,30	0,0002	5,4656	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,4893	0,0915
C2-3	0,02	19,10	0,0002	6,7127	39,80	0,15	27,9442	0,0237	6,7364	0,1123
C2-4	0,02	8,00	0,0002	4,4709	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,4946	0,0749
C2-5	0,02	11,15	0,0002	5,2207	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,2445	0,0874
C2-6	0,02	11,15	0,0002	5,2207	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,2445	0,0874
C2-7	0,02	11,15	0,0002	5,2207	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,2445	0,0874
C2-8	0,02	11,15	0,0002	5,2207	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,2445	0,0874
C2-9	0,02	11,15	0,0002	5,2207	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,2445	0,0874
C2-10	0,02	11,15	0,0002	5,2207	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,2445	0,0874
C2-11	0,02	8,14	0,0002	4,5073	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,5310	0,0755
C2-12	0,02	3,50	0,0002	3,0390	39,80	0,15	27,9442	0,0237	3,0628	0,0510
C2-13	0,02	3,50	0,0002	3,0390	39,80	0,15	27,9442	0,0237	3,0628	0,0510
C2-14	0,02	10,10	0,0002	4,9851	39,80	0,15	27,9442	0,0237	5,0088	0,0835
C2-15	0,02	9,50	0,0002	4,8445	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,8682	0,0811
C2-16	0,02	9,60	0,0002	4,8683	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,8920	0,0815
C2-17	0,02	9,60	0,0002	4,8683	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,8920	0,0815
C2-18	0,02	9,60	0,0002	4,8683	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,8920	0,0815
C2-19	0,02	3,00	0,0002	2,8279	39,80	0,15	27,9442	0,0237	2,8517	0,0475
C2-20	0,02	7,50	0,0002	4,3382	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,3619	0,0727
C2-21	0,02	7,50	0,0002	4,3382	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,3619	0,0727
C2-22	0,02	7,50	0,0002	4,3382	39,80	0,15	27,9442	0,0237	4,3619	0,0727

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada tower 6,7. Terdapat podium dengan elevasi + 24,62 m, dengan desain podium seperti pada **Gambar 4.15** berikut. setelah masuk ke pipa *roofdrain*, air hujan langsung dialirkan menuju saluran kawasan apartemen untuk dialirkan menuju saluran pembuang



Gambar 4. 15 Denah *Roofdrain* pada podium tower 6,7

Contoh perhitungan t_c pada podium 6,7

- Perhitungan t_0 pada saluran *roofdrain* tower 1 D2 – 1
 N_d atap = 0,02 (permukaan beton)
 $S = 0,0002$
 $L_h = 5,60$ m
 $t_0 = 1,44 \times \left(n d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467}$
 $= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{5,60}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467}$
 $= 3,7849$ menit

Untuk hasil perhitungan t_0 pada rooftop dapat dilihat pada **Tabel 4.21**.

2. Perhitungan t_f

Pada penyaluran air hujan melalui pipa menggunakan pipa dengan diameter 0,15 m dari lantai elevasi + 24,62 m

$$L \text{ pipa} = 24,62$$

$$D \text{ pipa} = 0,15 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{2gh}$$

$$= \sqrt{2 \times 9,81 \times 24,62}$$

$$= 21,98 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{24,62}{21,98} = 1,12 = 0,0187 \text{ menit}$$

Hasil perhitungan t_f pada saluran dari *roofdrain* dapat dilihat pada **Tabel 4.21**

3. Perhitungan t_c

Setelah diketahui t_0 serta t_f , maka dihitung waktu konsentrasi dari lantai atap elevasi +24,62 m dengan cara berikut :

$$t_c = t_0 + t_f$$

$$= 3,785 + 0,0187$$

$$= 3,81 \text{ menit} = 0,0634 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan nilai t_c pada atap podium tower 6, 7 dapat dilihat pada **Tabel 4.21** berikut :

Tabel 4. 21 Perhitungan t_c podium Tower 6 ,7 Kawasan Apartemen Grand Sagara

Pipa Air Hujan	nd atap (beton)	panjang pengaliran (m)	kemiringan atap (s)	t0	L pipa	D pipa	V	tF	tC	
				menit	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)	(jam)
D2-1	0,02	5,60	0,0002	3,7849	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,8036	0,0634
D2-2	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,8350	0,0639
D2-3	0,02	7,80	0,0002	4,4184	24,62	0,15	21,9783	0,0187	4,4370	0,0740
D2-4	0,02	9,10	0,0002	4,7482	24,62	0,15	21,9783	0,0187	4,7668	0,0794
D2-5	0,02	15,40	0,0002	6,0705	24,62	0,15	21,9783	0,0187	6,0892	0,1015
D2-6	0,02	15,60	0,0002	6,1072	24,62	0,15	21,9783	0,0187	6,1259	0,1021
D2-7	0,02	15,90	0,0002	6,1618	24,62	0,15	21,9783	0,0187	6,1804	0,1030
D2-8	0,02	19,45	0,0002	6,7698	24,62	0,15	21,9783	0,0187	6,7885	0,1131
D2-9	0,02	8,00	0,0002	4,4709	24,62	0,15	21,9783	0,0187	4,4896	0,0748
D2-10	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,8350	0,0639
D2-11	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,8350	0,0639
D2-12	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,8350	0,0639
D2-13	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,8350	0,0639
D2-14	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,8350	0,0639
D2-15	0,02	5,30	0,0002	3,6888	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,7075	0,0618
D2-16	0,02	6,20	0,0002	3,9692	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,9878	0,0665
D2-17	0,02	5,70	0,0002	3,8163	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,8350	0,0639
D2-18	0,02	11,40	0,0002	5,2751	24,62	0,15	21,9783	0,0187	5,2937	0,0882
D2-19	0,02	19,20	0,0002	6,7291	24,62	0,15	21,9783	0,0187	6,7477	0,1125
D2-20	0,02	20,60	0,0002	6,9539	24,62	0,15	21,9783	0,0187	6,9726	0,1162
D2-21	0,02	19,00	0,0002	6,6962	24,62	0,15	21,9783	0,0187	6,7149	0,1119
D2-22	0,02	8,90	0,0002	4,6991	24,62	0,15	21,9783	0,0187	4,7178	0,0786
D2-23	0,02	4,80	0,0002	3,5220	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,5407	0,0590
D2-24	0,02	4,80	0,0002	3,5220	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,5407	0,0590
D2-25	0,02	4,80	0,0002	3,5220	24,62	0,15	21,9783	0,0187	3,5407	0,0590

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.2.1.3 Perhitungan t_c pada saluran kawasan Apartemen

Berikut adalah contoh perhitungan untuk saluran S23-LS

1. Perhitungan t_0

- T_0 taman

$$\begin{aligned} \text{Luas area} &= 301,48 \text{ m}^2 \\ &= 0,000301 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang pengaliran (I)} = 15,03 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} t_0 &= 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\ &= 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{15,03}{\sqrt{0,0002}} \right)^{0,467} \\ &= 4,533 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Perhitungan t_f

$$L \text{ saluran} = 22,75 \text{ m}$$

$$B = 0,60 \text{ m}$$

$$H = 0,40 \text{ m (tinggi jagaan 0,20)}$$

$$A = b \times h = 0,60 \times 0,40 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= b + (2 \times h) = 0,60 + (2 \times 0,40) \\ &= 1,40 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,24}{1,40} = 0,171 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,171^{\frac{2}{3}} \times 0,00067^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,497 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{22,75}{0,487}$$

$$= 51,842 \text{ detik} = 0,864 \text{ menit}$$

3. Perhitungan t_c

$$t_c = t_0 + t_f$$

$$= 4,533 + 0,864$$

$$= 5,397 \text{ menit}$$

$$= 0,090 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan t_c pada saluran kawasan apartemen selengkapnya ditulis di **Tabel 4.22**

4.2.2 Perhitungan Intesitas Hujan

Contoh perhitungan intesitas hujan untuk saluran S23 – LS

Perhitungan intesitas hujan menggunakan rumus mononobe.

$$R_{24} = 96,512 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,090 \text{ jam}$$

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

$$= \frac{96,512}{24} \times \left(\frac{24}{0,090} \right)^{\frac{2}{3}} = 166,660 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan dapat dilihat pada **Tabel 4.28** dan **Tabel 4.29**

4.2.3. Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah perkiraan limpasan air hujan yang melimpas nilai koefisien pengaliran yang berbeda. Permukaan lahan memiliki nilai koefisien pengaliran yang berbeda. Dalam suatu sistem drainase biasanya berbeda – beda sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk C gabungan.

Contoh perhitungan nilai $C_{gabungan}$

Untuk ruas S23 – LS :

$$\text{Luas Taman} = 150,20 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Jalan} = 141,02 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Bangunan} = 10,26 \text{ m}^2$$

$$C_{taman} = 0,35$$

$$C_{jalan} = 0,75$$

$$C_{bangunan} = 0,85$$

$$C_{gabungan} = \frac{\sum c \cdot A}{\sum A}$$

$$= \frac{(150,20 \times 0,35) + (141,02 \times 0,75) + (10,26 \times 0,85)}{150,20 + 141,02 + 10,26}$$

$$= 0,62$$

Untuk perhitungan C gabungan selengkapnya ditulis pada **Tabel 4.20**

Tabel 4. 22 Perhitungan t_c Gabungan Saluran Kawasan Barat

Saluran	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan m^2	C x A	Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Saluran 1-2	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	1633,32	571,66	
Jumlah			1633,32	571,66	
Saluran 3-2	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	816,73	285,86	
Jumlah			816,73	285,86	
Saluran 2-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	648,87	227,10	
Jumlah			648,87	227,10	
Saluran 4-LS	Bangunan	0,85	1509,82	1283,35	0,61
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	1362,00	476,70	
Jumlah			2871,82	1760,05	
Saluran 5-7	Bangunan	0,85	2071,28	1760,59	0,78
	Jalan	0,75	103,80	77,85	
	Taman (RTH)	0,35	318,02	111,31	
Jumlah			2493,10	1949,75	
Saluran 6-7	Bangunan	0,85	191,52	162,79	0,77
	Jalan	0,75	30,74	23,06	
	Taman (RTH)	0,35	37,05	12,97	
Jumlah			259,31	198,81	
Saluran 7-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,57
	Jalan	0,75	15,96	11,97	
	Taman (RTH)	0,35	13,57	4,75	
Jumlah			29,53	16,72	
Saluran 8-10	Bangunan	0,85	1358,16	1154,44	0,81
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	124,10	43,44	
Jumlah			1482,26	1197,87	
Saluran 9-10	Bangunan	0,85	305,53	259,70	0,69
	Jalan	0,75	85,14	63,86	
	Taman (RTH)	0,35	162,93	57,03	
Jumlah			553,60	380,58	
Saluran 10-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,52
	Jalan	0,75	81,37	61,03	
	Taman (RTH)	0,35	108,84	38,09	
Jumlah			190,21	99,12	
Saluran 11-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	813,03	284,56	
Jumlah			813,03	284,56	
Saluran 12-LS	Bangunan	0,85	1473,94	1252,85	0,72
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	508,97	178,14	
Jumlah			1982,91	1430,99	
Saluran 13-LS	Bangunan	0,85	1206,06	1025,15	0,64
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	858,47	300,46	
Jumlah			2064,53	1325,62	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Lanjutan Tabel 4 22. Perhitungan t_c Gabungan Saluran Kawasan Barat

Saluran	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan m ²	C x A	Koefisien Pengaliran Gabungan (C _{gab})
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
	Jumlah		2064,53	1325,62	
Saluran 14-LS	Bangunan	0,85	754,48	641,31	0,75
	Jalan	0,75	276,29	207,22	
	Taman (RTH)	0,35	183,27	64,14	
	Jumlah		1214,04	912,67	
Saluran 15-LS	Bangunan	0,85	500,30	425,26	0,72
	Jalan	0,75	346,40	259,80	
	Taman (RTH)	0,35	192,40	67,34	
	Jumlah		1039,10	752,40	
Saluran 16-LS	Bangunan	0,85	788,13	669,91	0,52
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	1588,23	555,88	
	Jumlah		2376,36	1225,79	
Saluran 17-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	617,74	216,21	
	Jumlah		617,74	216,21	
Saluran 18-20	Bangunan	0,85	1576,49	1340,02	0,73
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	508,97	178,14	
	Jumlah		2085,46	1518,16	
Saluran 19-23	Bangunan	0,85	1473,94	1252,85	0,73
	Jalan	0,75	646,59	484,94	
	Taman (RTH)	0,35	508,97	178,14	
	Jumlah		2629,50	1915,93	
Saluran 21-20	Bangunan	0,85	340,72	289,61	0,85
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	0,00	0,00	
	Jumlah		340,72	289,61	
Saluran 22-23	Bangunan	0,85	266,36	226,41	0,85
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	0,00	0,00	
	Jumlah		266,36	226,41	
Saluran 20-LS	Bangunan	0,85	78,89	67,06	0,30
	Jalan	0,75	82,19	61,64	
	Taman (RTH)	0,35	104,02	36,41	
	Jumlah		265,10	165,11	
Saluran 23-LS	Bangunan	0,85	10,26	8,72	0,62
	Jalan	0,75	141,02	105,77	
	Taman (RTH)	0,35	150,20	52,57	
	Jumlah		301,48	165,11	
Saluran 24-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,62
	Jalan	0,75	68,08	51,06	
	Taman (RTH)	0,35	490,81	171,78	
	Jumlah		558,89	165,11	
Saluran 25-LS	Bangunan	0,85	245,82	208,95	0,62
	Jalan	0,75	30,23	22,67	
	Taman (RTH)	0,35	220,82	77,29	
	Jumlah		496,87	308,91	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Lanjutan **Tabel 4 22.** Perhitungan t_c Gabungan Saluran
Kawasan Barat

