



TUGAS AKHIR - RC 14-1501

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA BAGIAN UTARA

YUDHA PRASATAWA ARMANDO
NRP. 3115 105 006

Dosen Pembimbing I
Dr . Tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc
NIP. 19721202 1998 02 1 001

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Edijatno
NIP. 19520311 1980 03 1 003

PROGRAM STUDI LINTAS JALUR SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO BAGIAN UTARA

YUDHA PRASTAWA ARMANDO
NRP. 3115 105 006

Dosen Pembimbing I
Dr . Tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc
NIP. 19721202 1998 02 1 001

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Edijatno
NIP. 19520311 1980 03 1 003

**PROGRAM STUDI LINTAS JALUR SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT – RC 14-1501

DRAINAGE PLANNING SYSTEM OF ITS SUKLOLILO CAMPUS NORTH SECTION

YUDHA PRASTAWA ARMANDO
NRP. 3115 105 006

Advisor I
Dr . Tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc
NIP. 19721202 1998 02 1 001

Advisor II
Dr. Ir. Edijatno
NIP. 19520311 1980 03 1 003

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO BAGIAN SELATAN DRAINAGE PLANNING SYSTEM OF ITS SUKOLILO CAMPUS SOUTH SECTION

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

YUDHA PRASTAWA ARMANDO
NRP. 3115 105 006

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST. MSc.(Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Edijatno.(Pembimbing II)



SURABAYA
JULI, 2017



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

| | |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING | : Dr. Tech. Umboro Lasminto, ST. M.Sc. |
| NAMA MAHASISWA | : YUDHA PRATAWA ARMANDO |
| NRP | : 3115.105.006 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA BAGIAN UTARA |
| TANGGAL PROPOSAL | : |
| NO. SP-MMTA | : |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF DOSEN |
|----|----------|---|----------------------|-------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 1 | 12/4 '17 | <ul style="list-style-type: none">- koefisien Pengaliran dibedakan menurut fungsinya<ul style="list-style-type: none">- Gedung- Rumah- Taman/BTH- Lahan Parkir- Saluran yang direncanakan (baru) dibedakan. | | |
| 2. | 27/4 '17 | <ul style="list-style-type: none">- Perbaiki perhitungan T_c- Perbaiki perhitungan debit | | |
| 3. | 10/5 '17 | <ul style="list-style-type: none">- Buat skema Sarungpan eksisting W_p dan W_h hitung terhadap kapasitas saluran,- Volume kolamampung dan catchmentnya | | |
| 4 | 23/5/17 | <ul style="list-style-type: none">- Redesain Saluran menggunakan U-ditir- Periksa kapasitas koefisien dengan inflow serta outflow wngsa | | |
| 5 | 7/6/17 | <ul style="list-style-type: none">- Perbaiki perhitungan pompa air. dan long section | | |



Form AK/TA-04

rev01

**PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

| | | |
|-------------------|---|---|
| NAMA PEMBIMBING | : | EDIJATNO, Ir., Dr |
| NAMA MAHASISWA | : | Yudha Prastawa Armando. |
| NRP | : | 3115.105.006 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : | PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO BAGIAN UTARA |
| TANGGAL PROPOSAL | : | |
| NO. SP-MMTA | : | |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF DOSEN |
|----|----------|---|----------------------|-------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 1 | 12/04/17 | <ul style="list-style-type: none">- Perbaiki perhitungan log Person tipe III- Koordinasikan skema jaringan- Lanjutkan perhitungan debit | | |
| | 17/04/17 | <ul style="list-style-type: none">- Perhitungan debit dari luar kawasan ITS- Lanjutkan perhitungan debit. | | |
| | 10/05/17 | <ul style="list-style-type: none">- Cet kembali pengaruh back water pada dimensi saluran- Cet juga kapasitas kolam tampung. | | |
| | 29/05/17 | <ul style="list-style-type: none">- Perbaiki perhitungan h sal untuk ditambah tinggi Jagaan dan h air- Perhitungan pompa listrik dan Rencana. | | |
| | 01/06/17 | <ul style="list-style-type: none">- Perhitungan pompa disensikan dengan kapasitas bangunan pembuang akhir (sungai kali dami) berapa persen yg bisa | | |

di buang.

“PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO BAGIAN UTARA “

Nama Mahasiswa : Yudha Prastawa Armando
NRP : 3115.105.006
Jurusan : Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Konsultasi : Dr. tech Umboro L., ST. MSc

Abstrak

Masalah banjir yang sering terjadi di kawasan kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dipengaruhi adanya berubahnya koefisien pengaliran akibat pembangunan infrastruktur atau gedung baru. Keadaan saluran yang rusak dan ditumbuhi tanaman dan rumput juga mempengaruhi kemampuan saluran dalam mengalirkan air hujan. Salah satu kawasan banjir di kampus ITS Sukolilo adalah pada Sistem Drainase kampus ITS Sukolilo bagian utara yang menjadikan sungai Kalidami sebagai bangunan pembuang akhir. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan terdapat beberapa lokasi terjadinya genangan yang terdapat pada kampus ITS bagian utara. Tinggi genangan yang terjadi rata rata berkedalaman 10 - 15 cm.

Analisa pada Tugas Akhir ini dimulai dengan melakukan survey lokasi genangan dan dimensi saluran eksisting, kemudian merubah skema jaringan dan diteruskan dengan menghitung analisa hidrologi dan analisa hidrolika serta kebutuhan boezem dan kapasitas pompa air. Analisa Hidrologi dihitung

menggunakan distribusi *Log Pearson Type III* dan data hujan dari Stasiun Hujan Keputih, periode ulang yang direncanakan adalah dua, lima dan sepuluh tahun. Untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan metode rasional. Analisa hidrolika dilakukan untuk mengetahui kapasitas saluran eksisting, dimensi saluran rencana serta tampungan boezem dan kapasitas pompa.

Berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa dimensi saluran primer ITS (sebelah timur) dengan lebar 5.5 m dan kedalaman 1.80 m, sedangkan untuk saluran primer yang berada di sebelah barat dengan dimensi lebar 5.2 m dan kedalaman 1.25 m. kemudian pada boezem 2 (bundaran pakuwon) dilengkapi dengan pompa berkapasitas 0.25 m³/det sebanyak 3 buah. Hal itu dikarenakan pada boezem 2 ini hanya mampu menampung 50% debit total sedangkan 50% lainnya harus dibuang menuju sungai Kalidami.

Selain itu juga direncanakan beberapa saluran baru seperti saluran SII W yang berada di Jl. Teknik Kimia dengan dimensi lebar 0.90 m dan kedalaman 0.60 m. kemudian Saluran SII N yang berada di Jl. Taman Alumni bagian sebelah barat dengan dimensi lebar 0.80 m dan kedalaman 0.80 m.

Kata Kunci : Perencanaan ulang, Drainase, Debit banjir

“ DRAINAGE PLANNING SYSTEM OF ITS SUKLOILO CAMPUS NORTH SECTION “

Student Name : Yudha Prastawa Armando
NRP : 3115.105.006
Department : Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP-ITS
Advisor : Dr. tech Umboro L., ST. MSc

Abstract

The flooding problem in Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS) Surabaya Campus is influenced by the changing of run off coefficient due to the construction of new infrastructure or building. The channel's condition that have been damaged and overgrown by plants and grasses also affects the channel's ability to drain rainwater. One of the flooding location was in Drainage System of ITS Sukolilo Campus Surabaya North Section that bring water to Kalidami River. According to survey result on several location that may become flooding on ITS Sukolilo Campus Surabaya North Section. The average elevated of flooding is 10 – 15 cm.

This Final Project Analysis begins by surveying the flooding location and channel dimensions, then changing the network scheme and forwarded by calculating hydrological analysis and hydraulics analysis, calculating boezem capacity and water pump capacity. The Hydrological Analysis was calculated using the Log Pearson Type III distribution and rain data from the Keputih Rain Station, the return period was two,

five and ten years. To calculate the flood discharge plan using rational method. Hydraulic analysis is conducted to know the capacity of existing channel, plan channel dimension and boezem capacity and pump capacity.

Based on analysis result, it obtained that dimension of ITS primary drain (east section) with wide 5.5 m dan depth 1.80 m. and ITS primary drain (west section) with wide 5.20 m and depth 1.25 m. ITS Sukolilo Campus Surabaya have a flood controlling structure like boezem. One of the boezem was on west section near the Pakuwon Circle Street that can accommodate 50% of inflow discharge, because of this boezem has to equipped by three pump with 0.25 m³/det capacity.

Moreover that, it planned a several new drain system as SII W which on Teknik Kimia Street with dimension of wide 0.90 m and depth 0.60 m. then SII N drain System which on Taman Alumni Street on west section with dimension of wide 0.80 m and depth 0.80 m.

Keywords : Re-planning, Drainage, Water Discharge.

DAFTAR ISI

| | |
|---|----|
| DAFTAR ISI | v |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan | 5 |
| 1.4 Batasan Masalah | 5 |
| 1.5 Manfaat | 6 |
| 1.6 Lokasi Studi | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Data Umum | 7 |
| 2.2 Analisa Hidrologi | 7 |
| 2.2.1 Distribusi Hujan Wilayah | 8 |
| 2.2.2 Parameter Dasar Statistik | 9 |
| 2.2.3 Analisa Distribusi Frekuensi | 12 |
| 2.2.3.1 Distribusi Normal | 13 |
| 2.2.3.2 Distribusi Gumbel | 13 |
| 2.2.3.3 Distribusi Log Pearson Tipe III | 17 |
| 2.2.4 Uji Kecocokan | 19 |
| 2.2.4.1 Uji Chi-Kuadrat | 19 |
| 2.2.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov | 22 |
| 2.2.5 Analisa Debit Banjir Rencana | 24 |
| 2.2.5.1 Metode Rasional | 24 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 2.2.5.2 | Koefisien limpasan/ pengaliran (C)..... | 25 |
| 2.2.5.3 | Intensitas Hujan..... | 27 |
| 2.3 | Analisa Hidrolika | 29 |
| 2.3.1 | Kecepatan Aliran..... | 29 |
| 2.3.2 | Geometri Saluran..... | 30 |
| 2.3.2.1 | Saluran Peregi | 30 |
| 2.3.2.2 | Saluran Trapesium | 33 |
| 2.4 | Analisa Kolam Tampung (Boezem)..... | 35 |
| 2.5 | Analisa Pompa | 37 |
| BAB III | METODOLOGI | 39 |
| 3.1 | Identifikasi Masalah..... | 39 |
| 3.2 | Studi Literatur | 39 |
| 3.3 | Pengumpulan Data | 39 |
| 3.4 | Analisa Data..... | 40 |
| 3.4.1 | Analisa Hidrologi | 40 |
| 3.4.2 | Analisa Hidrolika | 41 |
| 3.5 | Kesimpulan | 41 |
| 3.6 | Diagram Alir | 41 |
| BAB IV | ANALISA HIDROLOGI..... | 43 |
| 4.1 | Analisa Topografi | 43 |
| 4.2 | Daerah Aliran Sungai (DAS) | 44 |
| 4.3 | Analisa Curah hujan..... | 45 |
| 4.4 | Perhitungan Parameter Dasar statistik | 47 |

| | | |
|--------------------------------------|--|------------|
| 4.5 | Analisa Distribusi Frekuensi | 50 |
| 4.6 | Uji Kecocokan..... | 53 |
| 4.6.1 | Uji Chi Kuadrat | 53 |
| 4.6.2 | Uji Smirnov Kolmogorov..... | 58 |
| 4.7 | Analisa Debit Banjir Rencana..... | 60 |
| 4.7.1 | Skema Jaringan | 60 |
| 4.7.2 | Koefisien Limpasan / Pengaliran (C)..... | 63 |
| 4.7.3 | Intensitas Hujan..... | 68 |
| 4.7.4 | Debit Banjir Rencana Metode Rasional | 72 |
| BAB V ANALISA HIDROLIKA | | 75 |
| 5.1 | Dimensi Saluran..... | 75 |
| 5.1.1 | Saluran Tipe Persegi..... | 75 |
| 5.1.2 | Saluran Tipe Trapesium | 79 |
| 5.2 | Kolam Tampung (Boezem)..... | 85 |
| 5.3 | Kapasitas Pompa Air..... | 95 |
| BAB VI PENUTUP..... | | 101 |
| 6.1 | Kesimpulan | 101 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|---------------|
| Tabel 2.1 Pemilihan Metode Hujan Rata- Rata Daerah | 8 |
| Tabel 2. 2. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi | 12 |
| Tabel 2. 3 Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata (Y_n) dengan jumlah data (n) | 14 |
| Tabel 2. 4 Hubungan antara Deviasi Standar dan Reduksi Variat (S_n) dengan Jumlah Data (n)..... | 15 |
| Tabel 2. 5 Nilai k Distribusi Pearson tipe III..... | 18 |
| Tabel 2. 6Nilai Chi Kuadrat Teoritis..... | 21 |
| Tabel 2. 7 Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov-Kolmogorov | 24 |
| Tabel 2. 8 Koefisien Pengaliran (C)..... | 26 |
| Tabel 2. 9 Nilai koefisien hambatan..... | 28 |
| Tabel 2. 10 Nilai Koefisien Manning | 30 |
| Tabel 2. 11Tinggi jagaan..... | 32 |
| | |
| Tabel 3. 1Diagram Alir pengerjaan Tugas Akhir | Error! |
| Bookmark not defined. | |
| | |
| Tabel 4. 1Pertimbangan Cara yang Dapat Digunakan | 46 |
| Tabel 4. 2 Parameter Dasar Statistik | 48 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4. 3 Penentuan Distribusi Curah Hujan..... | 49 |
| Tabel 4. 4 Perhitungan <i>Log Pearson tipe III</i> | 50 |
| Tabel 4. 5 Nilai K Distribusi Person Tipe III dan Log Pearson Tipe III..... | 52 |
| Tabel 4. 6 Perhitungan Chi-Kuadrat untuk <i>Log Pearson tipe III</i> | 53 |
| Tabel 4. 7 Nilai Variabel Reduksi <i>Gauss</i> | 54 |
| Tabel 4. 8 Nilai Batas Tiap Kelompok..... | 55 |
| Tabel 4. 9 Perhitungan Chi-Kuadrat hitung | 56 |
| Tabel 4. 10 Nilai Chi Kuadrat Teoritis..... | 57 |
| Tabel 4. 11 Perhitungan <i>Smirnov-Kolmogorov</i> untuk <i>Log Pearson Tipe III</i> | 58 |
| Tabel 4. 12Nilai Kritis D_0 untuk Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i> | 59 |
| Tabel 4. 13Perhitungan Koefisien Pengaliran Gabungan (C gabungan)..... | 67 |
| Tabel 4. 14 Perhitungan Waktu Konsentrasi..... | 71 |
| Tabel 4. 15 Perhitungan Debit Banjir Rencana..... | 73 |
| | |
| Tabel 5. 1 Perhitungan ketinggian air dalam saluran Persegi..... | 76 |
| Tabel 5. 2 Perhitungan ketinggian air dalam saluran trapezium | 80 |
| Tabel 5. 3 Kapasitas Saluran Eksisting dengan Skema jaringan lama | 83 |
| Tabel 5. 4 Kapasitas Saluran Eksisting dengan Skema jaringan baru..... | 84 |
| Tabel 5. 5 Dimensi Saluran Baru | 85 |
| Tabel 5. 6 Perhitungan kapasitas kolam tampung (boezem).... | 88 |

| | |
|--|----|
| Tabel 5. 7 Perhitungan kapasitas tapungan dan elevasi muka air boezem 2 | 94 |
| Tabel 5. 8 Perhitungan kapasitas kolam tampung / boezem 2 dengan menggunakan pompa air..... | 97 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. 1 Lokasi Studi Kampus ITS Sukolilo Surabaya | 3 |
| Gambar 1. 2 Peta Genangan Kampus ITS Sukolilo Surabaya | 4 |
| | |
| Gambar 2. 1 Penampang saluran persegi empat..... | 30 |
| Gambar 2. 2 Penampang saluran Trapesium..... | 33 |
| | |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir..... | 42 |
| | |
| Gambar 4. 1 Kampus ITS Sukolilo Bagian Utara | 43 |
| Gambar 4. 2 Peta DAS dan Luas Pengaruh Stasiun Hujan | 45 |
| Gambar 4. 3 Skema Jaringan Eksisting Kampus ITS Sukolilo bagian Utara | 61 |
| Gambar 4. 4 Skema Jaringan Rencana Kampus ITS Sukolilo bagian Utara | 62 |
| Gambar 4. 5 Peta Pembagian Luasan Catchmen Area Kampus ITS Sukolilo bagian Utara..... | 64 |
| Gambar 4. 6 Pembagian Luasan untuk perhitungan nilai Koefisien Pengaliran (C)..... | 65 |
| | |
| Gambar 5. 1 Penampang Saluran SII T | 78 |
| Gambar 5. 2 Penampang Saluran SIII A9 | 82 |
| Gambar 5. 3 lokasi dan Cathmen Area Kolam Tampung 2 | 86 |
| Gambar 5. 4 Lokasi dan Luas Cathmen Area Boezem 1..... | 88 |
| Gambar 5. 5 Grafik Hubungan Inflow dan Outflow pada Boezem 2 dengan pompa air | 98 |
| Gambar 5. 6 Grafik Inflow dan Outflow (komulatif) pada boezem 2 dengan menggunakan pompa air..... | 99 |

Gambar 5. 7 Grafik hubungan volume dan elevasi muka air pada boezem 2 dengan menggunakan pompa air..... 99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan kota yang semakin pesat ini membuat pengelolaan sarana dan prasarana sistem drainase yang telah dilakukan seolah-olah “jauh tertinggal“ dibandingkan dengan pembangunan perumahan, perdagangan, jasa dan industri. Perubahan-perubahan fungsi lahan tersebut semakin memperbesar koefisien pengaliran yang pada akhirnya juga akan memperbesar debit limpasan permukaan, hal inilah yang seringkali mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Surabaya.

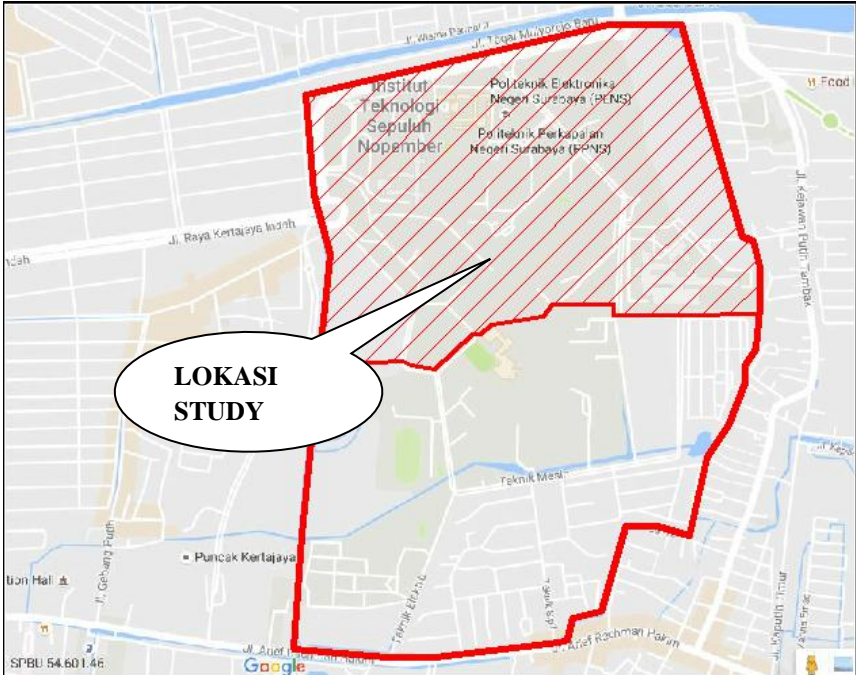
Salah satu kawasan banjir di Surabaya adalah pada Sistem Drainase Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Sukolilo Surabaya yang berada pada wilayah Surabaya Timur (gambar 1.1) . Dengan semakin berkembangannya Kampus ITS Sukolilo dan pembangunan beberapa gedung baru di wilayah ITS Sukolilo Surabaya mengakibatkan perubahan tataguna lahan dan mempengaruhi koefisien pengaliran banjir , sehingga mengakibatkan genangan dan banjir pada beberapa lokasi. Berdasarkan survey yang sudah dilakukan terdapat beberapa lokasi terjadinya genangan di beberapa wilayah Kampus ITS Sukolilo yang dapat dilihat pada gambar 1.2, tinggi genangan yang terjadi rata - rata 10 - 15 cm.

Penyebab banjir yang terjadi di sub-sistem Kampus ITS Sukolilo Surabaya pada umumnya di karenakan oleh kurangnya kapasitas saluran dan rusaknya beberapa saluran Tersier / Pengumpul , baik dikarenakan oleh banyaknya sedimen , dimensi saluran yang kurang lebar dan rusak . Selain itu juga dikarenakan pada beberapa titik lokasi tidak memiliki saluran dan saluran yang direncanakan dialirkan langsung menuju persawahan

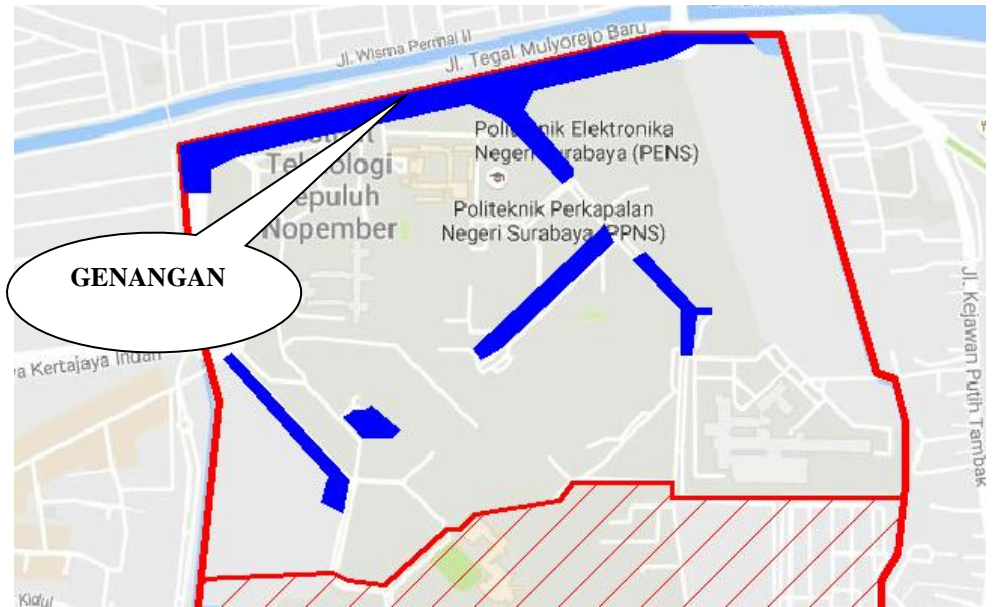
sehingga dapat berpotensi menimbulkan genangan / banjir, sehingga perlu dilakukan tinjauan ulang untuk Skema Jaringan Drainasenya.

Sistem Drainase Kampus ITS Sukolilo Surabaya memiliki bangunan pengendali banjir yaitu berupa *Boezem*, Pompa dan pintu air tetapi kenyataannya masih mengalami genangan di beberapa tempat. Sehingga diperlukan tinjauan kembali mengenai kemampuan dari sistem tersebut untuk menampung hujan yang ada.

Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan suatu upaya perencanaan ulang baik skema jaringan drainase dan dimensi saluran sesuai dengan kapasitas debit dalam periode ulang 5 tahunan yang sesuai dengan Masterplan Pengembangan Kampus ITS Sukolilo Surabaya.



Gambar 1. 1 Lokasi Studi Kampus ITS Sukolilo Surabaya
 (sumber : GoogleMaps.com)



Gambar 1. 2 Peta Genangan Kampus ITS Sukolilo Surabaya

(sumber : GoogleMaps.com)

1.2 Rumusan Masalah

1. Perlukah Skema Jaringan Drainase baru untuk mengatasi permasalahan banjir di ITS Sukolilo bagian utara?
2. Berapa debit rencana sistem drainase Kampus ITS Sukolilo Surabaya periode ulang 5 tahun ?
3. Berapakah dimensi saluran tersier, sekunder dan primer pada sistem Drainase Kampus ITS Sukolilo Surabaya.
4. Berapakah kapasitas Boezem yang harus direncanakan untuk mengendalikan debit banjir.

1.3 Tujuan

1. Mengetahui apakah Skema Jaringan untuk Sistem Drainase Kampus ITS Sukolilo Surabaya bagian utara perlu di desain ulang atau tidak.
2. Menghitung debit banjir rencana periode ulang 5 tahun pada sistem drainase Kampus ITS Sukolilo Surabaya.
3. Merencanakan dimensi saluran Tersier, Sekunder dan Primer pada Sistem Drainase Kampus ITS Sukolilo Surabaya.
4. Mengetahui kapasitas tampungan Boezem dan Pompa untuk mengendalikan debit banjir.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah:

1. Perencanaan sistem drainase hanya meliputi luas wilayah Kampus ITS Sukolilo Surabaya bagian Utara.
2. Debit debit yang berasal dari limbah rumah tangga / ruang kelas diabaikan.
3. Analisa perhitungan mengutamakan pada permasalahan aliran dalam sistem drainase sedangkan analisa biaya tidak dibahas.

1.5 Manfaat

Perencanaan ini diharapkan dapat menjadikan Kampus ITS Sukolilo Surabaya bagian Utara bebas dari permasalahan banjir yang dapat merugikan warga kampus dan masyarakat.

1.6 Lokasi Studi

Lokasi Studi berada di Kampus ITS Sukolilo Surabaya bagian utara yang adapat dilihat pada gambar 1.2 dan Secara geografis dibatasi oleh :

Sebelah utara : Sungai Kalidami

Sebelah timur : Pemukiman Kejawen Keputih Tambak

Sebelah barat : Pemukiman Gebang Keputih

Sebelah selatan : Sistem Kampus ITS Sukolilo bagian Selatan

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Data Umum.

Data umum yang digunakan sebagai acuan perencanaan drainase dalam proses pengolahan data adalah sebagai berikut :

- a. Data Topografi
- b. Data Hidrologi
- c. Data Peta genangan
- d. Data Masterplan Pengembangan Kampus ITS Sukolilo untuk lima tahun kedepan

Data – data tersebut diambil dari bagian Sarana dan Prasarana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (Sarpras ITS). Sedangkan untuk data hidrologi diperoleh berdasarkan pencatatan yang dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kota Surabaya yang diambil dari beberap Stasiun Hujan yang berpengaruh terhadap *Catchmen Area* kampus ITS bagian utara.

2.2 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi di wilayah DAS Kampus ITS Sukolilo Surabaya bagian Utara. Hasil yang diperoleh dari analisa hidrologi ini adalah besarnya debit rencana untuk perencanaan dimensi saluran. Periode ulang yang akan digunakan untuk perencanaan adalah periode ulang lima tahun. Data yang diperlukan untuk menentukan besarnya debit rencana diperoleh dari data hujan di beberapa stasiun hujan yang berpengaruh pada *Catchmen Area* Kampus ITS Sukolilo Surabaya bagian Utara.

Analisa hidrologi ini meliputi perhitungan distribusi hujan wilayah, perhitungan parameter statistik hidrologi, dan analisis debit.

2.2.1 Distribusi Hujan Wilayah

Data hujan yang diperoleh dari stasiun hujan merupakan hujan yang terjadi pada satu titik saja/*point rainfall* (Soemarto,1999). Untuk perhitungan hidrologi dibutuhkan data hujan pada kawasan yang ditinjau sehingga dibutuhkan beberapa stasiun hujan yang akan diubah menjadi curah hujan wilayah. Ada tiga cara yang sering digunakan untuk menentukan curah hujan wilayah, yaitu rata-rata aljabar (aritmatik), Poligon *Thiessen*, dan *Ishoyet*.

Dari ketiga metode diatas perlu dipilih metode yang sesuai pada suatu daerah tangkapan air. Ada ketentuan-ketentuan yang digunakan untuk menentukan metode apa yang akan dipakai seperti Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pemilihan Metode Hujan Rata- Rata Daerah

| Parameter | Kondisi | Cara yang dapat digunakan |
|----------------------|--------------------------------------|--|
| Jumlah Stasiun Hujan | Cukup | Aritmatika , Thiessen Polygon, Ishoyet |
| | Terbatas | Rearata Aritmetik, Thiessen poligon |
| Luas Catchmen Area | $> 5000 \text{ Km}^2$ (besar) | Ishoyet , Thiessen Poligon |
| | $501 - 5000 \text{ Km}^2$ (sedang) | |
| | $< 500 \text{ Km}^2$ (kecil) | Rerata Aritmatik |
| Kondisi Topografi | Pegunungan | Thiessen Poligon |
| | Dataran | Aljabar |
| | Berbukit dan Tidak Beraturan | Ishoyet dan Thiessen Poligon |

Sumber : Suripin, 1998

Pada kawasan DAS Kampus ITS Sukolilo Surabaya jumlah stasiun hujan yang ada tergolong cukup, yang terletak pada wilayah dataran, dan memiliki luas DAS $< 500 \text{ km}^2$, maka untuk menghitung curah hujan digunakan cara Poligon *Thiessen*, Rerata Aritmatik, dan Aljabar.

Cara *Thiessen* ini memberikan hasil yang lebih teliti dari pada cara Aljabar rata-rata (Suyono, 2006). Oleh karena itu untuk perhitungan curah hujan wilayah menggunakan metode Poligon *Thiessen*.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{R_1.A_1 + R_2.A_2 + \dots + R_n.A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

R = tinggi hujan rata-rata daerah (mm)

R_n = tinggi hujan masing-masing stasiun (mm)

A_n = luas daerah pengaruh stasiun penakar hujan masing masing (km^2)

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.2 Parameter Dasar Statistik

Dalam statistik ada beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data, yaitu meliputi rata-rata, standart deviasi, koefisien *skewness*, dan koefisien kurtosis. Parameter statistik ini digunakan untuk menentukan distribusi frekuensi yang akan digunakan. Berikut setiap jenis distribusi mempunyai parameter statistik yang terdiri dari :

- Nilai rata-rata tinggi hujan

Tinggi rata-rata hujan diperoleh dari rata-rata penakaran tinggi hujan. Rumus yang digunakan :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

\bar{X} : nilai rata – rata yang dihitung (mm)

X_i : data dalam sampel (mm)

n : jumlah data

Sumber: Triatmojo, 2010

- Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

Sd : standar deviasi

\bar{X} : nilai curah hujan rata-rata (mm)

X_i : data dalam sampel (mm)

n : jumlah data

Sumber: Soewarno, 1995

- Koefisien Kemencengan (Cs)

Koefisien Kemencengan disebut juga Koefisien *Skewness* adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi (Soewarno, 1995). Dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Cs : koefisien *skewness*

Sd : *standart deviasi*

\bar{X} : nilai rata-rata curah hujan (mm)

X_i : data dalam sampel (mm)

n : jumlah data

Sumber : *Triatmojo, 2010*

- Koefisien Keruncingan (Ck)

Koefisien Keruncingan atau disebut juga dengan Koefisien Kurtosis adalah nilai yang digunakan untuk mengukur keruncingan suatu kurva distribusi (Soewarno, 1995). Koefisien kurtosis dapat dihitung dengan rumus :

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)Sd^4} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

Ck : koefisien kurtosis

Cv : koefisien variasi

n : jumlah data

Sd : standar deviasi

\bar{X} : nilai rata-rata curah hujan (mm)

X_i : data dalam sampel (mm)

Sumber : *Triatmojo, 2010*

- Koefisien variasi, adalah nilai perbandingan antara deviasi standart dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

Cv = Koefisien variasi;

Sd = standart deviasi

\bar{X} = nilai rata-rata dihitung;

(Sumber: Soewarno, 1995)

Perhitungan curah hujan rencana dihitung dengan analisis distribusi frekuensi. Distribusi frekuensi yang digunakan diantaranya adalah distribusi normal, distribusi gumbel, distribusi *log pearson tipe III*.

Setiap distribusi memiliki syarat-syarat parameter statistik. Adapun syarat-syarat parameter statistik dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 2. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

| No | Distribusi | Persyaratan |
|----|------------------------|---|
| 1 | Normal | Cs = 0 |
| | | Ck = 3 |
| 2 | Log Normal | Cs = Cv ³ + 3 Cv |
| | | Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 |
| 3 | Gumbel | Cs = 1.14 |
| | | Ck = 5.4 |
| 4 | <i>Log Pearson III</i> | Selain dari nilai diatas / flexibel |

Sumber : Triatmodjo, 2010

2.2.3 Analisa Distribusi Frekuensi

Ada beberapa distribusi yang sering digunakan pada analisis hidrologi, yaitu :

- Distribusi Normal
- Distribusi Gumbel
- Distribusi *Log Pearson Tipe III*

Sebelum dilakukan perhitungan analisis frekuensi dari data yang tersedia, terlebih dahulu dilakukan pemilihan distribusi yang sesuai berdasarkan parameter statistik.

2.2.3.1 Distribusi Normal

Distribusi normal disebut pula Distribusi *Gauss*. Persamaan umum yang digunakan adalah :

$$X = \bar{X} + k.S \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

X : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu.

