



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

PENGEMBANGAN KOLAM RETENSI DALAM UPAYA MEREDUKSI BANJIR KALI JEROAN, KABUPATEN MADIUN

ALFATH TAWAKKAL
NRP. 10 1 1 18 15 0000 58

DOSEN PEMBIMBING 1 :
Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S.
NIP. 19630426 198803 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2 :
Dwi Indriyani S.T., M.T.
NIP. 19810210 201404 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

PENGEMBANGAN KOLAM RETENSI DALAM UPAYA MEREDUKSI BANJIR KALI JEROAN, KABUPATEN MADIUN

**ALFATH TAWAKKAL
NRP. 10 1 1 18 15 0000 58**

**DOSEN PEMBIMBING 1 :
Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S.
NIP. 19630426 198803 1 003**

**DOSEN PEMBIMBING 2 :
Dwi Indriyani S.T., M.T
NIP. 19810210 201404 2 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



APPLIED FINAL PROJECT - VC 181819

**DEVELOPMENT OF RETARDING BAZIN IN
EFFORTS TO REDUCE FLOOD OF JEROAN
RIVER, MADIUN DISTRICT**

**ALFATH TAWAKKAL
NRP. 10 1 1 18 15 0000 58**

**SUPERVISOR 1 :
Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S.
NIP. 19630426 198803 1 003**

**SUPERVISOR 2 :
Dwi Indriyani S.T., M.T.
NIP. 19810210 201404 2 001**

**DIPLOMA IV PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF VOCATIONS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN
PENGEMBANGAN KOLAM RETENSI DALAM UPAYA
MEREDUKSI BANJIR KALI JEROAN, KABUPATEN
MADIUN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar
Sarjana Terapan
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya 2020

Disusun oleh :

Mahasiswa



Alfath Tawakkal

NRP. 10111815000058

Disetujui oleh,

Dosen Pembimbing 1




Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S.

NIP. 19630426 198803 1 003

Dosen Pembimbing 2




Dwi Indriyani S.T., M.T.

NIP. 19810210 201404 2 001



Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS
Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal :

1

Program Studi : D4 Teknik Sipil Lanjut Jenjang

Diinout oleh : Dwi Indriyani, ST., MT.

Bahwa pada hari ini : Senin, 03-Agt-2020

Pukul : 10.00 s/d 12.00

Di tempat : Online Meeting

Telah dilaksanakan sidang Tugas Akhir dengan judul:

PENGEMBANGAN KOLAM RETENSI DALAM UPAYA MEREDUKSI BANJIR KALI JEROAN, KABUPATEN MADIUN

Yang dihadiri dan diresentasikan oleh mahasiswa :

(Hadir / Tidak Hadir)

10111815000058 ALFATH TAWAKKAL

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS.

Hadir

2 Dwi Indriyani, ST., MT.

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Penguji:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 S. Kamilia Aziz, ST., MT.

Hadir

2 Muh. Hafiih Imaaduddin, ST., MT.

Hadir

3

Bahwasanya musyawarah pembimbing dan penguji pada sidang proyek akhir ini memutuskan:

10111815000058 ALFATH TAWAKKAL

LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

S. Kamilia Aziz, ST., MT.

a Elevasi kolam sejajar dasar sungai

b Besar reduksi dijelaskan di pembahasan dan masuk di kesimpulan

c

d

e

f

Muh. Hafiih Imaaduddiin, ST., MT.

hasil Analisa rasionalisasi sebaiknya dipaparkan lebih jelas agar menjadi informasi yang berarti bagi pembaca laporanmu

untuk perhitungan Hidrologimu, sebaiknya dibaca kembali apa peran dari nilai Alpha. kaitannya dengan Luas DAS spt apa.

hydrograph Nakayasu memiliki nilai Kalibrasi yang dibuktikan dengan penggantian nilai Alpha tadi agar nilai akhir dari Ro harus 1 mm. Alpha itu nilai toleransi dari 1,2 - 3 mas Alfath. jadi tidak serta merta harus 2 begitu ya,, Kalibrasi nilai Ro itu yang penting

d
e
f

a
b
c
d
e
f

Tindak lanjut :