Saluran	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan m^2	C x A	Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Saluran 26-LS	Bangunan	0,85	774,32	658,17	0,68
	Jalan	0,75	181,03	135,77	
	Taman (RTH)	0,35	434,95	152,23	
Jumlah			1390,30	946,18	
Saluran 27-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	695,23	243,33	
Jumlah			695,23	243,33	
Saluran 28-LS	Bangunan	0,85	651,51	553,78	0,70
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	271,85	95,15	
Jumlah			923,36	648,93	
Saluran 29-LS	Bangunan	0,85	76,18	64,75	0,57
	Jalan	0,75	49,62	37,22	
	Taman (RTH)	0,35	136,70	47,85	
Jumlah			262,50	149,81	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 23 Perhitungan t_c Gabungan Saluran Kawasan
Timur

Kondisi Lokasi Pekerjaan	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan m^2	C x A	Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Saluran 1-2	Bangunan	0,85	2428,83	2064,51	0,71
	Jalan	0,75	597,61	448,21	
	Taman (RTH)	0,35	1053,94	368,88	
Jumlah			4080,38	2881,59	
Saluran 4-2	Bangunan	0,85	1260,70	1071,60	0,75
	Jalan	0,75	433,82	325,37	
	Taman (RTH)	0,35	311,69	109,09	
Jumlah			2006,21	1506,05	
Saluran 5-3	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	960,68	336,24	
Jumlah			960,68	336,24	
Saluran 6-11	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	189,36	66,28	
Jumlah			189,36	66,28	
Saluran 16-11	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	453,34	158,67	
Jumlah			453,34	158,67	
Saluran 11-3	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,43
	Jalan	0,75	135,49	101,62	
	Taman (RTH)	0,35	565,53	197,94	
Jumlah			701,02	299,55	
Saluran 3-2	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,50
	Jalan	0,75	110,90	83,18	
	Taman (RTH)	0,35	180,35	63,12	
Jumlah			291,25	146,30	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Lanjutan Tabel 4 23. Perhitungan t_c Gabungan Saluran
Kawasan Timur

Kondisi Lokasi Pekerjaan	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan m ²	C x A	Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
	Jumlah		291,25	146,30	
Saluran 2-LS	Bangunan	0,85	109,52	93,09	0,79
	Jalan	0,75	134,17	100,63	
	Taman (RTH)	0,35	0,00	0,00	
	Jumlah		243,69	193,72	
Saluran 7-8	Bangunan	0,85	248,86	211,53	0,79
	Jalan	0,75	327,45	245,59	
	Taman (RTH)	0,35	0,00	0,00	
	Jumlah		576,31	457,12	
Saluran 9-8	Bangunan	0,85	973,30	827,31	0,81
	Jalan	0,75	320,51	240,38	
	Taman (RTH)	0,35	46,87	16,40	
	Jumlah		1340,68	1084,09	
Saluran 8-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,75
	Jalan	0,75	18,86	14,15	
	Taman (RTH)	0,35	0,00	0,00	
	Jumlah		18,86	14,15	
Saluran 10-LS	Bangunan	0,85	174,56	148,38	0,60
	Jalan	0,75	280,40	210,30	
	Taman (RTH)	0,35	346,50	121,28	
	Jumlah		801,46	479,95	
Saluran 17-LS	Bangunan	0,85	2406,69	2045,69	0,78
	Jalan	0,75	855,47	641,60	
	Taman (RTH)	0,35	346,50	121,28	
	Jumlah		3608,66	2808,56	
Saluran 13-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	254,32	89,01	
	Jumlah		254,32	89,01	
Saluran 14-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,35
	Jalan	0,75	0,00	0,00	
	Taman (RTH)	0,35	132,60	46,41	
	Jumlah		132,60	46,41	
Saluran 15-LS	Bangunan	0,85	0,00	0,00	0,48
	Jalan	0,75	16,80	12,60	
	Taman (RTH)	0,35	36,80	12,88	
	Jumlah		53,60	25,48	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 24 Perhitungan t_c Gabungan Saluran *Long Storage* Kawasan Barat

Saluran	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan m^2	C x A	Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
LS I - LS II	Bangunan	0,85	-	-	0,72
	Jalan	0,75	709,07	531,8025	
	Taman	0,35	52,544	18,3904	
Jumlah			761,614	550,1929	
LS II - LS III	Bangunan	0,85	-	-	0,67
	Jalan	0,75	330,391	247,79325	
	Taman	0,35	88,539	30,98865	
Jumlah			418,93	278,7819	
LS III - LS IV	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	677,54	508,155	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			677,54	508,155	
LS IV - LS V	Bangunan	0,85	-	-	0,71
	Jalan	0,75	462,39	346,7925	
	Taman	0,35	46,64	16,324	
Jumlah			509,03	363,1165	
LS V - LS VI	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	592,16	444,12	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			592,16	444,12	
LS VII - LS VIII	Bangunan	0,85	-	-	0,73
	Jalan	0,75	985,35	739,0125	
	Taman	0,35	53,68	18,788	
Jumlah			1039,03	757,8005	
LS VIII - LS IX	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	657,24	492,93	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			657,24	492,93	
LS IX - LS X	Bangunan	0,85	-	-	0,71
	Jalan	0,75	508,8	381,6	
	Taman	0,35	55,15	19,3025	
Jumlah			563,95	400,9025	
LS X - LS XI	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	235,56	176,67	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			235,56	176,67	
LS XIII - LS XI	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	439,65	329,7375	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			439,65	329,7375	
LS XI - LS VI	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	250,37	187,7775	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			250,37	187,7775	
LS VI - LS XII	Bangunan	0,85	-	-	0,35
	Jalan	0,75	-	-	
	Taman	0,35	30,05	10,5175	
Jumlah			30,05	10,5175	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 25 Perhitungan t_c Gabungan Saluran *Long Storage* Kawasan Timur

Kondisi Lokasi Pekerjaan	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan m^2	C x A	Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
LS I - LS II	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	273,74	205,305	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			273,74	205,305	
LS III - LS II	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	189,54	142,155	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			189,54	142,155	
LS II - LS IV	Bangunan	0,85	-	-	0,53
	Jalan	0,75	507,08	380,31	
	Taman	0,35	605,72	212,002	
Jumlah			1112,8	592,312	
LS V - LS VI	Bangunan	0,85	-	-	0,75
	Jalan	0,75	241,3	180,975	
	Taman	0,35	-	-	
Jumlah			241,3	180,975	
LS IV - LS VI	Bangunan	0,85	-	-	0,35
	Jalan	0,75	-	-	
	Taman	0,35	44,34	15,519	
Jumlah			44,34	15,519	

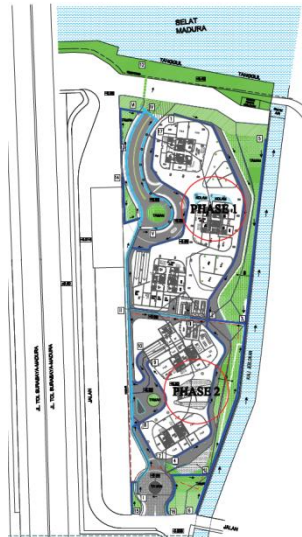
(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.2.4. Perhitungan Debit Limbah Domestik

Sebelum disalurkan menuju saluran *Long Storage* dan kemudian di buang ke laut, pengelola harus melakukan treatment untuk mengolah air limbah dan ditampung pada STP (*Sewage Treatment Plant*) yang ada di bawah permukaan tanah. Kawasan Apartemen Surabaya Grand Sagara memiliki 7 STP 5 di kawasan barat dan 2 di kawasan timur. lokasi lebih detail bisa di lihat pada **Gambar 4.16** untuk kawasan barat dan **Gambar 4.17** untuk kawasan timur.



Gambar 4. 16 Lokasi STP pada apartemen kawasan barat



Gambar 4. 17 Lokasi STP pada apartemen kawasan Timur

Perhitungan Volume air limbah berdasarkan konsumsi air bersih perhari dan besarnya air bersih yang digunakan akan menjadi air limbah yang diperkirakan 70%-80% dari penggunaan air bersih. Pada perhitungan tugas akhir ini, diperkirakan air limbah yang dihasilkan 70% dari air bersih yang dibutuhkan.

Tabel 4. 26 Perhitungan kebutuhan air bersih dan limbah yang dihasilkan kawasan barat

Phase	Kebutuhan air(m ³ /hari)	Kebutuhan air rata-rata(m ³ /hari)	Kebutuhan air puncak (m ³ /hari)	Volume air limbah rata-rata(m ³ /hari)	Volume air limbah hari puncak(m ³ /hari)
1	622,9	716,33	859,6	501,43	601,72
2	517,8	595,47	714,56	416,83	500,19
3	250,04	287,55	345,06	201,29	241,54
4	325,74	374,6	449,52	262,22	314,66
5	168,82	194,13	232,97	135,89	163,08
Total	1885,3	2168,08	2601,71	1517,66	1821,20

Total kebutuhan air bersih puncak kawasan barat

$$= 2601,71 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Air limbah yang dihasilkan

$$= 70\% \times 2601,71 = 1821,20 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Volume air kotor yang harus ditampung bersamaan dengan terjadinya rata-rata lama hujan dalam satu hari (4 jam)

$$= 1821,20 / 6$$

$$= 346,89 \text{ m}^3$$

Tabel 4. 27 Perhitungan kebutuhan air bersih dan limbah yang dihasilkan kawasan Timur

Phase	Kebutuhan air(m ³ /hari)	Kebutuhan air rata-rata(m ³ /hari)	Kebutuhan air puncak (m ³ /hari)	Volume air limbah rata-rata(m ³ /hari)	Volume air limbah hari puncak(m ³ /hari)
1	928,35	1067,6	1281,12	747,32	896,784
2	703,15	808,62	970,34	566,034	679,238
Total	1631,5	1876,22	2251,46	1313,354	1576,022

Total kebutuhan air bersih puncak kawasan Timur

$$= 2251,46 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Air limbah yang dihasilkan

$$= 70\% \times 2251,46 = 1576,02 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Volume air kotor yang harus ditampung bersamaan dengan terjadinya rata-rata lama hujan dalam satu hari (4 jam)

$$= 1576,02 / 6$$

$$= 300,19 \text{ m}^3$$

4.2.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan rumus rasional. Debit banjir yang direncanakan adalah debit banjir lima tahunan. Rumus rasional yang digunakan adalah :

$$Q = \frac{1}{3,6} C \cdot I \cdot A$$

C = Koefisien pengaliran

A = Luas daerah pengaliran (km²)

I = Intensitas hujan rencana, dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe (mm/jam)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^m$$

R₂₄ = Curah hujan harian rencana (mm)

t = waktu konsentrasi aliran (jam)

m = sesuai dengan angka Van Breen, m = 2/3

Contoh diambil perhitungan debit banjir di saluran S23-LS

C = 0,62 (tabel 4.20)

R₂₄ = 96,512 mm

t = 0,090 jam

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^m \\ &= \frac{96,512}{24} \left(\frac{24}{0,090} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 166,66 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

A = 0,000341 km²

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{1}{3,6} C \cdot I \cdot A \\
 &= \frac{1}{3,6} \times 0,62 \times 166,66 \times 0,00341 \\
 &= 0,078 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya ditampilkan pada tabel 4.28 dan **Tabel 4.29** Pada tabel ini ditampilkan perhitungan hidrolika yang dilakukan untuk mengetahui estimasi waktu konsentrasi aliran pada titik control yang ditinjau.

d4.2.6. Perhitungan Dimensi Saluran

Dimensi saluran dihitung dengan menggunakan rumus Manning dimensi saluran disesuaikan dengan katalog.

Saluran S23-LS

$$Q \text{ hidrologi} = 0,078 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Panjang saluran (L)} = 25,75 \text{ m}$$

$$\text{Kekasaran saluran (n)} = 0,020$$

$$\text{Kemiringan Saluran (s)} = 0,00025$$

$$\text{B saluran} = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{h saluran} = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{tinggi jagaan} = 0,20 \text{ m}$$

$$\text{h pakai} = 0,60 - 0,20$$

$$= 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang (A)} = b \times h$$

$$= 0,60 \times 0,40$$

$$= 0,240 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Penampang basah (P)} &= b+2.h \\ &= 0,60 + (2 \times 0,40) \\ &= 1,40 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari hidrolis R} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0,240}{1,40} \\ &= 0,171 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan (V)} &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,02} \times 0,171^{2/3} \times 0,00025^{1/2} \\ &= 0,375 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 0,375 \times 0,240 \\ &= 0,090 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$Q_{hidrolika} \geq Q_{hidrologi}$