\bar{X} : nilai rata-rata hitung variat

S : deviasi standar nilai variat

k : faktor frekuensi, merupakan fungsi dari pada peluang atau periode ulang dan tipe model matematik dari distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Sumber : Soewarno, 1995

2.2.3.2 Distribusi Gumbel

Persamaan Distribusi Gumbel adalah :

$$X = \bar{X} + \frac{S}{sn} (Y - Y_n) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

X : nilai variat yang diharapkan terjadi

\bar{X} : nilai rata-rata hitung variat

Y : nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu, atau dapat dihitung dengan rumus :

$$Y = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right] \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk $T \geq 20$, maka $Y = \ln T$

Y_n : nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduced variate*) nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 2.3 A

S_n : deviasi standar dari reduksi variat (*standard deviation of the reduced variate*), nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 2.3 B

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2. 3 Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata (Y_n) dengan jumlah data (n)

| n | Y_n | n | Y_n | n | Y_n |
|----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|
| 10 | 0,4952 | 41 | 0,5442 | 72 | 0,5552 |
| 11 | 0,4996 | 42 | 0,5448 | 73 | 0,5555 |
| 12 | 0,5053 | 43 | 0,5453 | 74 | 0,5557 |
| 13 | 0,5070 | 44 | 0,5258 | 75 | 0,5559 |
| 14 | 0,5100 | 45 | 0,5463 | 76 | 0,5561 |
| 15 | 0,5128 | 46 | 0,5468 | 77 | 0,5563 |
| 16 | 0,5157 | 47 | 0,5473 | 78 | 0,5565 |
| 17 | 0,5181 | 48 | 0,5447 | 79 | 0,5567 |
| 18 | 0,5202 | 49 | 0,5481 | 80 | 0,5569 |
| 19 | 0,5220 | 50 | 0,5485 | 81 | 0,5570 |
| 20 | 0,5235 | 51 | 0,5489 | 82 | 0,5572 |
| 21 | 0,5252 | 52 | 0,5493 | 83 | 0,5574 |

| n | Y_n | n | Y_n | n | Y_n |
|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|
| 22 | 0,5268 | 53 | 0,5497 | 84 | 0,5576 |
| 23 | 0,5283 | 54 | 0,5501 | 85 | 0,5578 |
| 24 | 0,5296 | 55 | 0,5504 | 86 | 0,5580 |
| 25 | 0,5309 | 56 | 0,5508 | 87 | 0,5581 |
| 26 | 0,5320 | 57 | 0,5511 | 88 | 0,5583 |
| 27 | 0,5332 | 58 | 0,5515 | 89 | 0,5585 |
| 28 | 0,5343 | 59 | 0,5518 | 90 | 0,5586 |
| 29 | 0,5353 | 60 | 0,5521 | 91 | 0,5587 |
| 30 | 0,5362 | 61 | 0,5524 | 92 | 0,5589 |
| 31 | 0,5371 | 62 | 0,5527 | 93 | 0,5591 |
| 32 | 0,5380 | 63 | 0,5530 | 94 | 0,5592 |
| 33 | 0,5388 | 64 | 0,5533 | 95 | 0,5593 |
| 34 | 0,5396 | 65 | 0,5535 | 96 | 0,5595 |
| 35 | 0,5403 | 66 | 0,5538 | 97 | 0,5596 |
| 36 | 0,5410 | 67 | 0,5540 | 98 | 0,5598 |
| 37 | 0,5418 | 68 | 0,5543 | 99 | 0,5599 |
| 38 | 0,5424 | 69 | 0,5545 | 100 | 0,5600 |

Tabel 2. 4 Hubungan antara Deviasi Standar dan Reduksi Variat (S_n) dengan Jumlah Data (n)

| n | σ_n | n | σ_n | n | σ_n |
|----------|------------------------------|----------|------------------------------|----------|------------------------------|
| 10 | 0,9497 | 41 | 1,1436 | 72 | 1,1873 |
| 11 | 0,9676 | 42 | 1,1458 | 73 | 1,1881 |
| 12 | 0,9833 | 43 | 1,1480 | 74 | 1,8900 |
| 13 | 0,9972 | 44 | 1,1490 | 75 | 1,1898 |
| 14 | 1,0098 | 45 | 1,1518 | 76 | 1,1906 |
| 15 | 1,0206 | 46 | 1,1538 | 77 | 1,1915 |
| 16 | 1,0316 | 47 | 1,1557 | 78 | 1,1923 |

| n | σ_n | n | σ_n | n | σ_n |
|----------|------------------------------|----------|------------------------------|----------|------------------------------|
| 17 | 1,0411 | 48 | 1,1574 | 79 | 1,1930 |
| 18 | 1,0493 | 49 | 1,1590 | 80 | 1,1938 |
| 19 | 1,0566 | 50 | 1,1607 | 81 | 1,1945 |
| 20 | 1,0629 | 51 | 1,1623 | 82 | 1,1953 |
| 21 | 1,0696 | 52 | 1,1638 | 83 | 1,1959 |
| 22 | 1,0754 | 53 | 1,1653 | 84 | 1,1967 |
| 23 | 1,0811 | 54 | 1,1667 | 85 | 1,1973 |
| 24 | 1,0864 | 55 | 1,1681 | 86 | 1,1980 |
| 25 | 1,0914 | 56 | 1,1696 | 87 | 1,1987 |
| 26 | 1,0961 | 57 | 1,1708 | 88 | 1,1994 |
| 27 | 1,1004 | 58 | 1,1721 | 89 | 1,2001 |
| 28 | 1,1047 | 59 | 1,1734 | 90 | 1,2007 |
| 29 | 1,1086 | 60 | 1,1747 | 91 | 1,2013 |
| 30 | 1,1124 | 61 | 1,1759 | 92 | 1,2020 |
| 31 | 1,1159 | 62 | 1,1770 | 93 | 1,2026 |
| 32 | 1,1193 | 63 | 1,1782 | 94 | 1,2032 |
| 33 | 1,1226 | 64 | 1,1793 | 95 | 1,2038 |
| 34 | 1,1255 | 65 | 1,1803 | 96 | 1,2044 |
| 35 | 1,1285 | 66 | 1,1814 | 97 | 1,2049 |
| 36 | 1,1313 | 67 | 1,1824 | 98 | 1,2055 |
| 37 | 1,1339 | 68 | 1,1834 | 99 | 1,2060 |
| 38 | 1,1363 | 69 | 1,1844 | 100 | 1,2065 |

Sumber : Soewarno, 1995

2.2.3.3 Distribusi Log Pearson Tipe III

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi *Log Pearson tipe III* adalah :

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

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots(2.10)$$

n = jumlah data

- 3) Hitung nilai deviasi standar dari log X :

$$S \log \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.11)$$

- 4) Hitung nilai koefisien kemencengan

$$CS = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log \bar{X})^3} \dots\dots\dots(2.12)$$

Sehingga persamaan umum dari log pearson III adalah :

$$\log X = \overline{\log X} + k. (S. \log \bar{X}) \dots\dots\dots(2.13)$$

- 5) Menentukan anti log dari log X, untuk mendapatkan nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan CS nya. Nilai k dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 5 Nilai k Distribusi Pearson tipe III

| (CS) | Periode Ulang (tahun) | | | | | | | |
|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 1000 |
| | Peluang (%) | | | | | | | |
| | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 |
| 3,0 | -0,360 | 0,420 | 1,180 | 2,278 | 3,152 | 4,051 | 4,970 | 7,250 |
| 2,5 | -0,360 | 0,518 | 1,250 | 2,262 | 3,048 | 3,845 | 4,652 | 6,600 |
| 2,2 | -0,330 | 0,574 | 1,284 | 2,240 | 2,970 | 3,705 | 4,444 | 6,200 |
| 2,0 | -0,307 | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,912 | 3,605 | 4,298 | 5,910 |
| 1,8 | -0,282 | 0,643 | 1,318 | 2,193 | 2,848 | 3,499 | 4,147 | 5,660 |
| 1,6 | -0,254 | 0,675 | 1,329 | 2,163 | 2,780 | 3,388 | 3,990 | 5,390 |
| 1,4 | -0,225 | 0,707 | 1,337 | 2,128 | 2,706 | 3,271 | 3,828 | 5,110 |
| 1,2 | -0,195 | 0,732 | 1,340 | 2,087 | 2,626 | 3,149 | 3,661 | 4,820 |
| 1,0 | -0,164 | 0,758 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 | 3,489 | 4,540 |
| 0,9 | -0,148 | 0,769 | 1,339 | 2,018 | 2,498 | 2,957 | 3,401 | 4,395 |
| 0,8 | -0,132 | 0,780 | 1,336 | 1,998 | 2,453 | 2,891 | 3,312 | 4,250 |
| 0,7 | -0,116 | 0,790 | 1,333 | 1,967 | 2,407 | 2,824 | 3,223 | 4,105 |
| 0,6 | -0,099 | 0,800 | 1,328 | 1,939 | 2,359 | 2,755 | 3,132 | 3,960 |
| 0,5 | -0,083 | 0,808 | 1,323 | 1,910 | 2,311 | 2,686 | 3,041 | 3,815 |
| 0,4 | -0,066 | 0,816 | 1,317 | 1,880 | 2,261 | 2,615 | 2,949 | 3,670 |
| 0,3 | -0,050 | 0,824 | 1,309 | 1,849 | 2,211 | 2,544 | 2,856 | 3,525 |
| 0,2 | -0,033 | 0,830 | 1,301 | 1,818 | 2,159 | 2,472 | 2,763 | 3,380 |
| 0,1 | -0,017 | 0,836 | 1,292 | 1,785 | 2,107 | 2,400 | 2,670 | 3,235 |
| 0,0 | 0,000 | 0,842 | 1,282 | 1,751 | 2,053 | 2,326 | 2,576 | 3,090 |
| -0,1 | 0,017 | 0,836 | 1,270 | 1,761 | 2,000 | 2,252 | 2,482 | 3,950 |
| -0,2 | 0,033 | 0,850 | 1,258 | 1,680 | 1,945 | 2,178 | 2,388 | 2,810 |
| -0,3 | 0,050 | 0,853 | 1,245 | 1,643 | 1,890 | 2,104 | 2,294 | 2,675 |
| -0,4 | 0,066 | 0,855 | 1,231 | 1,606 | 1,834 | 2,029 | 2,201 | 2,540 |
| -0,5 | 0,083 | 0,856 | 1,216 | 1,567 | 1,777 | 1,955 | 2,108 | 2,400 |

| (CS) | Periode Ulang (tahun) | | | | | | | |
|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 1000 |
| | Peluang (%) | | | | | | | |
| | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 |
| -0,6 | 0,099 | 0,857 | 1,200 | 1,528 | 1,720 | 1,880 | 2,016 | 2,275 |
| -0,7 | 0,116 | 0,857 | 1,183 | 1,488 | 1,663 | 1,806 | 1,926 | 2,150 |
| -0,8 | 0,132 | 0,856 | 1,166 | 1,448 | 1,606 | 1,733 | 1,837 | 2,035 |
| -0,9 | 0,148 | 0,854 | 1,147 | 1,407 | 1,549 | 1,660 | 1,749 | 1,910 |
| -1,0 | 0,164 | 0,852 | 1,128 | 1,366 | 1,492 | 1,588 | 1,664 | 1,800 |
| -1,2 | 0,195 | 0,844 | 1,086 | 1,282 | 1,379 | 1,449 | 1,501 | 1,625 |
| -1,4 | 0,225 | 0,832 | 1,041 | 1,196 | 1,270 | 1,318 | 1,351 | 1,465 |
| -1,6 | 0,254 | 0,817 | 0,994 | 1,116 | 1,161 | 1,197 | 1,216 | 1,280 |
| -1,8 | 0,282 | 0,799 | 0,945 | 1,035 | 1,063 | 1,087 | 1,097 | 1,130 |
| -2,0 | 0,307 | 0,777 | 0,895 | 0,959 | 0,980 | 0,990 | 1,995 | 1,000 |
| -2,2 | 0,330 | 0,752 | 0,844 | 0,888 | 0,900 | 0,905 | 0,907 | 0,910 |
| -2,5 | 0,360 | 0,711 | 0,711 | 0,793 | 0,798 | 0,799 | 0,800 | 0,802 |
| -3,0 | 0,396 | 0,636 | 0,660 | 0,666 | 0,666 | 0,667 | 0,667 | 0,668 |

Sumber : Soewarno, 1995

2.2.4 Uji Kecocokan

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorov* (Bambang Triatmojo, 2010).

2.2.4.1 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 (Soewarno, 1995). Parameter Chi-kuadrat dihitung dengan rumus:

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

- Xh² = 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

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 empat data pengamatan. Pengelompokan data (G) dapat dihitung dengan rumus :

- 3)

$$G = 1 + 1,37 \text{ Ln } (n) \dots\dots\dots(2.15)$$

n = jumlah data

- 4) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub group.
- 5) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i.
- 6) Pada tiap sub grup hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.16)$$

- 7) Jumlah seluruh G sub-grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi kuadrat.
- 8) Tentukan derajat kebebasan dk= G –R – 1 (nilai R=2 untuk distribusi normal dan binominal, dan nilai R=1 untuk distribusi *Poisson*).

- 9) Parameter X^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X^2 sama atau lebih besar dari pada nilai chi kuadrat yang sebenarnya (X^2) bisa dilihat pada Tabel 2.5 .

Sumber : Soewarno,1995

Tabel 2. 6Nilai Chi Kuadrat Teoritis

| dk | α derajat kepercayaan | | | | | | | |
|----|------------------------------|----------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,995 | 0,99 | 0,975 | 0,95 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| 1 | 0,0000393 | 0,000157 | 0,000982 | 0,00393 | 3,841 | 5,024 | 6,635 | 7,879 |
| 2 | 0,0100 | 0,0201 | 0,0506 | 0,103 | 5,991 | 7,378 | 9,210 | 10,597 |
| 3 | 0,0717 | 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 | 32,582 | 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 |

| dk | α derajat kepercayaan | | | | | | | |
|----|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,995 | 0,99 | 0,975 | 0,95 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| 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 | 13,121 | 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 : Soewarno, 1995

2.2.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof*, sering juga disebut juga uji kecocokan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995).

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- 1) Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$P(X <) = 1 - P(X) \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

$P(X)$ = Peluang

m = nomor urut kejadian

n = jumlah data

- 2) Tentukan 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 = $P'(X_n)$

$$f(t) = \frac{x - \bar{x}}{s_d} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana :

$F(t)$ = distribusi normal standar

x = curah hujan

\bar{x} = curah hujan rata-rata

- 3) Tentukan peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke- m $P'(X_m)$, peluang teoritis tersebut didapat dari tabel.
4) Tentukan peluang pengamatan dari rumus:

$$P(X_m) = 1 - P'(X_m) \dots \dots \dots (2.20)$$

- 5) Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis, $D_{max} = [P(X_m) - P'(X_m)]$
6) Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga D_0 (lihat Tabel 2.6)
7) Apabila D lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, namun apabila D lebih besar dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Sumber : Soewarno,1995.

Tabel 2. 7 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

| N | α (derajat kepercayaan) | | | |
|----|--------------------------------|------|------|------|
| | 0,2 | 0,1 | 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 | 0,3 | 0,34 | 0,4 |
| 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 | 0,2 | 0,23 | 0,27 |
| 40 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
| 45 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,24 |
| 50 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,23 |

Sumber : Soewarno,1995

2.2.5 Analisa Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamatan bahaya banjir pada suatu kawasan dengan penerapan angka-angka kemungkinan terjadinya banjir terbesar.

2.2.5.1 Metode Rasional

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana adalah metode Rasional. Metode ini

digunakan dengan anggapan bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki :

- Intensitas curah hujan merata di seluruh DAS dengan durasi tertentu.
- Lamanya curah hujan = waktu konsentrasi dari DAS.
- Puncak banjir dan intensitas curah hujan mempunyai tahun berulang yang sama.

Persamaan rasional ini dapat digambarkan dalam persamaan aljabar sebagai berikut

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

Q = debit banjir maksimum (m³/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan rata-rata selama waktu tiba banjir (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km²)

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.5.2 Koefisien limpasan/ pengaliran (C)

Koefisien limpasan/ pengaliran adalah variable untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh didaerah tersebut. Koefisien pengaliran sangat tergantung pada faktor-faktor fisik, untuk menentukan koefisien rata – rata (C) dengan berbagai kondisi permukaan dapat dihitung atau ditentukan dengan cara berikut :

$$C = \frac{C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

C = koefisien pengaliran dari daerah aliran

A_i = luas masing-masing tata guna lahan (km^2)

C_i = koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

A = luas total daerah pengaliran (km^2)

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2. 8 Koefisien Pengaliran (C)

| No | Tata guna lahan | Koefisien pengaliran |
|----|-------------------------------|----------------------|
| 1 | Jalan beton dan aspal | 0,70-0,95 |
| 2 | Jalan kerikil dan jalan tanah | 0,40-0,70 |
| | Bahu jalan : | |
| 3 | Tanah berbutir halus | 0,40-0,65 |
| 4 | Tanah berbutir kasar | 0,10-0,20 |
| 5 | Batuan massif keras | 0,70-0,85 |
| 6 | Batuan massif halus | 0,60-0,75 |
| 7 | Daerah perkotaan | 0,70-0,95 |
| 8 | Daerah pinggir kota | 0,60-0,75 |
| 9 | Daerah industry | 0,60-0,90 |
| 10 | Pemukiman padat | 0,40-0,60 |
| 11 | Pemukiman tidak padat | 0,40-0,60 |
| 12 | Taman dan kebun | 0,20-0,40 |
| 13 | Persawahan | 0,45-0,60 |
| 14 | Perbukitan | 0,70-0,80 |
| 15 | Pegunungan | 0,75-0,90 |

(Sumber : Subarkah,1980)

2.2.5.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan persatuan waktu, yang tergantung dari lama hujan dan frekuensi kejadiannya, yang diperoleh dari analisa data hujan. Dalam perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (dalam 24 jam)

(Sumber: Soewarno, 1995)

➤ Waktu Konsentrasi (t_c)

$$t_c = t_o + t_f \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

t_c = waktu konsentrasi (jam)

t_o = waktu yang dibutuhkan untuk mengalir dipermukaan untuk mencapai inlet (menit)

t_f = waktu yang diperlukan untuk mengalir di sepanjang saluran (detik)

(Sumber: Soewarno, 1995)

➤ Overland flow time (t_o)

$$0,0195 \left(\frac{L_o}{\sqrt{I_o}} \right) \text{ kirpich formula } \dots\dots\dots(2.25)$$

$$1,44 \left(n_d \frac{L_o}{\sqrt{I_o}} \right)^{0,467} \text{ kerby formula } \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

L_o = jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau (m)

I_o = kemiringan rata-rata permukaan tanah atau medan lapangan

n_d = koefisien hambatan

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2. 9 Nilai koefisien hambatan

| Jenis Permukaan | n_d |
|---|-------|
| Permukaan impervious dan licin | 0.02 |
| Tanah padat terbuka dan licin | 0.1 |
| Permukaan sedikit berumput, tanah dengan tanaman berjajar, tanah terbuka kekasaran sedang | 0.2 |
| Padang rumput | 0.4 |
| Lahan dengan pohon-pohon musim gugur | 0.6 |
| Lahan dengan pohon-pohon berdaun, hutan lebat, lahan berumput tebal | 0.8 |

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

➤ **Channel flow time (tf)**

$$t_f = \frac{L}{v} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

L = panjang saluran yang ditinjau (m)

v = kecepatan rata – rata aliran dalam saluran (m/det)

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.3 Analisa Hidrolika

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu untuk ditampung oleh saluran pada kondisi eksisting tanpa terjadi peluapan air. Kapasitas saluran dihitung berdasarkan rumus:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:

Q = debit banjir (m³/det)

V = Kecepatan aliran (m/det)

A = luas basah penampang saluran (m²)

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

2.3.1 Kecepatan Aliran

➤ Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots(2.31)$$

➤ Chezy

$$V = C\sqrt{R \cdot I} \dots\dots\dots(2.32)$$

➤ Stickler

$$V = K \cdot R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana:

V = kecepatan aliran (m/det)

n, k, c = nilai koefisien kekasaran manning, stickler, chezy

R = jari- jari hidrolis

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

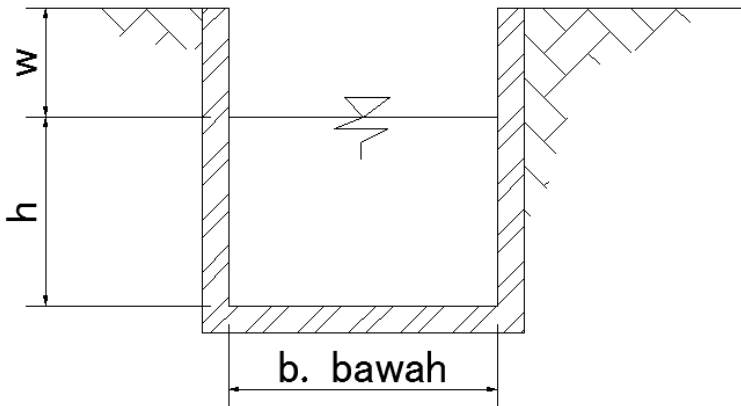
Tabel 2. 10 Nilai Koefisien Manning

| Tipe Saluran | Harga n |
|--|--------------------|
| Saluran dari pasangan batu tanpa plengsengan | 0,025 |
| Saluran dari pasangan batu dengan pasangan | 0,015 |
| Saluran dari beton | 0,017 |
| Saluran alam dengan rumput | 0,020 |
| Saluran dari batu | 0,025 |

(Sumber : Subarkah,1980)

2.3.2 Geometri Saluran

Untuk evaluasi sistem drainase Kampus ITS Sukolilo Bagian Utara digunakan penampang saluran persegi empat dan trapezium.

2.3.2.1 Saluran Peregi**Gambar 2. 1 Penampang saluran persegi empat**

- Kedalaman saluran (h) adalah kedalaman dari penampang aliran
- Lebar permukaan (b) adalah lebar penampang saluran pada permukaan
- Tinggi jagaan untuk tiap saluran (w)
- Luas basah saluran (A) adalah luas penampang basah melintang ada saluran

Rumus menghitung luas basah saluran persegi adalah :

$$A = b \times h \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

A = luas basah saluran (m²)

b = lebar permukaan (m)

h = kedalaman saluran (m)

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

- Keliling penampang saluran (P) adalah sekeliling bagian basah pada saluran
- Rumus menghitung keliling basah saluran adalah :

$$P = b + 2h \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana :

P = keliling basah saluran (m)

b = lebar permukaan (m)

h = kedalaman saluran (m)

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

- Jari – jari hidrolis (R) adalah perbandingan luas penampang saluran dengan keliling basah saluran.
- Rumus menghitung keliling basah saluran adalah:

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

R = Jari – jari hidrolis (m)

A = luas basah saluran (m^2)
 P = keliling basah saluran (m)
 (Sumber : Fifi Sofia, 2005)

- Tinggi jagaan (w) diperlukan agar tidak terjadi luapan (*over topping*)

Tabel 2. 11Tinggi jagaan

| Besarnya debit Q (m^3/det) | Tinggi jagaan (m) untuk pasangan batu | Tinggi jagaan(m) saluran dari tanah |
|-------------------------------------|---|--|
| < 0,50 | 0,20 | 0,40 |
| 0,50 – 1,50 | 0,20 | 0,50 |
| 1,50 – 5,00 | 0,25 | 0,60 |
| 5,00 – 10,00 | 0,30 | 0,75 |
| 10,00 – 15,00 | 0,40 | 0,85 |
| > 15,00 | 0,50 | 1,00 |

(Sumber : KP03 Saluran,1998)

- Kapasitas Saluran ($Q. sal$)
 Kapaasitas saluran ($Q.sal$) diperlukan guna untuk mengetahui kapasitas saluran apakah mampu menampung debit banjir rencana, dan untuk itu dilakukan kontrol apabila debit saluran ($Q.sal$) > ($Q. ren$) maka saluran aman , namun apabila tidak aman harus dilakukan perubahan dimensi saluran.

$$Q.sal = V.sal \times A.sal \dots\dots\dots(2.37)$$

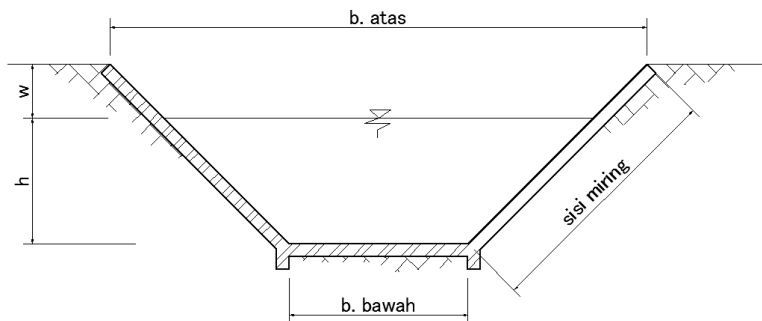
Dimana :

Q_{sal} = Debit saluran (m^3/det)

V_{sal} = Kecepatan saluran (m/det)

A_{sal} = Luas penampang basah saluran (m^2)

2.3.2.2 Saluran Trapesium



Gambar 2. 2 Penampang saluran Trapesium

- Kedalaman saluran (h) adalah kedalaman dari penampang aliran
- Lebar permukaan (b. bawah) adalah lebar penampang bawah saluran pada permukaan
- Lebar Permukaan atas (b. atas) adalah lebar penampang atas saluran pada permukaan
- Tinggi jagaan untuk tiap saluran (w)
- Sisi miring (s. miring) adalah panjang kemiringan saluran yang dipakai untuk perhitungan keliling saluran :

$$\text{Sisi miring} = \sqrt{\left(\frac{B_{\text{atas}} - B_{\text{bawah}}}{2}\right)^2 + h^2} \dots\dots(2.38)$$

- Luas basah saluran (A) adalah luas penampang basah melintang ada saluran

Rumus menghitung luas basah saluran persegi adalah :

$$A = \frac{1}{2} x (B. atas + B. bawah) x h \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana :

A = luas basah saluran (m²)

b.atas = lebar atas permukaan (m)

b. bawah = lebar bawah permukaan (m)

h = kedalaman saluran (m)

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

- Keliling penampang saluran (P) adalah sekeliling bagian basah pada saluran

Rumus menghitung keliling basah saluran adalah :

$$P = b + (2 x sisi miring) \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana :

P = keliling basah saluran (m)

h = kedalaman saluran (m)

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

- Jari – jari hidrolis (R) adalah perbandingan luas penampang saluran dengan keliling basah saluran.

Rumus menghitung keliling basah saluran adalah:

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

R = Jari – jari hidrolis (m)

A = luas basah saluran (m²)

P = keliling basah saluran (m)

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

- **Kapasitas Saluran (Q_{sal})**
 Kapaasitas saluran (Q_{sal}) diperlukan guna untuk mengetahui kapasitas saluran apakah mampu menampung debit banjir rencana, dan untuk itu dilakukan kontrol apabila debit saluran (Q_{sal}) > (Q_{ren}) maka saluran aman , namun apabila tidak aman harus dilakukan perubahan dimensi saluran.

$$Q_{sal} = V_{sal} \times A_{sal} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana :

$$Q_{sal} = \text{Debit saluran (m}^3/\text{det)}$$

$$V_{sal} = \text{Kecepatan saluran (m/det)}$$

$$A_{sal} = \text{Luas penampang basah saluran (m}^2 \text{)}$$

2.4 Analisa Kolam Tampung (Boezem)

Kolam tampung (Boezem) yaitu suatu cekungan atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air didalamnya, tergantung dari jenis bahan pelapis dinding dan dasar kolam. Kolam tampung (Boezem) dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu kolam alami dan kolam non alami.

Kolam tampung (Boezem) merupakan salah satu konsep drainase berwawasan lingkungan, dimana kelebihan air limpasan pada suatu kawasan tidak langsung dilimpaskan ke sungai sebagai badan air penerima (*receiving water*) akan tetapi ditahan pada suatu tempat untuk memberikan waktu yang cukup bagi air untuk meresap ke dalam tanah. Dengan demikian kolam tampung (Boezem) akan berfungsi dalam pengendalian limpasan

permukaan air hujan dalam menjaga debit hujan yang akan diteruskan ke badan air penerima (Sungai).

Hidrograf adalah hubungan antara besarnya debit dengan waktu. Apabila menggunakan rumus Rasional, maka bentuk umum hidrografnya adalah segitiga atau trapesium. Setiap titik di sepanjang saluran mempunyai hidrograf masing-masing, karena waktu konsentrasi untuk mencapai titik tersebut berbeda-beda; makin ke hilir waktu konsentrasi semakin panjang. Luasan segitiga dan trapezium menggambarkan volume limpasan. Besarnya rencana tampungan kolam dapat dihitung menggunakan rumus :

$$V. \text{ Rencana} = A. \text{ kolam} \times R_{\text{eff}} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$A = \frac{\text{Volume Kolam}}{h} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$S = \sqrt{A} \text{ (Kolam Berbentuk Persegi) } \dots\dots\dots(2.42)$$

$$D = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \text{ (Kolam Berbentuk Lingkaran) } \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

V.rencana = Volume rencana kolam tampung(m³)

R_{eff} = Curah Hujan Efektif (mm)

V. kolam = Volume Kolam Tampung (m³)

A = Luas Kolam Tampung (m²)

h = Kedalaman Kolam Tampung (m)

S = Panjang Sisi Kolam Tampung (m)

D = Diameter Kolam Tampung (m)

2.5 Analisa Pompa

Dalam evaluasi sistem drainase Kampus ITS Sukolilo Bagian Utara dimana pada sistem drainase tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong, maka perlu dibantu dengan pompa air. Pompa air digunakan pada waktu tertentu apabila muka air di pembuangan akhir lebih tinggi daripada muka air di saluran, sehingga air tidak bisa mengalir secara gravitasi. Untuk mencegah terjadinya genangan yang lama, maka pada daerah tersebut dibangun pompa air drainase.

Perhitungan kapasitas pompa dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Q. \text{ Outflow} = \frac{\text{Volume Outflow}}{3600} \dots\dots\dots(2.44)$$

$$n. \text{ pompa} = \frac{Q. \text{outflow}}{Q. \text{pompa}} \dots\dots\dots(2.45)$$

Dimana :

Q.outflow = Debit outflow yang harus dipompa keluar (m^3/det)

V. outflow = Volume Outflow kolam yang harus dibuang (m^3)

n.pompa = jumlah pompa yang dibutuhkan

Q.pompa = Kapasitas Pompa

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi adalah cara atau langkah – langkah yang dilakukan dalam menganalisa dan menyelesaikan suatu permasalahan. Langkah – langkah atau metode yang dilakukan dalam Perencanaan Sistem Drainase Kampus ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) Sukolilo Bagian Utara yaitu meliputi :

3.1 Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi penyebab terjadinya masalah genangan pada sistem drainase Kampus ITS Sukolilo Bagian Utara.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah cara yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber sumber yang berhubungan dengan Perencanaan sistem drainase. Studi literatur bisa didapat dari berbagai sumber, jurnal, buku dokumentasi, internet dan pustaka.

3.3 Pengumpulan Data

Data-data yang menunjang dan digunakan dalam perencanaan sistem drainase Kampus ITS Sukolilo Bagian Utara antara lain :

- a) Data Primer adalah data yang didapat di wilayah studi dari hasil pengamatan ataupun wawancara, meliputi :

- Data pengukuran dan survey saluran eksisting
- b) Data Sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi/perusahaan yang terkait, antara lain Kantor Sarana dan PraSarana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya, meliputi :
 - Data Topografi
 - Data Hidrologi
 - Peta Genangan Kampus ITS Sukolilo Surabaya
 - Masterplan Pengembangan Kampus ITS Sukolilo Surabaya.

3.4 Analisa Data

Analisa sistem drainase Kampus ITS Sukolilo Bagian Utara sebagai berikut :

3.4.1 Analisa Hidrologi

Data hidrologi digunakan untuk menentukan Debit Banjir Rencana dengan periode ulang tertentu, Hal ini dilakukan dengan :

1. Distribusi Hujan Rencana
2. Parameter Data Statistik
3. Analisa Distribusi Frekuensi
4. Uji Kecocokan
5. Perhitungan Debit Rencana

3.4.2 Analisa Hidrolika

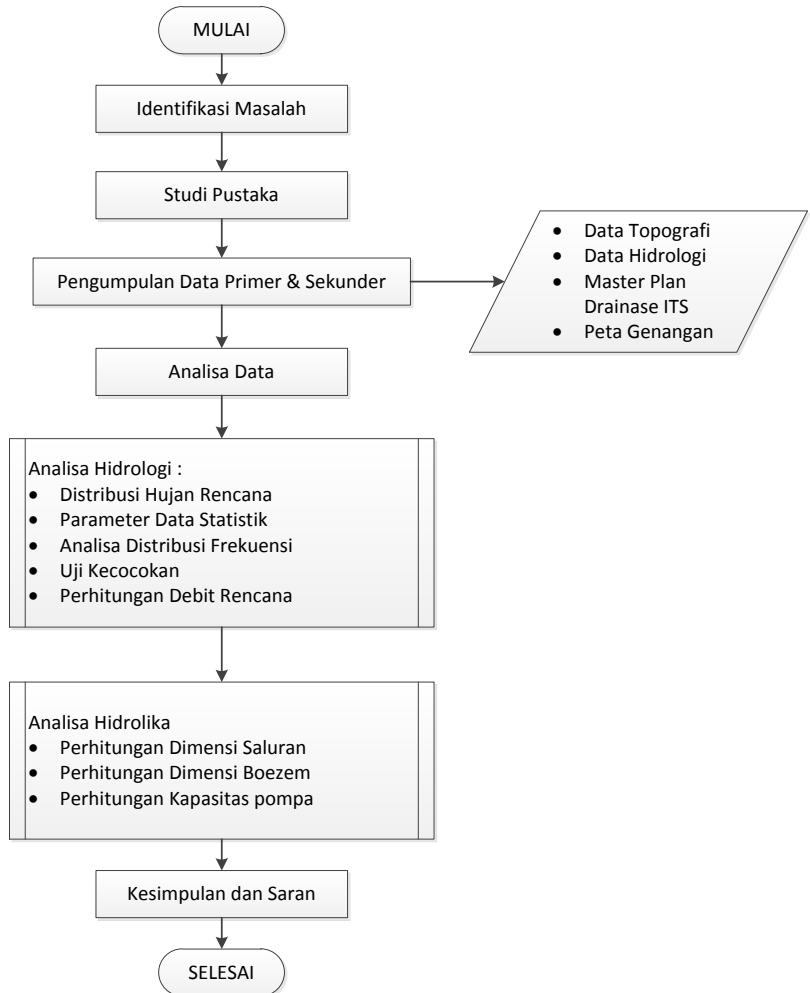
1. Perhitungan dimensi saluran
2. Perhitungan kapasitas kolam tampung / Boezem
3. Perhitungan Kapasitas Pompa

3.5 Kesimpulan

Pada bagian ini berisi mengenai kesimpulan dan saran yang diambil dari hasil Perencanaan sistem drainasse Kampus ITS Sukolilo Bagian Utara.

3.6 Diagram Alir

Tahap- tahap pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. 1 Diagram Alir

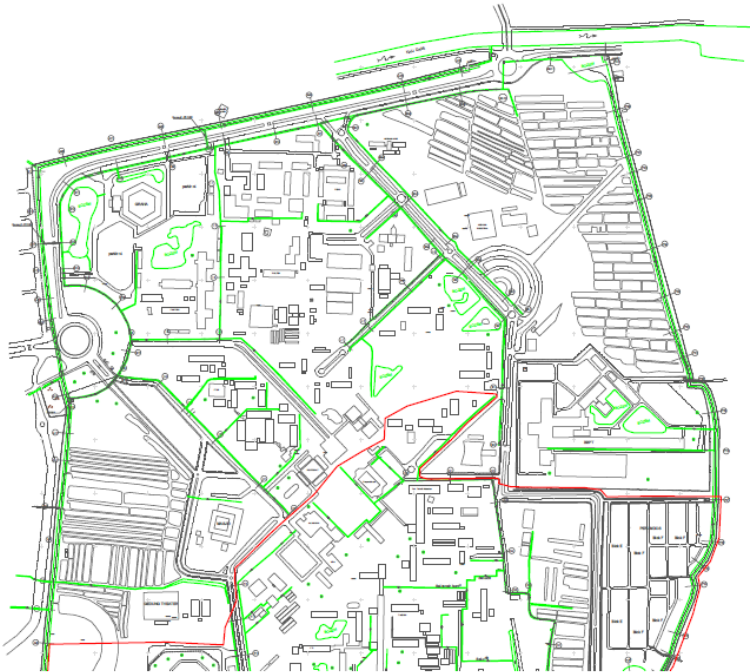
BAB IV

ANALISA HIDROLOGI

4.1 Analisa Topografi

Perencanaan drainase Kampus ITS Sukolilo bagian Utara terletak pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Keputih yang menjadikan sungai kalidami sebagai bangunan pembuang akhir sebelum diteruskan menuju laut.

Gambar 4.1 menunjukkan lokasi perencanaan drainase.