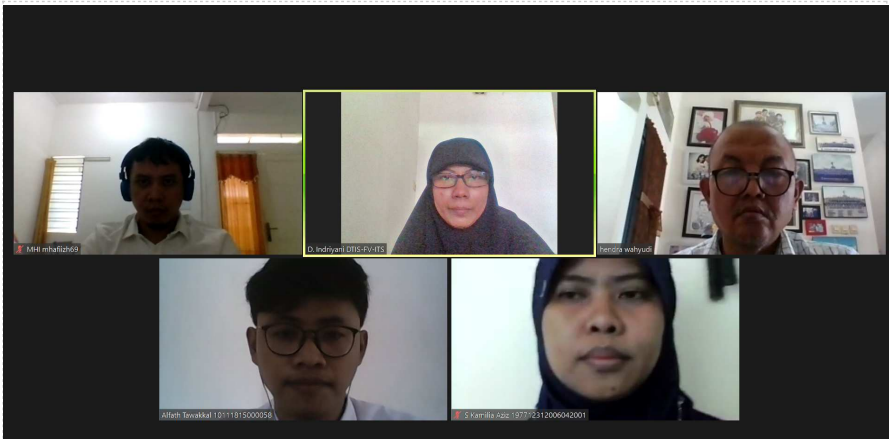
Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

Penutup :

Demikian Berita Acara Sidang Proyek Akhir ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.



ABSTRAK

PENGEMBANGAN KOLAM RETENSI DALAM UPAYA MEREDUKSI BANJIR KALI JEROAN, KABUPATEN MADIUN

Nama : Alfath Tawakkal
NRP : 101115000058
Program Studi : Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S.
NIP : 19630426 198803 1 003
Dosen Pembimbing 2 : Dwi Indriyani S.T., M.T.
NIP : 19810210 201404 2 001

Abstrak :

Banjir merupakan kondisi dimana air tidak dapat di tampung di sebuah saluran atau sumbatan aliran air di saluran pembuangan. Tingginya curah hujan yang menyertai dengan perubahan sistem tataguna lahan dapat meningkatkan permukaan air limpasan yang mengalir dengan cepat sehingga menyebabkan banjir.

Sungai Jeroan dengan DAS-nya termasuk dalam wilayah Kabupaten Madiun, Provinsi Jawa Timur. Sungai Jeroan merupakan anak dari Sungai Bengawan Solo dengan hulu Sungai Jeroan yang terletak di Kecamatan Saradan dan hilir Sungai jeroan yang terletak di Desa Balerejo yang langsung bertemu dengan Sungai Bengawan Solo. Panjang Sungai Jeroan $\pm 34,84$ km dan mempunyai luas DAS $314,34 \text{ km}^2$. Debit yang dapat ditampung sungai adalah sebesar $179,73 \text{ m}^3/\text{dt}$. Selanjutnya direncanakan normalisasi, normalisasi direncanakan sepanjang STA 276 – STA 232 dengan $b = 15 \text{ m}$, $h = 8 \text{ m}$ dan $m = 1$, dan sepanjang STA 228

– STA 0 dengan $b = 20$ m, $h = 8$ m dan $m = 1$ dengan debit yang mampu ditampung sungai sebesar $226,82 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Setelah dilakukan normalisasi, debit yang melewati Sungai tersebut masih belum tertampung seluruhnya ke dalam Sungai, berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode HSS Nakayashu, didapatkan debit dengan kala ulang 25 tahun sebesar $461,20 \text{ m}^3$ untuk DAS Jeroan. Selanjutnya dilakukan penanganan dengan 2 buah kolam retensi, direncanakan kolam retensi dengan kapasitas sebesar $839310,12 \text{ m}^3$ untuk kolam retensi 1 dan $535096,03 \text{ m}^3$ untuk kolam retensi 2, dengan luas area kolam retensi sebesar 111.908 m^2 untuk kolam retensi 1 dan 76.442 m^2 untuk kolam retensi sedangkan untuk pintu air yang direncanakan menggunakan pintu bendung sebanyak 2 unit pada tiap kolam retensi dengan debit yang tereduksi dengan penanganan kolam retensi adalah sebesar $80,16 \text{ m}^3/\text{dt}$ atau sekitar 17%.