$$0,90 \geq 0,078$$

Perhitungan dimensi saluran ditulis pada **Tabel 4.28** dan **Tabel 4.29**

Tabel 4. 28 Perhitungan Q hidrologi dan dimensi Saluran kawasan barat

No	Nama Saluran	Luas Catchment Area		Panjang Saluran		Kemiringan Saluran	Dimensi Saluran		Tinggi Jagaan	Luas Penampang Basah	Keliling Basah	Jari-jari Hidrolis	Kecepatan Saluran	Debit Saluran	Debit Rencana	Keterangan
		CA		Ls			i _c	b								
		m ²	km ²	m	km	m		m	m	m	A	P	R	v	Qsaluran	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]
1	S1-S2	1633	0,00163	173,550	0,1736	0,00025	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,322	0,048	0,018	AMAN
2	S3-S2	817	0,00082	74,100	0,0741	0,00040	0,40	0,40	0,15	0,100	0,900	0,111	0,356	0,036	0,011	AMAN
3	S2-LS	649	0,00065	29,920	0,0299	0,00020	0,60	0,60	0,20	0,240	1,400	0,171	0,336	0,081	0,048	AMAN
4	S4-LS	2872	0,00287	131,790	0,1318	0,00025	0,50	0,60	0,20	0,200	1,300	0,154	0,349	0,070	0,062	AMAN
5	S5-S7	2493	0,00249	59,810	0,0598	0,00020	0,60	0,60	0,20	0,240	1,400	0,171	0,336	0,081	0,059	AMAN
6	S6-S7	259	0,00026	26,860	0,0269	0,00080	0,30	0,40	0,20	0,060	0,700	0,086	0,423	0,025	0,011	AMAN
7	S7-LS	30	0,00003	7,780	0,00078	0,00035	0,60	0,60	0,20	0,240	1,400	0,171	0,444	0,107	0,094	AMAN
8	S8-S10	1482	0,00148	62,920	0,0629	0,00035	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,381	0,057	0,056	AMAN
9	S9-S10	554	0,00055	33,600	0,0336	0,00040	0,40	0,40	0,15	0,100	0,900	0,111	0,356	0,036	0,022	AMAN
10	S10-LS	190	0,00019	15,510	0,0155	0,00020	0,60	0,60	0,20	0,240	1,400	0,171	0,336	0,081	0,068	AMAN
11	S11-LS	813	0,00081	58,370	0,0584	0,00040	0,40	0,40	0,15	0,100	0,900	0,111	0,356	0,036	0,011	AMAN
12	S12-LS	1983	0,00198	134,740	0,1347	0,00030	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,353	0,053	0,052	AMAN
13	S13-LS	2065	0,00206	110,860	0,1109	0,00040	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,408	0,061	0,061	AMAN
14	S14-LS	1214	0,00121	51,380	0,0514	0,00030	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,353	0,053	0,050	AMAN
15	S15-LS	1039	0,00104	44,560	0,0446	0,00025	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,322	0,048	0,042	AMAN
16	S16-LS	2376	0,00238	102,590	0,1026	0,00030	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,353	0,053	0,036	AMAN
17	S17-LS	618	0,00062	54,950	0,0550	0,00040	0,40	0,40	0,15	0,100	0,900	0,111	0,356	0,036	0,008	AMAN
18	S18-S20	2085	0,00209	129,420	0,1294	0,00030	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,353	0,053	0,052	AMAN
19	S19-S23	2630	0,00263	125,210	0,1252	0,00020	0,60	0,60	0,20	0,240	1,400	0,171	0,336	0,081	0,057	AMAN
20	S21-S20	341	0,00034	14,500	0,0145	0,00045	0,40	0,40	0,15	0,100	0,900	0,111	0,377	0,038	0,020	AMAN
21	S22-S23	266	0,00027	11,840	0,0118	0,00050	0,40	0,40	0,15	0,100	0,900	0,111	0,398	0,040	0,016	AMAN
22	S20-LS	265	0,00027	22,170	0,0222	0,00030	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,353	0,053	0,048	AMAN
23	S23-LS	301	0,00030	25,750	0,0258	0,00025	0,60	0,60	0,20	0,240	1,400	0,171	0,375	0,090	0,078	AMAN
24	S24-LS	559	0,00056	141,730	0,1417	0,00030	0,40	0,50	0,20	0,120	1,000	0,120	0,324	0,039	0,010	AMAN
25	S25-LS	497	0,00050	39,580	0,0396	0,00050	0,40	0,40	0,15	0,100	0,900	0,111	0,398	0,040	0,014	AMAN
26	S26-LS	1390	0,00139	80,160	0,0802	0,00030	0,50	0,50	0,20	0,150	1,100	0,136	0,353	0,053	0,031	AMAN
27	S27-LS	695	0,00070	143,370	0,1434	0,00030	0,40	0,50	0,20	0,120	1,000	0,120	0,324	0,039	0,007	AMAN
28	S28-LS	923	0,00092	69,240	0,0692	0,00035	0,40	0,50	0,20	0,120	1,000	0,120	0,350	0,042	0,034	AMAN
29	S29-LS	263	0,00026	7,990	0,0080	0,00045	0,40	0,40	0,15	0,100	0,900	0,111	0,377	0,038	0,011	AMAN

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 29 Perhitungan Q hidrologi dan dimensi Saluran kawasan timur

No	Nama Saluran	Luas Catchment Area		Panjang Saluran		Kemiringan Saluran	Dimensi Saluran		Tinggi Jagaan	Luas Penampang Basah	Keliling Basah	Jari-jari Hidrolis	Kecepatan Saluran	Debit Saluran	Debit Rencana	Keterangan
		CA		Ls			i _s	b								
		m ²	km ²	m	km	m		m	m	m ²	P	R	v	Qsaluran	Qrencana	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]
1	LS I - LS II	762	0,0008	59,84	0,060	0,00001	1,80	1,80	0,20	2,880	5,000	0,576	0,168	0,485	0,023	AMAN
2	LS II - LS III	419	0,0004	41,13	0,041	0,00001	1,80	1,80	0,20	2,880	5,000	0,576	0,168	0,485	0,117	AMAN
3	LS III - LS IV	678	0,0007	142,31	0,142	0,00001	1,80	1,80	0,20	2,880	5,000	0,576	0,168	0,485	0,126	AMAN
4	LS IV - LS V	509	0,0005	80,24	0,080	0,00001	1,80	1,80	0,20	2,880	5,000	0,576	0,168	0,485	0,157	AMAN
5	LS V - LS VI	592	0,0006	68,83	0,069	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,235	AMAN
6	LS VII - LS VIII	1039	0,0010	95,95	0,096	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,066	AMAN
7	LS VIII - LS IX	657	0,0007	134,98	0,135	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,151	AMAN
8	LS IX - LS X	564	0,0006	87,90	0,088	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,123	AMAN
9	LS XIII - LS XI	440	0,0004	61,35	0,061	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,016	AMAN
10	LS X - LS XI	236	0,0002	28,67	0,029	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,155	AMAN
11	LS XI - LS VI	250	0,0003	34,55	0,035	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,164	AMAN
12	LS VI - LS XII	30	0,00003	5,35	0,005	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,378	AMAN

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 30 Perhitungan Q hidrologi dan dimensi Saluran *Long storage* kawasan barat

No	Nama Saluran	Luas Catchment Area		Panjang Saluran		Kemiringan Saluran	Dimensi Saluran		Tinggi Jagaan	Luas Penampang Basah	Keliling Basah	Jari-jari Hidrolis	Kecepatan Saluran	Debit Saluran	Debit Rencana	Keterangan
		CA		Ls			i _s	b								
		m ²	km ²	m	km	m		m	m	m ²	P	R	v	Qsaluran	Qrencana	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]
1	LS I - LS II	762	0,0008	59,84	0,060	0,00001	1,80	1,80	0,20	2,880	5,000	0,576	0,168	0,485	0,023	AMAN
2	LS II - LS III	419	0,0004	41,13	0,041	0,00001	1,80	1,80	0,20	2,880	5,000	0,576	0,168	0,485	0,117	AMAN
3	LS III - LS IV	678	0,0007	142,31	0,142	0,00001	1,80	1,80	0,20	2,880	5,000	0,576	0,168	0,485	0,126	AMAN
4	LS IV - LS V	509	0,0005	80,24	0,080	0,00001	1,80	1,80	0,20	2,880	5,000	0,576	0,168	0,485	0,157	AMAN
5	LS V - LS VI	592	0,0006	68,83	0,069	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,235	AMAN
6	LS VII - LS VIII	1039	0,0010	95,95	0,096	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,066	AMAN
7	LS VIII - LS IX	657	0,0007	134,98	0,135	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,151	AMAN
8	LS IX - LS X	564	0,0006	87,90	0,088	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,123	AMAN
9	LS XIII - LS XI	440	0,0004	61,35	0,061	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,016	AMAN
10	LS X - LS XI	236	0,0002	28,67	0,029	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,155	AMAN
11	LS XI - LS VI	250	0,0003	34,55	0,035	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,164	AMAN
12	LS VI - LS XII	30	0,00003	5,35	0,005	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652	0,378	AMAN

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 31 Perhitungan Q hidrologi dan dimensi Saluran *Long Storage* kawasan timur

No	Nama Saluran	Lans Catchment Area		Panjang Saluran		Kemiringan Saluran	Dimensi Saluran		Tinggi Jagaan	Luas Penampang Basah	Keliling Basah	Jari-jari Hidrolis	Kecepatan Saluran	Debit Saluran	Debit Rencana		Keterangan
		CA		Ls			i _s	b							h	Qsaluran	
		m ²	km ²	m	km	m			m	m ²	m	m/det	m ³ /det	m ³ /det			
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
1	LS I - LS II	274	0,0003	114,92	0,11	0,00001	2,25	2,25	0,20	4,613	6,350	0,726	0,197	0,907		0,042	AMAN
2	LS III - LS II	190	0,0002	37,60	0,13	0,00001	2,25	2,25	0,20	4,613	6,350	0,726	0,197	0,907		0,170	AMAN
3	LS II - LS IV	1113	0,0011	125,29	0,04	0,00001	2,25	2,25	0,20	4,613	6,350	0,726	0,197	0,907		0,235	AMAN
4	LS V - LS IV	241	0,0002	91,76	0,09	0,00001	2,00	2,00	0,20	3,600	5,600	0,643	0,181	0,652		0,011	AMAN
5	LS IV - LS VI	44	0,00004	4,14	0,00	0,00001	2,25	2,25	0,20	4,613	6,350	0,726	0,197	0,907		0,206	AMAN

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.2.7. Perhitungan Kolam Tampungan

Kolam tampungan direncanakan untuk menampung kelebihan debit yang terjadi akibat pembangunan dan untuk mengontrol debit air yang keluar dari kawasan apartemen tidak melebihi debit sebelum debit pembangunan. Dalam perencanaan sistem drainase kawasan apartemen Surabaya Grand Sagara ini, kolam tampungan direncanakan *Long Storage* dikarenakan minimnya lahan yang bisa di gunakan untuk kolam tampung

Dengan luas total 56562,20 m² (38705 m² kawasan barat dan 17821,20 m² kawasan timur) dapat dihitung perubahan koefisien tata guna lahan untuk menghitung volume tampungan yang harus disediakan. Pada **Tabel 4.32** dapat dilihat hasil perhitungan kapasitas volume tampungan yang harus disediakan berdasarkan perubahan tata guna lahan.

Tabel 4. 32 Perhitungan Volume Tampungan Kawasan Barat Berdasarkan Perubahan Koefisien Tata Guna Lahan

Kondisi Lokasi Pekerjaan	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan (A)	Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)	Volume Tampungan
			m ²		m ³
[1]	[2]	[3]	[4]	[6]	[7]
Setelah Dibangun (Rencana)	Bangunan	0,85	14685,12	0,65	2425,876
	Jalan (aspal)	0,75	10615,65		
	RTH (taman)	0,35	13404,24		
Jumlah			38705,00		
Volume Tampungan total (dengan air kotor)					2772,770

Nilai Koefisien C diambil dari **Tabel 2.10**

$$C \text{ lahan} = \text{koef C} \times A$$

$$C \text{ gabungan} = \frac{\sum C \text{ lahan}}{\sum \text{luas lahan}}$$

$$\text{Volume air hujan} = C \times R \times A$$

$$= 0,65 \times (96,52/1000) \times 38705$$

$$= 2425,876 \text{ m}^3$$

Pada analisis kebutuhan tampungan kawasan apartemen Grand Sagara, ditambahkan pula perhitungan volume limpasan dari air kotor.

$$\text{Volume Air kotor yang harus ditampung} = 346,89 \text{ m}^3$$

Total volume limpasan yang harus ditampung dalam kawasan barat adalah :

$$\text{Volume air kotor} = 346,89 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume air hujan} = 2425,876 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 2772,77 \text{ m}^3$$

Tabel 4. 33 Perhitungan Volume Tampungan Kawasan Timur Berdasarkan Perubahan Koefisien Tata Guna Lahan

Kondisi Lokasi Pekerjaan	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas Tata Guna Lahan (A)	Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)	Volume Tampungan
			m ²		m ³
[1]	[2]	[3]	[4]	[6]	[7]
Setelah Dibangun (Rencana)	Bangunan	0,85	9151,00	0,76	1307,13
	Jalan (aspal)	0,75	6827,20		
	RTH (taman)	0,35	1843,00		
Jumlah			17821,20		
Volume Tampungan total (dengan air kotor)					1607,330

Nilai Koefisien C diambil dari **Tabel 2.10**

$$C \text{ lahan} = \text{koef C} \times A$$

$$C \text{ gabungan} = \frac{\Sigma C \text{ lahan}}{\Sigma \text{ luas lahan}}$$

$$\text{Volume air hujan} = C \times R \times A$$

$$= 0,76 \times (96,52/1000) \times 17821,2$$

$$= 1307,13 \text{ m}^3$$

Pada analisis kebutuhan tampungan kawasan Apartemen Grand Sagara, ditambahkan pula perhitungan volume limpasan dari air kotor.

Volume Air kotor yang harus ditampung = 300,19 m³

Total volume limpasan yang harus ditampung dalam kawasan timur adalah :

Volume air kotor = 300,19 m³

Volume air hujan = 1307,13 m³

Total = 1607,33 m³

4.2.8. Perencanaan Pompa Air

Dalam perencanaan sistem drainase kawasan apartemen grand sagara, pompa digunakan untuk membuang air dalam tampungan ke laut bilamana tidak bisa menggunakan gravitasi (pintu air), atau ketika elevasi muka air laut lebih tinggi daripada elevasi muka air saluran *long storage*

Direncanakan 2 buah pompa di tiap kawasan, dan dengan waktu pengurasan selama 4 jam, pompa di operasikan sebelum hujan hingga air di saluran *Long Storage* terkuras.