Gambar 4. 1 Kampus ITS Sukolilo Bagian Utara

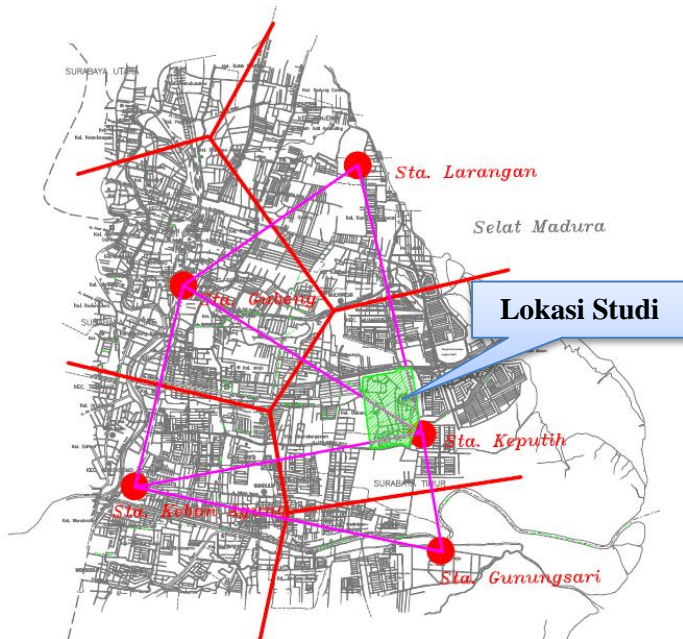
Sumber : *Surabaya Drainage Master Plan 2000*

4.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Peta DAS dan stasiun hujan yang ditinjau untuk perencanaan drainase sudah di dapatkan dari SDMP Surabaya dalam bentuk CAD. Dari peta tersebut dapat diketahui batas DAS dan luas stasiun hujan yang ditinjau. Stasiun hujan yang ditinjau adalah stasiun hujan Keputih, stasiun hujan Gunungsari, stasiun hujan Larangan, stasiun hujan Kebon Agung dan stasiun hujan Gubeng.

Langkah-langkah untuk memperoleh luasan tersebut adalah :

1. Peta yang ada dalam bentuk Autocad.
2. Pada peta tersebut sudah diketahui batas DAS dan letak stasiun hujan yang ditinjau.
3. Dari stasiun hujan yang ditinjau ditarik garis yang menghubungkan antara letak stasiun hujan. Kemudian masing-masing garis penghubung tersebut dicari titik tengah yang memotong sama panjang di kedua sisinya.
4. Dari titik-titik tersebut ditarik garis tegak lurus yang memotong garis penghubung antara stasiun hujan 1 dengan yang lainnya, kemudian terbentuklah garis pengaruh. Dari garis pengaruh tersebut diperpanjang sampai memotong batas DAS dan sampai keempat garis tersebut memotong satu sama lain.
5. Garis penghubung bisa dihilangkan untuk memudahkan mengetahui daerah pengaruh dari tiap-tiap stasiun hujan yang ditinjau.
6. Pakai icon bantu polyline untuk membuat batas DAS dan batas pengaruh supaya dapat dicari luasannya. Kemudian pakai icon bantu list.
7. Maka bisa diketahui luasan tiap stasiun hujan



Gambar 4. 2 Peta DAS dan Luas Pengaruh Stasiun Hujan

Sumber : *Surabaya Drainage Master Plan 2000*

4.3 Analisa Curah hujan

Untuk perhitungan analisa hidrologi , dibutuhkan data hujan pada kawasan yang akan direncanakan sistem drainase. Dari metode Poligon Thiessen didapatkan untuk perencanaan Sistem Drainase Kampus ITS Sukolilo bagian Utara digunakan satu stasiun hujan saja karena memang yang mempengaruhi hanya satu stasiun hujan saja yaitu stasiun hujan Keputih dengan data hujan 15 tahun.

Ada 3 metode yang sering digunakan untuk perhitungan analisa curah hujan, yaitu Metode Aritmatik, Metode *Poligon Thiessen*, dan Metode Ishoyet. Dari ketiga metode diatas perlu

dipilih metode yang sesuai untuk digunakan pada suatu daerah tangkapan air. Ada ketentuan-ketentuan yang digunakan untuk menentukan metode apa yang akan dipakai seperti tabel dibawah ini.

Tabel 4. 1 Pertimbangan Cara yang Dapat Digunakan

| Parameter | Kondisi | Cara yang dapat digunakan |
|----------------------|--|---|
| Jumlah stasiun hujan | Cukup | Aritmetika, <i>Thiessen Poligon</i> , Ishoyet |
| | Terbatas | Rerata Aritmetik, <i>Thiessen Poligon</i> |
| Luas Das | >5000 km ² (Besar) 501 – 5000 km ² (sedang) | Ishoyet <i>Thiessen Poligon</i> |
| | <500 km ² (kecil) | Rerata Aritmatik |
| Kondisi Topografi | Pegunungan | <i>Thiessen Poligon</i> |
| | Dataran | Aljabar |
| | Berbukit dan Tidak Beraturan | Ishoyet dan <i>Thiessen Poligon</i> |

Sumber : Suripin, 1998

Pada kawasan DAS Keputih, jumlah stasiun yang ada termasuk kategori cukup, terletak pada wilayah dataran, dan memiliki luas DAS < 500 km², maka untuk menghitung curah hujan digunakan cara *Poligon Thiessen*, Rerata Aritmatik, dan Aljabar.

Metode perhitungan dengan Rerata Aritmatik merupakan cara yang paling sederhana, tetapi memberikan hasil yang tidak teliti (Suyono, 1987). Hal tersebut diantaranya karena setiap stasiun dianggap mempunyai bobot yang sama. Hal ini hanya dapat digunakan kalau hujan yang terjadi dalam DAS homogen dan variasi tahunnya tidak terlalu besar. Keadaan hujan di Indonesia (daerah tropik pada umumnya) sangat bersifat 'setempat', dengan variasi ruang yang sangat besar.

Sedangkan cara hitungan dengan rumus metode *Thiessen* merupakan metode yang memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan didaerah yang ditinjau tidak merata (Suyono,2006). Untuk bobot dari masing-masing stasiun bisa dihitung dengan rumus koefisien DAS =

$$\frac{\text{Luas Sub DAS}}{\text{Luas DAS total}}$$

Karena daerah yang ditinjau hanya dipengaruhi oleh satu stasiun hujan saja, maka cara thiesen polygon ini tidak perlu dipakai. Dengan metode rerata Aritmatik sudah cukup.

4.4 Perhitungan Parameter Dasar statistik

Perhitungan ini digunakan untuk menentukan distribusi frekuensi yang akan digunakan. Dalam perhitungan parameter dasar statistik ini akan dicari nilai Cs, Ck, Cv, Standar deviasi, dan Xrata-rata. Adapun perhitungan terlampir pada Tabel 4.3 .

Tabel 4. 2 Parameter Dasar Statistik

| Tahun | Hujan (mm) | xi - xrata" | (xi - x) ² | (xi-x) ³ | (xi-x) ⁴ |
|------------------|-----------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 2000 | 88 | -13.53 | 183.15 | -2478.65 | 33544.33 |
| 2001 | 103 | 1.47 | 2.15 | 3.15 | 4.63 |
| 2002 | 123 | 21.47 | 460.82 | 9892.22 | 212353.02 |
| 2003 | 102 | 0.47 | 0.22 | 0.10 | 0.05 |
| 2004 | 58 | -43.53 | 1895.15 | -82502.25 | 3591597.73 |
| 2005 | 110 | 8.47 | 71.68 | 606.93 | 5138.66 |
| 2006 | 140 | 38.47 | 1479.68 | 56918.53 | 2189466.06 |
| 2007 | 127 | 25.47 | 648.55 | 16516.43 | 420618.54 |
| 2008 | 115 | 13.47 | 181.35 | 2442.19 | 32888.23 |
| 2009 | 90 | -11.53 | 133.02 | -1534.14 | 17693.73 |
| 2010 | 90 | -11.53 | 133.02 | -1534.14 | 17693.73 |
| 2011 | 78 | -23.53 | 553.82 | -13033.18 | 306714.13 |
| 2012 | 85 | -16.53 | 273.35 | -4519.41 | 74720.83 |
| 2013 | 80 | -21.53 | 463.68 | -9984.67 | 215003.26 |
| 2014 | 134 | 32.47 | 1054.08 | 34222.61 | 1111094.02 |
| jumlah | 1523 | | 7533.73 | 5015.75 | 8228530.95 |
| rata-rata | 101.53 | | | | |

$$n = 15$$

$$n-1 = 14$$

$$n-2 = 13$$

$$n-3 = 12$$

Metode Normal dan Gumbel

➤ Perhitungan Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{7533.73}{15-1}} = 23.20 \text{ mm}$$

- Perhitungan Nilai Koefisien *Skewness* (C_s)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$C_s = \frac{15}{14 \times 13 \times 23.30^3} \times 5015.75 = 0.03$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$C_k = \frac{15^2}{14 \times 13 \times 23.20^4} \times 8228530.95$$

$$C_k = 2,93$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$C_v = \frac{23.20}{101.53} = 0,23$$

- Metode Log Normal

$$C_s = C_v^3 + 3(C_v)$$

$$C_s = 0,23^3 + 3(0,23)$$

$$C_s = 0,70$$

$$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

$$C_k = 0,23^8 + 6(0,23^6) + 15(0,23^4) + 16(0,23^2) + 3$$

$$C_k = 3,88$$

Setiap distribusi memiliki syarat-syarat parameter statistik. Pada Tabel 4.3 akan dipaparkan penentuan distribusi hujan berdasarkan syarat-syarat parameter statistik.

Tabel 4. 3 Penentuan Distribusi Curah Hujan

| No | Distribusi | Persyaratan | Hasil Hitungan | keterangan |
|----|------------------------|--|----------------|-----------------|
| 1 | Normal | $C_s = 0$ $C_k = 3$ | 0,03 2,93 | tidak diterima |
| 2 | Log Normal | $C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$ | 0,70 3,88 | tidak diterima |
| 3 | Gumbel | $C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$ | 0,03 2,93 | tidak diterima |
| 4 | <i>Log Pearson III</i> | Selain dari nilai diatas/flexibel | | Diterima |

sumber : *Triatmodjo, 2010*

Dari perhitungan parameter statistik diatas dan ditinjau dari persyaratannya, maka distribusi yang sesuai adalah distribusi *Log Pearson tipe III*.

4.5 Analisa Distribusi Frekuensi

Dari perhitungan parameter dasar statistik, distribusi frekuensi yang sesuai adalah distribusi *Log Pearson tipe III*. Dari perhitungan ini akan dihasilkan hujan rencana pada periode yang telah ditentukan.

Tabel 4. 4 Perhitungan *Log Pearson tipe III*

| No | Tahun | xi | Log xi | xi - x | (xi - x) ² | (xi-x) ³ | (xi-x) ⁴ |
|------------------|-------|-----|--------|---------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 2006 | 140 | 2.15 | 0.1507 | 0.0227 | 0.00342 | 0.000516 |
| 2 | 2014 | 134 | 2.13 | 0.1317 | 0.0173 | 0.00228 | 0.000301 |
| 3 | 2007 | 127 | 2.10 | 0.1084 | 0.0117 | 0.00127 | 0.000138 |
| 4 | 2002 | 123 | 2.09 | 0.0945 | 0.0089 | 0.00084 | 0.000080 |
| 5 | 2008 | 115 | 2.06 | 0.0653 | 0.0043 | 0.00028 | 0.000018 |
| 6 | 2005 | 110 | 2.04 | 0.0460 | 0.0021 | 0.00010 | 0.000004 |
| 7 | 2001 | 103 | 2.01 | 0.0174 | 0.0003 | 0.00001 | 0.000000 |
| 8 | 2003 | 102 | 2.01 | 0.0132 | 0.0002 | 0.00000 | 0.000000 |
| 9 | 2009 | 90 | 1.95 | -0.0412 | 0.0017 | -0.00007 | 0.000003 |
| 10 | 2010 | 90 | 1.95 | -0.0412 | 0.0017 | -0.00007 | 0.000003 |
| 11 | 2000 | 88 | 1.94 | -0.0509 | 0.0026 | -0.00013 | 0.000007 |
| 12 | 2012 | 85 | 1.93 | -0.0660 | 0.0044 | -0.00029 | 0.000019 |
| 13 | 2013 | 80 | 1.90 | -0.0923 | 0.0085 | -0.00079 | 0.000073 |
| 14 | 2011 | 78 | 1.89 | -0.1033 | 0.0107 | -0.00110 | 0.000114 |
| 15 | 2004 | 58 | 1.76 | -0.2320 | 0.0538 | -0.01249 | 0.002897 |
| Jumlah | | | 28.17 | 0.0000 | 0.1509 | -0.00673 | 0.004172 |
| Rata-rata | | | 2.00 | | | | |

- Perhitungan Standar Deviasi

$$\overline{S \log X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

$$\overline{S \log x} = \sqrt{\frac{0.1509}{14}} = 0,10 \text{ mm}$$

- Perhitungan koefisien *skewness* (Cs) untuk Log Pearson tipe III

$$Cs = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{S \log X})^3}$$

$$Cs = \frac{15 \times (-0.00673)}{14 \times 12 \times 0,10^3} = -0.50$$

- Perhitungan Curah Hujan Rencana

Berdasarkan nilai Cs = - 0,5 , maka dapat ditentukan nilai k untuk setiap periode ulang, sehingga untuk periode ulang :

- 2 tahun :

$$\log X_2 = \overline{\log X} + k. (\overline{S \log X})$$

$$\log X_2 = 2.00 + (0.083) \times 2.00$$

$$X_2 = 100.94 \text{ mm}$$

- 5 tahun

$$\log X_5 = \overline{\log X} + k. (\overline{S \log X})$$

$$\log X_5 = 2.00 + 0.856 \times 2.00$$

$$X_5 = 121.43 \text{ mm}$$

- 10 tahun

$$\log X_{10} = \overline{\log X} + k. (\overline{S \log X})$$

$$\log X_{10} = 2.00 + 1.216 \times 2.00$$

$$X_{10} = 132.34 \text{ mm}$$

Untuk nilai k pada perhitungan curah hujan rencana, didapat dari tabel Nilai k Distribusi Pearson tipe III dan Log Pearson tipe III seperti pada gambar 4.5 berikut ini:

Tabel 4. 5 Nilai K Distribusi Person Tipe III dan Log Pearson Tipe III

| Kemencengan (CS) | Periode Ulang (tahun) | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 1000 |
| | Peluang (%) | | | | | | | |
| | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 |
| 3,0 | -0,360 | 0,420 | 1,180 | 2,278 | 3,152 | 4,051 | 4,970 | 7,250 |
| 2,5 | -0,360 | 0,518 | 1,250 | 2,262 | 3,048 | 3,845 | 4,652 | 6,600 |
| 2,2 | -0,330 | 0,574 | 1,284 | 2,240 | 2,970 | 3,705 | 4,444 | 6,200 |
| 2,0 | -0,307 | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,912 | 3,605 | 4,298 | 5,910 |
| 1,8 | -0,282 | 0,643 | 1,318 | 2,193 | 2,848 | 3,499 | 4,147 | 5,660 |
| 1,6 | -0,254 | 0,675 | 1,329 | 2,163 | 2,780 | 3,388 | 3,990 | 5,390 |
| 1,4 | -0,225 | 0,705 | 1,337 | 2,128 | 2,706 | 3,271 | 3,828 | 5,110 |
| 1,2 | -0,195 | 0,732 | 1,340 | 2,087 | 2,626 | 3,149 | 3,661 | 4,820 |
| 1,0 | -0,164 | 0,758 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 | 3,489 | 4,540 |
| 0,9 | -0,148 | 0,769 | 1,339 | 2,018 | 2,498 | 2,957 | 3,401 | 4,395 |
| 0,8 | -0,132 | 0,780 | 1,336 | 1,998 | 2,453 | 2,891 | 3,312 | 4,250 |
| 0,7 | -0,116 | 0,790 | 1,333 | 1,967 | 2,407 | 2,824 | 3,223 | 4,105 |
| 0,6 | -0,099 | 0,800 | 1,328 | 1,939 | 2,359 | 2,755 | 3,132 | 3,960 |
| 0,5 | -0,083 | 0,808 | 1,323 | 1,910 | 2,311 | 2,686 | 3,041 | 3,815 |
| 0,4 | -0,066 | 0,816 | 1,317 | 1,880 | 2,261 | 2,615 | 2,949 | 3,670 |
| 0,3 | -0,050 | 0,824 | 1,309 | 1,849 | 2,211 | 2,544 | 2,856 | 3,525 |
| 0,2 | -0,033 | 0,830 | 1,301 | 1,818 | 2,159 | 2,472 | 2,763 | 3,380 |
| 0,1 | -0,017 | 0,836 | 1,292 | 1,785 | 2,107 | 2,400 | 2,670 | 3,235 |
| 0,0 | 0,000 | 0,842 | 1,282 | 1,751 | 2,054 | 2,326 | 2,576 | 3,090 |
| -0,1 | 0,017 | 0,836 | 1,270 | 1,761 | 2,000 | 2,252 | 2,482 | 2,950 |
| -0,2 | 0,033 | 0,850 | 1,258 | 1,680 | 1,945 | 2,178 | 2,388 | 2,810 |
| -0,3 | 0,050 | 0,853 | 1,245 | 1,643 | 1,890 | 2,104 | 2,294 | 2,675 |
| -0,4 | 0,066 | 0,855 | 1,231 | 1,606 | 1,834 | 2,029 | 2,201 | 2,540 |
| -0,5 | 0,083 | 0,856 | 1,216 | 1,567 | 1,777 | 1,955 | 2,108 | 2,400 |
| -0,6 | 0,099 | 0,857 | 1,200 | 1,528 | 1,720 | 1,880 | 2,016 | 2,275 |
| -0,7 | 0,116 | 0,857 | 1,183 | 1,488 | 1,663 | 1,806 | 1,926 | 2,150 |
| -0,8 | 0,132 | 0,856 | 1,166 | 1,448 | 1,606 | 1,733 | 1,837 | 2,035 |
| -0,9 | 0,148 | 0,854 | 1,147 | 1,407 | 1,549 | 1,660 | 1,749 | 1,910 |
| -1,0 | 0,164 | 0,852 | 1,128 | 1,366 | 1,492 | 1,588 | 1,664 | 1,800 |
| -1,2 | 0,195 | 0,844 | 1,086 | 1,282 | 1,379 | 1,449 | 1,501 | 1,625 |
| -1,4 | 0,225 | 0,832 | 1,041 | 1,198 | 1,270 | 1,318 | 1,351 | 1,465 |
| -1,6 | 0,254 | 0,817 | 0,994 | 1,116 | 1,166 | 1,197 | 1,216 | 1,280 |
| -1,8 | 0,282 | 0,799 | 0,945 | 1,035 | 1,069 | 1,087 | 1,097 | 1,130 |
| -2,0 | 0,307 | 0,777 | 0,895 | 0,959 | 0,980 | 0,990 | 1,000 | 1,000 |
| -2,2 | 0,330 | 0,752 | 0,844 | 0,888 | 0,900 | 0,905 | 0,907 | 0,910 |
| -2,5 | 0,360 | 0,711 | 0,771 | 0,793 | 0,798 | 0,799 | 0,800 | 0,802 |
| -3,0 | 0,396 | 0,636 | 0,660 | 0,666 | 0,666 | 0,667 | 0,667 | 0,668 |

Sumber : Soewarno, 1995.

4.6 Uji Kecocokan

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogoro* (Bambang Triatmojo, 2010)

4.6.1 Uji Chi Kuadrat

Perhitungan Chi Kuadrat untuk Log Pearson III:

- Banyaknya data (n) = 15
- Derajat signifikan (α) = 5%
- Jumlah kelas/Sub Kelompok (G) = $1 + 3,322 \text{ Log } n$
= $1 + 3,322 \text{ Log } 15$
= 4,91 ~ 5
- Derajat Kebebasan (DK) = $G - R - 1$
= $5 - 2 - 1 = 2$

Tabel 4. 6 Perhitungan Chi-Kuadrat untuk *Log Pearson* tipe III

| Tahun | Data CH | Peringkat | Peluang | (xi - x) | (xi - x) ² |
|-----------|---------|-----------|-------------|-----------|------------------------|
| | xi | m | P = m/(n+1) | | |
| 2006 | 2.15 | 1 | 6% | 0.15 | 0.0227 |
| 2014 | 2.13 | 2 | 13% | 0.13 | 0.0173 |
| 2007 | 2.10 | 3 | 19% | 0.11 | 0.0117 |
| 2002 | 2.09 | 4 | 25% | 0.09 | 0.0089 |
| 2001 | 2.06 | 5 | 31% | 0.07 | 0.0043 |
| 2003 | 2.04 | 6 | 38% | 0.05 | 0.0021 |
| 2009 | 2.01 | 7 | 44% | 0.02 | 0.0003 |
| 2010 | 2.01 | 8 | 50% | 0.01 | 0.0002 |
| 2000 | 1.95 | 9 | 56% | -0.04 | 0.0017 |
| 2008 | 1.95 | 10 | 63% | -0.04 | 0.0017 |
| 2012 | 1.94 | 11 | 69% | -0.05 | 0.0026 |
| 2013 | 1.93 | 12 | 75% | -0.07 | 0.0044 |
| 2011 | 1.90 | 13 | 81% | -0.09 | 0.0085 |
| 2005 | 1.89 | 14 | 88% | -0.10 | 0.0107 |
| 2004 | 1.76 | 15 | 94% | -0.23 | 0.0538 |
| Σ | 29.93 | | | 0.00 | 0.1509 |
| rata-rata | 2.00 | | | | |

- Menentukan nilai batas sub kelompok

Dari perhitungan diatas didapatkan ada 5 sub kelompok. Dari 5 sub kelompok tersebut ditentukan nilai batas tiap kelompok. Perhitungan nilai batas sub kelompok menggunakan rumus:

$$\text{Log } X = \bar{X} + k.S$$

Nilai k didapat dari tabel variabel reduksi *Gauss*.

Tabel 4. 7 Nilai Variabel Reduksi *Gauss*

| Periode Ulang T (tahun) | Peluang (P) | k |
|----------------------------|----------------|-------|
| 1,001 | 0,999 | -3,05 |
| 1,005 | 0,995 | -2,58 |
| 1,01 | 0,99 | -2,33 |
| 1,05 | 0,95 | -1,64 |
| 1,11 | 0,9 | -1,28 |
| 1,25 | 0,8 | -0,84 |
| 1,33 | 0,75 | -0,67 |
| 1,43 | 0,7 | -0,52 |
| 1,67 | 0,6 | -0,25 |
| 2 | 0,5 | 0 |
| 2,5 | 0,4 | 0,25 |
| 3,33 | 0,3 | 0,52 |
| 4 | 0,25 | 0,67 |
| 5 | 0,2 | 0,84 |
| 10 | 0,1 | 1,28 |
| 20 | 0,05 | 1,64 |
| 50 | 0,2 | 2,05 |
| 100 | 0,01 | 2,33 |
| 200 | 0,005 | 2,58 |
| 500 | 0,002 | 2,88 |
| 1000 | 0,001 | 3,09 |

Sumber : Soewarno, 1995.

- Untuk $P = 20\% \rightarrow k = 0.84$, $\text{Log } X_1 = \bar{X} + k.S$
 $\text{Log } X_1 = 2.00 \text{ mm} + (0.84 \times 0.10)$
 $\text{Log } X_1 = 2.08 \text{ mm}$

- Untuk $P = 40\% \rightarrow k = 0.25$, $\text{Log } X_2 = \bar{X} + k.S$
 $\text{Log } X_2 = 2.00 \text{ mm} + (0.25 \times 0.10)$
 $\text{Log } X_2 = 2.02 \text{ mm}$
- Untuk $P = 60\% \rightarrow k = -0.20$, $\text{Log } X_3 = \bar{X} + k.S$
 $\text{Log } X_3 = 2.00 \text{ mm} + (-0.25 \times 0.1)$
 $\text{Log } X_3 = 1.97 \text{ mm}$
- Untuk $P = 80\% \rightarrow k = -0.84$, $\text{Log } X_3 = \bar{X} + k.S$
 $\text{Log } X_3 = 2.00 \text{ mm} + (-0.84 \times 0.1)$
 $\text{Log } X_3 = 1.91 \text{ mm}$

Dari perhitungan diatas, batas sub kelompok bisa di tabelkan seperti Tabel 4.8 di bawah ini:

Tabel 4. 8 Nilai Batas Tiap Kelompok

| Kelompok | Nilai Batas |
|----------|----------------------|
| I = | $X \leq 1.91$ |
| II = | $1.91 < X \leq 1.97$ |
| III = | $1.97 < X \leq 2.02$ |
| IV = | $2.02 < X \leq 2.08$ |
| IV = | $X \geq 2.08$ |

- Menentukan E_i

E_i adalah frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya (Bambang Triatmodjo, 2010). Maka, untuk mencari E_i menggunakan rumus :

$$E_i = \frac{\text{jumlah kelas } (G)}{\text{jumlah data } (n)}$$

$$E_i = \frac{15}{5} = 3$$

- Menentukan Chi-Kuadrat hitung (X^2)

Rumus untuk menentukan Chi-Kuadrat adalah :

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Contoh perhitungan :

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(3 - 3)^2}{3}$$

$$Xh^2 = 0$$

Untuk perhitungan chi-kuadrat hitung bisa dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Perhitungan Chi-Kuadrat hitung

| nilai batas | O _i | E _i | (O _i - E _i) ² | Xh ² |
|-----------------|----------------|----------------|---|-----------------|
| X ≤ 1.91 | 3 | 3.0 | 0 | 0.00 |
| 1.91 < X ≤ 1.97 | 4 | 3.0 | 1 | 0.33 |
| 1.97 < X ≤ 2.02 | 3 | 3.0 | 0 | 0.00 |
| 2.02 < X ≤ 2.08 | 1 | 3.0 | 4 | 1.33 |
| X ≥ 2.08 | 4 | 3.0 | 1 | 0.33 |
| | 15 | 15.0 | nilai chi kuadrat = | 2.00 |

Nilai Chi-Kuadrat hitung = 2.00

Derajat Kebebasan (DK) = 2

Derajat signifikan alpha = 5%

Nilai Chi Teoritis = 5.911

Dari perhitungan Chi-Kuadrat untuk distribusi hujan dengan metode *Log Pearson tipe III*, diperoleh nilai Chi-Kuadrat hitung 2.00. Dengan derajat kebebasan (DK) 2, dan derajat signifikan α 5%, maka diperoleh Chi-Kuadrat teoritis 5.911 (sesuai pada Tabel 4.10)

Perhitungan akan diterima apabila nilai Chi-Kuadrat teoritis > nilai Chi-Kuadrat hitung. Dari perhitungan diatas diperoleh nilai 5.911 > 2.00, sehingga perhitungan diterima.

Tabel 4. 10 Nilai Chi Kuadrat Teoritis

| dk | α derajat kepercayaan | | | | | | | |
|----|------------------------------|----------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,995 | 0,99 | 0,975 | 0,95 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| 1 | 0,0000393 | 0,000157 | 0,000982 | 0,00393 | 3,841 | 5,024 | 6,635 | 7,879 |
| 2 | 0,0100 | 0,0201 | 0,0506 | 0,106 | 5,991 | 7,378 | 9,210 | 10,597 |
| 3 | 0,0717 | 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 | 32,882 | 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 | 13,121 | 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 : Soewarno, 1995

4.6.2 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut uji kecocokan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno,1995).

Perhitungan uji *Smirnov-Kolmogorov* bisa dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Perhitungan *Smirnov-Kolmogorov* untuk *Log Pearson Tipe III*

| Tahun | xi | Peringkat (m) | $P = \frac{m}{(n+1)}$ | $P(x<) = 1-P(x)$ | $f(t)=(xi-x)/s$ | $p'(x)$ | $p'(x<)$ | D |
|-----------|--------------|---------------|-----------------------|------------------|-----------------|---------|---------------|---------------|
| 2006 | 2.15 | 1 | 0.06 | 0.94 | 1.45 | 0.0671 | 0.9330 | -0.0046 |
| 2014 | 2.13 | 2 | 0.13 | 0.88 | 1.27 | 0.0936 | 0.9064 | 0.0314 |
| 2007 | 2.10 | 3 | 0.19 | 0.81 | 1.04 | 0.1382 | 0.8618 | 0.0493 |
| 2002 | 2.09 | 4 | 0.25 | 0.75 | 0.91 | 0.1777 | 0.8223 | 0.0723 |
| 2001 | 2.06 | 5 | 0.31 | 0.69 | 0.63 | 0.2484 | 0.7516 | 0.0641 |
| 2003 | 2.04 | 6 | 0.38 | 0.63 | 0.44 | 0.3123 | 0.6877 | 0.0627 |
| 2009 | 2.01 | 7 | 0.44 | 0.56 | 0.17 | 0.4130 | 0.5870 | 0.0245 |
| 2010 | 2.01 | 8 | 0.50 | 0.50 | 0.13 | 0.4287 | 0.5713 | 0.0713 |
| 2000 | 1.95 | 9 | 0.56 | 0.44 | -0.40 | 0.6736 | 0.3264 | -0.1111 |
| 2008 | 1.95 | 10 | 0.63 | 0.38 | -0.40 | 0.6736 | 0.3264 | -0.0486 |
| 2012 | 1.94 | 11 | 0.69 | 0.31 | -0.49 | 0.7053 | 0.2947 | -0.0178 |
| 2013 | 1.93 | 12 | 0.75 | 0.25 | -0.64 | 0.7547 | 0.2453 | -0.0047 |
| 2011 | 1.90 | 13 | 0.81 | 0.19 | -0.89 | 0.8262 | 0.1738 | -0.0137 |
| 2005 | 1.89 | 14 | 0.88 | 0.13 | -1.00 | 0.8531 | 0.1469 | 0.0219 |
| 2004 | 1.76 | 15 | 0.94 | 0.06 | -2.23 | 0.9886 | 0.0114 | -0.0511 |
| Σ | 29.93 | | | | | | Dmax = | 0.0723 |
| rata-rata | 2.00 | | | | | | | |

| | |
|---------------------|----------|
| Banyaknya data (n) | = 15 |
| Dmax | = 0,0723 |
| Derajat kepercayaan | = 5% |
| Do | = 0,34 |

Dari perhitungan pada tabel 4.11 diperoleh nilai Dmax = 0,1258 pada peringkat (m) = 4. Dengan derajat kepercayaan = 5% dan banyaknya data = 15, maka diperoleh nilai Do=0,34 (sesuai pada Tabel 4.12). Karena nilai Dmax < Do (0,0723 < 0,34), maka persamaan distribusi *Log Pearson Tipe III* diterima.

Tabel 4. 12 Nilai Kritis Do untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov*

| N | α (derajat kepercayaan) | | | |
|----|--------------------------------|------|------|------|
| | 0,2 | 0,1 | 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 | 0,3 | 0,34 | 0,4 |
| 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 | 0,2 | 0,23 | 0,27 |
| 40 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
| 45 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,24 |
| 50 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,23 |

Sumber : Soewarno, 1995

Kesimpulan yang didapat dari perhitungan diatas, bahwa jenis distribusi yang dapat digunakan untuk perhitungan hujan rencana adalah distribusi Log Pearson tipe III. Hal ini dikarenakan distribusi tersebut memenuhi dari Uji Chi Square maupun Kolmogorov. Jadi curah hujan yang digunakan adalah:

- Periode ulang 2 th dengan curah hujan = 100.94 mm
- Periode ulang 5 th dengan curah hujan = 121.43 mm
- Periode ulang 10 th dengan curah hujan = 132.34 mm

4.7 Analisa Debit Banjir Rencana

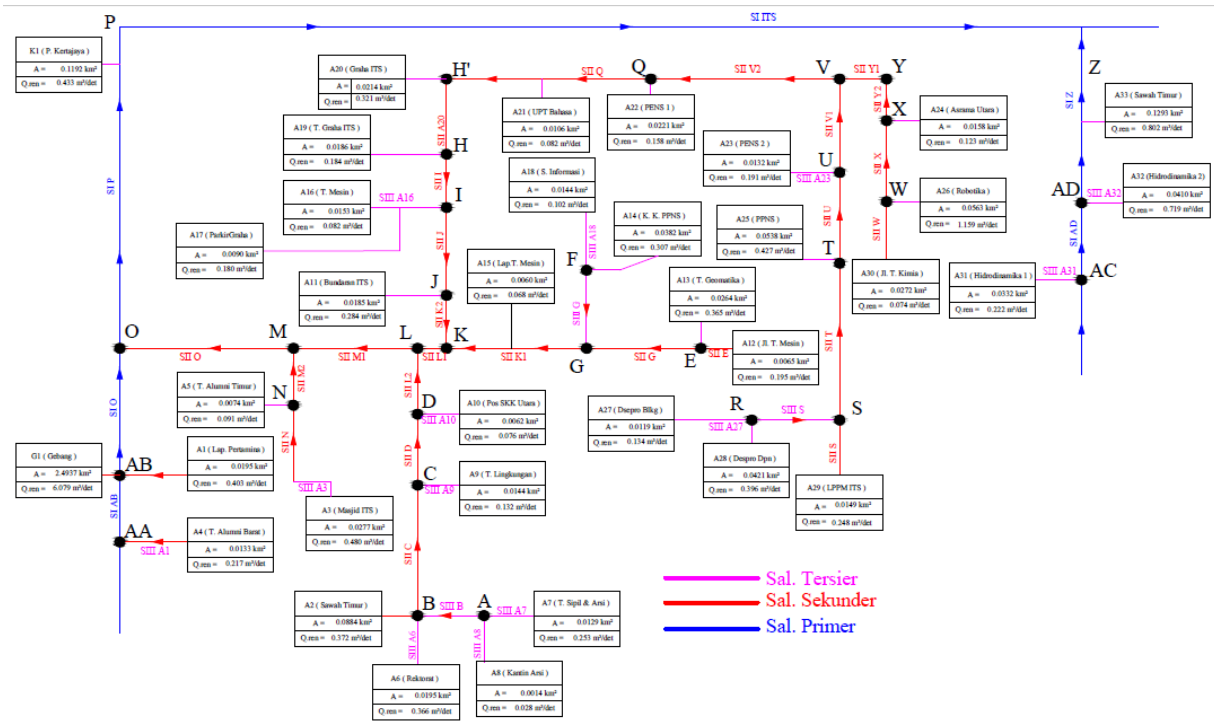
Setelah diketahui intensitas hujan rencana, selanjutnya adalah perhitungan analisa debit. Analisa debit dimaksudkan untuk menghitung besarnya debit banjir rencana yang terjadi yang nantinya akan digunakan untuk perencanaan kapasitas saluran.