Kata kunci : Banjir, Normalisasi, Kolam Retensi

ABSTRACT

Nama : *Alfath Tawakkal*
NRP : *1011150000058*
Program Studi : *Program Studi Diploma IV Teknik Sipil*
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing 1 : *Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S.*
NIP : *19630426 198803 1 003*
Dosen Pembimbing 2 : *Dwi Indriyani S.T., M.T.*
NIP : *19810210 201404 2 001*

Abstract :

Flood was a condition of the water that could not be accommodated in the exhaust duct or the obstruction of water flow in the exhaust duct. The high rainfall that accompanied by alteration of land-using system could increase the runoff water surface that flowed quickly and caused flooding.

The Jeroan River and its watershed are included in Madiun Regency, East Java Province. The Jeroan River is a child of the Bengawan Solo River with the upstream of the Jeroan River which is located in Saradan Subdistrict and the downstream of the Jeroan River which is located in Balerejo Village which directly meets the Bengawan Solo River. The length of the Jeroan River is $\pm 34,84$ km and has a watershed area of $314,34$ km². The discharge that can be accommodated by the river is $179,73$ m³/s, Furthermore, normalization is planned, normalization is planned along STA 276 - STA 232 with $b = 15$ m, $h = 8$ m and $m = 1$ m, and along STA 228 - STA 0 with $b = 20$ m, $h = 8$ m and $m = 1$ with a discharge that can be accommodated by the river of $226,82$ m³/s

After normalization, the discharge that passes through the river is still not completely accommodated into the river, based

on calculations using the HSS Nakayashu method, the discharge with a return period of 25 years is $461,20 \text{ m}^3$ for the offal watershed so that another alternative treatment is needed, namely with 2 pieces. retention pond, planned retention pool with a capacity of $839310,12 \text{ m}^3$ for retention pool 1 and $535096,03 \text{ m}^3$ for retention pond 2, with an area of 111.908 m^2 for retention pool 1 and 76.442 m^2 for retention pond while for the floodgate It is planned to use 2 units in each retention pond with reduced discharge by handling the retention pool amounted to $80.16 \text{ m}^3/\text{s}$ or about 17%.

Key words : flood, normalization, retarding basin.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan petunjuk Hidayah-Nya akhirnya kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Terapan ini dengan judul :

PENGEMBANGAN KOLAM RETENSI DALAM UPAYA MEREDUKSI BANJIR KALI JEROAN, KABUPATEN MADIUN

Laporan Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Diploma IV, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir Terapan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D selaku Kepala Program Studi Jurusan Diploma IV, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S. dan Dwi Indriyani S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran, dan keikhlasan membimbing serta meluangkan waktu untuk saya hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir Terapan ini.
3. BBWS Bengawan Solo, yang bersedia memberikan data seputar tugas akhir yang saya ulas.
4. Keluarga serta Orang Tua yang membantu mendukung hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini
5. Teman-teman Diploma Teknik Infrastruktur Sipil angkatan 2018 dan teman-teman kelas bangunan air lanjut jenjang khususnya atas bantuan do'a serta dukungannya.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan Laporan Tugas Akhir Terapan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu saya mohon maaf atas kesalahan yang kami perbuat karena kurangnya ilmu pada diri saya. Dan saya mengharapkan kritik dan saran membangun dari para pembaca sekalian.