Kawasan Barat

Volume *long storage* = 2795 m³

Waktu pengurasan = 4 jam

Kebutuhan debit 1 pompa =

$$\left(\frac{2795}{4}\right)/2 = 349,37 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 97,05 \text{ liter/dtk}$$

Maka direncanakan 2 pompa *Zidong* HW series model 200 HW-5 dengan debit setiap pompa 100 liter /dtk

Kawasan Timur

$$\text{Volume } long \text{ storage} = 1630,32 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu pengurasan} = 4 \text{ jam}$$

Kebutuhan debit 1 pompa =

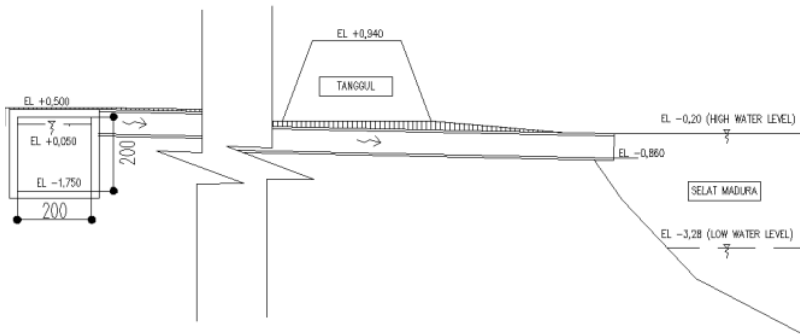
$$\left(\frac{1630,32}{4} \right) / 2 = 203,85 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

$$= 56,62 \text{ liter/dtk}$$

Maka direncanakan 2 pompa *Zidong* HW series model 150 HW-6 dengan debit setiap pompa 62 liter /dtk

4.3. Analisis *Backwater*

Perhitungan *backwater* di hilir saluran kawasan apartemen Grand Sagara dapat diketahui dari perbedaan elevasi muka air antara laut dengan saluran kawasan apartemen. Dari **Tabel 4.34** didapat data elevasi pasang surut muka air didapatkan elevasi muka air laut tertinggi -0,200 m sedangkan elevasi muka air laut terendah -3,280 m. Direncanakan elevasi muka air saluran hilir setinggi -0,200 m dan dengan elevasi dasar saluran -0,860 m. Seperti yang bisa dilihat pada **Gambar 4.18** ketika pasang surut maksimum dapat terjadi *backwater* pada saluran hilir. Tetapi *backwater* yang terjadi tidak berpengaruh besar terhadap sistem drainase kawasan apartemen, karena *backwater* yang terjadi sangatlah kecil.



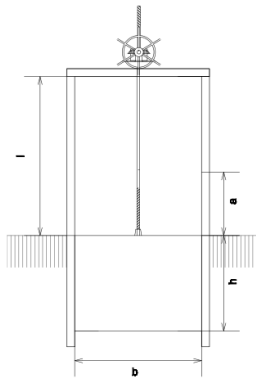
Gambar 4. 18 Analisis *Backwater* pada hilir saluran

Tabel 4. 34 Elevasi Muka Air Laut Selat Madura

Jam	Periode ulang 5 tahun
	mARP
16.00	-1,72
17.00	-1,59
18.00	-1,37
19.00	-1,08
20.00	-0,76
21.00	-0,45
22.00	-0,2
23.00	-0,33
24.00	-0,58
01.00	-1,08
02.00	-1,72
03.00	-2,35
04.00	-2,98
05.00	-3,36
06.00	-3,48
07.00	-3,48
08.00	-3,23
09.00	-2,85
10.00	-2,35
11.00	-2,01
12.00	-1,84
13.00	-1,74
14.00	-1,69
15.00	-1,74
16.00	-1,84

4.4. Analisis Pintu Air

Untuk mengalirkan debit limpasan dari saluran kawasan apartemen menuju laut dibutuhkan pintu air dengan dimensi yang sesuai dengan kebutuhan. Pintu air direncanakan seperti pada **Gambar 4.19** untuk menanggulangi permasalahan *backwater*, diketahui elevasi pasang maksimum memiliki elevasi $-0,200$ dan elevasi muka air saluran hilir kawasan barat dan timur adalah $+0,050$, maka diasumsikan z kedua kawasan = $0,25$ m



Gambar 4. 19 Tampak Depan Pintu Air Rencana

4.4.1 Analisis Pintu Air Kawasan Barat

4.4.1.1 Perhitungan tinggi bukaan pintu

Perhitungan tinggi bukaan pintu direncanakan menggunakan aliran tak tenggelam.

Q outlet menuju jalan :

$$b \text{ saluran} = 0,60 \text{ m}$$

$$h \text{ saluran} = 0,60 \text{ m}$$

$$Q \text{ outlet} = 0,378 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$b \text{ pintu} = b \text{ saluran} + (2 \times 0,1)$$

$$= 0,60 + 0,20$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

$$Z = 0,25 \text{ m}$$

$$a = \frac{Q}{\mu b \sqrt{2gz}}$$

$$= \frac{0,378}{0,80 \times 0,80 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,25}}$$

$$= 0,40 \text{ m}$$

Keterangan :

a : tinggi bukaan pintu

Q : debit (m^3/detik)

μ : koefisien debit untuk bukaan dibawah permukaan dengan tinggi energi kecil

b : lebar pintu (meter)

g : percepatan gravitasi (m^2/s)

z : beda kedalaman air (meter)

$$h \text{ pintu} = a + 0,1$$

$$= 0,4 + 0,1$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

Jadi dari perhitungan di atas didapatkan kebutuhan tinggi bukaan pintu yaitu 0,50 meter, maka direncanakan pintu air dengan tinggi 0,60 meter

4.4.1.2 Perhitungan dimensi pintu air

Pintu air yang digunakan direncanakan menggunakan pintu air dari pelat baja. Untuk mendapatkan tabel pintu air menggunakan rumus gaya hidrostatis akibat air dan menghitung M_{max} pada daun pintu

Diketahui :

$$\gamma_{air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$H_1 = H \text{ saluran} - H \text{ pintu}$$

$$= 0,60 - 0,60$$

$$= 0$$

$$H \text{ pintu} = 0,50 \text{ m}$$

$$B \text{ pintu} = 0,80$$

- a. Rumus perhitungan gaya hidrostatis akibat air

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$P_1 = \gamma_w \times h \text{ saluran}$$

$$= 1 \times 0,60$$

$$= 0,60 \text{ t/m}^2$$

$$P_2 = \gamma_w \times h_1$$

$$= 1 \times 0$$

$$= 0 \text{ t/m}^2$$

Sehingga gaya yang bekerja :

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \times hp$$

$$= \frac{0,60+0}{2} \times 0,6$$

$$= 0,18 \text{ t/m} \sim > 1,80 \text{ kg/cm}$$

$$q = p$$

$$= 0,18 \text{ t/m} \sim > 1,80 \text{ kg/cm}$$

b. Rumus perhitungan Mmax pada daun pintu

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times q \times b^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1,80 \times 0,8^2$$

$$= 0,14 \text{ tm} \sim > 1400 \text{ kgcm}$$

c. Rumus perhitungan tebal daun pintu

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$w \geq \frac{M}{\sigma} \sim > w \geq \frac{1400}{1600}$$

$$W \geq 0,9$$

Σ = tegangan ijin baja (1600 kg/cm^2)

$$t = \sqrt{\frac{6 \times W}{b}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \times 0,9}{80}}$$

$$= 0,26 \text{ cm}$$

Tebal pintu yang digunakan adalah 0,5 cm

Kontrol tebal plat terhadap kelendutan

- Lendutan ijin

$$\bar{f} = \frac{L}{360}$$

$$\bar{f} = \frac{80}{360}$$

$$= 0,22 \text{ cm}$$

- Lendutan yang terjadi

$$\bar{f} = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$\bar{f} = \frac{5}{384} \times \frac{1,80 \times 80^4}{2,1 \times 10^6 \times \frac{1}{12} \times 60 \times 0,5}$$

$$0,22 \text{ cm} > 0,18 \text{ cm}$$

Lendutan ijin > lendutan terjadi (ok)

Sehingga dapat disimpulkan lebar pintu air yang akan digunakan adalah 0,80 m. tinggi bukaan pintu air adalah 0,50 meter, tinggi pintu air 0,60 meter dan tebal pintu air 0,005 meter.

4.4.1.3 Perhitungan stang pintu

H pintu = 0,6 meter

B pintu = 0,8 meter

T pintu = 0,005 meter

Pembebanan

$\gamma_{\text{baja}} = 7850 \text{ kg/m}^3$

akibat beban sendiri

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pintu} &= 0,80 \times 0,60 \times 0,005 \times 7850 = 18,84 \text{ kg} \\
 \text{Sambungan} &= 25\% \times 18,84 = \underline{4,71} \text{ kg} + \\
 &= 23,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Akibat tekanan air

$$\begin{aligned}
 H_a &= q \times H \text{ pintu} \\
 &= 1,8 \times 0,5 \\
 &= 0,90 \text{ ton} \\
 &= 900 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya gesek pelat dengan air

$$\begin{aligned}
 G &= f \times H_a \\
 &= 0,40 \times 0,9 \\
 &= 0,36 \text{ t} \sim 360 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pada saat pintu dinaikkan

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban} = \text{Str} &= W + G \\
 &= 23,55 + 360 \\
 &= 383,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Str} = A \times \sigma$$

$$383,55 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times 1600$$

$$D1 = \sqrt{\frac{383,55}{\pi \times 400}}$$

$$= 0,55 \sim 0,60 \text{ cm}$$

Diameter minimum stang adalah 7 cm

Maka diameter yang digunakan adalah 7 cm

Pada saat pintu diturunkan

$$\begin{aligned} \text{Total beban} = pk &= W + G \\ &= 23,55 + (-360) \\ &= 336,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$pk = \frac{\pi^2 \times EI}{lk^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6 \times (\frac{1}{64} \times \pi \times d^4)}{(\frac{1}{2}\sqrt{2} \times 80)^2}$$

$$\begin{aligned} d^2 &= \sqrt{\frac{(40\sqrt{2})^2 \times 336,45}{\pi^2 \times 2 \times 10^6 \times (\frac{1}{64} \times \pi)}} \\ &= 0,23 \sim 0,30 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka diameter yang digunakan adalah 5 cm

Panjang stang (l) = a + tinggi jagaan

$$= 0,40 + 0,40$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

Tinggi jagaan diberikan agar mempermudah pengoperasian pintu air

4.4.1 Analisis Pintu Air Kawasan Timur

4.4.1.1 Perhitungan tinggi bukaan pintu

Perhitungan tinggi bukaan pintu direncanakan menggunakan aliran tak tenggelam.

Q outlet menuju jalan :

$$b \text{ saluran} = 0,60 \text{ m}$$

$$h \text{ saluran} = 0,60 \text{ m}$$

$$Q \text{ outlet} = 0,206 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$b \text{ pintu} = b \text{ saluran} + (2 \times 0,1)$$

$$= 0,60 + 0,20$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

$$Z = 0,25 \text{ m}$$

$$a = \frac{Q}{\mu b \sqrt{2gz}}$$

$$= \frac{0,206}{0,80 \times 0,80 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,25}}$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

Keterangan :

A : tinggi bukaan pintu

Q : debit (m^3/detik)

μ : koefisien debit untuk bukaan dibawah permukaan dengan tinggi energy kecil

b : lebar pintu (meter)

g : percepatan gravitasi (m^2/s)

z : beda kedalaman air (meter)

$$h \text{ pintu} = a + 0,1$$

$$= 0,2 + 0,1$$

$$= 0,3 \text{ m}$$

Jadi dari perhitungan diatas didapatkan kebutuhan tinggi bukaan pintu yaitu 0,30 meter, maka direncanakan pintu air dengan tinggi 0,50 meter

4.4.1.2 Perhitungan dimensi pintu air

Pintu air yang digunakan direncanakan menggunakan pintu air dari pelat baja. Untuk mendapatkan tabel pintu air menggunakan rumus gaya hidrostatik akibat air dan menghitung M_{max} pada daun pintu

Diketahui :

$$\gamma_{air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$H_1 = H \text{ saluran} - H \text{ pintu}$$

$$= 0,60 - 0,50$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

$$H \text{ pintu} = 0,50 \text{ m}$$

$$B \text{ pintu} = 0,80 \text{ m}$$

d. Rumus perhitungan gaya hidrostatik akibat air

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$P_1 = \gamma_w \times h \text{ saluran}$$

$$= 1 \times 0,60$$

$$= 0,60 \text{ t/m}^2$$

$$P_2 = \gamma_w \times h_1$$

$$= 1 \times 0,1$$

$$= 0,1 \text{ t/m}^2$$

Sehingga gaya yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{p_1+p_2}{2} \times hp \\
 &= \frac{0,60+0,1}{2} \times 0,4 \\
 &= 0,175 \text{ t/m} \sim > 1,75 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= p \\
 &= 0,175 \text{ t/m} \sim > 1,75 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

e. Rumus perhitungan Mmax pada daun pintu

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \frac{1}{8} \times q \times b^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1,75 \times 0,8^2 \\
 &= 0,14 \text{ tm} \sim > 1400 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

f. Rumus perhitungan tebal daun pintu

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{M}{W} \\
 w &\geq \frac{M}{\sigma} \sim > w \geq \frac{1280}{1600}
 \end{aligned}$$

$$W \geq 0,8$$

Σ = tahanan ijin baja (1600 kg/cm²)

$$\begin{aligned}
 t &= \sqrt{\frac{6 \times W}{b}} \\
 &= \sqrt{\frac{6 \times 0,8}{80}} \\
 &= 0,245 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tebal pintu yang digunakan adalah 0,5 cm

Kontrol tebal plat terhadap kelendutan

- Lendutan ijin

$$\bar{f} = \frac{L}{360}$$

$$\bar{f} = \frac{80}{360}$$

$$= 0,22 \text{ cm}$$

- Lendutan yang terjadi

$$\bar{f} = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I}$$

$$\bar{f} = \frac{5}{384} \times \frac{1,75 \times 80^4}{2,1 \times 10^6 \times \frac{1}{12} \times 50 \times 1}$$

$$0,22 \text{ cm} > 0,21 \text{ cm}$$

Lendutan ijin > lendutan terjadi (ok)

Sehingga dapat disimpulkan lebar pintu air yang akan digunakan adalah 0,80 m. tinggi bukaan pintu air adalah 0,30 meter, tinggi pintu air 0,50 meter dan tebal pintu air 0,005 meter.