4.7.1 Skema Jaringan

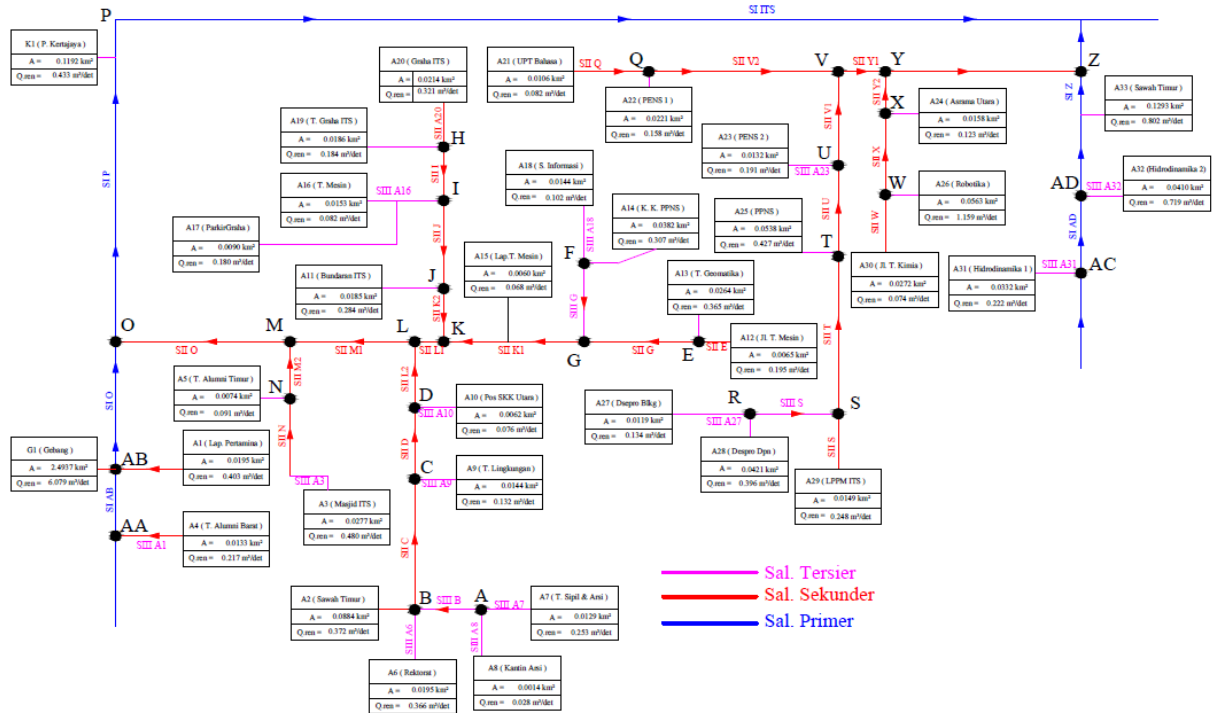
Dalam perencanaan sistem drainase Kampus ITS Sukolilo bagian Utara perlu dibuat terlebih dahulu skema jaringan drainase untuk menentukan arah aliran saluran eksisting dan rencana serta besarnya debit yang harus ditampung oleh saluran.

Dari hasil pengamatan dilapangan diketahui bahwa arah aliran dari sistem drainase Kampus ITS Sukolilo bagian Utara ini mengalir dari bagian utara (Asrama Mahasiswa Bagian Utara) menuju ke selatan (Bundaran ITS) yang menjadikan Saluran ITS sebagai saluran primer yang juga menampung debit dari luar Kawasan Kampus ITS Sukolilo yang nantinya diteruskan ke sungai Kalidami, sehingga diperlukan skema jaringan baru yang dapat membagi debit air agar bisa diarahkan langsung ke utara dan ditampung terlebih dahulu pada kolam tampung yang berada di sebelah utara (Pakuwon City) .

Skema jaringan Eksisting dan Rencana dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4 :



Gambar 4. 3 Skema Jaringan Eksisting Kampus ITS Sukulilo bagian Utara



Gambar 4. 4 Skema Jaringan Rencana Kampus ITS Sukulilo bagian Utara

4.7.2 Koefisien Limpasan / Pengaliran (C)

Koefisien limpasan/ pengaliran adalah variable untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh didaerah tersebut. Koefisien pengaliran sangat tergantung pada faktor-faktor fisik, untuk menentukan koefisien rata – rata (C) dengan berbagai kondisi permukaan dapat dihitung atau ditentukan dengan cara berikut :

$$C = \frac{C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

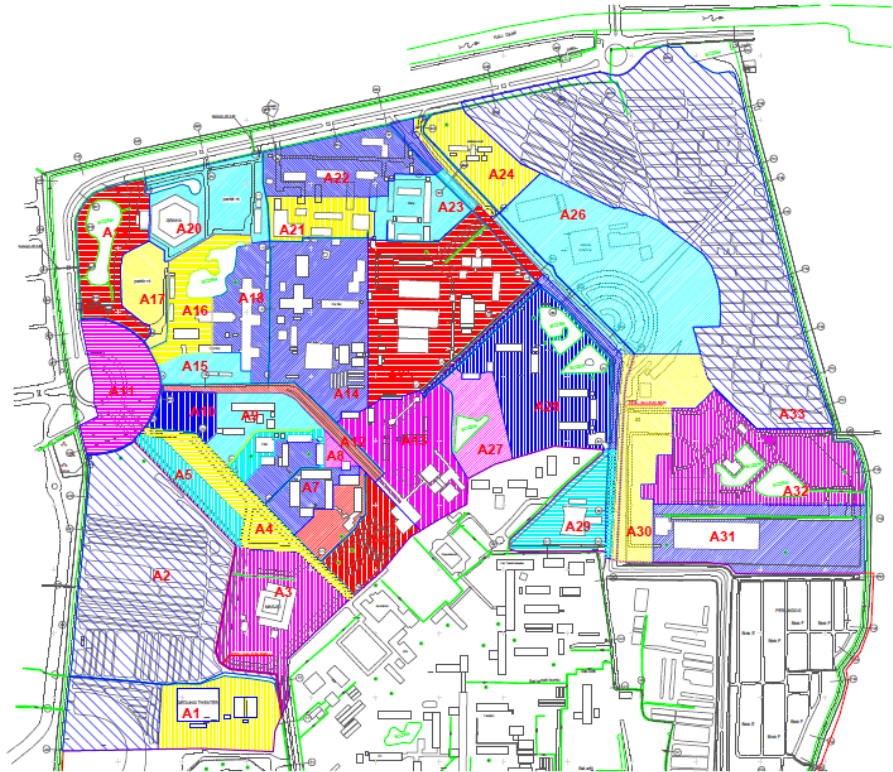
C = koefisien pengaliran dari daerah aliran

A_i = luas masing-masing tata guna lahan (km^2)

C_i = koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

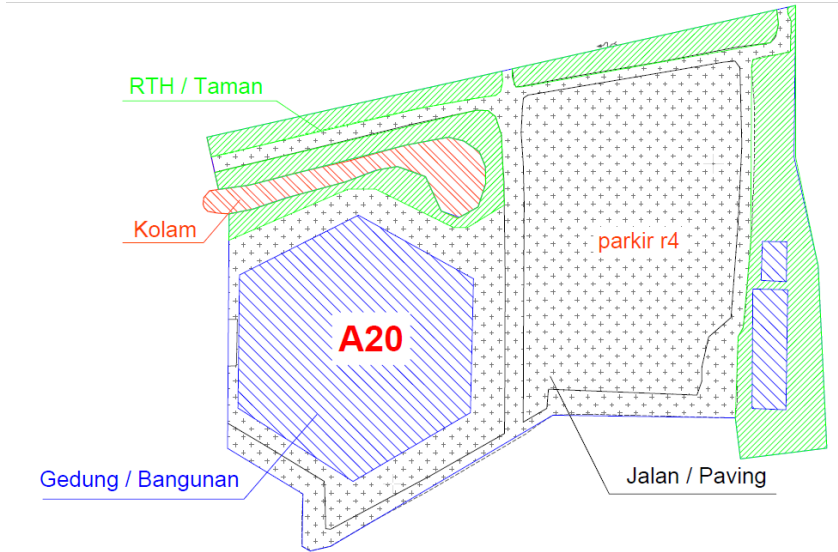
A = luas total daerah pengaliran (km^2)

(Sumber: Soewarno, 1995)



**Gambar 4. 5 Peta Pembagian Luasan Catchmen Area
Kampus ITS Sukolilo bagian Utara.**

Sumber : *Surabaya Drainage Master Plan 2000*



Gambar 4. 6 Pembagian Luasan untuk perhitungan nilai Koefisien Pengaliran (C)

Sumber : *Surabaya Drainage Master Plan 2000*

Contoh perhitungan : Graha ITS (A20)

Dari tabel perhitungan koefisien pengaliran C didapatkan hasil sebagai berikut :

| | | |
|-------------------------------|---|-------------|
| Gedung Perkuliahan / Bangunan | = | 0.25 |
| Ruang Terbuka Hijau / Taman | = | 0.10 – 0.25 |
| Kolam | = | 0 |
| Jalan / Paving | = | 0.5 – 0.7 |

Dari hasil perhitungan luasan DAS Graha ITS (A20) didapatkan nilai luasan adalah sebagai berikut :

| | | |
|-------------------------------|---|------------------------|
| Gedung Perkuliahan / Bangunan | = | 0.0050 Km ² |
| Ruang Terbuka Hijau / Taman | = | 0.0050 Km ² |
| Kolam | = | 0.0009 Km ² |

$$\begin{aligned} \text{Jalan / Paving} &= 0.0106 \text{ Km}^2 \\ \text{Sehingga nilai } C_{\text{gabungan}} &= \end{aligned}$$

$$\frac{(C. \text{ged} \times A. \text{ged}) + (C. \text{Rth} \times A. \text{Rth}) + (C. \text{kol} \times A. \text{kol}) + (C. \text{pav} \times A. \text{pav})}{A. \text{total}}$$

$$C. \text{gab} (A20) =$$

$$\frac{(0.25 \times 0.005) + (0.25 \times 0.005) + (0 \times 0.0009) + (0.7)0.0106}{0.005 + 0.005 + 0.0009 + 0.0106}$$

$$C. \text{gab} (A20) = 0.46$$

Unruk selanjutnya perhitungan koefisien pengaliran (C) dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4. 13Perhitungan Koefisien Pengaliran Gabungan (C gabungan)

| nama lokasi | kode | A. total (m2) | A. total (Km2) | Luas | | | | prosentase luas | | | | A total (%) | C. gab |
|---|------|--------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| | | | | Gedung (Km2) | RTH (Km2) | Kolam (Km2) | Paving (Km2) | Gedung (%) | RTH (%) | Kolam (%) | Paving (%) | | |
| lapangan futsal pertamina | A1 | 19540.205 | 0.0195 | 0.0035 | 0.0143 | 0.0000 | 0.0017 | 18% | 73% | 0% | 9% | 100% | 0.29 |
| Sawah Bagian Barat | A2 | 88435.345 | 0.0884 | 0.0000 | 0.0884 | 0.0000 | 0.0000 | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% | 0.25 |
| Masjid ITS | A3 | 27695.840 | 0.0277 | 0.0039 | 0.0207 | 0.0000 | 0.0031 | 14% | 75% | 0% | 11% | 100% | 0.30 |
| Jalan Taman Alumni bagian Barat | A4 | 13289.997 | 0.0133 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0000 | 0.0074 | 0% | 44% | 0% | 56% | 100% | 0.50 |
| Jalan Taman Alumni bagian Timur | A5 | 7406.063 | 0.0074 | 0.0000 | 0.0049 | 0.0000 | 0.0025 | 0% | 66% | 0% | 34% | 100% | 0.40 |
| Rektorat ITS | A6 | 19455.811 | 0.0195 | 0.0027 | 0.0081 | 0.0003 | 0.0083 | 14% | 41% | 2% | 43% | 100% | 0.44 |
| Teknik Sipil & Arsitektur | A7 | 12929.260 | 0.0129 | 0.0030 | 0.0050 | 0.0000 | 0.0049 | 23% | 38% | 0% | 38% | 100% | 0.42 |
| Kantin Arsitektur | A8 | 1415.285 | 0.0014 | 0.0001 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 8% | 92% | 0% | 0% | 100% | 0.25 |
| Teknik Ungkungan | A9 | 14352.402 | 0.0144 | 0.0027 | 0.0066 | 0.0000 | 0.0051 | 18% | 46% | 0% | 36% | 100% | 0.41 |
| Pos SKK ITS Utara | A10 | 6191.740 | 0.0062 | 0.0000 | 0.0062 | 0.0000 | 0.0000 | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% | 0.25 |
| Bundaran ITS | A11 | 18530.905 | 0.0185 | 0.0000 | 0.0149 | 0.0000 | 0.0036 | 0% | 81% | 0% | 19% | 100% | 0.34 |
| Jalan Teknik Mesin (belakang T.Sipil) | A12 | 6530.745 | 0.0065 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0065 | 0% | 0% | 0% | 100% | 100% | 0.70 |
| Teknik Geomatika | A13 | 26363.065 | 0.0264 | 0.0025 | 0.0186 | 0.0006 | 0.0047 | 10% | 70% | 2% | 18% | 100% | 0.32 |
| Kantin Koperasi PPNS | A14 | 38195.943 | 0.0382 | 0.0072 | 0.0293 | 0.0017 | 0.0000 | 19% | 77% | 5% | 0% | 100% | 0.24 |
| Lapangan Teknik Mesin | A15 | 5965.175 | 0.0060 | 0.0002 | 0.0057 | 0.0000 | 0.0000 | 4% | 96% | 0% | 0% | 100% | 0.25 |
| Teknik Mesin | A16 | 15309.189 | 0.0153 | 0.0011 | 0.0104 | 0.0038 | 0.0000 | 7% | 68% | 25% | 0% | 100% | 0.19 |
| Parkir Roda 4 Graha ITS | A17 | 8968.758 | 0.0090 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0090 | 0% | 0% | 0% | 100% | 100% | 0.70 |
| Sistem Informasi | A18 | 14407.341 | 0.0144 | 0.0044 | 0.0100 | 0.0000 | 0.0000 | 31% | 69% | 0% | 0% | 100% | 0.25 |
| Taman Graha ITS | A19 | 18554.077 | 0.0186 | 0.0005 | 0.0078 | 0.0044 | 0.0058 | 3% | 42% | 24% | 31% | 100% | 0.33 |
| Graha ITS | A20 | 21441.543 | 0.0214 | 0.0050 | 0.0050 | 0.0009 | 0.0106 | 24% | 23% | 4% | 49% | 100% | 0.46 |
| UPT Bahasa | A21 | 10626.337 | 0.0106 | 0.0037 | 0.0069 | 0.0000 | 0.0000 | 35% | 65% | 0% | 0% | 100% | 0.25 |
| PENS 1 | A22 | 22120.610 | 0.0221 | 0.0029 | 0.0162 | 0.0000 | 0.0030 | 13% | 73% | 0% | 14% | 100% | 0.31 |
| PENS 2 | A23 | 13200.368 | 0.0132 | 0.0032 | 0.0094 | 0.0000 | 0.0005 | 24% | 71% | 0% | 4% | 100% | 0.27 |
| Asrama Mahasiswa Bagian Utara | A24 | 15809.366 | 0.0158 | 0.0008 | 0.0137 | 0.0000 | 0.0012 | 5% | 87% | 0% | 8% | 100% | 0.29 |
| PPNS | A25 | 53834.381 | 0.0538 | 0.0093 | 0.0286 | 0.0000 | 0.0160 | 17% | 53% | 0% | 30% | 100% | 0.38 |
| Gedung Robotika | A26 | 56253.638 | 0.0563 | 0.0071 | 0.0349 | 0.0000 | 0.0142 | 13% | 62% | 0% | 25% | 100% | 0.36 |
| DesPro Belakang | A27 | 11893.445 | 0.0119 | 0.0000 | 0.0104 | 0.0014 | 0.0000 | 0% | 88% | 12% | 0% | 100% | 0.22 |
| DesPro Depan | A28 | 42125.422 | 0.0421 | 0.0037 | 0.0203 | 0.0047 | 0.0135 | 9% | 48% | 11% | 32% | 100% | 0.37 |
| Gedung LPPM ITS | A29 | 14910.027 | 0.0149 | 0.0022 | 0.0073 | 0.0000 | 0.0055 | 15% | 49% | 0% | 37% | 100% | 0.42 |
| Jalan Teknik Kimia | A30 | 27233.763 | 0.0272 | 0.0017 | 0.0079 | 0.0000 | 0.0096 | 6% | -29% | 0% | 35% | 12% | 0.19 |
| Lab. Hidrodinamika 1 | A31 | 33167.290 | 0.0332 | 0.0122 | 0.0208 | 0.0000 | 0.0001 | 37% | 63% | 0% | 0% | 100% | 0.25 |
| Lab. Hidrodinamika 2 | A32 | 40986.996 | 0.0410 | 0.0063 | 0.0248 | 0.0048 | 0.0051 | 15% | 61% | 12% | 13% | 100% | 0.28 |
| Sawah Bagian Timur | A33 | 129304.966 | 0.1293 | 0.0000 | 0.1293 | 0.0000 | 0.0000 | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% | 0.25 |
| TOTAL | | 856445.298 | 0.856 | | | | | | | | | | |

4.7.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan persatuan waktu, yang tergantung dari lama hujan dan frekuensi kejadiannya, yang diperoleh dari analisa data hujan. Dalam perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe yang dapat dihitung dengan persamaan :

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

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

tc = waktu konsentrasi (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (dalam 24 jam)

(Sumber: Soewarno, 1995)

➤ Waktu Konsentrasi (Tc)

Penentuan waktu konsentrasi dengan menggunakan rumus kirpic sebagai berikut :

$$Tc = t_0 + t_f$$

$$t_0 = 1.44 \times \left(nd \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.467} \right)$$

$$T_f = L / V_{ren}$$

Dimana :

Tc = Waktu Konsentrasi (menit)

T0 = Overflow Time (menit)

Nd = Koefisien Hambatan

Io = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau (m)

S = Kemiringan Medan / Saluran
 T_f = Chanel Flow time (menit)
 L = Panjang Saluran (m)
 V_{ren} = Kecepatan Saluran Rencana (m/det)

Contoh perhitungan : Graha ITS (A20)

➤ Kemiringan Medan / Saluran (S)

Kemiringan Medan / Saluran dapat dihitung melalui data pengukuran elevasi yang sudah tercatat sebelumnya, kemudian dihitung menggunakan rumus berikut :

$$S = \frac{Elev.Hulu - Elev.hilir}{Jarak\ Elev.Hulu\ ke\ Hilir}$$

$$S = \frac{2.603 - 2.509}{85.13} = 0.0011$$

➤ Waktu Konsentrasi (T_c)

$$T_0 = 1.44 \times \left(nd \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.467} \right)$$

$$t_0 = 1.44 \times \left(0.2 \left[\frac{112.05}{\sqrt{0.0011}} \right]^{0.467} \right) = 12.80 \text{ menit}$$

Dimana :

t_0 = Overflow time (menit)
 N_d = Koefisien Hambatan (0.20)
 I_0 = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau (112.05 m)
 S = Kemiringan Medan / Saluran (0.0011)

$$t_f = 188 / 1 = 3.13 \text{ menit}$$

$$T_c = t_0 + t_f = 12.79 + 3.13$$

$$T_c = 15.92 \text{ menit} = 0.27 \text{ jam}$$

Dimana :

T_c = Waktu Konsentrasi (menit)

T_f = Chanel Flow time (menit)

L = Panjang Saluran (188 m)

V_{ren} = Kecepatan Saluran Rencana (1.00 m/det)

➤ Intensitas Hujan (mm / jam)

Perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus mononobe seperti berikut :

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

$$I = \left(\frac{132.3}{24} \right) \left(\frac{24}{0.30} \right)^{2/3} = 93.89 \text{ mm/jam}$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (0.230 jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian (132.3 mm)

Curah hujan maksimum harian yang dipakai adalah pada periode ulang 10 tahun untuk saluran Primer, 5 tahun untuk saluran sekunder dan 2 tahun untuk saluran tersier.

Untuk selanjutnya perhitungan waktu konsentrasi (T_c) dan Intensitas hujan (I) dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Perhitungan Waktu Konsentrasi

| nama lokasi | kode | Luas (km ²) | to | | | tf | | | tc (menit) | tc (jam) |
|---|------|----------------------------|------|-----------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|-------------|
| | | | nd | lo (m) | to (menit) | L.sal (m) | V. ren (m/det) | tf (menit) | | |
| lapangan futsal pertamina | A1 | 0.020 | 0.20 | 114.50 | 10.41 | 65.00 | 0.60 | 1.81 | 12.21 | 0.20 |
| Sawah Bagian Barat | A2 | 0.088 | 0.20 | 228.75 | 26.92 | 279.00 | 0.60 | 7.75 | 34.67 | 0.58 |
| Masjid ITS | A3 | 0.028 | 0.20 | 80.00 | 8.65 | 102.00 | 0.60 | 2.83 | 11.49 | 0.19 |
| Jalan Taman Alumni bagian Barat | A4 | 0.013 | 0.20 | 56.70 | 10.70 | 279.00 | 0.60 | 7.75 | 18.45 | 0.31 |
| Jalan Taman Alumni bagian Timur | A5 | 0.007 | 0.20 | 35.70 | 7.28 | 226.00 | 0.60 | 6.28 | 13.56 | 0.23 |
| Rektorat ITS | A6 | 0.019 | 0.20 | 75.88 | 13.91 | 165.00 | 0.60 | 4.58 | 18.49 | 0.31 |
| Teknik Sipil & Arsitektur | A7 | 0.013 | 0.20 | 65.75 | 12.28 | 140.00 | 0.60 | 3.89 | 16.17 | 0.27 |
| Kantin Arsitektur | A8 | 0.001 | 0.20 | 58.27 | 11.61 | 50.00 | 0.60 | 1.39 | 12.99 | 0.22 |
| Teknik Lingkungan | A9 | 0.014 | 0.20 | 58.05 | 14.25 | 160.00 | 0.60 | 4.44 | 18.69 | 0.31 |
| Pos SKK ITS Utara | A10 | 0.006 | 0.20 | 71.66 | 9.55 | 100.00 | 0.60 | 2.78 | 12.33 | 0.21 |
| Bundaran ITS | A11 | 0.019 | 0.20 | 103.05 | 9.26 | 180.00 | 0.60 | 5.00 | 14.26 | 0.24 |
| Jalan Teknik Mesin (belakang T.Sipil) | A12 | 0.007 | 0.20 | 19.52 | 5.69 | 109.00 | 0.60 | 3.03 | 8.72 | 0.15 |
| Teknik Geomatika | A13 | 0.026 | 0.20 | 118.00 | 13.19 | 109.00 | 0.60 | 3.03 | 16.22 | 0.27 |
| Kantin Koperasi PPNS | A14 | 0.038 | 0.20 | 152.84 | 15.44 | 159.00 | 0.60 | 4.42 | 19.86 | 0.33 |
| Lapangan Teknik Mesin | A15 | 0.006 | 0.20 | 48.02 | 7.26 | 140.00 | 0.60 | 3.89 | 11.15 | 0.19 |
| Teknik Mesin | A16 | 0.015 | 0.20 | 69.00 | 12.42 | 157.00 | 0.60 | 4.36 | 16.78 | 0.28 |
| Parkir Roda 4 Graha ITS | A17 | 0.009 | 0.20 | 73.60 | 12.80 | 157.00 | 0.60 | 4.36 | 17.16 | 0.29 |
| Sistem Informasi | A18 | 0.014 | 0.20 | 89.02 | 12.00 | 223.00 | 0.60 | 6.19 | 18.19 | 0.30 |
| Taman Graha ITS | A19 | 0.019 | 0.20 | 39.00 | 5.88 | 409.00 | 0.60 | 11.36 | 17.24 | 0.29 |
| Graha ITS | A20 | 0.021 | 0.20 | 112.05 | 12.79 | 188.00 | 0.60 | 5.22 | 18.01 | 0.30 |
| UPT Bahasa | A21 | 0.011 | 0.20 | 70.22 | 8.57 | 307.00 | 0.60 | 8.53 | 17.10 | 0.28 |
| PENS 1 | A22 | 0.022 | 0.20 | 89.62 | 12.62 | 305.00 | 0.60 | 8.47 | 21.10 | 0.35 |
| PENS 2 | A23 | 0.013 | 0.20 | 76.00 | 6.81 | 184.00 | 0.60 | 5.11 | 11.92 | 0.20 |
| Asrama Mahasiswa Bagian Utara | A24 | 0.016 | 0.20 | 76.80 | 10.90 | 253.00 | 0.60 | 7.03 | 17.93 | 0.30 |
| PPNS | A25 | 0.054 | 0.20 | 115.05 | 14.87 | 335.00 | 0.60 | 9.31 | 24.17 | 0.40 |
| Gedung Robotika | A26 | 0.056 | 0.20 | 175.36 | 7.59 | 305.00 | 0.60 | 8.47 | 16.07 | 0.27 |
| DesPro Belakang | A27 | 0.012 | 0.20 | 71.64 | 8.54 | 118.00 | 0.60 | 3.28 | 11.81 | 0.20 |
| DesPro Depan | A28 | 0.042 | 0.20 | 94.55 | 12.81 | 250.00 | 0.60 | 6.94 | 19.75 | 0.33 |
| Gedung LPPMITS | A29 | 0.015 | 0.20 | 71.90 | 9.55 | 150.00 | 0.60 | 4.17 | 13.72 | 0.23 |
| Jalan Teknik Kimia | A30 | 0.027 | 0.20 | 76.10 | 17.39 | 325.00 | 0.60 | 9.03 | 26.42 | 0.44 |
| Lab. Hidrodinamika 1 | A31 | 0.033 | 0.20 | 85.61 | 10.68 | 312.00 | 0.60 | 8.67 | 19.35 | 0.32 |
| Lab. Hidrodinamika 2 | A32 | 0.041 | 0.20 | 102.38 | 9.40 | 91.00 | 0.60 | 2.53 | 11.93 | 0.20 |
| Sawah Bagian Timur | A33 | 0.129 | 0.20 | 210.65 | 18.18 | 280.50 | 0.60 | 7.79 | 25.97 | 0.43 |
| Gebang (dari luar ITS) | G1 | 2.440 | 0.20 | 2181.56 | 74.87 | 1079.40 | 1.00 | 17.99 | 92.86 | 1.55 |
| Perum Kertajaya (dari Luar ITS) | K1 | 0.119 | 0.20 | 621.00 | 42.41 | 621.17 | 1.00 | 10.35 | 52.76 | 0.88 |

4.7.4 Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Persamaan rasional ini dapat digambarkan dalam persamaan aljabar sebagai berikut

$$Q = 0,278. C. I. A$$

Dimana :

Q = debit banjir maksimum (m^3/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan rata-rata selama waktu tiba banjir (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

(Sumber: Soewarno, 1995)

Contoh perhitungan : Graha ITS (A20)

$$Q = 0,278. C. I. A$$

$$Q = 0.278 \times 0.46 \times 93.89 \times 0.0214$$

$$Q = 0.214 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Dimana :

Q = debit banjir maksimum (m^3/det)

C = koefisien pengaliran (0.46)

I = intensitas hujan rata-rata selama waktu tiba banjir (93.89 mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (0.0214 km^2)

(Sumber: Soewarno, 1995)

Untuk selanjutnya perhitungan debit banjir rencana dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel 4. 15 Perhitungan Debit Banjir Rencana

| NAMA Sal. | Luas (A) | perbandingan tc | | tc | R24 | Intensitas | C gab | Q. ren |
|-----------|---------------------|-----------------|---------|-----------|--------|------------|-------|-------------------------|
| | | tc 1 | tc 2 | tertinggi | | (It) | | |
| | (km ²) | (jam) | (jam) | (jam) | (mm) | (mm/jam) | | (m ³ /det) |
| SIII A7 | 0.0129 | 0.20 | 0.00 | 0.20 | 100.94 | 101.31 | 0.42 | 0.154 |
| SIII A8 | 0.0014 | 0.15 | 0.00 | 0.15 | 100.94 | 121.93 | 0.25 | 0.012 |
| SIII B | 0.0143 | 0.20 | 0.15 | 0.20 | 100.94 | 101.31 | 0.40 | 0.164 |
| SIII A6 | 0.0195 | 0.22 | 0.00 | 0.22 | 100.94 | 95.18 | 0.44 | 0.226 |
| SII C | 0.0471 | 0.25 | 0.30 | 0.30 | 121.43 | 93.18 | 0.45 | 0.543 |
| SIII A9 | 0.0144 | 0.31 | 0.00 | 0.31 | 100.94 | 76.14 | 0.41 | 0.125 |
| SII D | 0.0614 | 0.31 | 0.33 | 0.33 | 121.43 | 88.73 | 0.44 | 0.663 |
| SII L2 | 0.0676 | 0.16 | 0.37 | 0.37 | 121.43 | 82.03 | 0.44 | 0.679 |
| SII E | 0.0065 | 0.15 | 0.00 | 0.15 | 121.43 | 152.27 | 0.70 | 0.194 |
| SII G | 0.0329 | 0.15 | 0.34 | 0.34 | 121.43 | 86.94 | 0.40 | 0.317 |
| SIII A18 | 0.0144 | 0.30 | 0.00 | 0.30 | 100.94 | 77.53 | 0.25 | 0.078 |
| SIII G | 0.0526 | 0.33 | 0.41 | 0.41 | 100.94 | 63.79 | 0.24 | 0.226 |
| SII K1 | 0.0915 | 0.19 | 0.44 | 0.44 | 121.43 | 72.23 | 0.30 | 0.549 |
| SII A20 | 0.0214 | 0.27 | 0.00 | 0.27 | 121.43 | 101.93 | 0.46 | 0.281 |
| SII I | 0.0400 | 0.27 | 0.38 | 0.38 | 121.43 | 80.39 | 0.40 | 0.359 |
| SIII A16 | 0.0243 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | 121.43 | 96.96 | 0.38 | 0.246 |
| SII J | 0.0643 | 0.38 | 0.39 | 0.39 | 121.43 | 78.20 | 0.39 | 0.548 |
| SII K2 | 0.0828 | 0.39 | 0.45 | 0.45 | 121.43 | 72.22 | 0.38 | 0.632 |
| SII L1 | 0.1743 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 121.43 | 70.17 | 0.34 | 1.147 |
| SII M1 | 0.2419 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 121.43 | 69.42 | 0.37 | 1.709 |
| SIII A3 | 0.0277 | 0.19 | 0.00 | 0.19 | 100.94 | 105.34 | 0.30 | 0.244 |
| SII N | 0.0277 | 0.19 | 0.00 | 0.19 | 121.43 | 126.72 | 0.30 | 0.294 |
| SII M2 | 0.0351 | 0.23 | 0.35 | 0.35 | 121.43 | 84.81 | 0.32 | 0.267 |
| SII O | 0.2770 | 0.47 | 0.49 | 0.49 | 121.43 | 67.37 | 0.36 | 1.870 |
| SIII A1 | 0.0195 | 0.20 | 0.00 | 0.20 | 100.94 | 101.13 | 0.29 | 0.159 |
| SI AB | 0.0195 | 0.20 | 0.0000 | 0.20 | 132.34 | 132.59 | 0.29 | 0.208 |
| SI O | 0.1080 | 0.45 | 0.55 | 0.55 | 132.34 | 68.69 | 0.26 | 0.530 |
| SII Q | 0.0106 | 0.28 | 0.00 | 0.28 | 121.43 | 97.20 | 0.25 | 0.072 |
| SII V2 | 0.0327 | 0.30 | 0.43 | 0.43 | 121.43 | 74.25 | 0.29 | 0.197 |
| SIII A27 | 0.0119 | 0.20 | 0.00 | 0.20 | 100.94 | 103.39 | 0.22 | 0.075 |
| SIII S | 0.0540 | 0.33 | 0.30 | 0.33 | 100.94 | 73.40 | 0.33 | 0.368 |
| SII S | 0.0149 | 0.20 | 0.00 | 0.20 | 121.43 | 122.73 | 0.42 | 0.211 |
| SII T | 0.0689 | 0.29 | 0.33 | 0.33 | 121.43 | 88.30 | 0.35 | 0.595 |
| SII U | 0.1228 | 0.38 | 0.37 | 0.38 | 121.43 | 80.02 | 0.37 | 0.998 |
| SII V1 | 0.1360 | 0.39 | 0.43 | 0.43 | 121.43 | 73.49 | 0.36 | 0.989 |
| SII W | 0.0272 | 0.38 | 0.47 | 0.47 | 121.43 | 69.63 | 0.19 | 0.100 |
| SII X | 0.0835 | 0.30 | 0.55 | 0.55 | 121.43 | 62.35 | 0.31 | 0.444 |
| SII Y2 | 0.0993 | 0.32 | 0.62 | 0.62 | 121.43 | 57.60 | 0.30 | 0.483 |
| SII Y1 | 0.1687 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 121.43 | 71.32 | 0.34 | 1.149 |
| SII Z | 0.2680 | 0.57 | 0.74 | 0.74 | 121.43 | 51.39 | 0.33 | 1.259 |
| SIII A31 | 0.0332 | 0.32 | 0.00 | 0.32 | 100.94 | 74.41 | 0.25 | 0.173 |
| SI AD | 0.0332 | 0.32 | 0.33 | 0.33 | 132.34 | 95.48 | 0.25 | 0.222 |
| SIII A32 | 0.0410 | 0.20 | 0.00 | 0.20 | 100.94 | 102.71 | 0.28 | 0.324 |
| SI Z | 0.2035 | 0.31 | 0.53 | 0.53 | 132.34 | 70.23 | 0.26 | 1.016 |
| G1 | 2.4397 | | | 1.45 | | 35.85 | 0.25 | 6.079 |
| K1 | 0.1192 | | | 0.82 | | 52.29 | 0.25 | 0.433 |

“Halaman ini sengaja kosong”

BAB V

ANALISA HIDROLIKA

5.1 Dimensi Saluran

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu untuk ditampung oleh saluran pada kondisi eksisting tanpa terjadi peluapan air. Kapasitas saluran dihitung berdasarkan rumus:

$$Q = V \cdot A$$

Dimana:

Q = debit banjir (m^3/det)

V = Kecepatan aliran (m/det)

A = luas basah penampang saluran (m^2)

(Sumber : Fifi Sofia, 2005)

5.1.1 Saluran Tipe Persegi

Dari data pengamatan lapangan dapat diambil contoh perhitungan kapasitas saluran eksisting, sebagai contoh adalah perhitungan kapasitas Saluran **SII T**.

Data Saluran :

B. Saluran : 2.7 m

H. Saluran : 1.0 m

Kemiringan Lahan : 0.0003

Koefisien Manning : 0.014 (Beton)

Debit Rencana (Q_{ren}) : 0.595 m^3/det

a. Ketinggian air (H.air)

Karena dalam perhitungan dimensi saluran eksisting / rencana menggunakan dimensi *Full Bank Capacity* atau kondisi penuh maka perlu diketahui berapa ketinggian air yang lewat pada saluran tersebut dengan debit banjir rencana (Q.ren) yang selanjutnya dipakai dalam mengetahui tinggi jagaan (w) saluran tersebut . perhitungan H.air menggunakan metode *trial and error* dimana kontrol dilakukan terhadap kecepatan saluran. Berikut adalah contoh tabel perhitungan *trial and error* ketinggian air.