Surabaya, 14 Juli 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan | 2 |
| 1.4. Batasan Masalah | 2 |
| 1.5. Lokasi Studi Tugas Akhir Terapan | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Analisa Hidrologi | 5 |
| 2.1.1. Analisa Curah Hujan Rencana | 5 |
| 2.1.2. Parameter Dasar Statistik..... | 6 |
| 2.1.3. Analisa Distribusi Frekuensi Curah Hujan | 9 |
| 2.1.4. Uji Kecocokan distribusi Frekuensi Curah Hujan | 16 |
| 2.1.5. Debit Banjir Rencana..... | 18 |
| 2.2. Analisa Hidrolika | 25 |
| 2.2.1. Perhitungan Kapasitas Saluran | 26 |
| 2.2.2. Aliran Subkritis, Kritis dan Superkritis | 30 |
| 2.3.3. Kecepatan Aliran | 31 |
| 2.3.2. Debit Aliran | 32 |
| 2.3. Pintu Air | 32 |
| 2.4. Konsep Sistem Kolam Retensi..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.1. Kolam Tampungan | 33 |
| 2.5. Analisis Kerapatan dan Pola Penyebaran Stasiun Hujan Metode Kagan-Rodda | 36 |
| BAB III METODOLOGI | 41 |
| 3.1. Tahap Persiapan | 41 |
| 3.2. Identifikasi Masalah | 41 |
| 3.3. Pengidentifikasian Masalah | 42 |
| 3.3.1. Evaluasi data curah hujan | 42 |
| 3.4. Diagram Alir | 43 |
| BAB IV ANALISA PERHITUNGAN | 45 |
| 4.1. Analisis Hidrologi Eksisting | 45 |
| 4.1.1. Penentuan Curah Hujan Wilayah..... | 45 |
| 4.1.2. Uji Konsistensi Data | 50 |
| 4.1.3. Perhitungan Curah Hujan Rencana..... | 58 |
| 4.1.4. Analisa Frekuensi Perhitungan Distribusi..... | 60 |
| 4.1.5. Pemilihan Jenis Distribusi | 63 |
| 4.1.6. Uji Kecocokan Distribusi..... | 64 |
| 4.1.7. Perhitungan Curah Hujan Rencana..... | 70 |
| 4.1.8. Intensitas Hujan | 71 |
| 4.2. Analisa Hidraulika | 87 |
| 4.2.1. Koefisien Kekasaran Manning..... | 87 |
| 4.2.2. Perhitungan Full Bank Capacity | 88 |
| 4.2.3. Perencanaan Normalisasi | 94 |
| 4.2.4. Analisis Profil Muka Air..... | 98 |
| 4.3. Analisa Retadasi..... | 100 |
| 4.3.1. Pintu Air..... | 100 |

| | | |
|-----------------------------|--|------------|
| 4.3.2. | Pengoperasian Pintu..... | 100 |
| 4.3.3. | Analisis Tampungan | 103 |
| 4.3.4. | Rencana Lokasi Kolam Retensi..... | 108 |
| 4.4. | Perhitungan Kebutuhan Irigasi..... | 113 |
| 4.5. | Analisis Rasionalisasi Pos Hujan | 113 |
| 4.5.1. | Pengolahan Data | 113 |
| 4.5.2. | Analisis Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Standar WMO 115 | |
| 4.5.3. | Analisis Jaringan Stasiun Hujan Rekomendasi..... | 116 |
| 4.5.4. | Analisis Jaringan Kagan-Rodda..... | 116 |
| 4.5.5. | Koefisien Variasi | 118 |
| 4.5.6. | Kesalahan Perataan dan Kesalah Interpolasi | 119 |
| 4.5.7. | Evaluasi Jaringan Stasiun Hujan..... | 121 |
| BAB V PENUTUP | | 125 |
| 4.6. | Kesimpulan | 125 |
| 4.7. | Saran..... | 126 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 127 |
| BIODATA PENULIS..... | | 129 |
| LAMPIRAN | | 130 |