4.4.1.3 Perhitungan stang pintu

H pintu = 0,4 meter

B pintu = 0,8 meter

T pintu = 0,01 meter

Pembebanan

$$\gamma_{\text{baja}} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

akibat beban sendiri

$$\begin{aligned} \text{Berat pintu} &= 0,80 \times 0,50 \times 0,005 \times 7850 = 15,70 \text{ kg} \\ \text{Sambungan} &= 25\% \times 15,70 = \underline{3,92} \text{ kg} + \\ &= 19,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat tekanan air

$$\begin{aligned} H_a &= q \times H \text{ pintu} \\ &= 1,75 \times 0,5 \\ &= 0,875 \text{ ton} \\ &= 875 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya gesek pelat dengan air

$$\begin{aligned} G &= f \times H_a \\ &= 0,40 \times 875 \\ &= 0,35 \text{ t} \sim 350 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada saat pintu dinaikkan

$$\begin{aligned} \text{Total beban} = \text{Str} &= W + G \\ &= 19,72 + 350 \\ &= 369,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Str} = A \times \sigma$$

$$369,62 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times 1600$$

$$D1 = \sqrt{\frac{369,62}{\pi \times 400}}$$

$$= 0.54 \sim 0,50 \text{ cm}$$

Diameter minimum stang adalah 7 cm

Maka diameter yang digunakan adalah 7 cm

Pada saat pintu diturunkan

$$\begin{aligned} \text{Total beban} = pk &= W + G \\ &= 19,72 + (-350) \\ &= 330,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$pk = \frac{\pi^2 \times EI}{lk^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6 \times (\frac{1}{64} \times \pi \times d^4)}{(\frac{1}{2}\sqrt{2} \times 100)^2}$$

$$d^2 = \sqrt{\frac{(50\sqrt{2})^2 \times 330,37}{\pi^2 \times 2 \times 10^6 \times (\frac{1}{64} \times \pi)}}$$

$$= 0,2613 \sim 0,3 \text{ cm}$$

Maka diameter yang digunakan adalah 5 cm

Panjang stang = a + tinggi jagaan

$$= 0,20 + 0,60$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

Tinggi jagaan diberikan agar mempermudah pengoperasian pintu air

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari Tugas Akhir Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Apartemen Grand Sagara ini adalah :

1. Pada awalnya debit limpasan air hujan dari kawasan Apartemen Grand Sagara sebelum dibangun adalah 0,224 m³/s pada kawasan barat dan 0,106 m³/s pada kawasan timur. Dan setelah kawasan ini di bangun menjadi 0,486 m³/s pada kawasan barat dan 0,268 m³/s pada kawasan timur.
2. Sistem jaringan yang ada pada kawasan apartemen Grand Sagara dibagi menjadi 2 bagian, yakni bagian barat dan timur. Sistem drainase Surabaya Grand Sagara barat dan timur dimulai dari air hujan yang jatuh pada atap bangunan, air hujan tersebut mengalir menuju *roofdrain* yang mengalir kebawah melalui talang *vertical* menuju saluran tepi jalan. Sedangkan air hujan yang jatuh di jalan dan taman di sekitar apartemen mengalir langsung menuju saluran tepi jalan, air di saluran tepi jalan kemudian mengalir menuju *long storage* yang berada di jalan utama apartemen Grand Sagara barat dan timur, yang kemudian di alirkan menuju saluran pembuang menuju ke laut.
3. Agar perubahan debit limpasan akibat pembangunan apartemen tidak membenani saluran pembuang eksisting, maka direncanakan sistem drainase pada kawasan, dengan dimensi saluran saluran dalam kawasan adalah 0,30m x 0,30 m, 0,30 m x 0,40 m, 0,40 m x 0,40 m, 0,40 m x 0,50 m, 0,50 m x 0,50 m, 0,50 m x 0,60 m, 0,60 m x 0,60 m, dan 0,70 m x 0,70 m. saluran tersebut tidak hanya

mengalirkan air hujan saja tetapi juga menerima limbah domestik yang telah diolah oleh STP terlebih dahulu.

4. Pada perencanaan kawasan apartemen Grand sagara direncanakan *Long Storage* yang berfungsi untuk menampung kelebihan limpasan akibat pembangunan, *Long Storage* juga berfungsi untuk mengatur debit air yang keluar dari kawasan apartemen sehingga perencanaan sistem drainase dalam tugas akhir ini memenuhi konsep “*Zero Delta Q*”. Dimensi *Long storage* pada kawasan barat direncanakan sebesar 1,80 m x 1,80 m, 2,00 m x 2,00 m dan dengan panjang 841 m yang menghasilkan volume tampung sebesar 2795 m³, dan pada kawasan timur sebesar 2,00 m x 2,00 m, 2,25 m x 2,25 m, dengan panjang 373,31 m yang menghasilkan volume tampung sebesar 1630,62 m³.
5. Dengan Volume kolam tampung sebesar 2795 m³ pada kawasan barat dan 1630,62 m³ pada kawasan timur, direncanakan 2 pompa air pada tiap kawasan dengan debit masing-masing 100 l/detik pada kawasan barat dan 62 l/detik pada kawasan timur, yang akan di operasikan dengan lama pengurusan selama 4 jam baik pada kawasan barat maupun timur.

5.2 Saran

Tugas Akhir ini masih bisa dikembangkan lagi dengan cara sebagai berikut :

- Menambahkan hitungan dan Hidrograf untuk pengoperasian pompa air

DAFTAR PUSTAKA

- Astriawati. 2017. **Jurnal Teknik ITS : Perencanaan Sistem Drainase Apartemen Grand Dharma Husada Lagoon Propinsi Jawa Timur**. Surabaya
- Bambang Triadmodjo. 2008. **Hidrologi Terapan**. Yogyakarta : Beta Offset.
- Fifi Sofia. 2006. **Modul Ajar Sistem dan Bangunan Drainase**. Surabaya
- Hadisusanto Nugroho. 2011. **Aplikasi Hidrologi**. Malang
- SDMP (*Surabaya Drainage Master Plan*). 2008
- Soewarno. 1995. **Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1**. Bandung: NOVA.
- Soewarno. 1995. **Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 2**. Bandung: NOVA.
- Sri Harto. 1993. **Analisis Hidrologi**. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Yogyakarta: ANDI.
- Surya Ramadhan 2018. **Jurnal Teknik ITS : Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Grand Peninsula**. Surabaya

LAMPIRAN

Lampiran 1. Outlet Sistem Drainase Kawasan Apartemen Grand Sagara



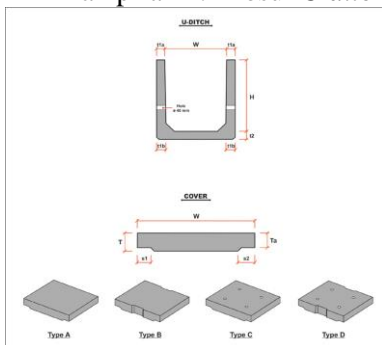
Gambar 1 Pesisir Selat Madura Sebelah Barat Jembatan Suramadu



Gambar 2 Pesisir Selat Madura Sebelah Timur Jembatan Suramadu

Lampiran 2. Curah Hujan Harian Maksimum Surabaya per Tahun
Tabel 1 Curah Hujan Harian Maksimum Surabaya

TAHUN	STASIUN HUJAN										
	Wonorejo	Simo	Perak	Larangan	Keputih	Kedung Cowek	Kebon Agung	Kandangan	Gunung Sari	Gubeng	Wonokromo
2003	76	174	99	65	102	65	75	117	98	68	71
2004	85	152	172	61	58	61	92	79	103	86	92
2005	90	138	81	64	110	64	105	90	114	89	114
2006	153	132	95	72	140	72	98	130	110	106	110
2007	71	107	89	64	127	64	100	97	96	104	107
2008	68	87	53	84	90	84	85	120	81	98	65
2009	98	107	89	70	120	59	76	78	78	75	104
2010	98	89	109	113	90	123	109	127	114	106	110
2011	94	84	110	72	78	79	97	79	102	81	98
2012	95	67	114	70	85	86	114	82	102	70	106
2013	85	74	129	80	80	73	95	75	97	99	87
2014	100	78	102,5	105	134	100	89	81	85,5	109	83
2015	109	88	139,6	57	84	54	68	63	70	61	63
2016	121	86	114,5	118	164	103	87	120	94	98	108
2017	122	102	-	111	124	96	112	98	120	116	114

Lampiran 4. Brosur *U ditch*, *Box Culvert*, dan Pompa air

TYPE W x H x L	DIMENSION (mm)						WEIGHT (Kg)
	W	H	t1a	t1b	t2	L	
U 30x20x120	300	200	50	55	50	1200	140
U 30x30x120	300	300	50	55	50	1200	180
U 30x40x120	300	400	50	55	50	1200	220
U 30x50x120	300	500	50	55	50	1200	250
U 40x40x120	400	400	60	65	60	1200	280
U 40x50x120	400	500	60	65	60	1200	330
U 40x60x120	400	600	60	65	60	1200	370
U 50x50x120	500	500	60	65	60	1200	340
U 50x60x120	500	600	60	70	60	1200	390
U 50x70x120	500	700	60	80	60	1200	430
U 60x60x120	600	600	60	70	60	1200	410
U 60x70x120	600	700	60	70	60	1200	450
U 60x80x120	600	800	80	95	80	1200	650
U 60x100x120	600	1000	80	95	80	1200	800
U 70x70x120	700	700	80	95	80	1200	700
U 70x80x120	700	700	80	95	80	1200	720
U 80x80x120	800	800	80	95	80	1200	730
U 80x90x120	800	900	80	95	80	1200	790
U 80x100x120	800	1000	100	110	100	1200	1000
U 80x1200x120	800	1200	100	110	100	1200	1170
U 90x90x120	900	900	100	115	100	1200	1200
U 90x100x120	900	1000	100	115	100	1200	1280
U 100x100x120	1000	1000	100	115	100	1200	1150
U 100x120x120	1000	1200	100	115	100	1200	1330
U 100x150x120	1000	1500	120	135	120	1200	1880
U 120x100x120	1200	1000	120	135	120	1200	1440
U 120x120x120	1200	1200	120	135	120	1200	1610
U 120x150x120	1200	1500	120	135	120	1200	1900

Gambar 3 Brosur *U ditch* Pt CalvaryAbadi

		Tipe Produk	Dimensi [mm]			Berat [kg]	
			Ukuran	T. Atas	T. Bawah		Panjang
		400 - 400 - 1000 mm	400 x 400	90	90	1000	483
		500 - 500 - 1000 mm	500 x 500	100	100	1000	657
		600 - 600 - 1000 mm	600 x 600	110	100	1000	773
		800 - 800 - 1000 mm	800 x 800	120	100	1000	1024
		1000 - 1000 - 1000 mm	1000 x 1000	140	125	1000	1560
		1200 - 1200 - 1000 mm	1200 x 1200	140	125	1000	1815
		1400 - 1400 - 1000 mm	1400 x 1400	160	160	1000	2363
		1500 - 1500 - 1000 mm	1500 x 1500	170	150	1000	2668
		1600 - 2200 - 1000 mm	1600 x 2200	180	180	1000	3844
		1800 - 1800 - 1000 mm	1800 x 1800	200	180	1000	4023
		2000 - 2000 - 1000 mm	2000 x 2000	200	180	1000	4087
		2200 - 1600 - 1000 mm	2200 x 1600	200	180	1000	3925
		2250 - 2250 - 1000 mm	2250 x 2250	225	200	1000	5642
		3000 - 1500 - 1000 mm (HD Monolit)	3000 x 1500	250	250	1000	6587

Gambar 4 Brosur *Box Culvert* Asiacon



HW Series volute mixed flow pump

Flow range:180-81700 m3/h

Head range:6-18 m

Operation temperature:≤80°C

Matched Power:11-37kw

Material:cast iron and stainless steel

Diameter range: DN150-DN1200mm

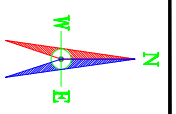
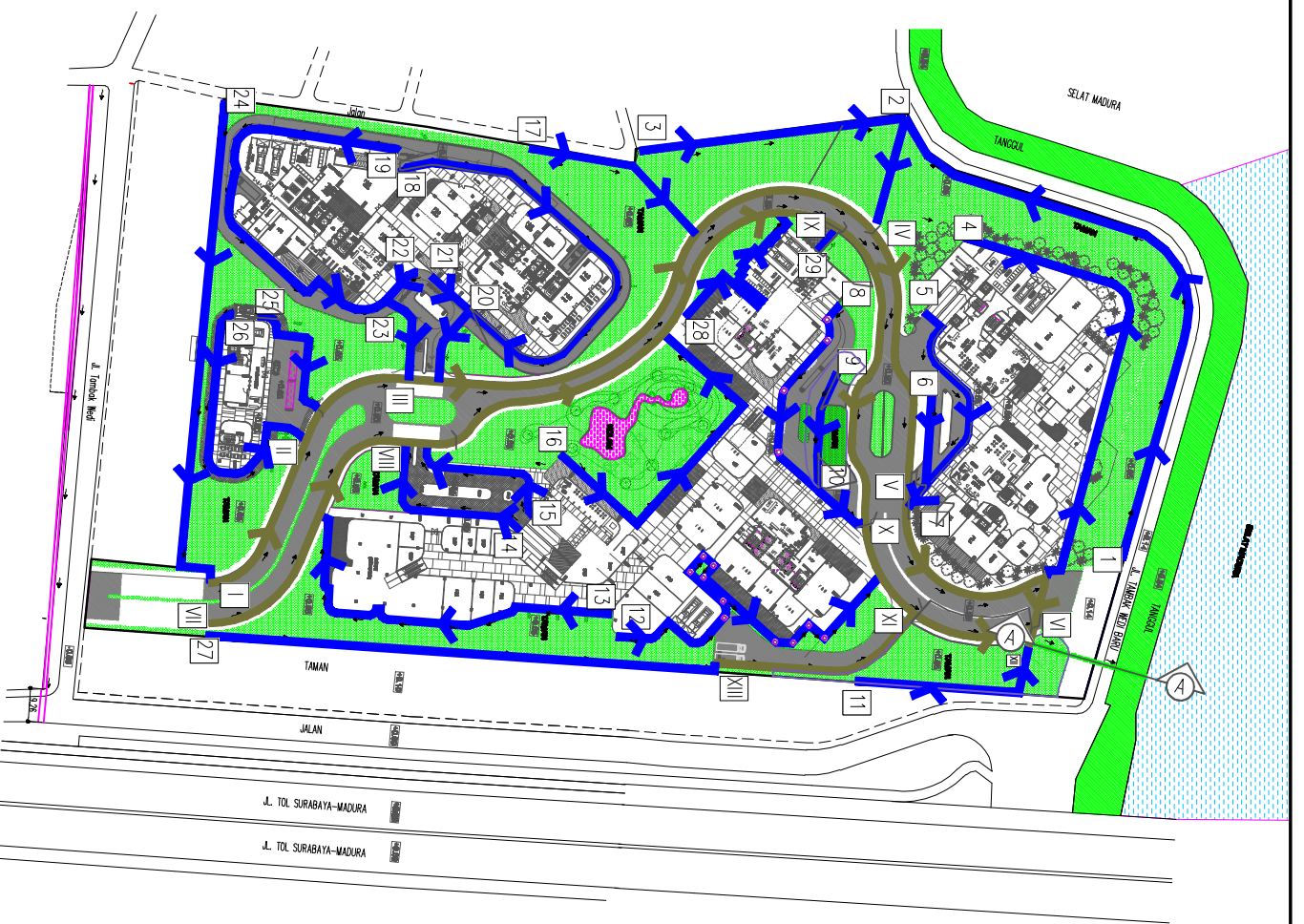
Speed: 154-2900rpm