Tabel 5. 1 Perhitungan ketinggian air dalam saluran Persegi

| NAMA Sal. | Q. ren (m ³ /det) | Dimensi Saluran Eksisting | | | | | h (m) | h.air (m) | w (m) | Kemiringan | | | | | Q. Sal (m ³ /det) | keterangan |
|-----------|------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|-----------------|-----|-------|-----------|---------|------------|-------|------|---------|-------|------------------------------|------------|
| | | bentuk saluran | b. atas (m) | b. bawah (m) | sisi miring (m) | (S) | | | | (n) | (A) | (P) | (V.sal) | | | |
| SII T | 0.595 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.38 | 0.62 | 0.00030 | 0.014 | 1.026 | 3.46 | 0.55 | 0.564 | tidak aman | |
| SII T | 0.5947286 | persegi | 0 | 2.7 | 0 | 1 | 0.39 | 0.61 | 0.00030 | 0.014 | 1.053 | 3.48 | 0.56 | 0.587 | tidak aman | |
| SII T | 0.5947286 | persegi | 0 | 2.7 | 0 | 1 | 0.4 | 0.6 | 0.00030 | 0.014 | 1.08 | 3.5 | 0.56 | 0.610 | aman | |
| SII T | 0.5947286 | persegi | 0 | 2.7 | 0 | 1 | 0.41 | 0.59 | 0.00030 | 0.014 | 1.107 | 3.52 | 0.57 | 0.633 | aman | |
| SII T | 0.5947286 | persegi | 0 | 2.7 | 0 | 1 | 0.42 | 0.58 | 0.00030 | 0.014 | 1.134 | 3.54 | 0.58 | 0.657 | aman | |
| SII T | 0.5947286 | persegi | 0 | 2.7 | 0 | 1 | 0.43 | 0.57 | 0.00030 | 0.014 | 1.161 | 3.56 | 0.59 | 0.681 | aman | |

Dari tabel diatas dipakai nilai h.air adalah 0,40 m dengan kontrol debit yang paling mendekati debit rencana dan kecepatan saluran yang tidak terlalu tinggi.

b. Luas Penampang (A)

Perhitungan luas menggunakan rumus :

$$A = B \times H$$

$$A = 2.7 \times 0.40$$

$$A = 1.08 \text{ m}^2$$

c. Keliling Penampang (P)

Perhitungan keliling menggunakan rumus :

$$P = B + 2H$$

$$P = 2.7 + (2 \times 0.4)$$

$$P = 3.5 \text{ m}$$

d. Kecepatan Saluran (V.sal)

Persamaan perhitungan kecepatan saluran menggunakan rumus :

$$V = \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} \times \sqrt{S}$$

$$V = \frac{1}{0.014} \times \left(\frac{1.08}{3.5} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.0003}$$

$$V = 0.56 \text{ m/det}$$

Dimana :

V = Kecepatan saluran rencana (m/det)

n = Koef.manning (0.014)

A = Luas Penampang (1.08 m²)

P = Keliling saluran (3.5 m)

S = Kemiringan lahan (0.0003)

e. Debit Saluran (Q.sal)

Perhitungan debit saluran menggunakan rumus :

$$Q.\text{sal} = V.\text{sal} \times A$$

$$Q.\text{sal} = 0.56 \text{ m/det} \times 1.08 \text{ m}^2$$

$$Q.\text{sal} = 0.610 \text{ m}^3/\text{det}$$

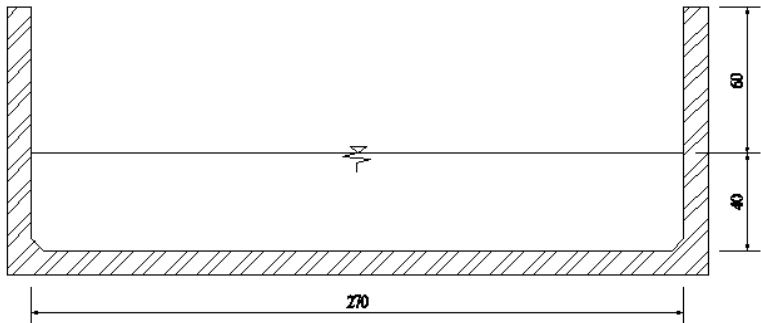
$$Q.\text{sal} > Q.\text{ren}$$

$$\mathbf{0.610 \text{ m}^3/\text{det} > 0.595 \text{ m}^3/\text{det} \text{ (AMAN)}}$$

Sehingga saluran tidak perlu didesain ulang

dari perhitungan diatas didapatkan nilai tinggi jagaan (w) = 0.60 m, dimana tinggi jagaan yang diijinkan adalah 0.20 – 0.30 m. yang berarti saluran tersebut masih aman apabila nantinya akan dialiri oleh debit maksimal dengan periode ulang hujan sesuai rencana, dan juga saluran tersebut dapat difungsikan sebagai tampungan sementara (*Long Storage*) yang berfungsi menampung sementara debit air yang lewat.

Pada saluran sekunder SII S , SII T, SII U dan SII V2 memiliki dimensi saluran yang sama sedangkan kebutuhan debit tiap saluran berbeda sehingga menyebabkan ketinggian air pada bagian hilir (SII V2) lebih tinggi daripada ketinggian air di hulu (SII S). Hal ini menyebabkan proses *Back Water* pada saluran SII S dan SII T, namun ketinggian air masih berada di bawah ketinggian saluran sehingga tidak menimbulkan banjir pada sepanjang saluran SII S dan SII T.



Gambar 5. 1 Penampang Saluran SII T

5.1.2 Saluran Tipe Trapesium

Dari data pengamatan lapangan dapat diambil contoh perhitungan kapasitas saluran eksisting, sebagai contoh adalah perhitungan kapasitas Saluran **SIH A9**.

Data Saluran :

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| B. Atas Saluran | : 1.45 m |
| B. Bawah Saluran | : 1.1 m |
| H. Saluran | : 0.70 m |
| Kemiringan Lahan | : 0.0002 |
| Koefisien Manning | : 0.014 (Beton) |
| Debit Rencana (Q.ren) | : 0.125 m ³ /det |

a. Ketinggian air (H.air)

Karena dalam perhitungan dimensi saluran eksisting / rencana menggunakan dimensi *Full Bank Capacity* atau kondisi penuh maka perlu diketahui berapa ketinggian air yang lewat pada saluran tersebut dengan debit banjir rencana (Q.ren) yang selanjutnya dipakai dalam mengetahui tinggi jagaan (w) saluran tersebut . perhitungan H.air menggunakan metode *trial and error* dimana kontrol dilakukan terhadap kecepatan saluran. Berikut adalah contoh tabel perhitungan *trial and error* ketinggian air.

Tabel 5. 2 Perhitungan ketinggian air dalam saluran trapezium

| NAMA Sal. | Q. ren (m ³ /det) | Dimensi Saluran Eksisting | | | | | | | Kemiringan | | | | Q. Sal (m ³ /det) | keterangan | |
|-----------|------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|-----------------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------|-------|------------------------------|------------|------------|
| | | bentuk saluran | b. atas (m) | b. bawah (m) | sisi miring (m) | h (m) | h.air (m) | w (m) | (S) | (n) | (A) | (P) | | | (V.sal) |
| SIII A9 | 0.1250048 | trapesium | 1.45 | 1.1 | 0.3387108 | 0.7 | 0.26 | 0.41 | 0.0002 | 0.014 | 0.332 | 1.777 | 0.32 | 0.106 | tidak aman |
| SIII A9 | 0.1250048 | trapesium | 1.45 | 1.1 | 0.3387108 | 0.7 | 0.27 | 0.43 | 0.0002 | 0.014 | 0.344 | 1.777 | 0.33 | 0.112 | tidak aman |
| SIII A9 | 0.1250048 | trapesium | 1.45 | 1.1 | 0.3387108 | 0.7 | 0.28 | 0.42 | 0.0002 | 0.014 | 0.357 | 1.777 | 0.33 | 0.120 | tidak aman |
| SIII A9 | 0.1250048 | trapesium | 1.45 | 1.1 | 0.3387108 | 0.7 | 0.29 | 0.41 | 0.0002 | 0.014 | 0.37 | 1.777 | 0.34 | 0.127 | aman |
| SIII A9 | 0.1250048 | trapesium | 1.45 | 1.1 | 0.3387108 | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 0.0002 | 0.014 | 0.383 | 1.777 | 0.35 | 0.134 | aman |
| SIII A9 | 0.1250048 | trapesium | 1.45 | 1.1 | 0.3387108 | 0.7 | 0.31 | 0.39 | 0.0002 | 0.014 | 0.395 | 1.777 | 0.36 | 0.142 | aman |

b. Luas Penampang (A)

Perhitungan luas menggunakan rumus :

$$A = 0.5 \times (B.atas + B.bawah) \times H$$

$$A = 0.5 \times (1.45 + 1.1) \times 0.29$$

$$A = 0.37 \text{ m}^2$$

c. Keliling Penampang (P)

Perhitungan keliling menggunakan rumus :

$$\text{Sisi Miring} = \sqrt{\left(\frac{B.atas - B.bawah}{2}\right)^2 + H^2}$$

$$\text{Sisi Miring} = \sqrt{\left(\frac{1.45 - 1.1}{2}\right)^2 + 0.29^2}$$

$$\text{Sisi Miring} = 0.33 \text{ m}$$

$$P = (2 \times \text{sisi miring}) + H$$

$$P = (2 \times 0.33) + 0.29$$

$$P = 1.777 \text{ m}$$

d. Kecepatan Saluran (V.sal)

Persamaan perhitungan kecepatan saluran menggunakan rumus :

$$V = \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times \sqrt{S}$$

$$V = \frac{1}{0.014} \times \left(\frac{0.37}{1.777}\right)^{2/3} \times \sqrt{0.0002}$$

$$V = 0.34 \text{ m/det}$$

Dimana :

V = Kecepatan saluran rencana (m/det)
 n = Koef.manning (0.014)
 A = Luas Penampang (0.37 m²)
 P = Keliling saluran (1.777 m)
 S = Kemiringan lahan (0.0002)

e. Debit Saluran (Q.sal)

Perhitungan debit saluran menggunakan rumus :

$$Q.\text{sal} = V.\text{sal} \times A$$

$$Q.\text{sal} = 0.34 \text{ m/det} \times 0.37 \text{ m}^2$$

$$Q.\text{sal} = 0.127 \text{ m}^3/\text{det}$$

f. Kontrol saluran

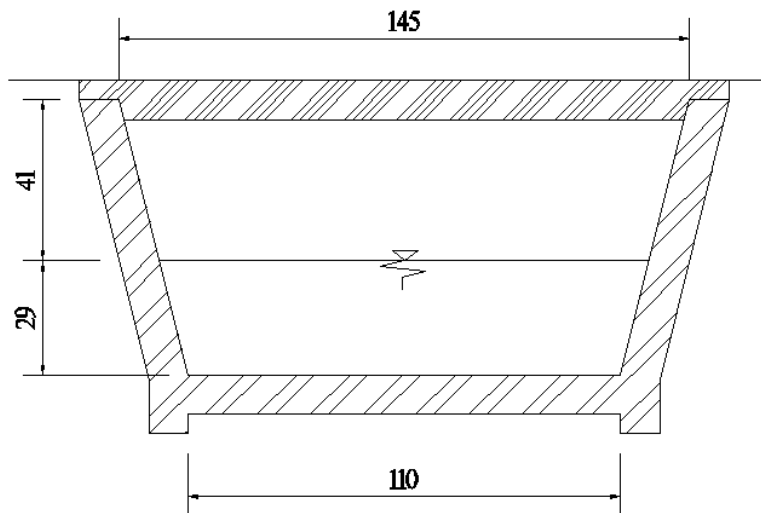
Kontrol saluran diperlukan untuk mengetahui apakah dimensi saluran eksisting sudah cukup untuk menampung debit rencana, apabila penampang saluran tidak mampu menampung debit banjir rencana maka saluran harus di desain ulang sehingga mampu menampung debit banjir rencana.

$$Q.\text{sal} > Q.\text{ren}$$

$$\mathbf{0.127 \text{ m}^3/\text{det} > 0.125 \text{ m}^3/\text{det} \text{ (AMAN)}}$$

Sehingga saluran tidak perlu didesain ulang

Untuk selanjutnya perhitungan kapasitas saluran eksisting dengan menggunakan skema jaringan baru dan lama dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4



Gambar 5. 2 Penampang Saluran SIII A9

Tabel 5. 3 Kapasitas Saluran Eksisting dengan Skema jaringan lama

| NAMA Sal. | Q. ren (m ³ /det) | Dimensi Saluran Eksisting | | | | | Kemiringan | | | | Q. Sal (m ³ /det) | keterangan | |
|-----------|------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|-----------------|-------|------------|--------|-------|-------|------------------------------|------------|-----------------|
| | | bentuk saluran | b. atas (m) | b. bawah (m) | sisi miring (m) | h (m) | (S) | (n) | (A) | (P) | | | (V.sal) (m/det) |
| | | | | | | | | | | | | | |
| SIII A7 | 0.127 | trapesium | 1.5 | 1.2 | 0.76 | 0.75 | 0.0005 | 0.014 | 1.013 | 2.73 | 0.785 | 0.795 | aman |
| SIII A8 | 0.010 | trapesium | 1.5 | 1.2 | 0.76 | 0.75 | 0.0005 | 0.014 | 1.013 | 2.73 | 0.785 | 0.795 | aman |
| SIII B | 0.135 | trapesium | 1.5 | 1.2 | 0.76 | 0.75 | 0.0005 | 0.014 | 1.013 | 2.73 | 0.785 | 0.795 | aman |
| SIII A6 | 0.182 | persegi | 0 | 1.65 | | 1.05 | 0.0025 | 0.014 | 1.733 | 3.75 | 2.144 | 3.715 | aman |
| SII C | 0.543 | trapesium | 1.05 | 0.4 | 0.77 | 0.7 | 0.0007 | 0.014 | 0.508 | 1.944 | 0.794 | 0.403 | tidak aman |
| SIII A9 | 0.125 | trapesium | 1.45 | 1.1 | 0.72 | 0.7 | 0.0002 | 0.014 | 0.893 | 2.543 | 0.486 | 0.433 | aman |
| SII D | 0.663 | trapesium | 1.05 | 0.4 | 0.77 | 0.7 | 0.0007 | 0.014 | 0.508 | 1.944 | 0.794 | 0.403 | tidak aman |
| SII L2 | 0.679 | trapesium | 1.05 | 0.4 | 0.77 | 0.7 | 0.0007 | 0.014 | 0.508 | 1.944 | 0.794 | 0.403 | tidak aman |
| SII E | 0.194 | persegi | | 0.6 | | 0.9 | 0.0011 | 0.023 | 0.54 | 2.4 | 0.527 | 0.285 | aman |
| SII G | 0.317 | persegi | | 0.6 | | 0.9 | 0.0011 | 0.023 | 0.54 | 2.4 | 0.527 | 0.285 | tidak aman |
| SIII A18 | 0.078 | persegi | | 1.1 | | 0.9 | 0.0009 | 0.017 | 0.99 | 2.9 | 0.870 | 0.861 | aman |
| SIII G | 0.226 | persegi | | 1.1 | | 0.9 | 0.0009 | 0.017 | 0.99 | 2.9 | 0.870 | 0.861 | aman |
| SII K1 | 0.549 | persegi | | 0.6 | | 0.9 | 0.0011 | 0.023 | 0.54 | 2.4 | 0.527 | 0.285 | tidak aman |
| SII A20 | 1.156 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.0007 | 0.017 | 2.52 | 4.6 | 1.042 | 2.626 | aman |
| SII I | 1.143 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.0007 | 0.017 | 2.52 | 4.6 | 1.042 | 2.626 | aman |
| SIII A16 | 0.246 | persegi | | 0.6 | | 0.6 | 0.0005 | 0.014 | 0.36 | 1.8 | 0.532 | 0.192 | tidak aman |
| SII J | 1.231 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.0007 | 0.017 | 2.52 | 4.6 | 1.034 | 2.605 | aman |
| SII K2 | 1.261 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.0007 | 0.017 | 2.52 | 4.6 | 1.034 | 2.605 | aman |
| SII L1 | 1.533 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.0003 | 0.017 | 2.52 | 4.6 | 0.646 | 1.628 | aman |
| SII M1 | 1.835 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.0003 | 0.017 | 2.52 | 4.6 | 0.646 | 1.628 | tidak aman |
| SIII A3 | 0.244 | trapesium | 1.2 | 0.9 | 0.72 | 0.7 | 0.0005 | 0.014 | 0.735 | 2.332 | 0.737 | 0.542 | aman |
| SII N | 0.294 | persegi | | 0.6 | | 0.6 | 0.0005 | 0.014 | 0.36 | 1.8 | 0.544 | 0.196 | tidak aman |
| SII M2 | 0.267 | persegi | | 0.5 | | 0.5 | 0.0005 | 0.014 | 0.25 | 1.5 | 0.482 | 0.120 | tidak aman |
| SII O | 1.930 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.0003 | 0.017 | 2.52 | 4.6 | 0.646 | 1.628 | tidak aman |
| SIII A1 | 0.159 | persegi | | 1 | | 0.3 | 0.0028 | 0.023 | 0.3 | 1.6 | 0.752 | 0.226 | aman |
| SI AB | 0.208 | persegi | | 5.5 | | 1.45 | 0.0004 | 0.017 | 7.975 | 8.4 | 1.113 | 8.876 | aman |
| SI O | 5.917 | persegi | | 5.5 | | 1.45 | 0.0004 | 0.017 | 7.975 | 8.4 | 1.113 | 8.876 | aman |
| SII Q | 1.151 | persegi | | 1.1 | | 0.9 | 0.0002 | 0.017 | 0.99 | 2.9 | 0.406 | 0.402 | tidak aman |
| SII V2 | 1.048 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.0004 | 0.017 | 2.52 | 4.6 | 0.788 | 1.985 | aman |
| SIII A27 | 0.075 | persegi | | 0.4 | | 0.6 | 0.0026 | 0.014 | 0.24 | 1.6 | 1.018 | 0.244 | aman |
| SIII S | 0.368 | trapesium | 0.8 | 0.4 | 0.73 | 0.7 | 0.0008 | 0.014 | 0.42 | 1.856 | 0.742 | 0.312 | tidak aman |
| SII S | 0.194 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.0003 | 0.014 | 2.7 | 4.7 | 0.855 | 2.308 | aman |
| SII T | 0.595 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.0003 | 0.014 | 2.7 | 4.7 | 0.855 | 2.308 | aman |
| SII U | 0.903 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.0003 | 0.014 | 2.7 | 4.7 | 0.855 | 2.308 | aman |
| SII V1 | 0.905 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.0003 | 0.014 | 2.7 | 4.7 | 0.855 | 2.308 | aman |
| SII X | 0.415 | persegi | | 0.9 | | 1.05 | 0.0012 | 0.014 | 0.945 | 3 | 0.362 | 0.342 | tidak aman |
| SII Y2 | 0.454 | persegi | | 2.8 | | 1.2 | 0.00020 | 0.017 | 3.36 | 5.2 | 0.622 | 2.089 | aman |
| SIII A31 | 0.173 | persegi | | 0.6 | | 0.6 | 0.00090 | 0.014 | 0.36 | 1.8 | 0.733 | 0.264 | aman |
| SI AD | 0.223 | persegi | | 5.2 | | 1.25 | 0.00139 | 0.017 | 6.5 | 7.7 | 1.962 | 12.755 | aman |
| SIII A32 | 0.324 | persegi | | 0.6 | | 0.8 | 0.00080 | 0.014 | 0.48 | 2.2 | 0.731 | 0.351 | aman |
| SI Z | 1.115 | persegi | | 5.20 | | 1.25 | 0.00139 | 0.0170 | 6.5 | 7.7 | 1.962 | 12.755 | aman |
| SI P | 6.194 | persegi | | 5.50 | | 1.45 | 0.00060 | 0.0170 | 7.975 | 8.4 | 1.392 | 11.100 | aman |

Tabel 5. 4 Kapasitas Saluran Eksisting dengan Skema jaringan baru

| NAMA Sal. | Q. ren (m ³ /det) | Dimensi Saluran Eksisting | | | | | | | Kemiringan | | | | | Q. Sal (m ³ /det) | keterangan |
|-----------|---------------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------|---------------|----------|------------|--------|-------|----------|---------|---------------------------------|------------|
| | | bentuk saluran | b. atas (m) | b. bawah (m) | sisi miring (m) | h (m) | h. air (m) | w (m) | (S) | (n) | (A) | (P) | (V.sal) | | |
| SIH A7 | 0.127 | trapesium | 1.5 | 1.2 | 0.29 | 0.75 | 0.25 | 0.5 | 0.0005 | 0.014 | 0.338 | 1.783095 | 0.50 | 0.169 | aman |
| SIH A8 | 0.010 | trapesium | 1.5 | 1.2 | 0.29 | 0.75 | 0.25 | 0.5 | 0.0005 | 0.014 | 0.338 | 1.783095 | 0.50 | 0.169 | aman |
| SIH B | 0.135 | trapesium | 1.5 | 1.2 | 0.29 | 0.75 | 0.25 | 0.5 | 0.0005 | 0.014 | 0.338 | 1.783095 | 0.50 | 0.169 | aman |
| SIH A6 | 0.182 | persegi | | 1.65 | | 1.05 | 0.16 | 0.89 | 0.0025 | 0.014 | 0.264 | 1.97 | 0.94 | 0.248 | aman |
| SI C | 0.543 | trapesium | 1.05 | 0.4 | 0.77 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0.00074 | 0.014 | 0.508 | 1.943535 | 0.79 | 0.403 | tidak aman |
| SIH A9 | 0.125 | trapesium | 1.45 | 1.1 | 0.34 | 0.7 | 0.29 | 0.41 | 0.0002 | 0.014 | 0.37 | 1.777422 | 0.34 | 0.127 | aman |
| SI D | 0.663 | trapesium | 1.05 | 0.4 | 0.77 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0.0007 | 0.014 | 0.508 | 1.943535 | 0.79 | 0.403 | tidak aman |
| SI L2 | 0.679 | trapesium | 1.05 | 0.4 | 0.74 | 0.7 | 0.66 | 0.04 | 0.00074 | 0.014 | 0.479 | 1.87136 | 0.78 | 0.375 | tidak aman |
| SI E | 0.194 | persegi | | 0.6 | | 0.9 | 0.45 | 0.45 | 0.0011 | 0.014 | 0.27 | 1.5 | 0.75 | 0.201 | aman |
| SI G | 0.317 | persegi | | 0.6 | | 0.9 | 0.65 | 0.25 | 0.0011 | 0.014 | 0.39 | 1.9 | 0.81 | 0.318 | aman |
| SIH A18 | 0.078 | persegi | | 1.1 | | 0.9 | 0.17 | 0.73 | 0.0009 | 0.017 | 0.187 | 1.44 | 0.46 | 0.085 | aman |
| SIH G | 0.226 | persegi | | 1.1 | | 0.9 | 0.34 | 0.56 | 0.0009 | 0.017 | 0.374 | 1.78 | 0.63 | 0.235 | aman |
| SI K1 | 0.549 | persegi | | 0.6 | | 0.9 | 0.9 | 0 | 0.0011 | 0.023 | 0.54 | 2.4 | 0.53 | 0.285 | tidak aman |
| SI A20 | 0.258 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.2 | 0.7 | 0.0011 | 0.017 | 0.56 | 3.2 | 0.60 | 0.336 | aman |
| SI I | 0.399 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.25 | 0.65 | 0.0007 | 0.017 | 0.7 | 3.3 | 0.55 | 0.387 | aman |
| SIH A16 | 0.246 | persegi | | 0.6 | | 0.6 | 0.6 | 0 | 0.0005 | 0.014 | 0.36 | 1.8 | 0.53 | 0.192 | tidak aman |
| SI J | 0.518 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.25 | 0.65 | 0.0010 | 0.014 | 0.7 | 3.3 | 0.81 | 0.565 | aman |
| SI K2 | 0.601 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.27 | 0.63 | 0.0010 | 0.014 | 0.756 | 3.34 | 0.84 | 0.637 | aman |
| SI L1 | 1.093 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.6 | 0.3 | 0.0003 | 0.014 | 1.68 | 4 | 0.66 | 1.104 | aman |
| SI M1 | 1.629 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.8 | 0.1 | 0.0003 | 0.014 | 2.24 | 4.4 | 0.75 | 1.674 | aman |
| SIH A3 | 0.244 | trapesium | 1.2 | 0.9 | 0.43 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.0005 | 0.014 | 0.42 | 1.7544 | 0.61 | 0.258 | aman |
| SI N | 0.294 | persegi | | 0.8 | | 0.8 | 0.6 | 0.2 | 0.0005 | 0.014 | 0.48 | 2 | 0.61 | 0.295 | aman |
| SI M2 | 0.267 | persegi | | 0.8 | | 0.8 | 0.6 | 0.2 | 0.0005 | 0.014 | 0.48 | 2 | 0.61 | 0.295 | aman |
| SI O | 1.787 | persegi | | 2.8 | | 1 | 0.84 | 0.16 | 0.0003 | 0.014 | 2.352 | 4.48 | 0.76 | 1.794 | aman |
| SIH A1 | 0.159 | persegi | | 1 | | 0.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0028 | 0.023 | 0.25 | 1.5 | 0.70 | 0.174 | aman |
| SI AB | 0.208 | persegi | | 5.5 | | 1.45 | 0.5 | 0.95 | 0.0004 | 0.017 | 2.75 | 6.5 | 0.65 | 1.786 | aman |
| SI O | 6.344 | persegi | | 5.5 | | 1.45 | 1.2 | 0.25 | 0.0004 | 0.017 | 6.6 | 7.9 | 1.02 | 6.746 | aman |
| SI ITS P | 8.132 | persegi | | 5.5 | | 1.45 | 1.45 | 0 | 0.0004 | 0.017 | 7.975 | 8.4 | 1.11 | 8.876 | aman |
| SI ITS 2 | 8.546 | persegi | | 5.5 | | 1.45 | 1.45 | 0 | 0.0004 | 0.017 | 7.975 | 8.4 | 1.11 | 8.876 | aman |
| SI Q | 0.072 | persegi | | 1.1 | | 0.9 | 0.4 | 0.5 | 0.0002 | 0.017 | 0.44 | 1.9 | 0.31 | 0.138 | aman |
| SI V2 | 0.197 | persegi | | 2.8 | | 0.9 | 0.4 | 0.5 | 0.00040 | 0.017 | 1.12 | 3.6 | 0.54 | 0.605 | aman |
| SIH A27 | 0.075 | persegi | | 0.4 | | 0.4 | 0.25 | 0.15 | 0.00255 | 0.014 | 0.1 | 0.9 | 0.83 | 0.083 | aman |
| SIH 5 | 0.368 | trapesium | 0.8 | 0.4 | 0.73 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0.00078 | 0.014 | 0.42 | 1.856022 | 0.74 | 0.312 | tidak aman |
| SI S | 0.194 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.22 | 0.78 | 0.00030 | 0.014 | 0.594 | 3.14 | 0.41 | 0.242 | aman |
| SI T | 0.595 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.4 | 0.6 | 0.00030 | 0.014 | 1.08 | 3.5 | 0.56 | 0.610 | aman |
| SI U | 0.903 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.58 | 0.42 | 0.00030 | 0.014 | 1.566 | 3.86 | 0.68 | 1.062 | aman |
| SI V1 | 0.905 | persegi | | 2.7 | | 1 | 0.58 | 0.42 | 0.00030 | 0.014 | 1.566 | 3.86 | 0.68 | 1.062 | aman |
| SIH W | 0.093 | persegi | | 0.9 | | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.00016 | 0.014 | 0.36 | 1.7 | 0.32 | 0.116 | aman |
| SI X | 0.415 | persegi | | 0.9 | | 1.05 | 1.05 | 0 | 0.00012 | 0.014 | 0.945 | 3 | 0.36 | 0.342 | tidak aman |
| SI Y2 | 0.454 | persegi | | 1.5 | | 1.05 | 0.68 | 0.37 | 0.00020 | 0.014 | 1.02 | 2.86 | 0.51 | 0.518 | aman |
| SI Z | 1.195 | persegi | | 2.8 | | 1.05 | 0.48 | 0.57 | 0.00090 | 0.016 | 1.344 | 3.76 | 0.94 | 1.269 | aman |
| SIH A31 | 0.173 | persegi | | 0.6 | | 0.6 | 0.38 | 0.22 | 0.0014 | 0.014 | 0.228 | 1.36 | 0.81 | 0.185 | aman |
| SI AD | 0.222 | persegi | | 5.2 | | 1.25 | 0.35 | 0.9 | 0.0008 | 0.017 | 0.8 | 5.9 | 0.44 | 0.350 | aman |
| SIH A32 | 0.324 | persegi | | 0.6 | | 0.8 | 0.6 | 0.2 | 0.0014 | 0.014 | 0.36 | 1.8 | 0.91 | 0.328 | aman |
| SI Z | 1.016 | persegi | | 5.20 | | 1.25 | 0.35 | 0.9 | 0.0006 | 0.0170 | 1.82 | 5.9 | 0.66 | 1.197 | aman |

Pada beberapa saluran eksisting yang tidak mampu menampung debit banjir rencana harus di desain ulang sehingga memenuhi kebutuhan tampungan. Perhitungan dimensi saluran baru menggunakan metode *trial and error* dimana contoh perhitungannya sama dengan perhitungan saluran eksisting, dari perencanaan lebar saluran (b) dan ketinggian saluran (h) dihitung sehingga mendapatkan besarnya debit saluran (Q_{sal}) > (Q_{ren}) Debit rencana dengan perbedaan seminimal mungkin serta kontrol kecepatan yang memenuhi syarat serta syarat ketinggian air (h_{air}) dan tinggi jagaan (w).

Selanjutnya dimensi saluran baru dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut.

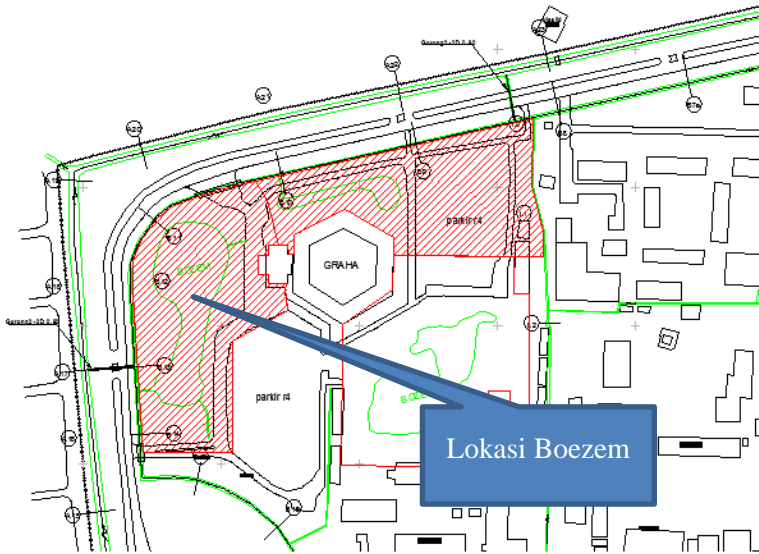
Tabel 5. 5 Dimensi Saluran Baru

| NAMA Sal. | Q. ren (m ³ /det) | Dimensi Saluran Eksisting | | | Kemiringan | | | (A) | (P) | (V.sal) | Q. Sal (m ³ /det) | keterangan | |
|-----------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|------------|----------------|------------|--------|-------|-------|-----------|-----------------------------------|------------|-------|
| | | bentuk saluran | b. bawah (m) | h (m) | h.air (m) | w (m) | (S) | | | | | | (n) |
| SII K1 | 0.549 | persegi | 0.8 | 1 | 0.75 | 0.25 | 0.0011 | 0.014 | 0.6 | 2.3 | 0.955 | 0.573 | aman |
| SIII A16 | 0.246 | persegi | 0.8 | 0.8 | 0.55 | 0.25 | 0.0005 | 0.014 | 0.44 | 1.9 | 0.587 | 0.258 | aman |
| SIII S | 0.368 | persegi | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.2 | 0.0008 | 0.014 | 0.48 | 2 | 0.772 | 0.370 | aman |
| SI ITS 2 | 8.546 | persegi | 5.5 | 1.8 | 1.46 | 0.34 | 0.0004 | 0.017 | 8.03 | 8.42 | 1.116 | 8.964 | aman |
| SI ITS P | 8.132 | persegi | 5.5 | 1.8 | 1.45 | 0.35 | 0.0004 | 0.017 | 7.975 | 8.4 | 1.113 | 8.876 | aman |
| SII D | 0.663 | persegi | 1 | 1 | 0.76 | 0.24 | 0.0007 | 0.014 | 0.76 | 2.52 | 0.874 | 0.664 | aman |
| SII C | 0.543 | persegi | 1 | 1 | 0.7 | 0.3 | 0.0007 | 0.014 | 0.7 | 2.4 | 0.855 | 0.598 | aman |
| SII L2 | 0.679 | persegi | 1 | 1 | 0.78 | 0.22 | 0.0007 | 0.014 | 0.78 | 2.56 | 0.880 | 0.686 | aman |
| SII X | 0.415 | persegi | 1.5 | 1 | 0.75 | 0.25 | 0.0001 | 0.014 | 1.125 | 3 | 0.407 | 0.458 | aman |

5.2 Kolam Tampung (Boezem)

Kolam tampung berfungsi sebagai bangunan penampung air banjir sementara untuk membantu mengatur debit banjir yang melewati saluran drainase. Salah satu contoh perhitungan kolam tampung adaah sebagai berikut ;

a. Kolam Tampung 1 (lokasi Graha ITS)



Gambar 5. 3 lokasi dan Cathmen Area Kolam Tampung 1

Dari pengamatan lapangan dan Layout didapat data sebagai berikut :

| | |
|-----------------|--------------------------|
| Cathmen Area | = 0.0285 km ² |
| R.eff | = 121.43 mm |
| Luas Kolam | = 4390.46 m ² |
| Kedalaman kolam | = 2 m |

Dari data tersebut dapat dihitung kapasitas tampungan rencana adalah:

$$V. \text{ ren} = R.\text{eff} \times \text{Luas Cathment Area}$$

$$V. \text{ ren} = (121.43 / 1000) \times (0.0285 \times 10^6)$$

$$V. \text{ ren} = 3463.07 \text{ m}^3$$

$$V.\text{kolam awal} = 4390.46 \text{ m}^2 \times 0.50 \text{ m}$$

$$V. \text{ kolam awal} = 2195.23 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ rencana total} = V. \text{ kolam awal} + V. \text{ rencana}$$

$$V. \text{ rencana total} = 2195.23 \text{ m}^3 + 3463.07 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ rencana total} = 5658.3 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ kolam} = \text{Luas Kolam} \times \text{Kedalaman Kolam}$$

$$V. \text{ kolam} = 4390.46 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}$$

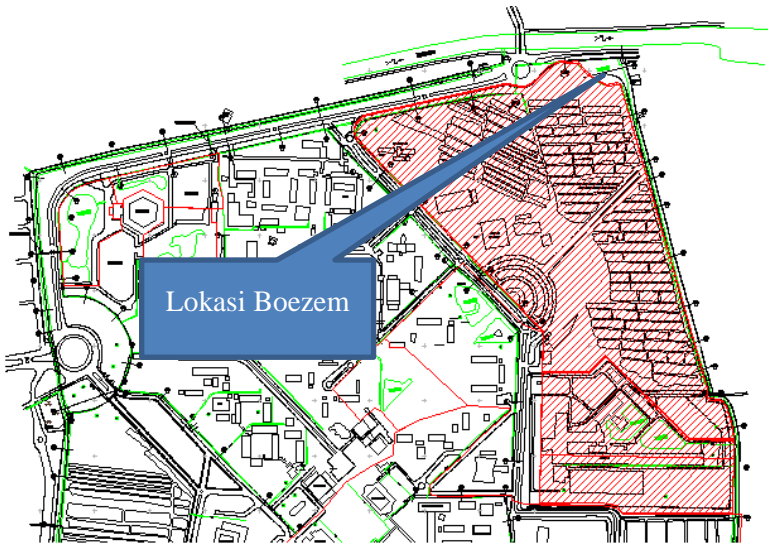
$$V. \text{ kolam} = 8780.92 \text{ m}^3$$

Pada perhitungan diatas direncanakan dengan asumsi ketinggian air didalam kolam mula – mula adalah 0.50 m sehingga Dari perhitungan diatas didapatkan nilai $V.\text{kolam} > V.\text{rencana total}$; $8780.92 \text{ m}^3 > 5658.3 \text{ m}^3$. Sehingga kolam dapat difungsikan sebagai tempat penampungan sementara air hujan tanpa perlu pengaliran debit keluar kolam dan membebani saluran drainase yang berkaitan, karena nilai outflownya = 0 , maka tidak diperlukan pompa air.