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Parameter Statistik jenis Distribusi | 8 |
| Tabel 2. 2 <i>Reduce Mean</i> (Y_n)..... | 10 |
| Tabel 2. 3 <i>Reduced Standart Deviation</i> (S_n)..... | 11 |
| Tabel 2. 4 Nilai Reduced Variate (Y_t)..... | 12 |
| Tabel 2. 5 Parameter statistik yang menentukan distribusi | 14 |
| Tabel 2. 6 Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson III | 14 |
| Tabel 2. 7 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material | 20 |
| Tabel 2. 8 Koefisien aliran untuk metode Rasional..... | 21 |
| Tabel 2. 9 Nilai koefisien Manning | 31 |
| Tabel 4. 1 Data Stasiun Hujan Balerejo | 46 |
| Tabel 4. 2 Data Stasiun Hujan Caruban | 47 |
| Tabel 4. 3 Data Stasiun Hujan Saradan | 47 |
| Tabel 4. 4 Data Stasiun Hujan Pulehrejo..... | 48 |
| Tabel 4. 5 Data Stasiun Hujan Summersari..... | 48 |
| Tabel 4. 6 Data Stasiun Hujan Wates | 49 |
| Tabel 4. 7 Data Stasiun Hujan Notopuro..... | 49 |
| Tabel 4. 8 Data Stasiun Hujan Kedungrejo | 50 |
| Tabel 4. 9 Perhitungan <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Balerejo ... | 50 |
| Tabel 4.10 Perhitungan <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Caruban .. | 51 |
| Tabel 4.11 Perhitungan <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Saradan ... | 52 |
| Tabel 4.12 Perhitungan <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Pulehrejo. | 53 |
| Tabel 4.13 Perhitungan <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Summersari..... | 54 |
| Tabel 4.14 Perhitungan <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Wates..... | 55 |
| Tabel 4.15 Perhitungan <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Notopuro. | 56 |
| Tabel 4.16 Perhitungan <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan KedungRejo..... | 57 |
| Tabel 4.17 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata | 58 |
| Tabel 4.18 Luasan <i>Thiessen</i> yang berpengaruh..... | 59 |
| Tabel 4. 19 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata | 60 |
| Tabel 4. 20 Perhitungan Distribusi Gumbel | 60 |
| Tabel 4. 21 Perhitungan Distribusi Log Peason III | 62 |
| Tabel 4. 22 Kecocokan Distribusi | 64 |
| Tabel 4. 23 Uji Chi - Kuadrat | 65 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4. 24 Grup Kelas..... | 66 |
| Tabel 4.25 Derajat Kepercayaan | 66 |
| Tabel 4. 26 Perhitungan Nilai D Max..... | 69 |
| Tabel 4.27 Uji Kecocokan..... | 69 |
| Tabel 4.28 Nilai K | 70 |
| Tabel 4.29 Hasil perhitungan intensitas hujan rencana dengan Metode Mononobe..... | 71 |
| Tabel 4. 30 perhitungan curah hujan efektif..... | 75 |
| Tabel 4. 31 Tabel perhitungan hujan jam-jaman | 75 |
| Tabel 4. 32 Tabel perhitungan untuk kurva lengkung naik | 77 |
| Tabel 4.33 Tabel perhitungan untuk kurva lengkung turun tahap I..... | 78 |
| Tabel 4.34 Tabel perhitungan untuk kurva lengkung turun tahap II | 79 |
| Tabel 4.35 Tabel perhitungan untuk kurva lengkung turun tahap III.... | 81 |
| Tabel 4. 36 Perhitungan debit 2 tahun metode HSS Nakayasu | 83 |
| Tabel 4. 37 Perhitungan debit 5 tahun metode HSS Nakayasu | 84 |
| Tabel 4. 38 Perhitungan debit 10 tahun metode HSS Nakayasu | 85 |
| Tabel 4. 39 Perhitungan debit 25 tahun metode HSS Nakayasu | 86 |
| Tabel 4.40 Perhitungan <i>Full Bank Capacity</i> | 91 |
| Tabel 4. 41 Normalisasi Sungai..... | 95 |
| Tabel 4. 42 Perhitungan TMA..... | 99 |
| Tabel 4.43 Perhitungan Tinggi Bukaannya Pintu Kolam Retensi 1 STA 276..... | 102 |
| Tabel 4.44 Perhitungan Tinggi Bukaannya Pintu Kolam Retensi 2 STA 172..... | 103 |
| Tabel 4. 45 Perhitungan volume air yang masuk ke kolam retensi 1 .. | 104 |
| Tabel 4.46 Perhitungan volume air yang masuk ke kolam retensi 2 ... | 105 |
| Tabel 4. 47 Dimensi kolam retensi | 108 |
| Tabel 4.48 Luasan Poligon Thiessen Stasiun Hujan DAS Jeroan | 115 |