Order

Send E-mail

Model	Flow		Head m	Speed r/min	Diameter mm		Power kw		NPSH m	Weight
	M3/h	l/s			Inlet	Outlet	M	motor		
150HW-5	180	50	5	1450	150	150	82	2.99	2.7	60
150HW-6	180	50	6	1450	150	150	82	3.59	3	68
:	223	62	9.2	1800	150	150	82	7.07	4	68
150HW-8	180	50	8	1450	150	150	82	4.78	2.7	60
150HW-12	180	50	12.5	2900	150	150	82	7.47	6	55
200HW-5	360	100	5	1450	200	200	83.5	6.01	4	105
200HW-8	360	100	8	1450	200	200	83.5	9.39	4	105
200HW-10	360	100	7	1200	200	200	83.5	8.22	4	130
:	450	125	10	1450	200	200	83.5	14.68	5	130
:	500	139	12.2	1600	200	200	83.5	19.91	5.5	130
200HW-12	360	100	12.5	1450	200	200	83.5	14.68	4	105
250HW-5	540	150	5	1180	250	250	82	8.97	4	190
250HW-7	450	125	7	980	250	250	84	10.22	4	168
250HW-8	444	123	5.4	970	250	250	84	7.78	2.7	190
:	540	150	8	1180	250	250	84	14.01	4	190
:	664	184	12.1	1450	250	250	84	26	6.4	190
250HW-11	450	152	4.8	980	250	250	84	7	4	169
:	650	180	11.6	1450	250	250	84	24.37	6	169
:	720	200	14.3	1600	250	250	84	33.38	6.5	169
250HW-12	540	150	12.5	1180	250	250	84	21.88	4	190
300HW-5	792	220	5	970	300	300	83	12.99	4	230
300HW-8	792	220	8	970	300	300	85	20.3	4	230
300HW-8A	581	161	3.9	730	300	300	84	7.48	3	230
:	780	217	7	980	300	300	84	18.08	4	230
:	1035	288	12.3	1300	300	300	84	42.17	5	230
300HW-12	792	220	12.5	970	300	300	85	31.72	4	230
350HW-8	745	207	4.4	730	350	350	85.5	10.44	4	330
:	1000	278	8	980	350	350	85.5	25.5	5	330
400HW-7	1260	350	6.8	730	400	400	86	27.13	4	486
:	1692	470	12.3	980	400	400	86	65.9	5	486
400HW-10	1400	389	9.94	730	400	400	86	44.3	4	496
:	1880	522	18	980	400	400	86	107.1	5	496
500HW-6	1980	550	6.2	580	500	500	87	38.4	5.5	770
:	2492	692	9.8	730	500	500	87	76.4	6	770
650HW-5	3312	920	5.1	485	650	650	85	54.1	5.5	1940
:	4032	1120	7.55	590	650	650	85	97.5	6	1940
650HW-7	3400	944	6.5	450	650	650	88	68.4	5.3	1940
:	3663	1017	7.6	485	650	650	88	86.1	5.5	1940
:	4457	1238	11.18	590	650	650	88	154.2	6	1940
650HW-10	4000	1111	14	590	650	650	88	173.3	6	1940
:	3322	923	9.7	490	650	650	88	99.7	5.5	1940
700HW-8	4500	1250	7.8	490	700	700	88	108.7	4.5	.
800HW-10	5980	1661	12.2	490	800	800	88	225	5.5	3433
800HW-16	7200	2000	17.7	590	800	800	88	394.6	6.5	3433
1200HW-2.5	9600	2667	2.5	154	1200	1200	88	74.3	2	9850
1200HW-6.6	15584	4329	6.6	250	1200	1200	88	318	4	9850
1200HW-9.6	18700	5194	9.5	300	1200	1200	88	550	6	9850

Gambar 5 Brosur Pompa Air HW series



NAMA KEGIATAN

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
KAWASAN APARTEMEN SURABAYA
GRAND BAGARA

LOKASI PEKERJAAN

JL. TAMBAK WEDI KAWITNO 1
(JALAN TAMBAK WEDI)
KEL. TAMBAK WEDI KEC. KENDERAN
KOTA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

DR. TRESH. UMBOBO LAMANTO, ST. Msc

DR. R. EDIATNO

MAHASISWA

LAVANG ZARZAR
031134000099

LEGENDA

ZONING STORAGE RENCANA



SALURAN RENCANA

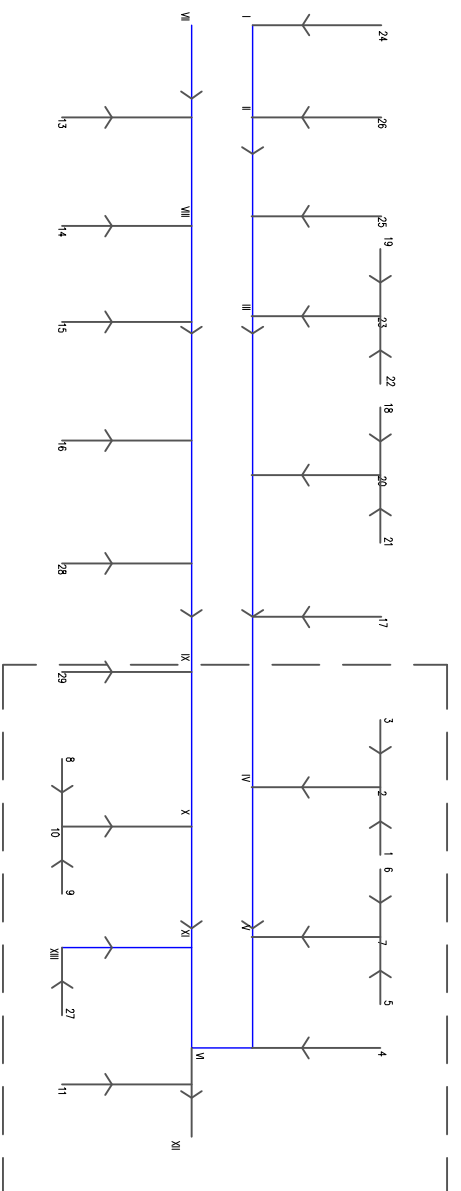


**SKEMA DRAINASE RENCANA
KAWASAN BARAT**

SKALA 1 : 200

NO. LEMBAR

134

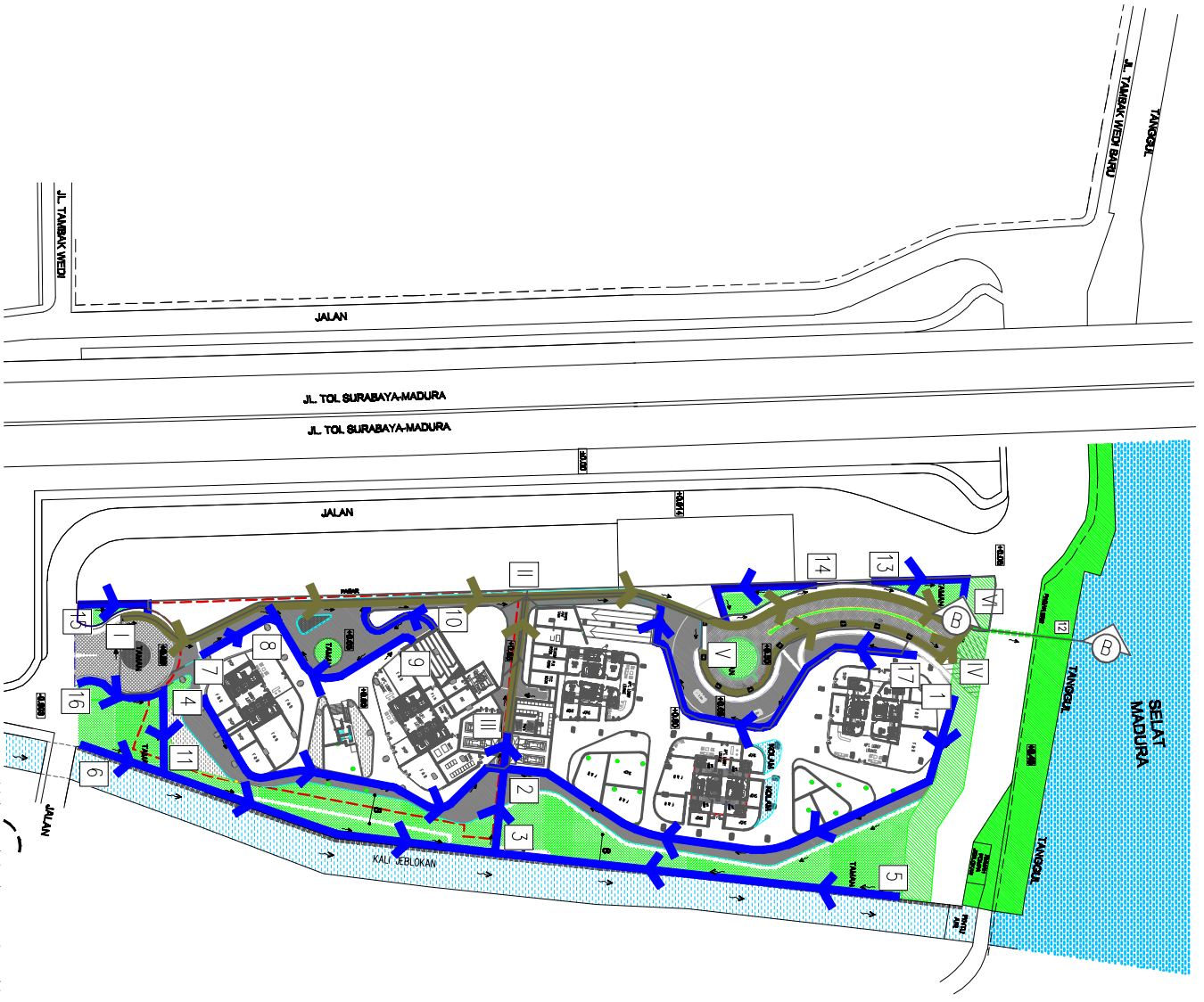


S3-S2 L SAURAN 74,10 m L UAS 0,00092 km ² C GAB 0,35 I SAURAN 0,0004 0,40 m Elevasi Hulu +0,498 Elevasi Hilir +0,458	S1-S2 L SAURAN 173,55 m L UAS 0,00162 km ² C GAB 0,35 I SAURAN 0,00025 0,50 m Elevasi Hulu +0,499 Elevasi Hilir +0,458	S6-S7 L SAURAN 26,86 m L UAS 0,00026 km ² C GAB 0,27 I SAURAN 0,0008 0,30 m Elevasi Hulu +0,514 Elevasi Hilir +0,453	S5-S7 L SAURAN 99,80 m L UAS 0,00249 km ² C GAB 0,78 I SAURAN 0,0002 0,60 m Elevasi Hulu +0,465 Elevasi Hilir +0,453	S7-S5 L SAURAN 29,92 m L UAS 0,00065 km ² C GAB 0,78 I SAURAN 0,00020 0,60 m Elevasi Hulu +0,498 Elevasi Hilir +0,450	S7-S5 L SAURAN 7,78 m L UAS 0,00003 km ² C GAB 0,78 I SAURAN 0,00035 0,60 m Elevasi Hulu +0,465 Elevasi Hilir +0,450	S4-S5 L SAURAN 131,79 m L UAS 0,00087 km ² C GAB 0,61 I SAURAN 0,00025 0,50 m Elevasi Hulu +0,483 Elevasi Hilir +0,450	LS III - LS IV L SAURAN 142,91 m L UAS 0,0007 km ² C GAB 0,75 I SAURAN 0,00001 1,80 m Elevasi Hulu -1,549 Elevasi Hilir -1,550	LS IV - LS V L SAURAN 80,24 m L UAS 0,0005 km ² C GAB 0,71 I SAURAN 0,00001 1,80 m Elevasi Hulu -1,549 Elevasi Hilir -1,550	LS IV - LS V L SAURAN 80,24 m L UAS 0,0005 km ² C GAB 0,75 I SAURAN 0,00001 2,00 m Elevasi Hulu -1,749 Elevasi Hilir -1,750	LS V - LS VI L SAURAN 80,24 m L UAS 0,0005 km ² C GAB 0,75 I SAURAN 0,00001 2,00 m Elevasi Hulu -1,749 Elevasi Hilir -1,750	LS VI - LS VII L SAURAN 5,25 m L UAS 0,00003 km ² C GAB 0,35 I SAURAN 0,00001 2,00 m Elevasi Hulu -1,750 Elevasi Hilir -1,750
---	---	---	---	--	---	---	---	--	--	--	--