Tabel 5. 6 Perhitungan kapasitas kolam tampung (boezem)

| nama | lokasi | luas kolam | kedalaman | vol. kolam | Vol. kolam awal | Luas Catchmen Area | R.eff | Vol. tampungan | Vol. ren. Total | outflow |
|----------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|--------|----------------|--------------------|--------------------|
| | | (m ²) | (m) | (m ³) | (m ³) | (km ²) | (mm) | | (m ³) | (m ³) |
| boezem 1 | Graha ITS | 4390.46 | 2 | 8780.92 | 2195.23 | 0.0285 | 121.43 | 3463.07 | 5658.30 | 0.00 |
| boezem 2 | Bundaran Pakuwon | 3193.88 | 2 | 6387.76 | 1596.94 | 0.2856 | 132.34 | 37793.38 | | 31405.62 |
| boezem 3 | Graha ITS Belakang | 3845.123 | 2 | 7690.246 | 1922.5615 | 0.0174 | 100.94 | 1756.55 | 3679.11 | 0.00 |
| boezem 4 | Geomatika | 1449.365 | 2 | 2898.73 | 724.6825 | 0.0213 | 100.94 | 2154.54 | 2879.22 | 0.00 |
| boezem 5 | Despro | 4658.029 | 2 | 9316.058 | 2329.0145 | 0.0672 | 100.94 | 6787.55 | 9116.56 | 0.00 |
| boezem 6 | Hidrodinamika | 4767.201 | 2 | 9534.402 | 2383.6005 | 0.0370 | 100.94 | 3732.54 | 6116.14 | 0.00 |

b. Kolam Tampung 2 (Lokasi Bundaran Pakuwon)



Gambar 5. 4 Lokasi dan Luas Cathmen Area Boezem 2

Dari pengamatan lapangan dan Layout didapat data sebagai berikut :

| | |
|--------------------|--------------------------|
| Cathmen Area | = 0.3225 km ² |
| R.eff | = 132.34 mm |
| Luas Kolam | = 3193.88 m ² |
| Kedalaman kolam | = 2 m |
| Panjang Sungai (L) | = 739.19 m |

Perhitungan kapasitas kolam tampung menggunakan metode routing dengan langkah – langkah sebagai berikut:

a. Kemiringan Saluran (S)

$$\text{Elv. Hulu} = + 2.79$$

$$\text{Elv. Hilir} = + 2.35$$

$$S = \frac{\text{Elv. Hulu} - \text{Elv. Hilir}}{L. \text{ sungai}}$$

$$S = \frac{2.79 - 2.35}{739.19}$$

$$S = 0.0006$$

b. Menentukan waktu konsentrasi (tc)

$$Tc = t_0 + t_f$$

$$t_0 = 1.44 \times \left(nd \left[\frac{Lo}{\sqrt{S}} \right]^{0.467} \right)$$

$$t_0 = 1.44 \times \left(0.20 \left[\frac{329.78}{\sqrt{0.0006}} \right]^{0.467} \right)$$

$$t_o = 24.02 \text{ menit}$$

$$t_f = \frac{L}{v} = \frac{739.19}{0.66} = 8.35 \text{ menit}$$

$$T_c = 24.02 + 8.35 = 32.3 \text{ menit} = 0.54 \text{ jam}$$

Dimana :

T_c = Waktu Konsentrasi (menit)

T_0 = Overflow Time (menit)

N_d = Koefisien Hambatan (0.20)

I_o = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau (329.7 m)

S = Kemiringan Medan / Saluran (0.0006)

T_f = Chanel Flow time (menit)

L = Panjang Saluran (739.19 m)

V_{ren} = Kecepatan Saluran Rencana (0.66 m/det)

c. Perhitungan Intesitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus mononobe seperti berikut :

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

$$I = \left(\frac{132.3}{24} \right) \left(\frac{24}{0.54} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 69.20 \text{ mm/jam}$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (0.54 jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian (132.3 mm)

Curah hujan maksimum harian yang dipakai adalah pada periode ulang 10 tahun

- d. Debit Banjir rencana pada sungai (inflow)
Persamaan rasional ini dapat digambarkan dalam persamaan aljabar sebagai berikut

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = 0.278 \times 0.20 \times 69.20 \times 0.3225$$

$$Q_{\text{inflow}} = 1.588 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dimana :

Q_{inflow} = debit air yang masuk ke boezem (m^3/det)

C = koefisien pengaliran dari daerah tangkapan air (0.26)

I = intensitas hujan rata-rata selama waktu tiba banjir (69.20 mm/jam)

A = luas daerah tangkapan air hujan (0.3225 km^2)

- e. Volume Tampungan Rencana

Volume tampungan rencana boezem dapat dihitung menggunakan hidrograf satuan. Kemudian dari data debit inflow dapat diketahui elevasi muka air pada boezem ketika debit inflow masuk dengan interval waktu tertentu sehingga dapat dilakukan pengamatan apakah dimensi boezem eksisting mampu menampung

debit inflow yang masuk dan juga dapat diketahui berapa debit yang harus dibuang ke sungai Kalidami menggunakan pompa.

➤ Interval waktu

Interval waktu diperlukan agar bisadihitung ketinggian air yang ada di boezem akibat debit inflow yang masuk . dari data tc dapat diketahui bahwa $t_c = 32.20$ menit, direncanakan dibagi menjadi 10 bagian sehingga interval waktunya adalah 3.2 menit. $T_c = T_d = 32.20$ menit.

➤ Q. inflow

Pada perhitungan sebelumnya diketahui $t_c = 32.2$ menit dimana debit inflow yang masuk ke dalam boezem adalah $1.588 \text{ m}^3/\text{det}$. Sehingga untuk perhitungan debit inflow yang masuk pada 3.2 menit awal adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{t}{Q. maks \times t_c} = \frac{3.2}{1.588 \times 32.2}$$

$$Q = 0.159 \text{ m}^3/\text{det}$$

➤ Volume Inflow

Volume inflow dapat dilihat pada hidrograf satuan ketika menit 0 sampai menit ke 3.2 membentuk sebuah segitiga sehingga volumenya adalah :

$$V = 0.5 \times (t_1 - t_0) \times (Q_0 + Q_1) \times 60$$

$$V = 0.5 \times (3.2 - 0) \times (0 + 0.159) \times 60$$

$$V = 15.41 \text{ m}^3$$

Sedangkan volume kumulatif adalah penambahan volume akibat debit yang masuk dimana diasumsikan volume mati boezem / *dead volume* adalah 3193.88 m³ dengan ketinggian air 1m dan luas boezem adalah 3193.88 m².

➤ Elveasi Muka Air Awal

Elevasi muka air awal adalah penambahan tinggi muka air pada boezem akibat debit inflow yang masuk.

Elv. kolam =

$$el. awal + \left(\frac{vol. akhir - vol. awal}{Luas Boezem} \right)$$

$$elv \text{ kolam} = 1 + \left(\frac{3209.16 - 3193.88}{3193.88} \right)$$

$$Elev. kolam = 1.005$$

Perhitungan volume kolam tampung 2 dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut

Tabel 5. 7 Perhitungan kapasitas tapungan dan elevasi muka air boezem 2

| t | Q in | Vol in | Vol in kum | Tamp awal | elv.muka air (tanpa pompa) |
|-------|---------|---------|------------|-----------|------------------------------|
| (min) | (m3/dt) | (m3) | (m3) | (m3) | (m) |
| 0.00 | 0.000 | 3193.88 | 3193.88 | 3193.88 | 1.00 |
| 3.24 | 0.159 | 15.42 | 3209.30 | 3209.30 | 1.00 |
| 6.47 | 0.318 | 46.26 | 3255.56 | 3255.56 | 1.02 |
| 9.71 | 0.476 | 77.10 | 3332.65 | 3332.65 | 1.04 |
| 12.95 | 0.635 | 107.94 | 3440.59 | 3440.59 | 1.08 |
| 16.19 | 0.794 | 138.77 | 3579.36 | 3579.36 | 1.12 |
| 19.42 | 0.953 | 169.61 | 3748.98 | 3748.98 | 1.17 |
| 22.66 | 1.111 | 200.45 | 3949.43 | 3949.43 | 1.24 |
| 25.90 | 1.270 | 231.29 | 4180.72 | 4180.72 | 1.31 |
| 29.14 | 1.429 | 262.13 | 4442.85 | 4442.85 | 1.39 |
| 32.37 | 1.588 | 292.97 | 4735.81 | 4735.81 | 1.48 |
| 35.61 | 1.588 | 308.39 | 5044.20 | 5044.20 | 1.58 |
| 38.85 | 1.588 | 308.39 | 5352.59 | 5352.59 | 1.68 |
| 42.09 | 1.588 | 308.39 | 5660.97 | 5660.97 | 1.77 |
| 45.32 | 1.588 | 308.39 | 5969.36 | 5969.36 | 1.87 |
| 48.56 | 1.588 | 308.39 | 6277.75 | 6277.75 | 1.97 |
| 51.80 | 1.588 | 308.39 | 6586.14 | 6586.14 | 2.06 |
| 55.03 | 1.588 | 308.39 | 6894.52 | 6894.52 | 2.16 |
| 58.27 | 1.588 | 308.39 | 7202.91 | 7202.91 | 2.26 |
| 61.51 | 1.588 | 308.39 | 7511.30 | 7511.30 | 2.35 |
| 64.75 | 1.588 | 308.39 | 7819.68 | 7819.68 | 2.45 |
| 67.98 | 1.429 | 292.97 | 8112.65 | 8112.65 | 2.54 |
| 71.22 | 1.270 | 262.13 | 8374.78 | 8374.78 | 2.62 |
| 74.46 | 1.111 | 231.29 | 8606.07 | 8606.07 | 2.69 |
| 77.70 | 0.953 | 200.45 | 8806.52 | 8806.52 | 2.76 |
| 80.93 | 0.794 | 169.61 | 8976.13 | 8976.13 | 2.81 |
| 84.17 | 0.635 | 138.77 | 9114.91 | 9114.91 | 2.85 |
| 87.41 | 0.476 | 107.94 | 9222.84 | 9222.84 | 2.89 |
| 90.65 | 0.318 | 77.10 | 9299.94 | 9299.94 | 2.91 |
| 93.88 | 0.159 | 46.26 | 9346.20 | 9346.20 | 2.93 |
| 97.12 | 0.000 | 15.42 | 9361.62 | 9361.62 | 2.93 |

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kolam tampung / boezem tidak dapat menampung seluruh debit yang masuk karena kedalaman kolam direncanakan sedalam 2 m, oleh karena itu diperlukan pompa air untuk membuang debit menuju Sungai Kalidami.

5.3 Kapasitas Pompa Air

Pompa air digunakan pada waktu tertentu apabila kapasitas kolam tampung (Boezem) tidak mampu menahan debit banjir yang masuk ke dalam boezem sehingga harus dipompa menuju saluran pembuangan akhir. Dari perhitungan dengan menggunakan cara coba – coba didapatkan kapasitas boezem hanya mampu menampung 50% dari debit inflow yang masuk sedangkan 50% sisanya harus dipompa keluar menuju Sungai Kalidami dengan menggunakan tiga pompa berkapasitas $0,25 \text{ m}^3/\text{det.}$ dengan perhitungan seperti tabel 5.6.

Perhitungan kapasitas pompa dapat dihitung menggunakan rumus :

a. Tampung Akhir Kolam

Sebagai contoh adalah perhitungan volume akhir pada menit ke 19 karena pompa mulai dioperasikan pada menit ke 19.

$$\text{Vol. Akhir} = \text{Volume awal} - \text{Vol. Outflow Komulatif}$$

$$\text{Vol. akhir} = 3748.98 \text{ m}^3 - 77.70 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. akhir} = 3671.28 \text{ m}^3$$

- b. Elv. Muka air (setelah menggunakan pompa)

Elevasi muka air awal adalah penambahan tinggi muka air pada *boezem* setelah menggunakan pompa air.

$$\begin{aligned} \text{Elv. kolam} = \\ \text{el. awal} + \left(\frac{\text{vol. akhir} - \text{vol. awal}}{\text{Luas Boezem}} \right) \end{aligned}$$

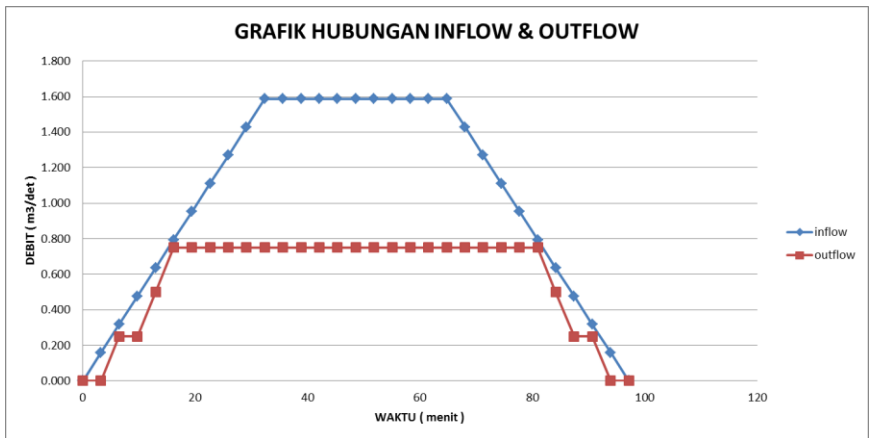
$$\text{elv kolam} = 1.121 + \left(\frac{3748.98 - 3671.28}{3193.88} \right)$$

$$\text{Elv. kolam} = 1.149$$

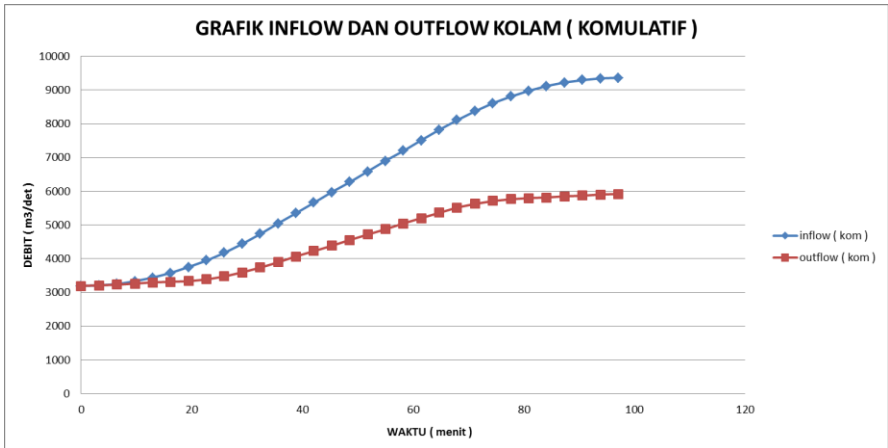
Tabel 5. 8 Perhitungan kapasitas kolam tampung / boezem 2 dengan menggunakan pompa air.

| t | Q in | Vol in | Vol in kum | Q out | Vol out | Vol out kum | Tamp awal | Tamp akhir | Elevasi |
|-------|---------|---------|---------------|---------|---------|----------------|--------------|---------------|---------|
| (min) | (m3/dt) | (m3) | (m3) | (m3/dt) | (m3) | (m3) | (m3) | (m3) | (m) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 11 | 12 | 13 |
| 0 | 0.000 | 3193.88 | 3193.88 | 0 | 0 | 0 | 3193.88 | 3193.88 | 1 |
| 3.2 | 0.159 | 15.42 | 3209.30 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 3209.30 | 3209.30 | 1.005 |
| 6.5 | 0.318 | 46.26 | 3255.56 | 0.250 | 24.28 | 24.28 | 3255.56 | 3231.28 | 1.012 |
| 9.7 | 0.476 | 77.10 | 3332.65 | 0.250 | 48.56 | 72.84 | 3332.65 | 3259.81 | 1.021 |
| 12.9 | 0.635 | 107.94 | 3440.59 | 0.500 | 72.84 | 145.68 | 3440.59 | 3294.91 | 1.032 |
| 16.2 | 0.794 | 138.77 | 3579.36 | 0.750 | 121.40 | 267.08 | 3579.36 | 3312.28 | 1.037 |
| 19.4 | 0.953 | 169.61 | 3748.98 | 0.750 | 145.68 | 412.76 | 3748.98 | 3336.22 | 1.045 |
| 22.7 | 1.111 | 200.45 | 3949.43 | 0.750 | 145.68 | 558.44 | 3949.43 | 3390.99 | 1.062 |
| 25.9 | 1.270 | 231.29 | 4180.72 | 0.750 | 145.68 | 704.12 | 4180.72 | 3476.60 | 1.089 |
| 29.1 | 1.429 | 262.13 | 4442.85 | 0.750 | 145.68 | 849.80 | 4442.85 | 3593.04 | 1.125 |
| 32.4 | 1.588 | 292.97 | 4735.81 | 0.750 | 145.68 | 995.48 | 4735.81 | 3740.33 | 1.171 |
| 35.6 | 1.588 | 308.39 | 5044.20 | 0.750 | 145.68 | 1141.16 | 5044.20 | 3903.04 | 1.222 |
| 38.8 | 1.588 | 308.39 | 5352.59 | 0.750 | 145.68 | 1286.84 | 5352.59 | 4065.74 | 1.273 |
| 42.1 | 1.588 | 308.39 | 5660.97 | 0.750 | 145.68 | 1432.52 | 5660.97 | 4228.45 | 1.324 |
| 45.3 | 1.588 | 308.39 | 5969.36 | 0.750 | 145.68 | 1578.20 | 5969.36 | 4391.16 | 1.375 |
| 48.6 | 1.588 | 308.39 | 6277.75 | 0.750 | 145.68 | 1723.89 | 6277.75 | 4553.86 | 1.426 |
| 51.8 | 1.588 | 308.39 | 6586.14 | 0.750 | 145.68 | 1869.57 | 6586.14 | 4716.57 | 1.477 |
| 55.0 | 1.588 | 308.39 | 6894.52 | 0.750 | 145.68 | 2015.25 | 6894.52 | 4879.28 | 1.528 |
| 58.3 | 1.588 | 308.39 | 7202.91 | 0.750 | 145.68 | 2160.93 | 7202.91 | 5041.98 | 1.579 |
| 61.5 | 1.588 | 308.39 | 7511.30 | 0.750 | 145.68 | 2306.61 | 7511.30 | 5204.69 | 1.630 |
| 64.7 | 1.588 | 308.39 | 7819.68 | 0.750 | 145.68 | 2452.29 | 7819.68 | 5367.40 | 1.681 |
| 68.0 | 1.429 | 292.97 | 8112.65 | 0.750 | 145.68 | 2597.97 | 8112.65 | 5514.68 | 1.727 |
| 71.2 | 1.270 | 262.13 | 8374.78 | 0.750 | 145.68 | 2743.65 | 8374.78 | 5631.13 | 1.763 |
| 74.5 | 1.111 | 231.29 | 8606.07 | 0.750 | 145.68 | 2889.33 | 8606.07 | 5716.74 | 1.790 |
| 77.7 | 0.953 | 200.45 | 8806.52 | 0.750 | 145.68 | 3035.01 | 8806.52 | 5771.51 | 1.807 |
| 80.9 | 0.794 | 169.61 | 8976.13 | 0.750 | 145.68 | 3180.69 | 8976.13 | 5795.44 | 1.815 |
| 84.2 | 0.635 | 138.77 | 9114.91 | 0.500 | 121.40 | 3302.09 | 9114.91 | 5812.82 | 1.820 |
| 87.4 | 0.476 | 107.94 | 9222.84 | 0.250 | 72.84 | 3374.93 | 9222.84 | 5847.91 | 1.831 |
| 90.6 | 0.318 | 77.10 | 9299.94 | 0.250 | 48.56 | 3423.49 | 9299.94 | 5876.45 | 1.840 |
| 93.9 | 0.159 | 46.26 | 9346.20 | 0.000 | 24.28 | 3447.77 | 9346.20 | 5898.43 | 1.847 |
| 97.1 | 0.000 | 15.42 | 9361.62 | 0.000 | 0.00 | 3447.77 | 9361.62 | 5913.85 | 1.852 |

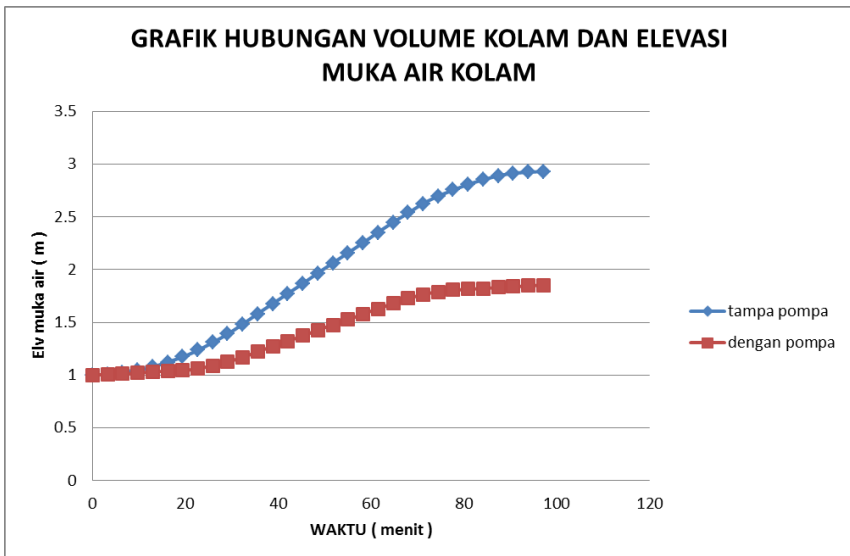
Dari tabel diatas dapat dikatakan bahwa dengan menggunakan tiga pompa air berkapasitas $0.25 \text{ m}^3/\text{det}$ dapat mengontrol volume *boezem* sehingga tidak terjadi banjir, namun dengan asumsi Sungai Kalidami mampu menerima debit outflow dari pompa atau 50% volume dari boezem 2, apabila Sungai Kalidami hanya mampu menampung debit kurang dari 50% debit outflow boezem 2. Maka dimensi kolam tampung *boezem* harus dirubah sehingga mampu menyesuaikan debit yang harus dipompa keluar menuju Sungai Kalidami.



Gambar 5. 5 Grafik Hubungan Inflow dan Outflow pada Boezem 2 dengan pompa air



Gambar 5. 6 Grafik Inflow dan Outflow (komulatif) pada boezem 2 dengan menggunakan pompa air



Gambar 5. 7 Grafik hubungan volume dan elevasi muka air pada boezem 2 dengan menggunakan pompa air

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pada perencanaan Sistem Drainase ITS Sukolilo Bagian Utara ini dilakukan perubahan skema jaringan menjadi dua bagian, yaitu sebagian dialirkan ke arah timur menuju saluran primer ITS bagian Timur dan sebagian dialirkan menuju saluran primer ITS bagian Barat.
2. Debit banjir rencana periode ulang sepuluh tahun yang masuk ke saluran primer ITS (timur) adalah $6,344 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada bagian hulu dan $8,54 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada bagian hilir, pada saluran primer ITS bagian Timur juga dilengkapi dengan pompa air berkapasitas $1,5 \text{ m}^3/\text{det}$ sebanyak dua unit. Hal ini dipengaruhi juga debit dari luar kawasan kampus ITS Surabaya yang masuk dalam saluran primer ITS. Untuk debit yang masuk ke saluran Primer ITS (barat) adalah $0.324 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada bagian hulu dan $1.016 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada bagian hilir.
3. Dari hasil analisa hidrolika disimpulkan bahwa penampang eksisting tidak dapat menampung debit perencanaan yang mengalir, sehingga dilakukan normalisasi saluran. Dari normalisasi saluran didapatkan dimensi untuk:
 - a) Saluran primer ITS bagian Timur dengan $b = 5,5 \text{ m}$ dan $h=1,80 \text{ m}$ pada bagian hulu dan hilir.
 - b) Saluran primer ITS bagian Barat dengan $b = 5,2 \text{ m}$ dan $h=1,25 \text{ m}$ pada bagian hulu dan hilir.Adapun penambahan Saluran baru pada beberapa lokasi yang memang berpotensi terjadi banjir ketika turun hujan deras, penambahan saluran adalah sebagai berikut :
 - a. Saluran SII W yang berada di jalan teknik kimia (depan Lab. Hidrodinamika) dengan penampang

- saluran berbentuk persegi terbuat dari beton concrete dengan dimensi $b = 0.9$ m dan $h = 0.60$ m.
- b. Saluran SII N yang berada di jalan Taman Alumni sebelah Timur dengan penampang saluran berbentuk persegi terbuat dari beton concrete dengan dimensi $b = 0,80$ m dan $h = 0,80$ m.
4. Pada saluran Primer bagian barat dilengkapi bangunan pengendali banjir berupa Boezem dengan kapasitas tampungan 6387.76 m^3 , namun boezem ini hanya mampu menampung 50% dari debit inflow sehingga harus dilengkapi dengan pompa air berkapasitas $0.25 \text{ m}^3/\text{det}$ sebanyak tiga buah untuk menyalurkan air menuju sungai Kalidami.

6.1 Saran

1. Perlu dibangunnya bangunan pengendali banjir berupa pintu air pada hilir saluran Gebang dan saluran Perumahan Kertajaya agar saluran primer ITS tidak langsung menerima debit banjir dari ketiga inflow termasuk dari sistem drainase ITS juga. Melainkan dapat diatur terlebih dahulu debit mana yang harus masuk sehingga kapasitas saluran primer ITS masih terjaga dan tidak menyebabkan banjir.
2. Perlu dilakukan peninggian elevasi medan sehingga air hujan dapat masuk ke saluran drainase secara grafitasi seperti pada parkir motor dan mobil jurusan teknik sipil ITS dan lain – lainya.
3. Diharapkan adanya pemeliharaan secara rutin seperti melakukan pengerukan atau pembersihan sedimen untuk mengurangi resiko terjadinya banjir.

Daftar Pustaka

Hadisusanto N (2011). *“Aplikasi Hidrologi”*. Yogyakarta: Jogja Media Utama

MacDonald Cambridge UK dan PT. Tricon Jaya 2000. *“Surabaya Drainase Master Plan 2018”*. Surabaya.

Soemarto. 1999. *“Hidrologi Teknik”*. Jakarta: Erlangga.

Soewarno (1995). *“Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data)”*. Bandung: Nova

Subarkah I (1980). *“Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air”*. Bandung: Idea Dharma

Suripin. 1998. *“Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan”*. Yogyakarta: Andi.

Suyono. 2006. *“Hidrologi Untuk Pengairan”*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Triatmojo B (2009). *“Hidrologi Terapan”*. Yogyakarta: Beta Offset

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BIODATA PENULIS



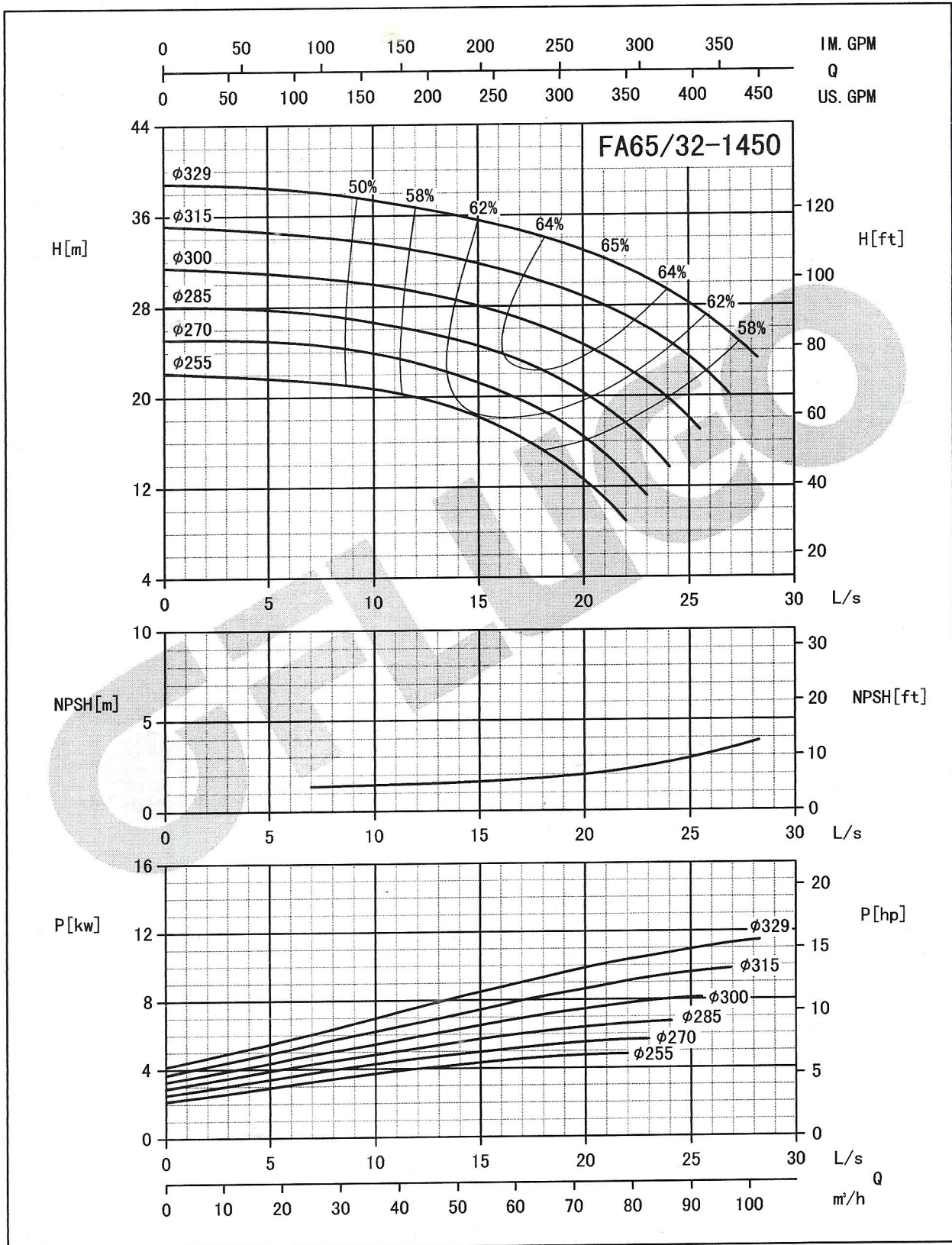
Penulis memiliki nama lengkap Yudha Prastawa Armando. Lahir pada tanggal 09 Juni 1993 di Surabaya, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Sunan Giri Surabaya, SDN Mojo V Surabaya, SMPN 9 Surabaya, SMAN 3 Surabaya tahun 2011, Program Diploma III Teknik Sipil ITS. Selama menempuh pendidikan di D3 Teknik Sipil ITS, penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan diantaranya adalah Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Sipil ITS dan Jurnalistik Skala ITS.

Penulis juga menjadi panitia kegiatan *Tower Construction Competition dan Bridge Construction Competition*. Setelah LULUS DARI d3 Teknik Sipil ITS penulis mengikuti seleksi tes masuk Lintas Jalur S1 Teknik Sipil ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil – FTSP ITS tahun 2015, terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 3115.105.006.