| Tabel 4.49 Hasil Analisis Kerapatan Stasiun Hujan berdasarkan Standar | 115 |
| Tabel 4.50 Hasil korelasi antar stasiun hujan DAS Jeroan..... | 117 |
| Tabel 4.51 Hasil korelasi jarak antar stasiun hujan DAS Jeroan..... | 117 |
| Tabel 4.52 Perhitungan jumlah pos, kesalahan perhitungan, kesalahan interpolasi dan jarak antara pos pada DAS Sungai Jeroan... | 119 |
| Tabel 4.53 Hasil Rekomendasi Stasiun Hujan Berdasarkan Metode .. | 122 |
| Tabel 4.54 koordinat pemindahan pos hujan..... | 123 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 2. 1 Penampang Sungai..... | 26 |
| Gambar 2. 2 Potongan Melintang Saluran..... | 27 |
| Gambar 2. 3 potongan melintang saluran..... | 29 |
| Gambar 2. 4 Nilai koefisien C untuk pintu air vertikal | 33 |
| Gambar 2. 5 Kolam Retensi di Samping Sungai | 35 |
| Gambar 2. 6 Kolam retensi tipe di dalam badan Sungai | 36 |
| Gambar 2. 7 Kolam retensi tipe storage memanjang..... | 34 |
| | |
| Gambar 3. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir | 44 |
| Gambar 4.1 Pos stasiun hujan | 45 |
| Gambar 4.2 Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Balerejo | 51 |
| Gambar 4.3 Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Caruban | 52 |
| Gambar 4.4 Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Saradan | 53 |
| Gambar 4.5 Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Pulehrejo..... | 54 |
| Gambar 4.6 Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Sumpersari..... | 55 |
| Gambar 4.7 Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Wates..... | 56 |
| Gambar 4.8 Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Notopuro..... | 57 |
| Gambar 4.9 Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Balerejo | 58 |
| Gambar 4. 10 Pembagian Pos Hujan dengan Metode Poligon Thiessen | 59 |
| Gambar 4.11 Kurva Intensitas Hujan (Sumber : hasil analisis)..... | 73 |
| Gambar 4.12 Grafik Hidrograf Banjir Q2, Q5, dan Q 25..... | 87 |
| Gambar 4.13 Saluran yang ditinjau untuk koefisien kekeasaran Manning..... | 88 |
| Gambar 4.14 Cross STA 279..... | 88 |
| Gambar 4. 15 Cross Normalisasi STA 279 | 94 |
| Gambar 4. 16 Cross STA 172..... | 94 |
| Gambar 4.17 Cross STA 172..... | 98 |
| Gambar 4.18 Hidrograf Debit <i>Inflow & Outflow</i> Kolam Retensi 1..... | 106 |
| Gambar 4.19 Hidrograf Debit <i>Inflow & Outflow</i> Kolam Retensi 2..... | 106 |
| Gambar 4.20 Skema debit yang melewati sungai..... | 107 |
| Gambar 4.21 Potongan Melintang kolam Retensi 1 | 109 |
| Gambar 4. 22 Gambar Potongan Melintang Kolam Retensi 2 | 110 |
| Gambar 4. 23 Gambar layout kolam retensi 1 | 111 |
| Gambar 4. 24 Gambar layout kolam retensi 2..... | 111 |
| Gambar 4.25 Perkiraan lokasi <i>retarding basin</i> DAS Jeroan | 112 |
| Gambar 4.26 Poligon Thiessen Kagan-Rodda..... | 114 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4.27 Grafik Hubungan Antara Jarak Stasiun dan Kolerasi | 118 |
| Gambar 4.28 Sebaran Titik Pos Hujan DAS Jeroan sebelum Reposisi..... | 120 |
| Gambar 4.29 Sebaran Titik Pos Hujan DAS Jeroan Setelah Reposisi | 121 |
| Gambar 4.30 Poligon Theissen Setelah Reposisi Pos Hujan..... | 122 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Banjir di daerah perkotaan dan pesisir yang diakibatkan hujan deras dan tinggi pasang air laut, saat ini menjadi perhatian utama. Demikian pula halnya di Indonesia, fenomena banjir yang disebabkan oleh curah hujan tinggi dan pasang air laut di daerah aliran Sungai yang bermuara di laut seringkali terjadi dan semakin meningkat kejadiannya. Hal tersebut juga terjadi di Sungai Jeroan yang berada di Kabupaten Madiun. Sungai Jeroan memiliki Luas DAS Jeroan adalah 314,340 km² dengan panjang Sungai utama 34,84 km. Bencana banjir di DAS Jeroan terjadi hampir setiap tahun dan semakin meningkat frekuensi kejadiannya dalam setahun serta tak jarang menyebabkan kerugian ekonomi dan korban jiwa.