LS IX - LS X L SAURAN 87,90 m L UAS 0,0006 km ² C GAB 0,71 I SAURAN 0,00001 2,00 m Elevasi Hulu -1,750 Elevasi Hilir -1,750	LS X - LS XI L SAURAN 28,67 m L UAS 0,0002 km ² C GAB 0,75 I SAURAN 0,00001 2,00 m Elevasi Hulu -1,750 Elevasi Hilir -1,750	LS VIII - LS XI L SAURAN 61,25 m L UAS 0,0004 km ² C GAB 0,75 I SAURAN 0,00001 2,00 m Elevasi Hulu -1,750 Elevasi Hilir -1,750	LS XI - LS VI L SAURAN 34,55 m L UAS 0,0003 km ² C GAB 0,75 I SAURAN 0,00001 2,00 m Elevasi Hulu -1,750 Elevasi Hilir -1,750	S2-S15 L SAURAN 15,91 m L UAS 0,00019 km ² C GAB 0,32 I SAURAN 0,0002 0,60 m Elevasi Hulu -0,207 Elevasi Hilir -0,210	S3-S10 L SAURAN 33,60 m L UAS 0,00065 km ² C GAB 0,69 I SAURAN 0,0004 0,40 m Elevasi Hulu +0,207 Elevasi Hilir -0,207	S27-S15 L SAURAN 143,37 m L UAS 0,00070 km ² C GAB 0,71 I SAURAN 0,00003 0,40 m Elevasi Hulu -0,657 Elevasi Hilir -0,610	S11-S15 L SAURAN 38,37 m L UAS 0,00081 km ² C GAB 0,35 I SAURAN 0,00004 0,40 m Elevasi Hulu +0,013 Elevasi Hilir -0,010	S29-S15 L SAURAN 7,29 m L UAS 0,00028 km ² C GAB 0,71 I SAURAN 0,00046 0,40 m Elevasi Hulu -0,085 Elevasi Hilir -0,010	S8-S10 L SAURAN 62,92 m L UAS 0,00148 km ² C GAB 0,81 I SAURAN 0,00035 0,50 m Elevasi Hulu -0,085 Elevasi Hilir -0,107	S9-S10 L SAURAN 33,60 m L UAS 0,00065 km ² C GAB 0,69 I SAURAN 0,0004 0,40 m Elevasi Hulu +0,207 Elevasi Hilir -0,207
--	--	---	---	--	--	---	--	---	---	--

DETAIL SKEMA DRAINASE
BARAT 2
 KALIA 1/13

NAMA KEGIATAN	PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN APARTEMEN SURABAYA GRAND BAGARA
LOKASI PEKERJAAN	IL. TABAK WEDJ KAVITNO 1 (JALAN TABAK WEDJ KEL. TABAK WEDJ KEC. KENDERAN KOTA SURABAYA
DOKTER PEMBIMBING	DR. IRCHEN UMBOBO LAMANTO, ST. Mgs
DR. IR. EDUATNO	
MAHASISWA	
LAVANG ZARBAR	0911134000099
LEGENDA	
LONG STORAGE	
NO. LEMBAR	136



SKEMA DRAINASE RENCANA KAWASAN TIMUR
 SKALA : 1:2000

NAMA KEGIATAN	PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN APARTEMEN SURABAYA GRAND SAGARRA
LOKASI PEKERJAAN	JL. TAMBAK WEDU KAW. NO 1 (JALAN TAMBAK WEDU) KEL. TAMBAK WEDU KEC. KENGERAN KOTA SURABAYA
DOSEN PEMBIMBING	DR. IRCHEN UMBORO LASMINTO, ST. Msc
MAHASISWA	DR. IR. EDLIATNO
LAVANG ZARBAK	LAVANG ZARBAK 0911134000099
LEGENDA	<p>LONG STORAGE RENCANA</p> <p>SALURAN RENCANA</p>
NO. LEMBAR	137

NAMA KEGIATAN

REKONSTRASI DAN PERLEBARAN
JALAN LINTAS DAN PERLEBARAN
GRAND MALINDA

LOKASI PERBUATAN

KAWASAN WILAYAH TINGGI
GALANGAN WILAYAH TINGGI
KAWASAN WILAYAH TINGGI
KAWASAN WILAYAH TINGGI

DURASI TRANSMISI

DR. TERAKA RUMAH SAKIT RUMAH SAKIT

DR. R. BUDIANTO

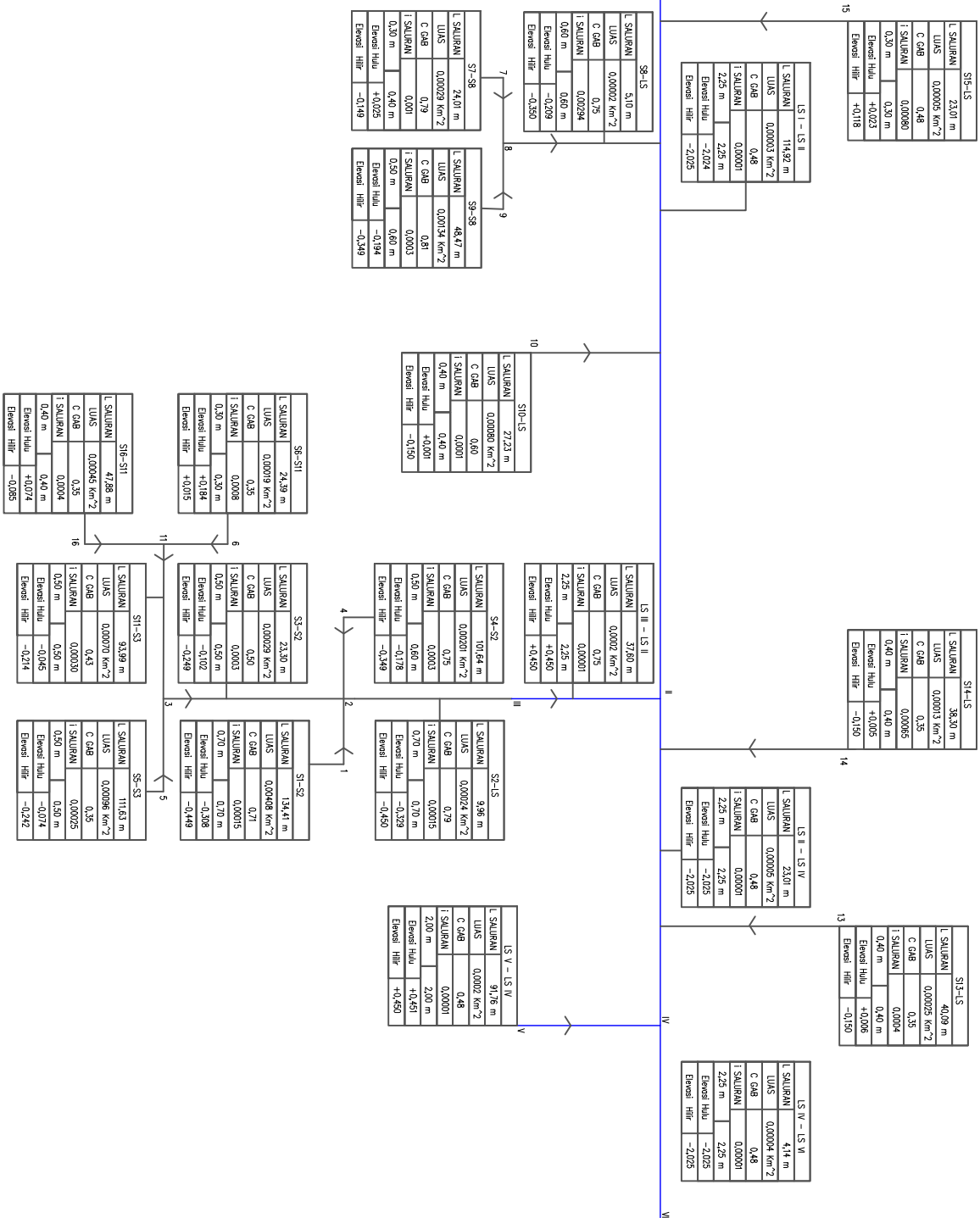
MARSIWA

LEMBANG PERENCANAAN
KAWASAN WILAYAH TINGGI
KAWASAN WILAYAH TINGGI

LINGKUP STUDI

NO. LEMBAR

138



NAMA KEGIATAN
 PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 KAWASAN APARTEMEN SUDARANTA
 GRAND SARAGA

LOKASI PEKERJAAN

IL. TAMBAK WEDI KAV II NO 1
 GALANG TAMBAK WEDI
 KEL. TAMBAK WEDI KEC. KENNERAN
 KOTA SURABAYA

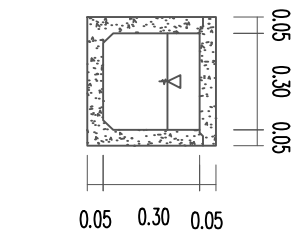
DOSSEN PEMBIMBING

DR. TRIGEN, LIMBORO LASMINTO, ST. MMS

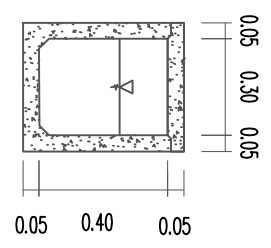
DR. IIR, EDDIATNO

MAHASISWA

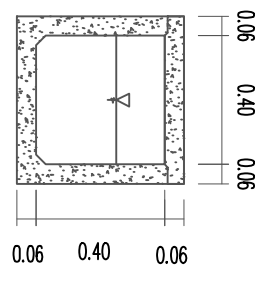
ZANANG ZARZARIE
 0311134000099
 LIRGHENDA