LAMPIRAN



END SUCTION PUMP PERFORMANCE CURVE FA SERIES

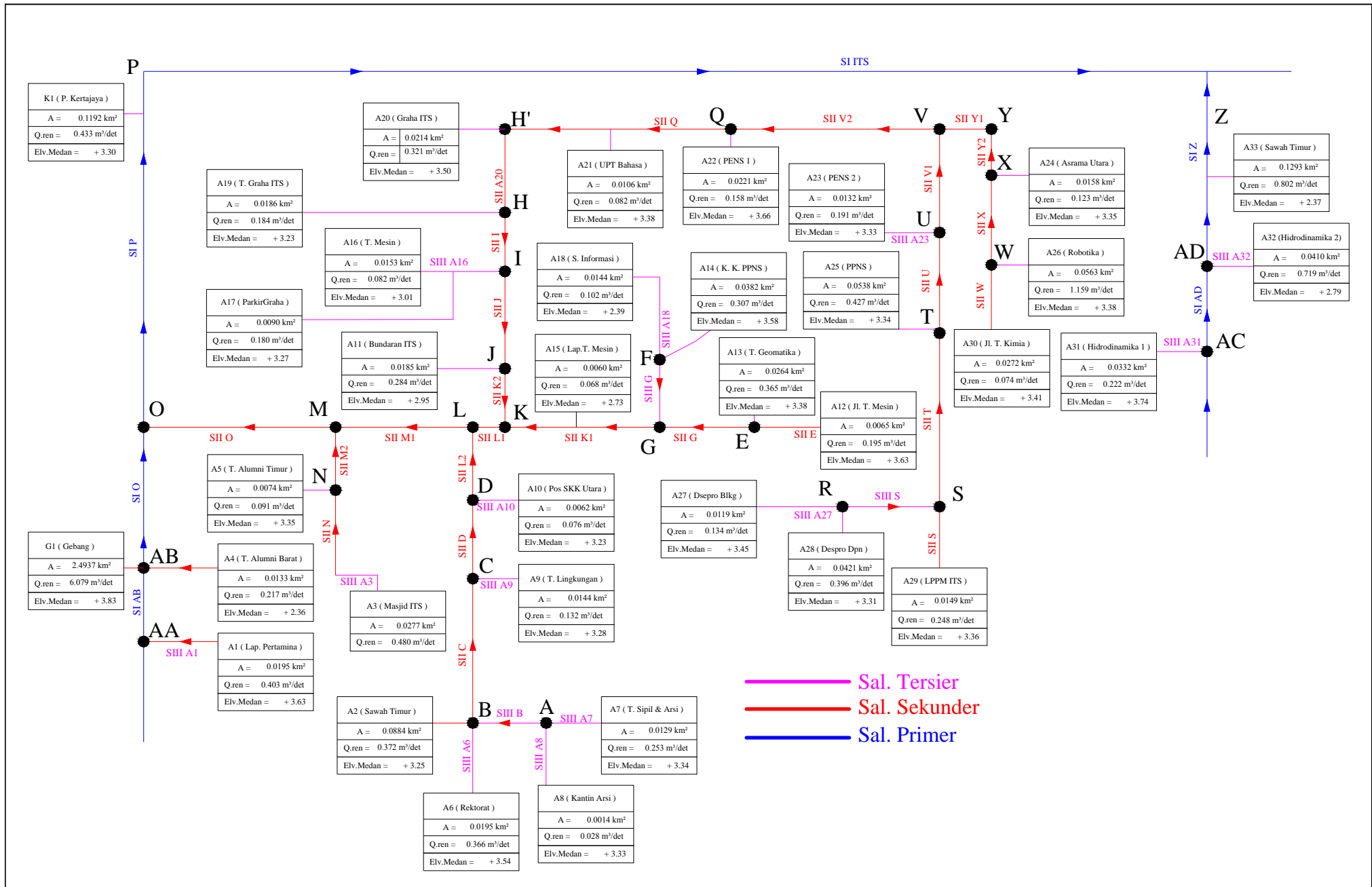


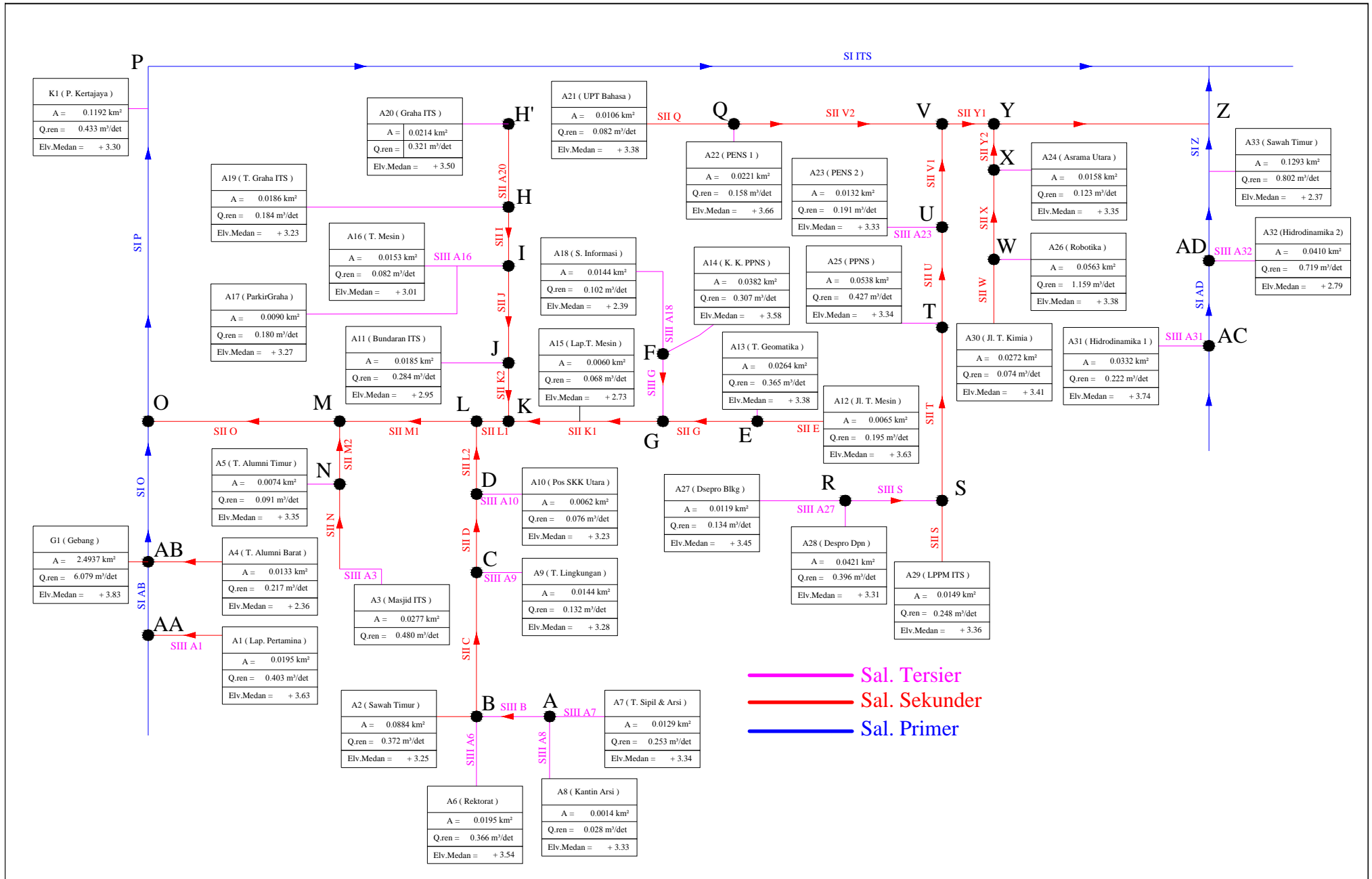
Asia Drive AD - AH Performance Table

| Type | Maximum Shaft Power | Material | | Clean water performance | | | | | | Impeller | | Drawing No. |
|-----------------|---------------------|----------|----------|-------------------------|------------|----------|-------------|------------|----------|----------|----------|-------------|
| | | Liner | Impeller | Flow Rate (Q) | | Lift | Speed | Efficiency | NPSH (r) | Vane | Diameter | |
| | | | | | | H | n | η % | (m) | | | |
| | | | | (m ³ /h) | (l/s) | (m) | (r/min) | | | | | |
| 1 1/2 /1B AD-AH | 15 | M | M | 12.6 ~ 28.8 | 3.5 ~ 8 | 6 ~ 68 | 1200 ~ 3800 | 40 | 2 ~ 4 | 5 | 152 | AD151B01 |
| | | RU | RU | 10.8 ~ 25.2 | 3 ~ 7 | 7 ~ 52 | 1400 ~ 3400 | 35 | | 3 | | AD151B02A |
| 2/1 1/2 AD-AH | 15 | M | M | 32.4 ~ 72 | 9 ~ 20 | 6 ~ 58 | 1200 ~ 3200 | 45 | 3.5 ~ 8 | 5 | 184 | AD215B01 |
| | | RU | RU | 25.2 ~ 54 | 7 ~ 15 | 5.5 ~ 41 | 1000 ~ 2600 | 50 | | | | 2.5 ~ 5 |
| 3/2C AD-AH | 30 | M | M | 39.6 ~ 86.4 | 11 ~ 24 | 12 ~ 64 | 1300 ~ 2700 | 55 | 4 ~ 6 | 5 | 214 | AD32A01 |
| | | RU | RU | 36 ~ 75.6 | 10 ~ 21 | 13 ~ 39 | 1300 ~ 2100 | | | | | 2 ~ 4 |
| 4/3C AD-AH | 30 | M | M | 86.4 ~ 198 | 24 ~ 55 | 9 ~ 52 | 1000 ~ 2200 | 71 | 4 ~ 6 | 5 | 245 | AD43A01 |
| 4/3D AD-AH | 60 | | | | | | | | | | | |
| 4/3C AD-AH | 30 | RU | RU | 79.2 ~ 180 | 22 ~ 50 | 5 ~ 34.5 | 800 ~ 1800 | 59 | 3 ~ 5 | 5 | 245 | AD43A01A |
| 4/3D AD-AH | 60 | | | | | | | | | | | |
| 6/4D AD-AH | 60 | M | M | 162 ~ 360 | 45 ~ 100 | 12 ~ 56 | 800 ~ 1550 | 65 | 5 ~ 8 | 5 | 365 | AD64A01 |
| 6/4E AD-AH | 120 | | | | | | | | | | | |
| 6/4D AD-AH | 60 | RU | RU | 144 ~ 324 | 40 ~ 90 | 12 ~ 45 | 800 ~ 1350 | 65 | 3 ~ 5 | 5 | 365 | AD64A03A |
| 6/4E AD-AH | 120 | | | | | | | | | | | |
| 8/6E AD-AH | 120 | M | M | 360 ~ 828 | 100 ~ 230 | 10 ~ 61 | 500 ~ 1140 | 72 | 2 ~ 9 | 5 | 510 | AD86A01 |
| 8/6R AD-AH | 300 | | | | | | | | | | | |
| 8/6E AD-AH | 120 | RU | RU | 324 ~ 720 | 90 ~ 200 | 7 ~ 49 | 400 ~ 1000 | 65 | 5 ~ 10 | 5 | 510 | AD86A01B |
| 8/6R AD-AH | 300 | | | | | | | | | | | |
| 10/8ST AD-AH | 560 | M | M | 612 ~ 1368 | 170 ~ 380 | 11 ~ 61 | 400 ~ 850 | 71 | 4 ~ 10 | 5 | 686 | AD108A01AM |
| | | RU | RU | 540 ~ 1188 | 150 ~ 330 | 12 ~ 50 | 400 ~ 750 | 75 | | | | 4 ~ 12 |
| 12/10ST AD-AH | 560 | M | M | 936 ~ 1980 | 260 ~ 550 | 7 ~ 68 | 300 ~ 800 | 82 | 6 | 5 | 762 | AD1210A01M |
| | | RU | RU | 720 ~ 1620 | 200 ~ 450 | 7 ~ 45 | 300 ~ 650 | 80 | | | | 2.5 ~ 7.5 |
| 14/12ST AD-AH | 560 | M | M | 1260 ~ 2772 | 350 ~ 770 | 13 ~ 63 | 300 ~ 600 | 77 | 3 ~ 10 | 5 | 965 | AD1412A01M |
| | | RU | RU | 1152 ~ 2520 | 320 ~ 700 | 13 ~ 44 | 300 ~ 500 | 79 | | | | 3 ~ 8 |
| 16/14ST AD-AH | 560 | M | M | 1368 ~ 3060 | 380 ~ 850 | 11 ~ 63 | 250 ~ 550 | 79 | 4 ~ 10 | 5 | 1067 | AD1614A01 |
| 16/14TU AD-AH | 1200 | | | | | | | | | | | |
| 20/18TU AD-AH | 1200 | M | M | 2520 ~ 5400 | 700 ~ 1500 | 13 ~ 57 | 200 ~ 400 | 85 | 5 ~ 10 | 5 | 1370 | AD2018A01 |

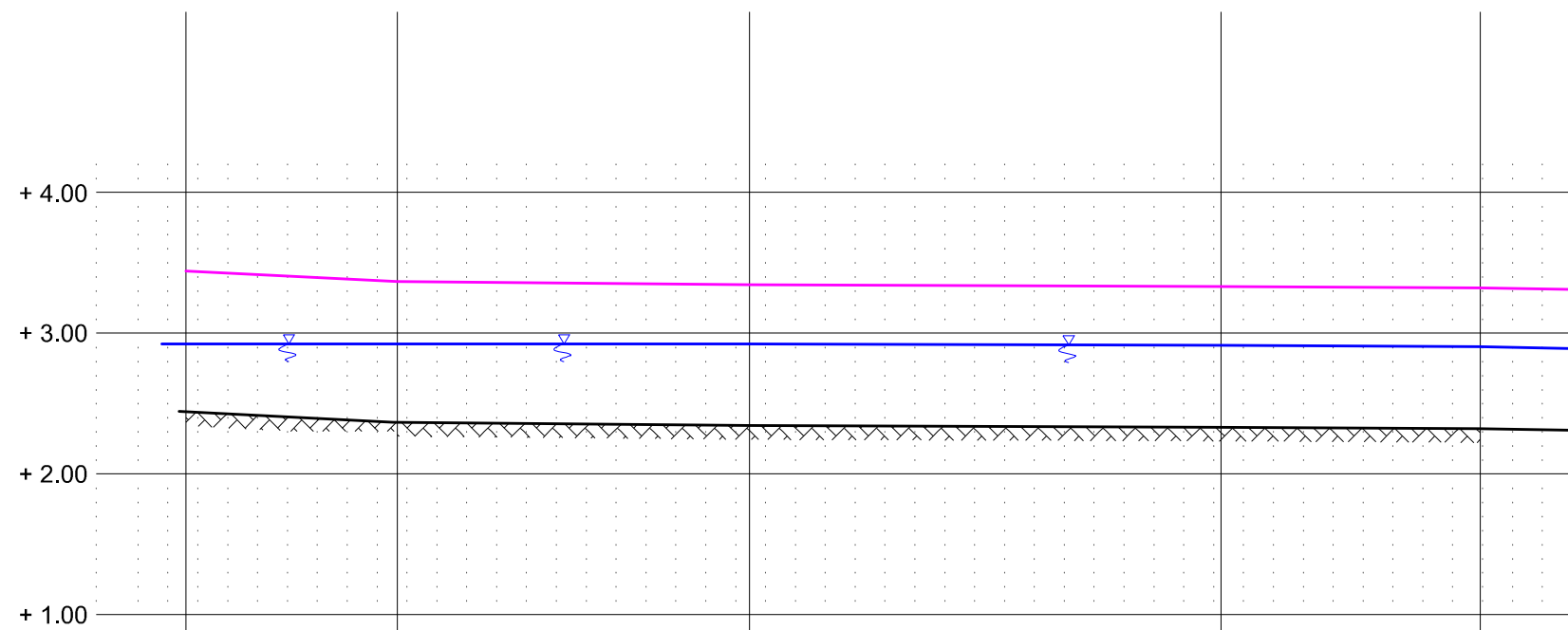
- Note:
1. RU stands for rubber material, and M stands for wear - resisting alloy material.
 2. Recommended flow range 50 % Q' ≤ Q ≤ 110 % Q' (Q' ≈ the corresponding flow at the highest efficiency point)
 3. NPSH refers to the corresponding NPSH value of the recommended Q point at the maximum rotational speed.

GAMBAR

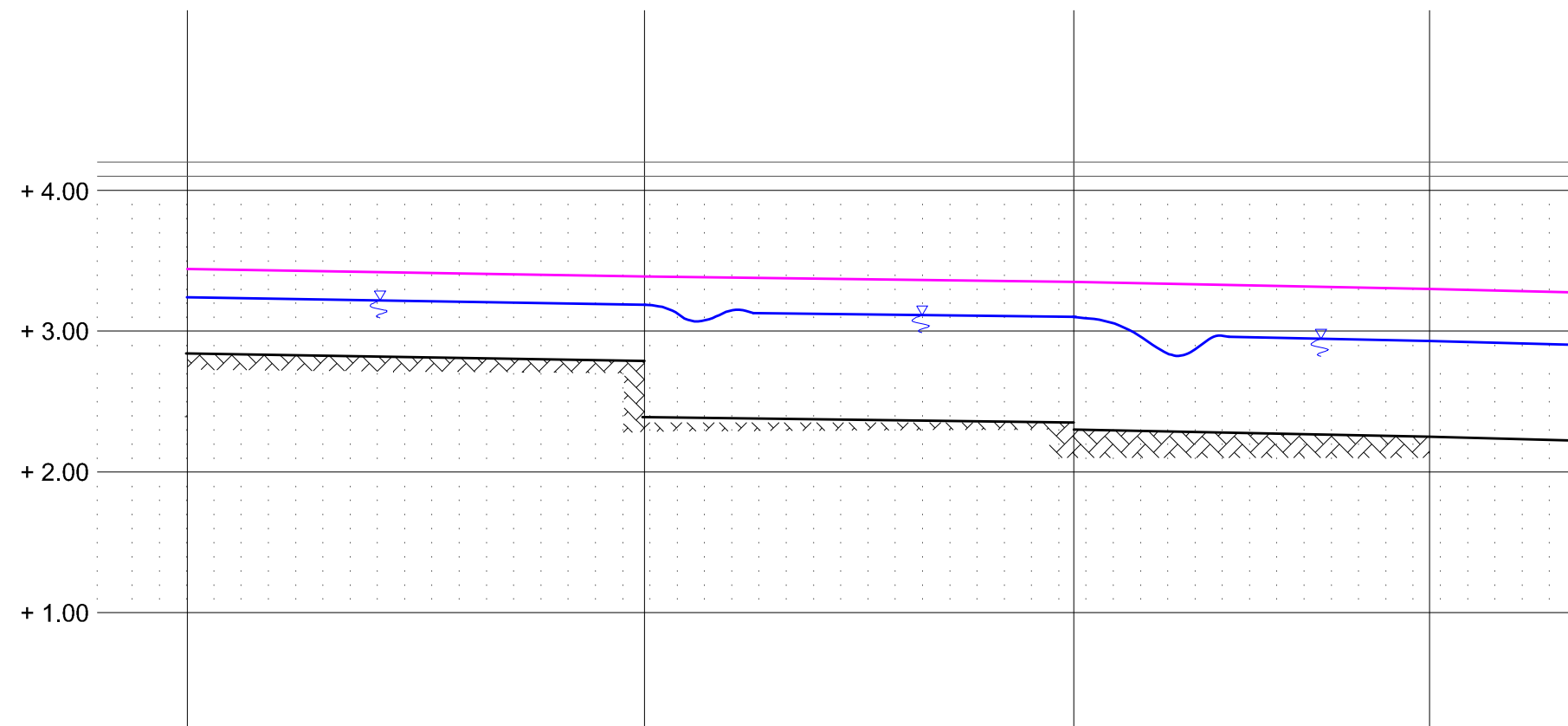




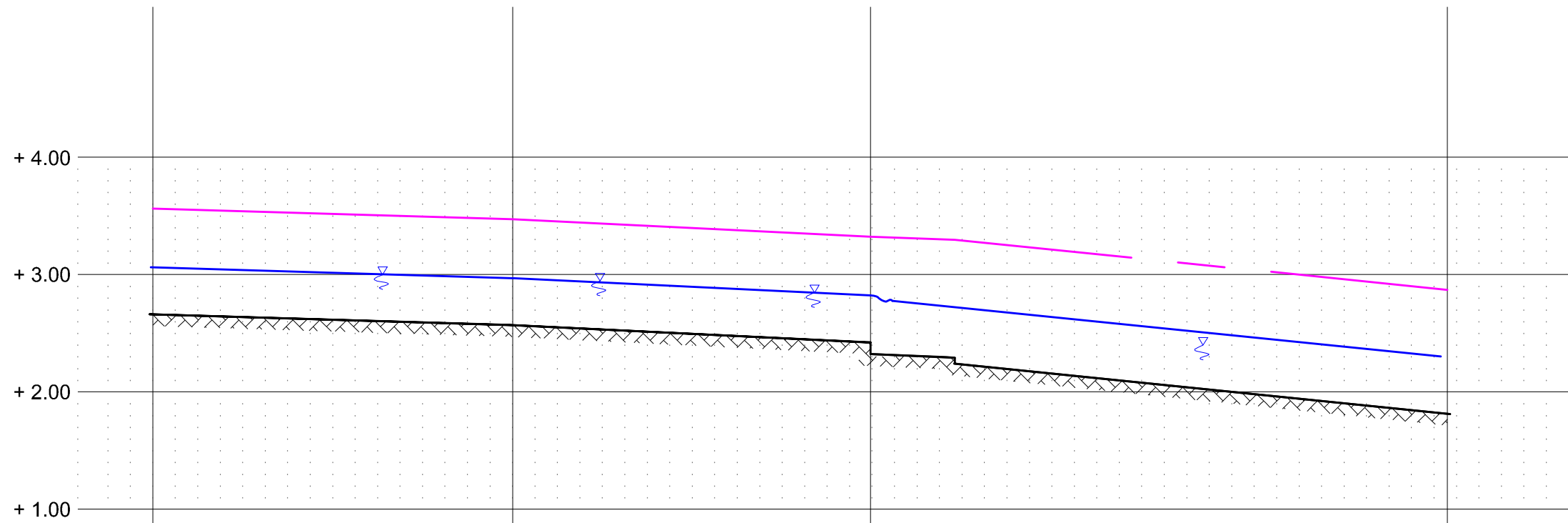
| JUDUL TUGAS AKHIR | | NAMA / NRP MAHASISWA | DOSEN PEMBIMBING 1 | JUDUL GAMBAR | SKALA | REVISI |
|---|---------------|--|--|---------------------------------|---------|--------|
| PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA BAGIAN UTARA | | YUDHA PRASTAWA ARMANDO 3115 105 006 | Dr. Icha UMBORO LASMINTO, ST, M.Sc DOSEN PEMBIMBING 2 DR. IR. EDDIATNO | SKEMA JARINGAN DRAINASE RENCANA | 1 : NTS | |
| NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | | | | | |
| 02 | 12 | | | | | |



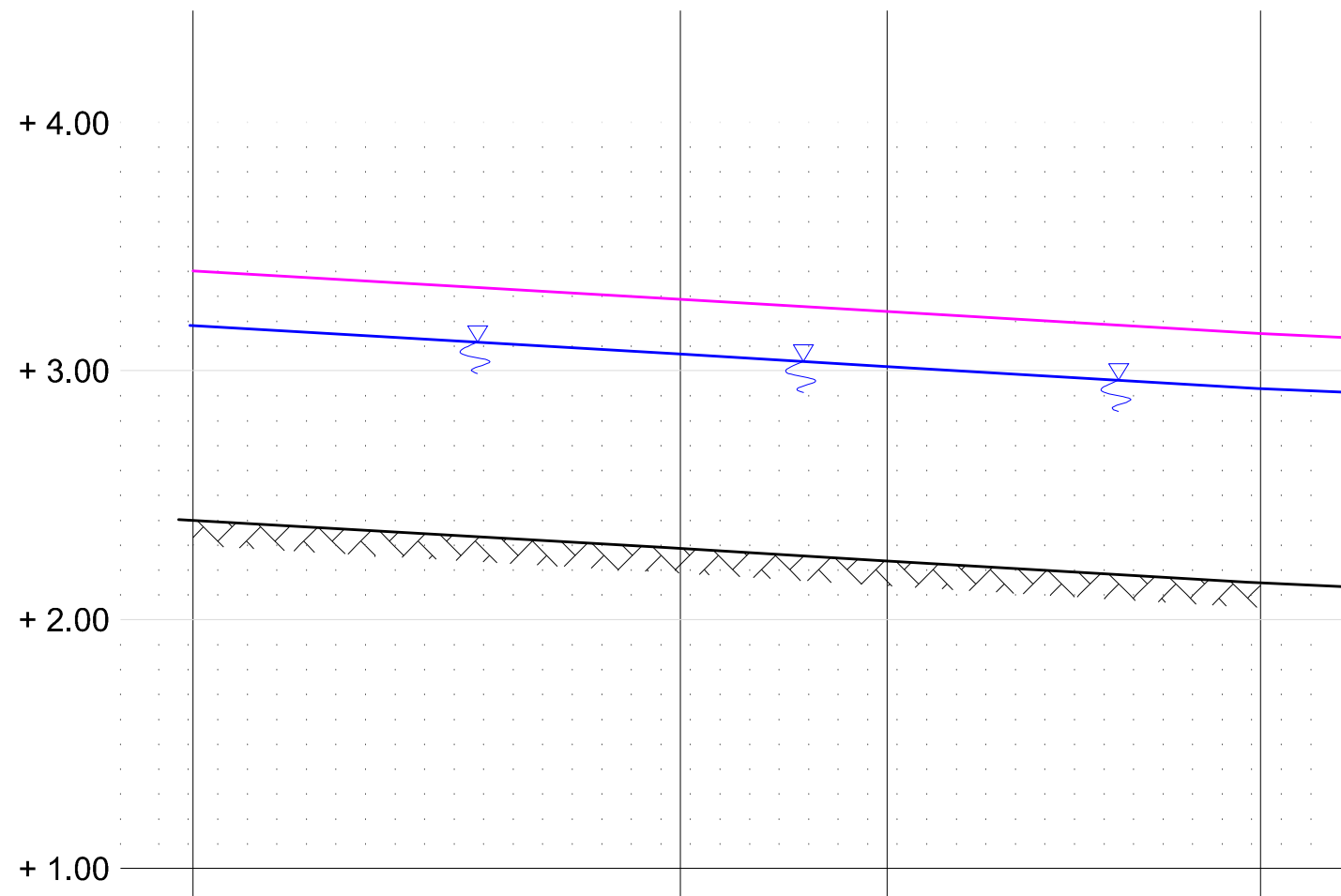
| | NAMA SALURAN | SII S | SII T | SII U | SII V1 |
|-------|---------------------------|--|--|--|--|
| | JARAK ANTAR BANGUNAN (M) | 150 | 250 | 335 | 184 |
| | JARAK KOMULATIF (m) | 150 | 400 | 735 | 919 |
| ———— | ELEVASI MEDAN / TANGGUL | + 3.441 | + 3.366 | + 3.342 | + 3.331 |
| ~~~~~ | ELEVASI MUKA AIR | + 2.922 | + 2.922 | + 2.922 | + 2.911 |
| | ELEVASI DASAR SALURAN | + 2.441 | + 2.366 | + 2.342 | + 2.331 |
| | DIMENSI SALURAN | Q = 0.211 m ³ /det b = 2.70 m, h = 1.0 m h.air = 0.22 m V = 0.41 m/det I = 0.0003 | Q = 0.595 m ³ /det b = 2.70 m, h = 1.0 m h.air = 0.40 m V = 0.56 m/det I = 0.0003 | Q = 0.998 m ³ /det b = 2.70 m, h = 1.0 m h.air = 0.58 m V = 0.68 m/det I = 0.0003 | Q = 0.211 m ³ /det b = 2.70 m, h = 1.0 m h.air = 0.58 m V = 0.68 m/det I = 0.0003 |



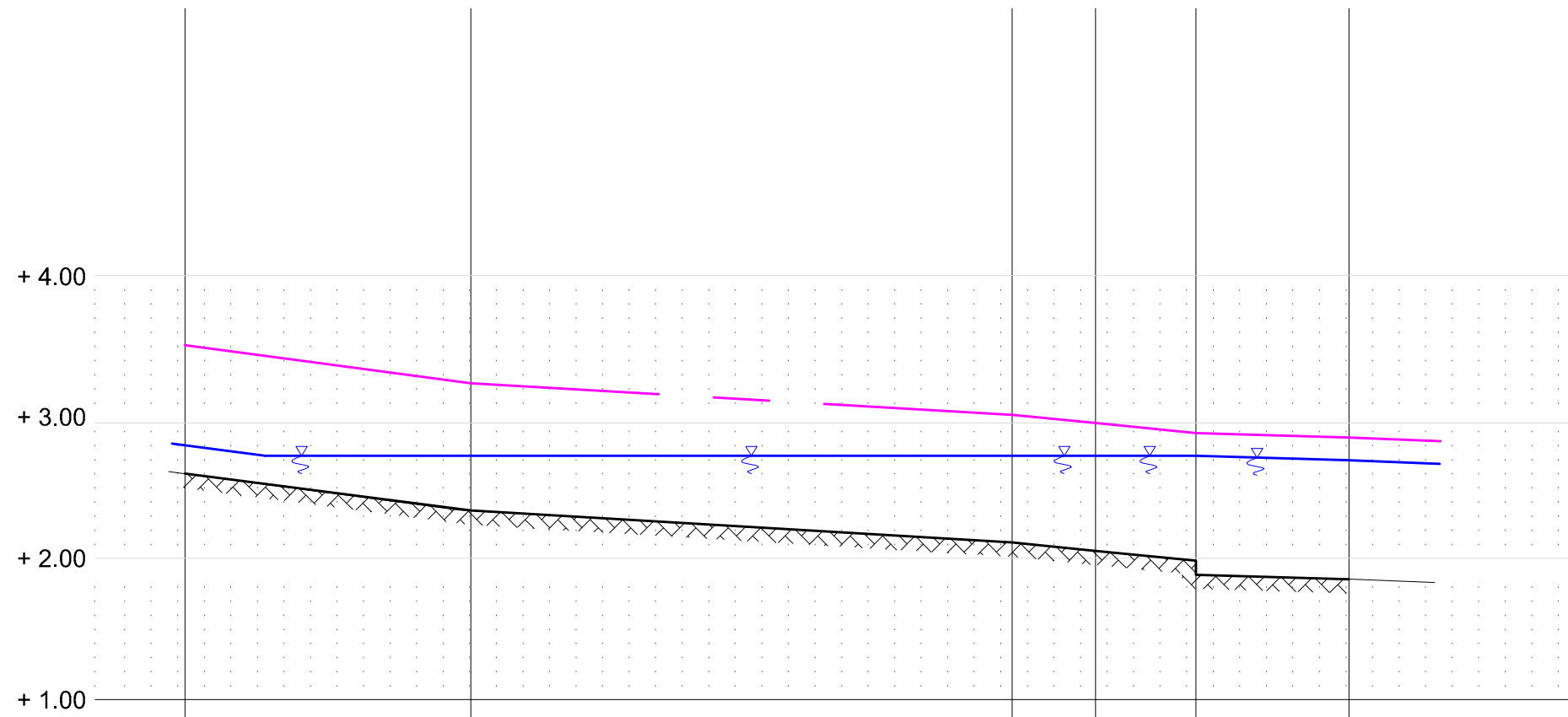
| | NAMA SALURAN | SII W | SII X | SII Y2 |
|------|---------------------------|--|--|---|
| | JARAK ANTAR BANGUNAN (M) | 325 | 305 | 253 |
| | JARAK KOMULATIF (m) | 325 | 630 | 883 |
| ———— | ELEVASI MEDAN / TANGGUL | + 3.411 | + 3.388 | + 3.350 |
| | ELEVASI MUKA AIR | + 3.211 | + 3.188 + 3.078 | + 3.100 + 3.980 |
| | ELEVASI DASAR SALURAN | + 2.811 | + 2.788 + 2.338 | + 2.350 + 2.300 |
| | DIMENSI SALURAN | Q = 0.100 m ³ /det b = 0.90 m, h = 0.60 m h.air = 0.40 m V = 0.32 m/det I = 0.00016 | Q = 0.444 m ³ /det b = 1.50 m, h = 1.00 m h.air = 0.75 m V = 0.40 m/det I = 0.00012 | Q = 0.483 m ³ /det b = 1.50 m, h = 1.05 m h.air = 0.68 m V = 0.51 m/det I = 0.0002 |



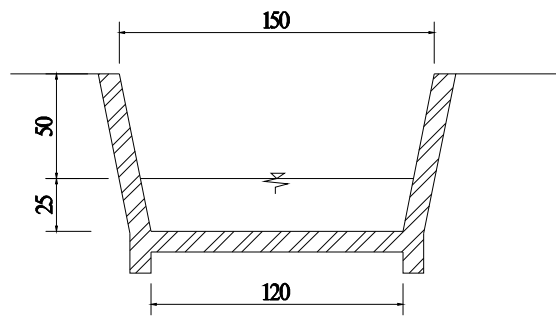
| | NAMA SALURAN | SII Q | SII V2 | SII Z |
|-------|---------------------------|---|---|---|
| | JARAK ANTAR BANGUNAN (M) | 307 | 305 | 420 |
| | JARAK KOMULATIF (m) | 307 | 612 | 1104 |
| ———— | ELEVASI MEDAN / TANGGUL | + 3.561 | + 3.469 | + 3.321 |
| ~~~~~ | ELEVASI MUKA AIR | + 2.781 | + 2.689 + 2.888 | + 2.731 + 2.801 |
| | ELEVASI DASAR SALURAN | + 2.661 | + 2.569 + 2.569 | + 2.421 + 2.321 |
| | DIMENSI SALURAN | Q = 0.072 m ³ /det b = 1.10 m, h = 0.90 m h.air = 0.40 m V = 0.31 m/det I = 0.0002 | Q = 0.197 m ³ /det b = 2.80 m, h = 0.90 m h.air = 0.40 m V = 0.56 m/det I = 0.0004 | Q = 1.259 m ³ /det b = 2.80 m, h = 1.05 m h.air = 0.48 m V = 0.94 m/det I = 0.0009 |



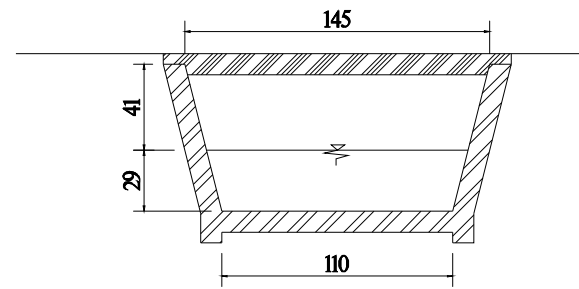
| | NAMA SALURAN | SII C | SII D | SII L2 | |
|----------------------------|-------------------------|---|---|---|-----|
| JARAK ANTAR BANGUNAN (M) | | 196 | 83 | 150 | |
| JARAK KOMULATIF (m) | | | 196 | 279 | 429 |
| ELEVASI MEDAN / TANGGUL | + 2.404 | + 2.287 + 3.067 + 3.287 | + 2.273 + 3.053 + 3.237 | + 2.146 + 2.928 + 3.146 | |
| ELEVASI MUKA AIR | + 3.184 + 3.184 + 3.404 | + 3.067 + 3.067 + 3.287 | + 3.053 + 3.053 + 3.237 | + 2.928 + 2.928 + 3.146 | |
| ELEVASI DASAR SALURAN | + 2.404 | + 2.287 + 3.067 + 3.287 | + 2.273 + 3.053 + 3.237 | + 2.146 + 2.928 + 3.146 | |
| DIMENSI SALURAN | | Q = 0.543 m ³ /det b = 1.00 m, h = 1.00 m h _{,air} = 0.70 m V = 0.85 m/det I = 0.0006 | Q = 0.663 m ³ /det b = 1.00 m, h = 1.00 m h _{,air} = 0.76 m V = 0.87 m/det I = 0.0006 | Q = 0.679 m ³ /det b = 1.00 m, h = 1.00 m h _{,air} = 0.78 m V = 0.88 m/det I = 0.0006 | |



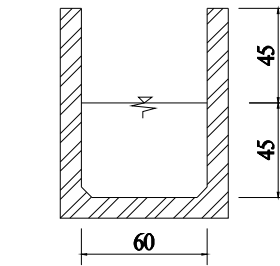
| | NAMA SALURAN | SII A20 | SII I | SII J | SII K2 | SII O |
|---|--------------------------|---|---|---|---|---|
| | JARAK ANTAR BANGUNAN (M) | 202 | 383 | 59 | 72 | 108 |
| | JARAK KOMULATIF (m) | 202 | 585 | 644 | 716 | 824 |
| — | ELEVASI MEDAN / TANGGUL | + 3.505 | + 3.238 | + 3.015 | + 2.956 | + 2.852 |
| — | ELEVASI MUKA AIR | + 2.805 | + 2.724 | + 2.724 | + 2.724 | + 2.692 |
| ▨ | ELEVASI DASAR SALURAN | + 2.605 | + 2.338 | + 2.115 | + 2.056 | + 1.852 |
| | DIMENSI SALURAN | Q = 0.258 m ³ /det b = 2.80 m, h = 0.90 m h.air = 0.20 m V = 0.60 m/det I = 0.0011 | Q = 0.339 m ³ /det b = 2.80 m, h = 0.90 m h.air = 0.25 m V = 0.55 m/det I = 0.0007 | Q = 0.518 m ³ /det b = 2.80 m h = 0.90 m h.air = 0.25 m V = 0.81 m/det I = 0.0010 | Q = 0.601 m ³ /det b = 2.80 m h = 0.90 m h.air = 0.27 m V = 0.84 m/det I = 0.0010 | Q = 1.787 m ³ /det b = 2.80 m, h = 1.00 m h.air = 0.84 m V = 0.76 m/det I = 0.0003 |