Sungai Jeroan merupakan salah satu anak Sungai Madiun yang ada di wilayah Kabupaten Madiun. Usaha-usaha pemerintah untuk -meningkatkan kenyamanan daerah agar terbebas dari suatu bencana tanah longsor dan banjir sudah banyak dilakukan diantaranya dengan normalisasi Sungai Jeroan, pembuatan tanggul, parapet, pemasangan pintu kleb dan pompa. Namun karena telah terjadi perubahan alam (tata guna lahan) termasuk perubahan karakteristik Sungai, sehingga hampir setiap tahun terdengar berita khususnya kejadian banjir yang menenggelamkan sarana dan prasarana daerah dan merusak lahan pertanian serta menghanyutkan permukiman penduduk khususnya di bagian hilir Sungai Jeroan. Dimana kejadian banjir ini juga didukung oleh lokasi terjadinya genangan air yang berada di pertemuan Sungai yaitu Sungai Madiun dan Sungai Jeroan. Sungai Madiun juga mempengaruhi Sungai Jeroan terutama pada musim hujan yang mengakibatkan meluapnya Sungai Jeroan akibat terjadinya air pasang dari Sungai Madiun.

Oleh sebab itu dibutuhkan upaya penanganan dalam mengatasi permasalahan yang ada di Sungai Jeroan, yakni berupa normalisasi Sungai dan pembuatan Kolam Retensi sebagai tampungan air sehingga diharapkan dengan adanya upaya ini dapat mengendalikan banjir yang terjadi di Sungai Jeroan.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan melihat uraian dari latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan yang ada adalah sebagai berikut :

- a. Berapa debit banjir rancangan pada Sungai Jeroan
- b. Berapa debit sisa setelah dilakukan normalisasi terhadap Sungai jeroan?
- c. Berapa kapasitas kolam retensi dan dimana titik lokasi kolam retensi yang direncanakan?
- d. Berapa besar debit banjir yang dapat direduksi setelah adanya penanganan dengan kolam retensi?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui debit banjir yang terjadi di Sungai Jeroan
- b. Menghitung debit sisa setelah dilakukan normalisasi terhadap Sungai jeroan.
- c. Menghitung kapasitas kolam retensi dan mencari titik lokasi dari kolam retensi yang direncanakan.
- d. Menghitung debit banjir yang direduksi setelah dilakukan penanganan dengan kolam retensi.

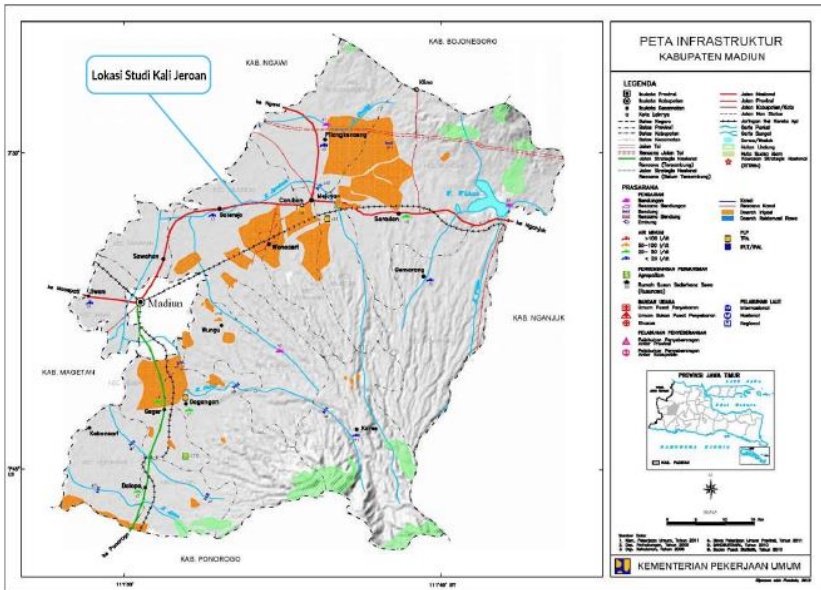
1.4. Batasan Masalah

Penelitian dilakukan di DAS Jeroan dengan cakupan penelitian sebagai berikut

- a. Data Curah Hujan dari tahun 2008 – 2017 (Q25)
- b. Tidak membahas ekonomi teknik.
- c. Tidak membahas pengaruh perubahan tata guna lahan.
- d. Tidak menghitung stabilitas tanggul.
- e. Tidak menganalisa permasalahan social yang ditimbulkan.
- f. Tidak meninjau muka air tanah.