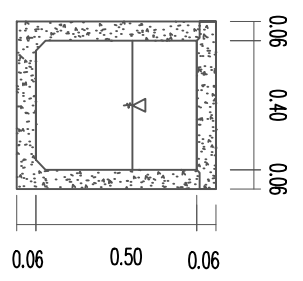
PENAMPANG SALURAN 30X30
 SKALA 1:150



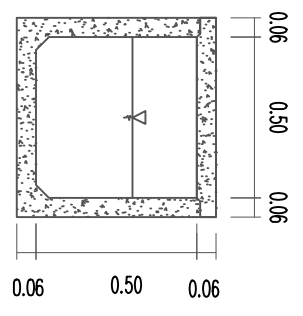
PENAMPANG SALURAN 30X40
 SKALA 1:150



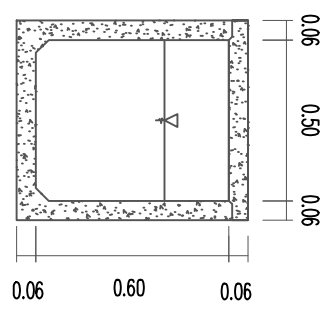
PENAMPANG SALURAN 40X40
 SKALA 1:150



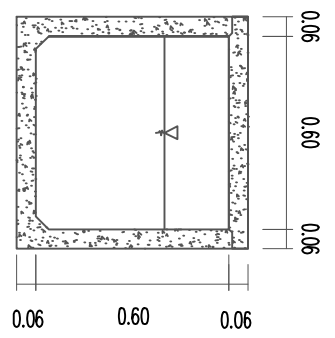
PENAMPANG SALURAN 40X50
 SKALA 1:150



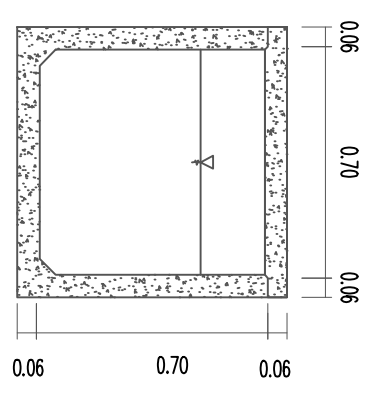
PENAMPANG SALURAN 50X30
 SKALA 1:150



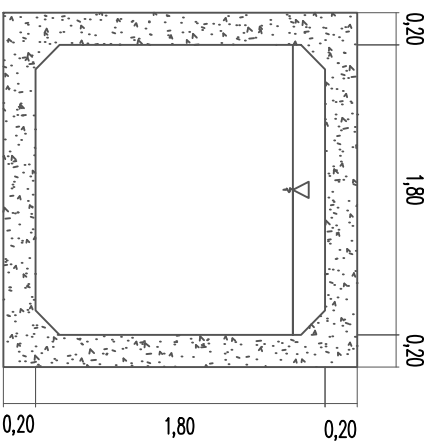
PENAMPANG SALURAN 50X60
 SKALA 1:150



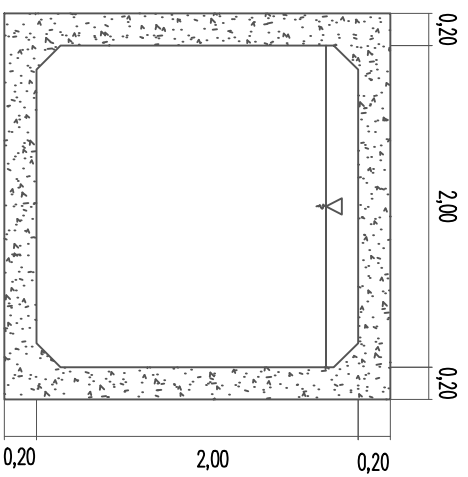
PENAMPANG SALURAN 60X60
 SKALA 1:150



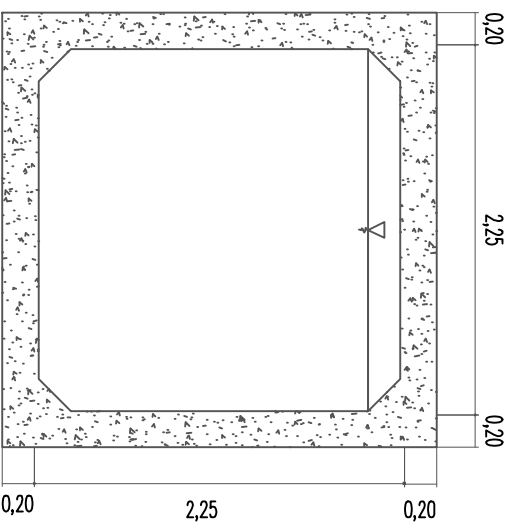
PENAMPANG SALURAN 70X70
 SKALA 1:150



PENAMPANG LONG STORAGE 180X180
 SKALA 1 : 300



PENAMPANG LONG STORAGE 200X200
 SKALA 1 : 300



PENAMPANG LONG STORAGE 225 X 225
 SKALA 1 : 300

NAMA KESEKUTUAN

**PERUSAHAAN BERSAMA PERAWAN
 KAWASAN LAHAT KABUPATEN
 GRAND BARRUA**

LOKASI PERBUAAN

**L. ZUMBAK WILKAYRINDI 1
 GULAY ZUMBAK WIND
 KEL. ZUMBAK WIND KEC. KEMERAN
 BOLA BOLA**

DOSEN PENYAJIANG

DR. TETRUK GABRIEL LAMONTA, ST. MS

DR. IR. EDUARDINO

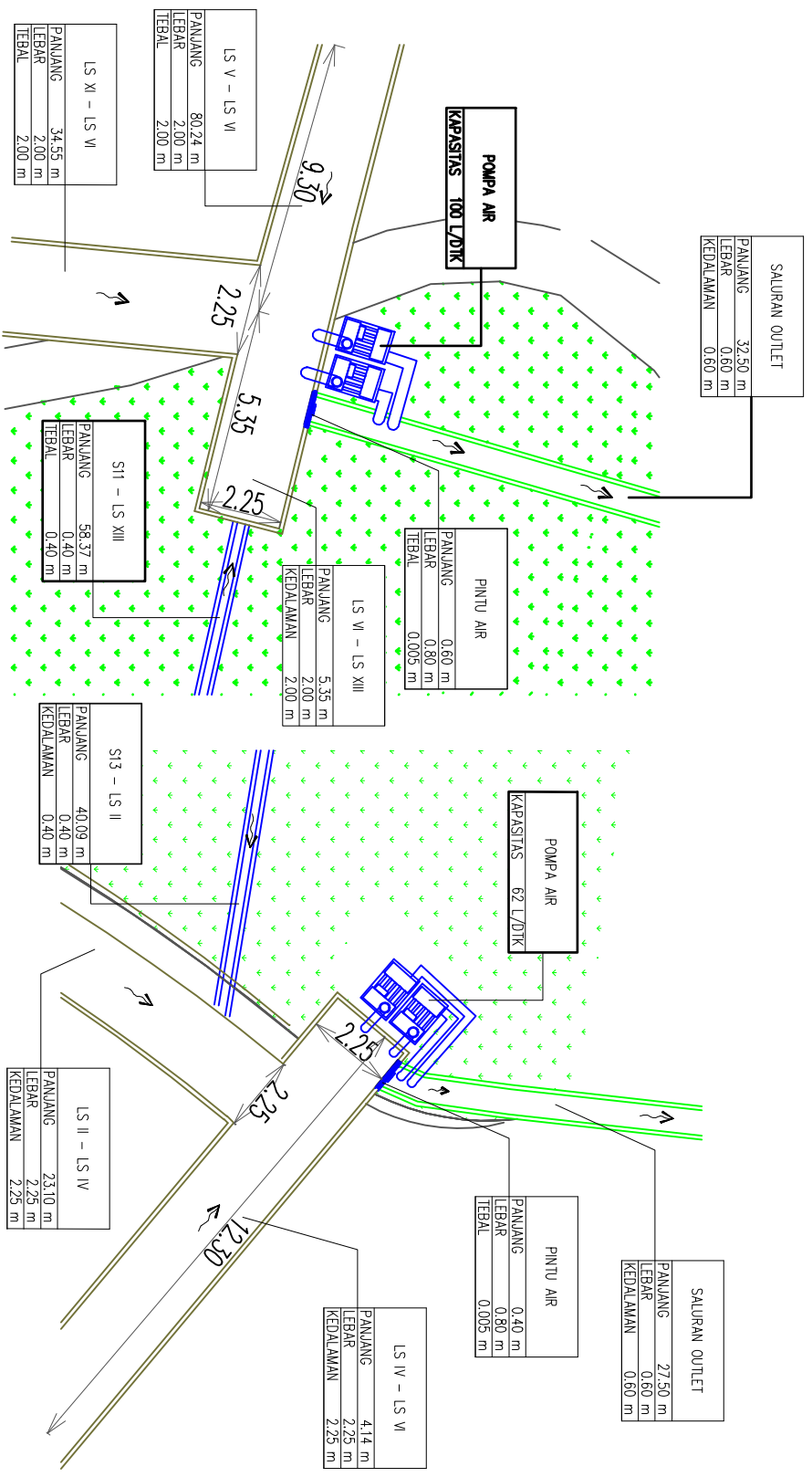
MAHASISWA

**ZAHARA SYAZLIE
 03110200000**

IRGENDIA

NO. LEMBAR

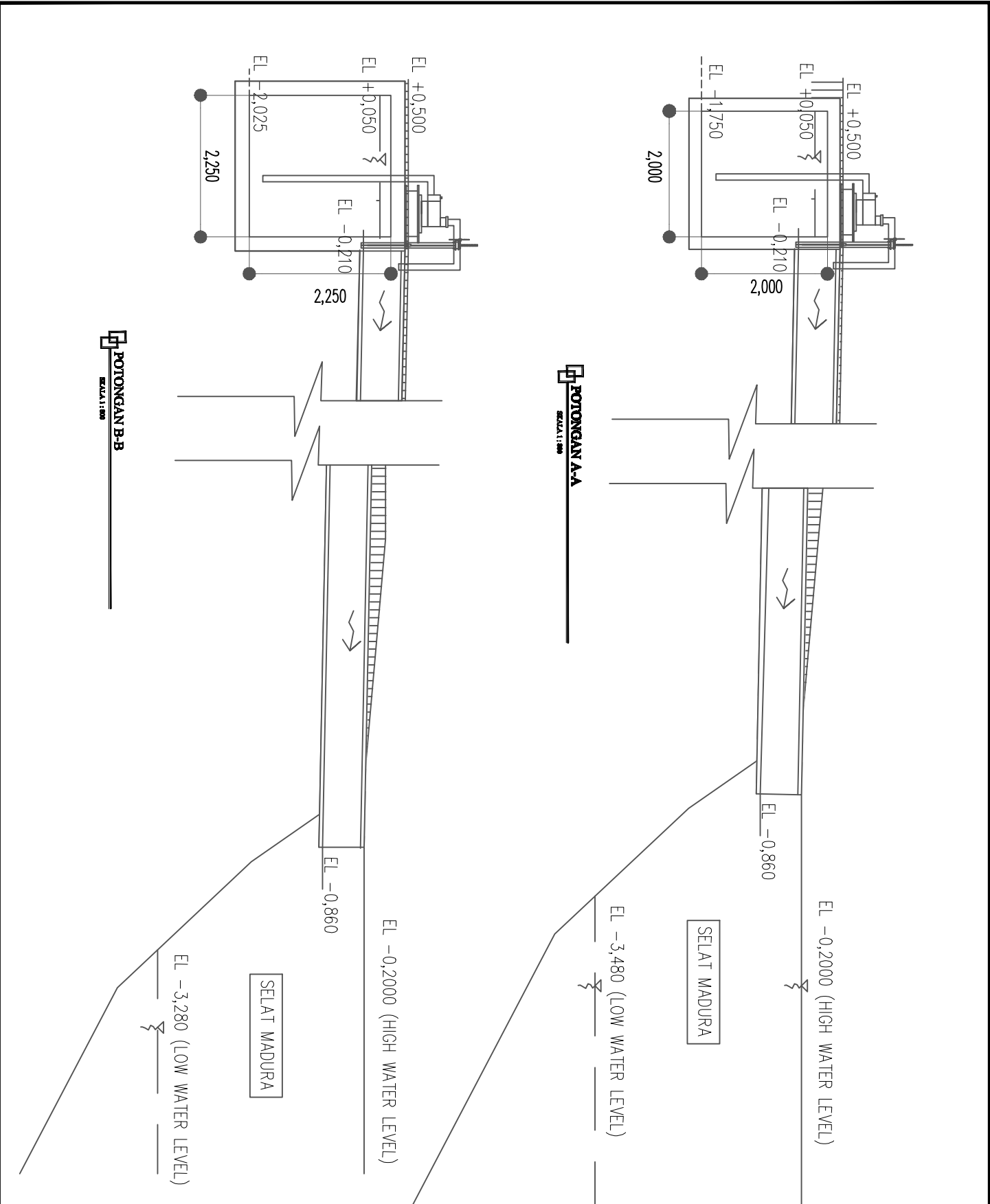
140



DENAH PINTU DAN POMPA AIR KAWASAN BARAT
 SKALA 1 : 150

DENAH PINTU DAN POMPA AIR KAWASAN TIMUR
 SKALA 1 : 150

NAMA KEGIATAN	PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN APARTEMEN SURABAYA GRAND SAGARA
LOKASI PEKERJAAN	IL. TAMBAK WEDIKAYINDO 1 (JALAN TAMBAK WEDIKAYINDO) KOTA SURABAYA
DOSEN PEMBIMBING	DR. TIREN UMBORO LASANTO, ST. MSc
MAHASISWA	DR. IR. EDUATNO
LANGKAH ZAKARAT	0811134000099
LEGENDA	<ul style="list-style-type: none"> — LOMB STRUKTUR BENCANA — SALURAN BENCANA — SALURAN OUTLET BENCANA — PINTU AIR — POMPA AIR
NO. LEMBAR	141



NAMA KEGIATAN

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
KAWASAN APARTEMEN SURABAYA
GRAND SAGARA

LOKASI PEKERJAAN

JL. TAMBAK PERDIKAYITNO 1
DULAN TAMBAK WEDU
KEL. TAMBAK WEDU PER. KEDUR
KOTA SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

DR. TEGEN UMORO LAMANTO, ST. Msc

DR. IR. EDDIATNO

MAHASISWA

LAVANG ZAR/20

031134000099

LEGENDA

NO. LEMBAR

142

NAMA KEGIATAN

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
KAWASAN APARTEMEN SUDABAYA
GRAND SAGARA

LOKASI PEKERJAAN

JL. TAMBAK PEREKAYATNO 1
DUAJANTAMBAK WINDU
KEL. TAMBAK WINDU TEG. KEBURHAN
KOTA SIBARAYA

DOSEN PEMBIMBING

DR. TECN. UMABORO LASMANTO, ST. Msc

DR. I.R. EDUATNO

MAHASISWA

LAVANG ZARULIE

031134000099

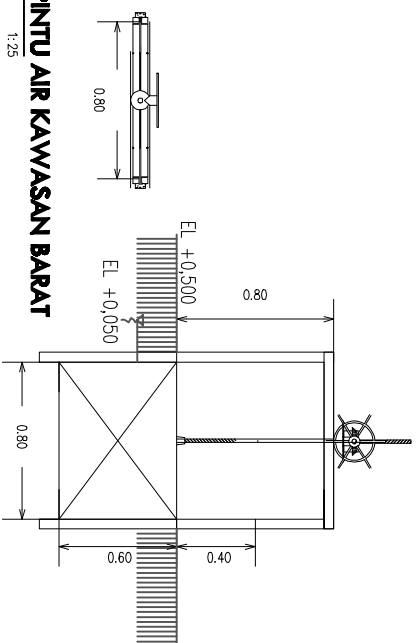
LEGENDA

NO. LEMBAR

143

TAMPAK ATAS PINTU AIR KAWASAN BARAT

SKALA : 1:25



TAMPAK DEPAN PINTU AIR KAWASAN BARAT

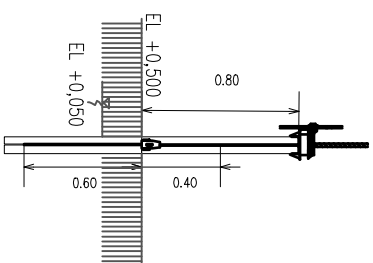
SKALA : 1:25

TAMPAK DEPAN PINTU AIR KAWASAN BARAT

TAMPAK SAMPING PINTU AIR KAWASAN BARAT

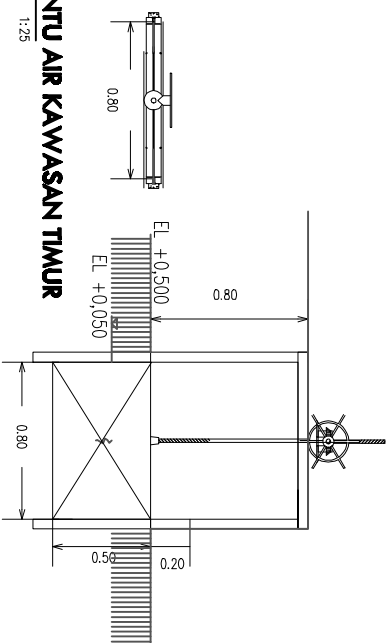
SKALA : 1:25

TAMPAK SAMPING PINTU AIR KAWASAN BARAT



TAMPAK ATAS PINTU AIR KAWASAN TIMUR

SKALA : 1:25



TAMPAK DEPAN PINTU AIR KAWASAN TIMUR

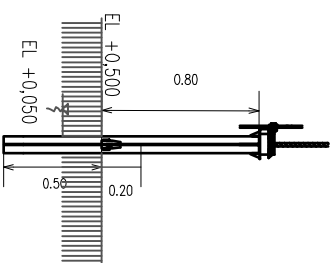
SKALA : 1:25

TAMPAK DEPAN PINTU AIR KAWASAN TIMUR

TAMPAK SAMPING PINTU AIR KAWASAN TIMUR

SKALA : 1:25

TAMPAK SAMPING PINTU AIR KAWASAN TIMUR



BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Lanang Zarkasi yang biasa dipanggil Zaki. Dilahirkan pada tanggal 02 April 1995 di Gresik sebagai anak kedua dari ketiga bersaudara. Penulis bertempat tinggal di perumahan Sukolilo Park Regency F -24. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Mahkota Putera, SD Nahdatul Ulama 1 Gresik, SMP Negeri 4 Gresik, SMA Muhammadiyah 1 Gresik, hingga akhirnya diterima sebagai

mahasiswa di S1 Jurusan Teknik Sipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013 dengan NRP 3113100099 melalui jalur SBMPTN. Selama perkuliahan penulis aktif sebagai Kepala Departemen Event pada UKM Musik ITS periode 2015-2016.pada maret 2018 pennulis bekerja pada CV Aksata Karya konsultan drainase sebagai Drafter, Penulis dapat dihubungi melalui *email* :

zarkdmacabre@gmail.com