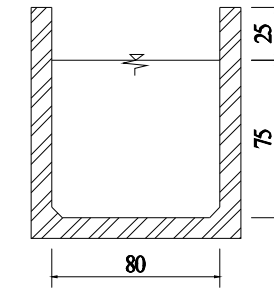
Saluran SIII A7
skala 1 :50



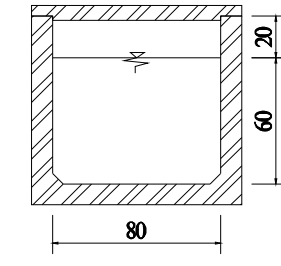
Saluran SIII A9
skala 1 :50



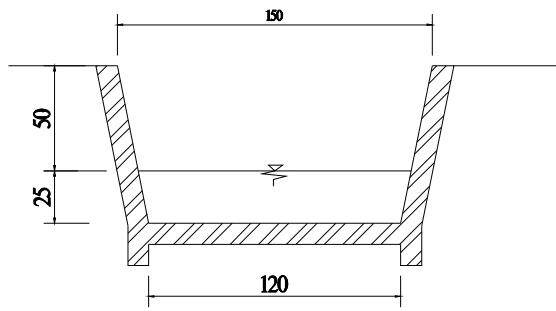
Saluran SII E
skala 1 :50



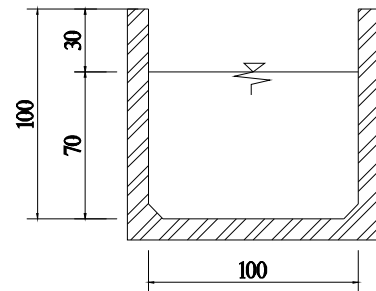
Saluran SII K1
skala 1 :50



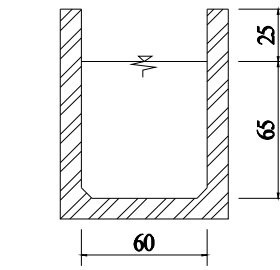
Saluran SIII A16
skala 1 :50



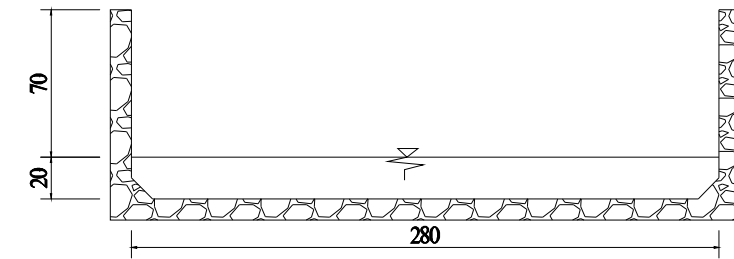
Saluran SIII A8
skala 1 :50



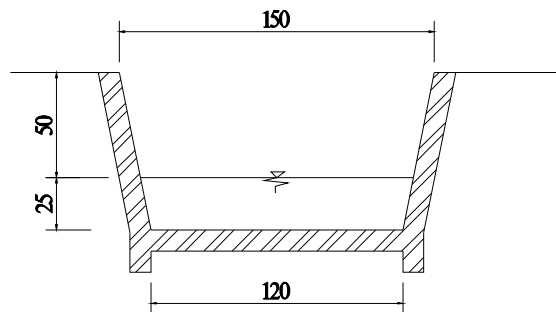
Saluran SII C
skala 1 :50



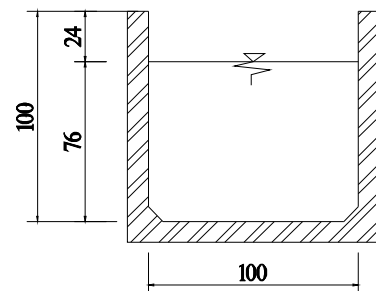
Saluran SII G
skala 1 :50



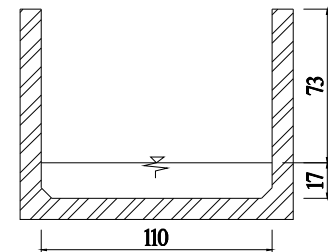
Saluran SII A20
skala 1 :50



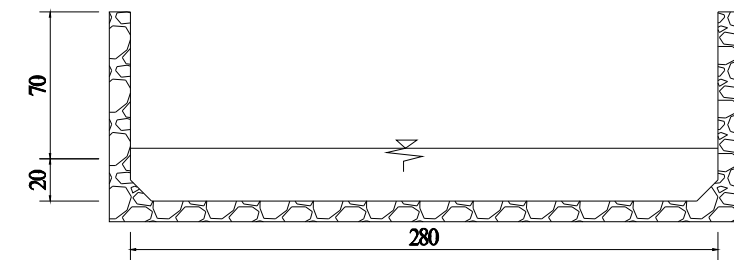
Saluran SIII B
skala 1 :50



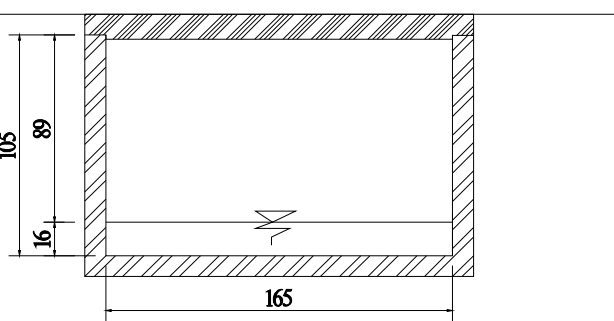
Saluran SII D
skala 1 :50



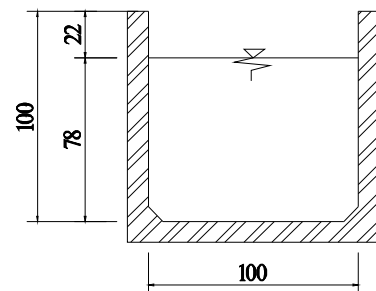
Saluran SIII A18
skala 1 :50



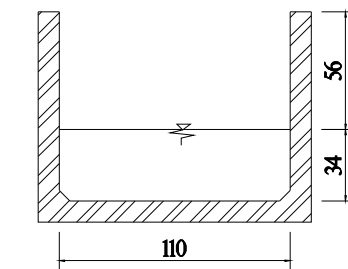
Saluran SII I
skala 1 :50



Saluran SIII A6
skala 1 :50

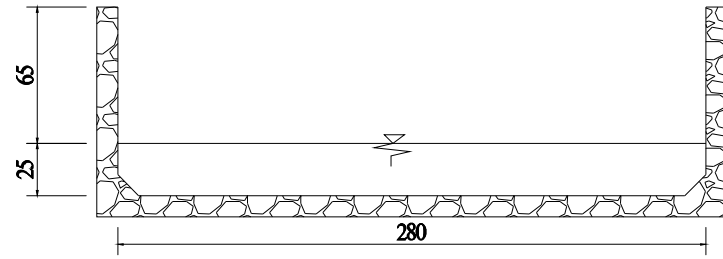


Saluran SII L2
skala 1 :50

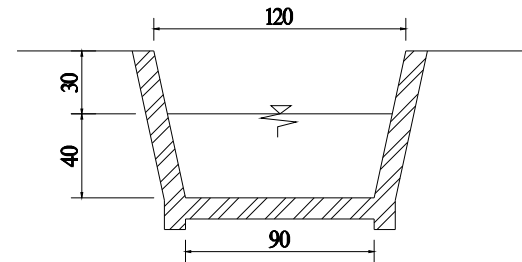


Saluran SII G
skala 1 :50

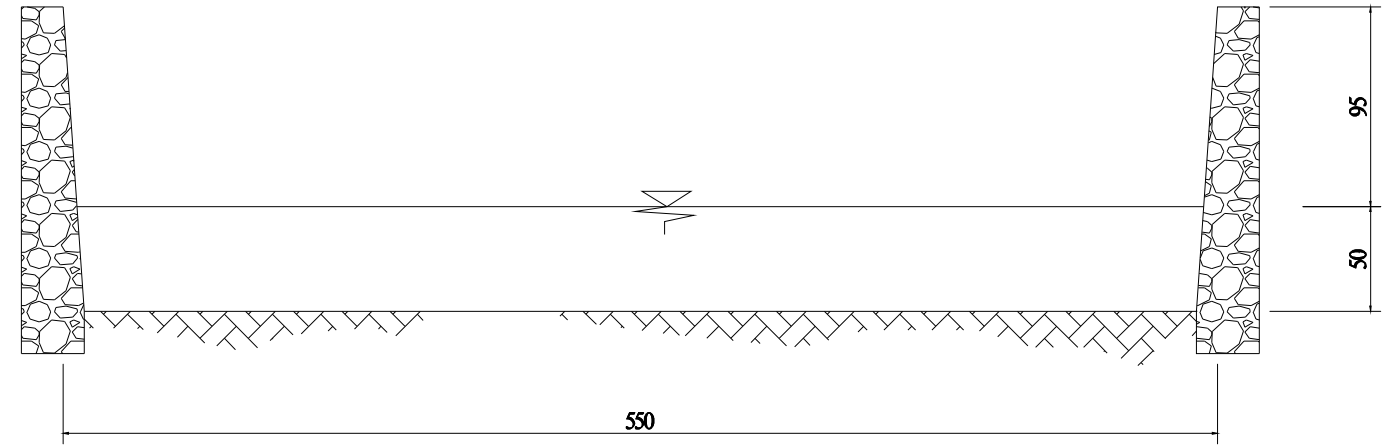
| JUDUL TUGAS AKHIR | NAMA / NRP MAHASISWA | DOSEN PEMBIMBING 1 | JUDUL GAMBAR | SKALA | | REVISI |
|---|---|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------|--------|
| | | | | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | |
| PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA BAGIAN UTARA | YUDHA PRASTAWA ARMANDO 3115 105 006 | Dr.techn. UMBORO LASMINTO, ST, M.Sc | CROSS SECTION SALURAN DRAINASE | 08 | 12 | |
| | | DOSEN PEMBIMBING 2 | | | | |
| | | DR. IR. EDIJATNO | | | | |



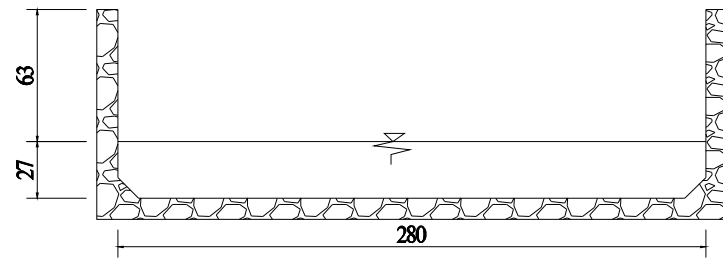
Saluran SII J
skala 1 :50



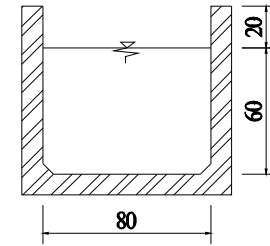
Saluran SIII A3
skala 1 :50



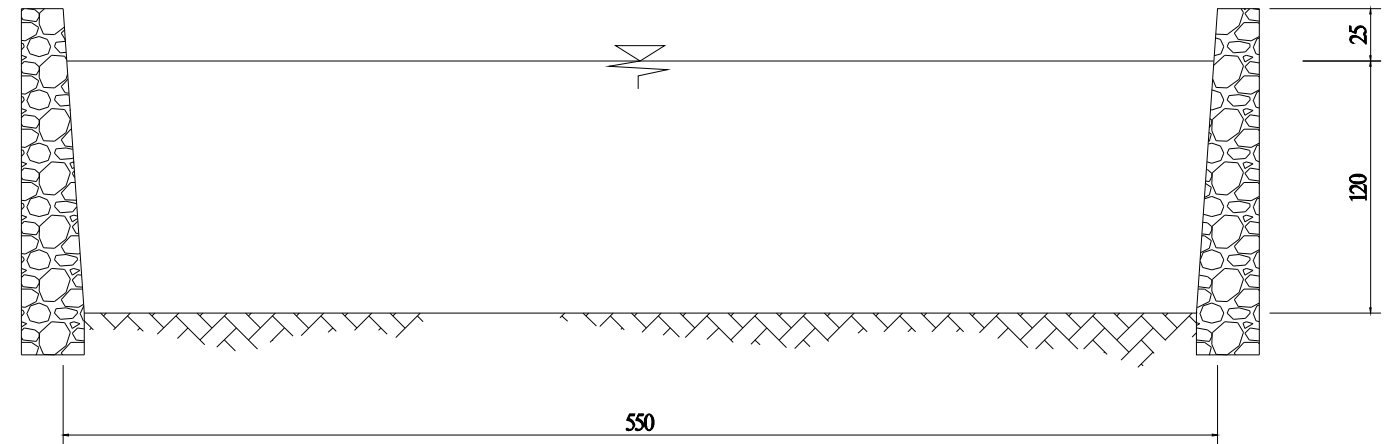
Saluran SI AB
skala 1 :50



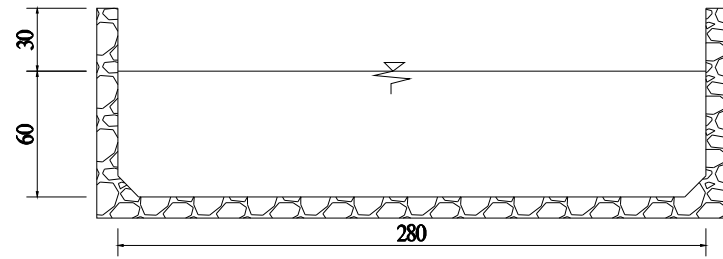
Saluran SII K2
skala 1 :50



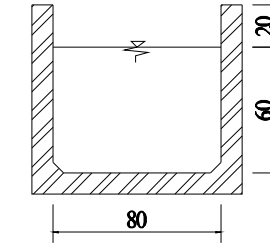
Saluran SII N
skala 1 :50



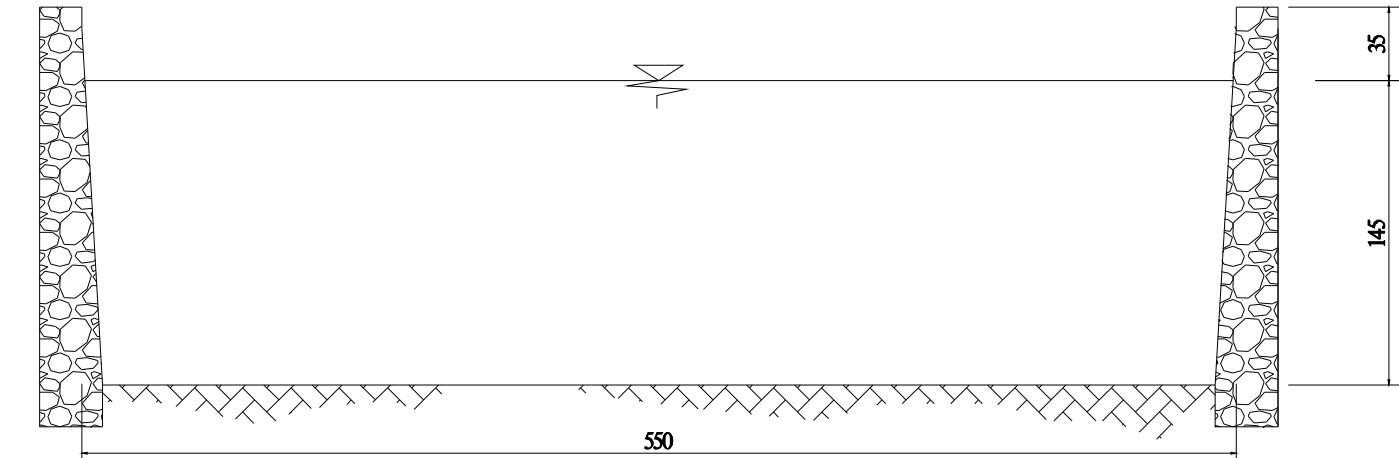
Saluran SI O
skala 1 :50



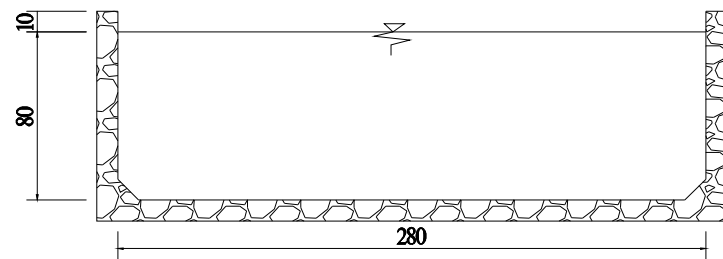
Saluran SII L1
skala 1 :50



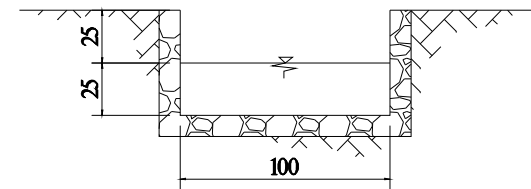
Saluran SII M2
skala 1 :50



Saluran SI ITS P
skala 1 :50

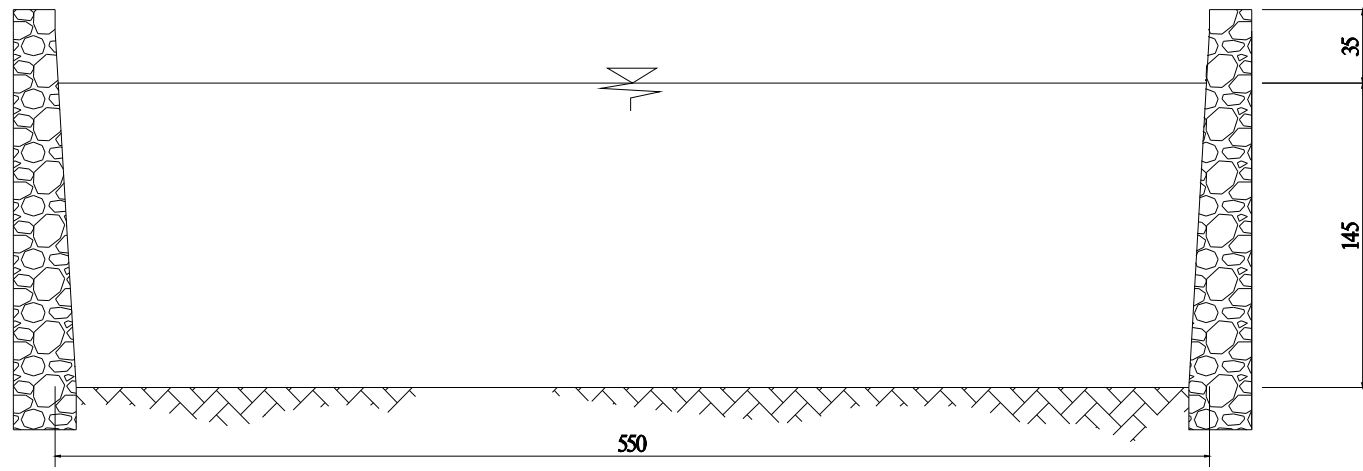


Saluran SII M1
skala 1 :50

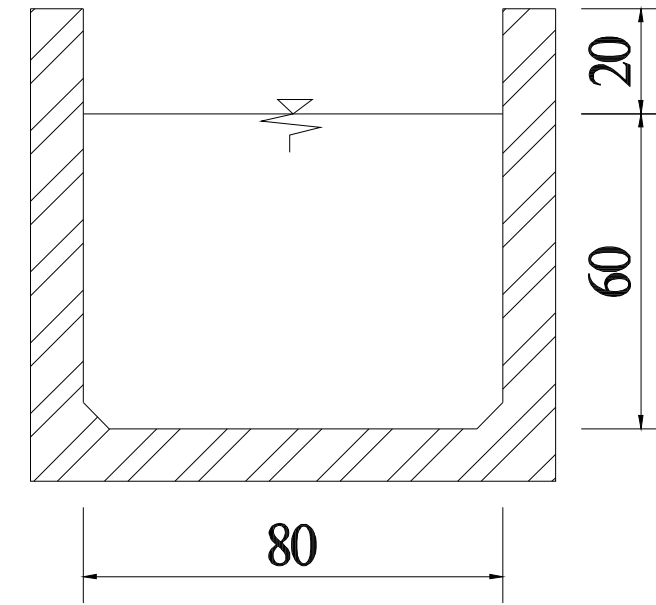


Saluran SIII A1
skala 1 :50

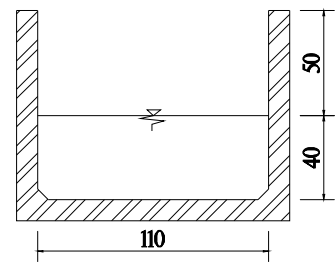
| JUDUL TUGAS AKHIR | NAMA / NRP MAHASISWA | DOSEN PEMBIMBING 1 | JUDUL GAMBAR | SKALA | | REVISI |
|---|---|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------|--------|
| | | | | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | |
| PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA BAGIAN UTARA | YUDHA PRASTAWA ARMANDO 3115 105 006 | Dr.techn. UMBORO LASMINTO, ST, M.Sc | CROSS SECTION SALURAN DRAINASE | 09 | 12 | |
| | | DOSEN PEMBIMBING 2 | | | | |
| | | DR. IR. EDJIATNO | | | | |



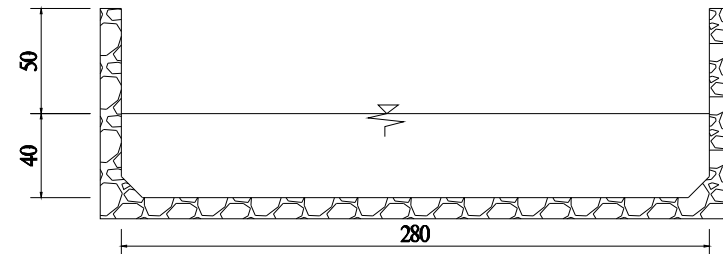
Saluran SI ITS 2
skala 1 :50



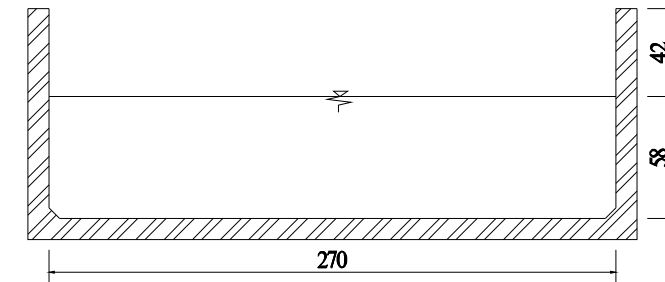
Saluran SIII S
skala 1 :20



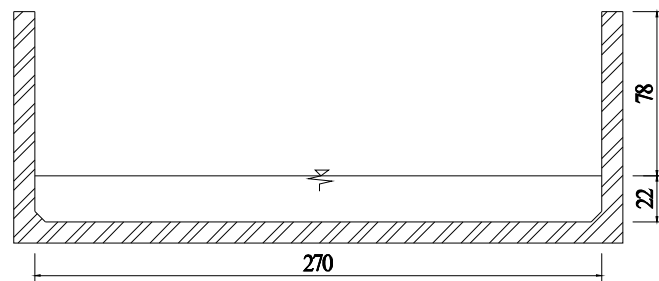
Saluran SII Q
skala 1 :50



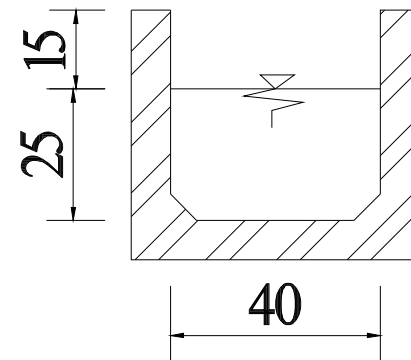
Saluran SII V2
skala 1 :50



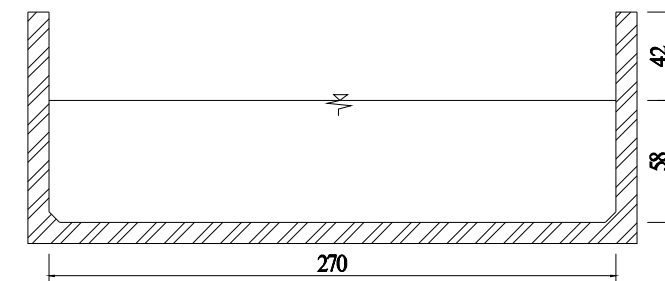
Saluran SII U
skala 1 :50



Saluran SII S
skala 1 :50

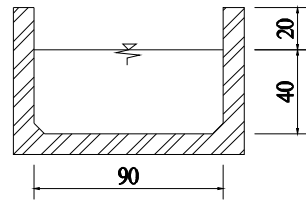


Saluran SII V2
skala 1 :20

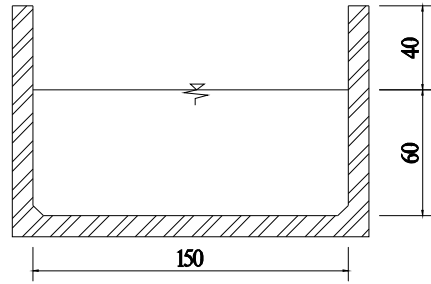


Saluran SII V1
skala 1 :50

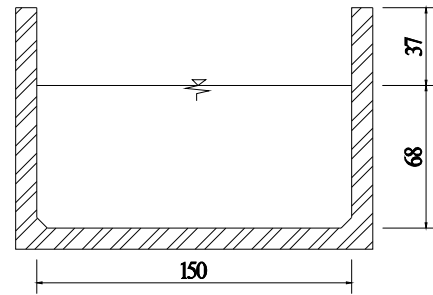
| JUDUL TUGAS AKHIR | NAMA / NRP MAHASISWA | DOSEN PEMBIMBING 1 | JUDUL GAMBAR | SKALA | | REVISI |
|---|---|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------|--------|
| | | | | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | |
| PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA BAGIAN UTARA | YUDHA PRASTAWA ARMANDO 3115 105 006 | Dr.techn. UMBORO LASMINTO, ST, M.Sc | CROSS SECTION SALURAN DRAINASE | 10 | 12 | |
| | | DOSEN PEMBIMBING 2 | | | | |
| | | DR. IR. EDJIATNO | | | | |



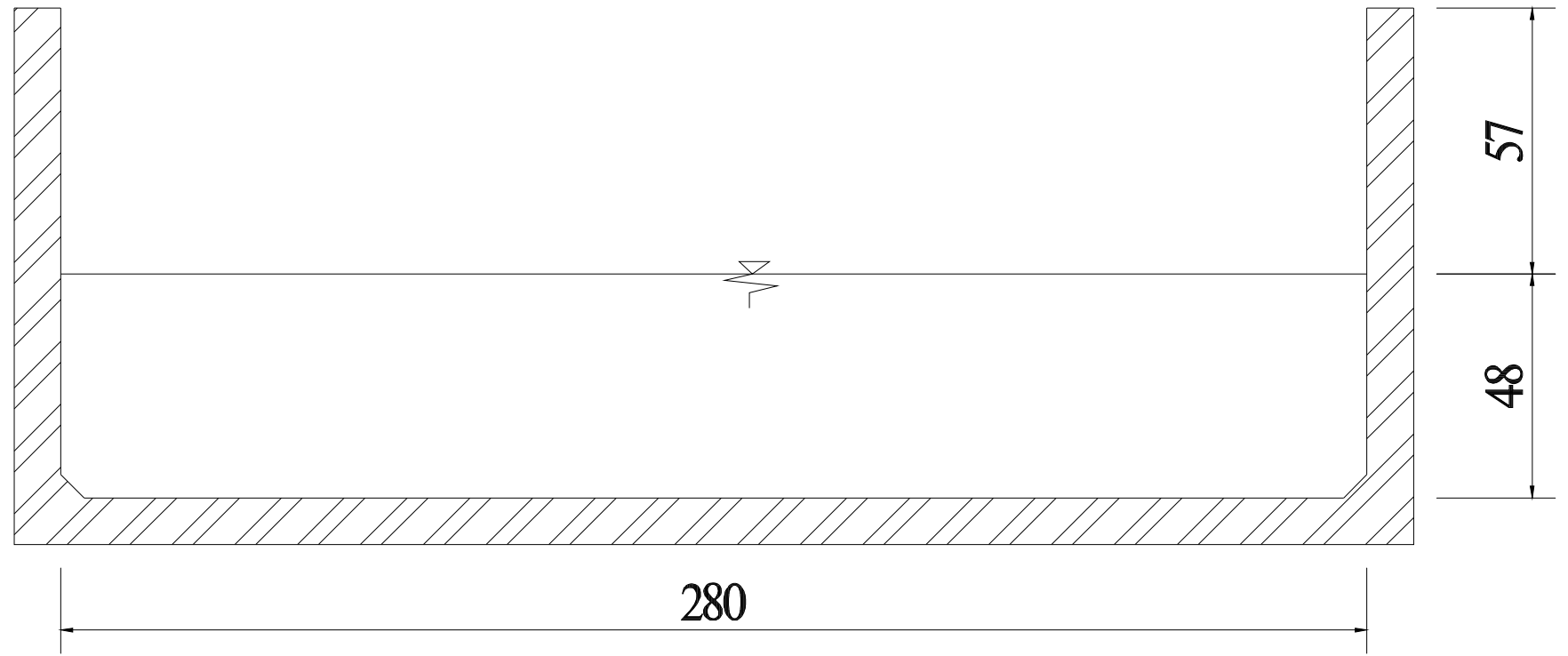
Saluran SII W
skala 1 :50



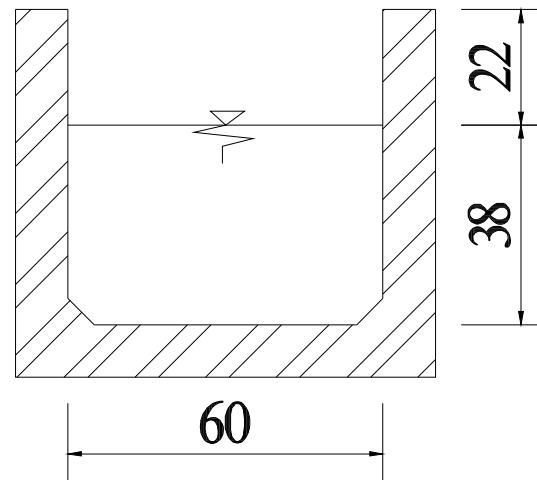
Saluran SII X
skala 1 :50



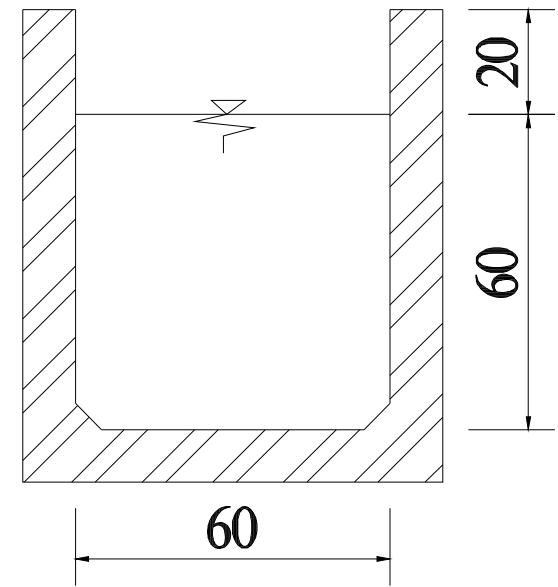
Saluran SII Y2
skala 1 :50



Saluran SII Z
skala 1 :20

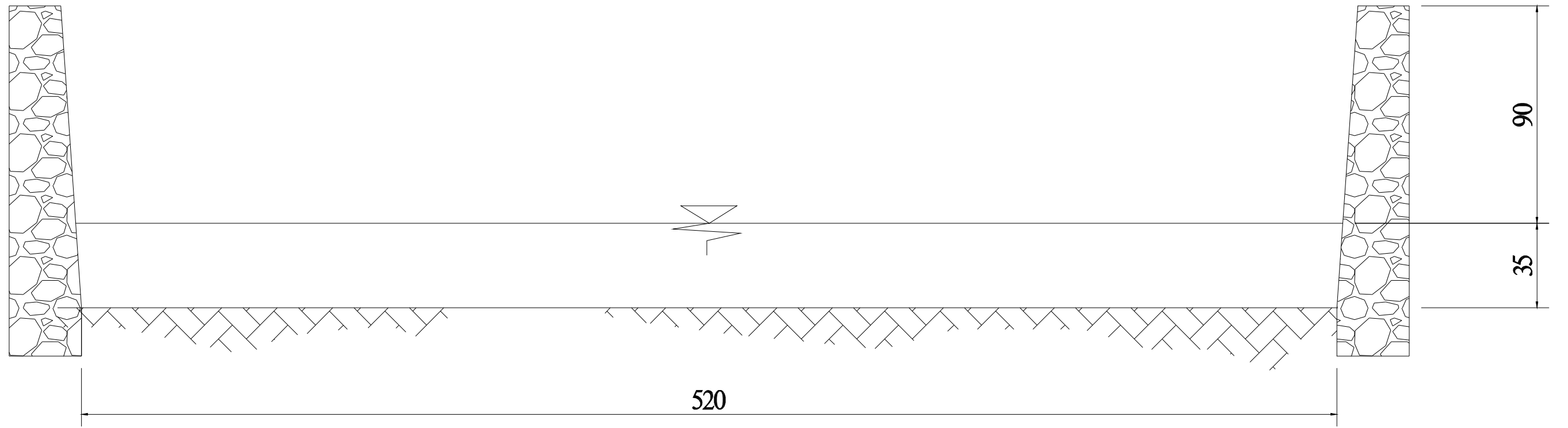


Saluran SIII A31
skala 1 :20

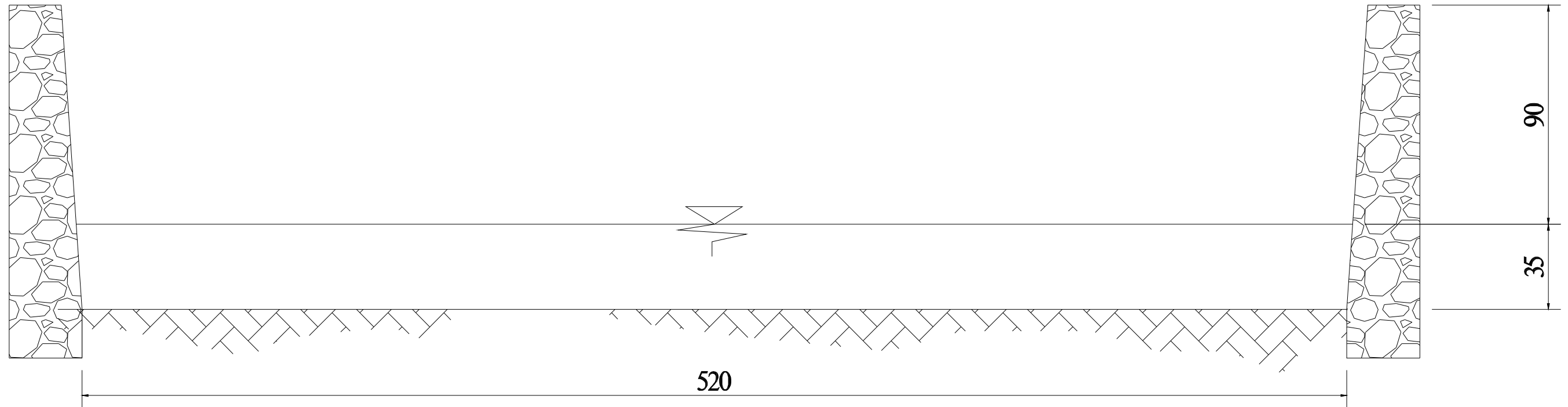


Saluran SIII A32
skala 1 :20

| JUDUL TUGAS AKHIR | NAMA / NRP MAHASISWA | DOSEN PEMBIMBING 1 | JUDUL GAMBAR | SKALA | | REVISI |
|---|---|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------|--------|
| | | | | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | |
| PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA BAGIAN UTARA | YUDHA PRASTAWA ARMANDO 3115 105 006 | Dr.techn. UMBORO LASMINTO, ST, M.Sc | CROSS SECTION SALURAN DRAINASE | 11 | 12 | |
| | | DOSEN PEMBIMBING 2 | | | | |
| | | DR. IR. EDIJATNO | | | | |



Saluran SI AD
skala 1 :50



Saluran SI Z
skala 1 :50

| JUDUL TUGAS AKHIR | NAMA / NRP MAHASISWA | DOSEN PEMBIMBING 1 | JUDUL GAMBAR | SKALA | | REVISI |
|---|---|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------|--------|
| | | | | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | |
| PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA BAGIAN UTARA | YUDHA PRASTAWA ARMANDO 3115 105 006 | Dr.techn. UMBORO LASMINTO, ST, M.Sc | CROSS SECTION SALURAN DRAINASE | 12 | 12 | |
| | | DOSEN PEMBIMBING 2 | | | | |
| | | DR. IR. EDIJATNO | | | | |