1.5. Lokasi Studi Tugas Akhir Terapan

Lokasi studi Tugas Akhir Terapan berada di DAS Jeroan, Kecamatan Balerejo, Kabupaten Madiun, Propinsi Jawa Timur. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Lokasi Studi Tugas Akhir Terapan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisa Hidrologi

Untuk menyelesaikan persoalan banjir sangat berhubungan dengan aspek hidrologi khususnya masalah hujan sebagai sumber air yang mengalir pada DAS Kali Jeroan dan limpasan sebagai akibat kondisi eksisting kali yang tidak dapat menampung debit yang lewat sehingga analisa hidrologi diperlukan untuk mengetahui debit pengaliran. Besar debit yang dipakai sebagai dasar perencanaan adalah debit hujan rencana

2.1.1. Analisa Curah Hujan Rencana

Data hujan yang diperoleh dari stasiun hujan merupakan hujan yang terjadi pada 1 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 3 cara yang sering digunakan untuk menentukan curah hujan wilayah, yaitu rata-rata aljabar (aritmatik), Poligon *Thiessen*, dan Isohyet.

Dari ketiga metode diatas perlu dipilih metode yang sesuai pada suatu daerah tangkapan air.

1. *Thiessen Poligon*

Dalam analisa ini perhitungan *area rainfall* menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Hal ini disebabkan kondisi stasiun hujan yang tidak merata. Hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah sebagai berikut:

- Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah.
- Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan
- Topografi daerah tidak diperhitungkan.
- Stasiun hujan tidak tersebar merata

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana :

R = Hujan rata-rata daerah (mm)

Rn = Hujan pada pos penakar hujan (mm)

An = Luas daerah pengaruh pos penakar hujan (km^2)

A = Luas total DAS (km^2)

2. *Aritmatic Mean*

Biasanya cara ini dipakai pada daerah yang datar dan banyak stasiun penakar hujan dan dengan anggapan bahwa daerah tersebut sifat curah hujannya seragam. Cara ini digunakan apabila

- Daerah tersebut berada pada daerah yang datar
- Penempatan alat ukur tersebar merata
- Variasi curah hujan sedikit dari harga tengahnya

Cara penghitungannya sebagai berikut :

$$R = \frac{1}{n} + (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \text{ atau } R)$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n R_1$$

Dimana :

R = Tinggi hujan rata-rata daerah aliran

$R_1 R_2 R_3 R_n$ = Tinggi hujan masing-masing stasiun

N = Banyaknya stasiun

Hal ini disebabkan kondisi stasiun hujan yang tidak merata. Hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah sebagai berikut :

- Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah.
- Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan
- Topografi daerah tidak diperhitungkan.
- Stasiun hujan tidak tersebar merata

2.1.2. 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 :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Ri$$

Dimana :

\bar{X} = rerata (mm)
 Ri = variable random (mm)
 N = jumlah data

Sumber: Triatmojo, 2008

- Standar Deviasi

Standar Deviasi dapat digunakan untuk mengetahui variabilitas dari distribusi. Semakin besar standart deviasinya maka semakin besar penyebaran dari distribusi. Nilai standart deviasi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

S = Deviasi standart
 Xi = Nilai varian ke i
 X = Nilai rata-rata varian
 n = Jumlah data

Sumber : Soewarno, 1995

- Koefisien Skewness (Cs)

Koefisien Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Nilai koefisien skeweness dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3$$

Dimana :

CS = Koefesien Skewness
 Xi = Nilai varian ke i
 \bar{X} = Nilai rata-rata varian
 n = Jumlah data

S = Deviasi standar

Sumber : Triatmojo, 2008

- Koefisien Kurtosis (Ck)

Koefisien Keruncingan (kurtosis) dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Nilai koefisien kurtosis dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4 \times S$$

Dimana :

Ck = Koefisien Kurtosis

Xi = Nilai varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S = Deviasi standar

Sumber : Triatmojo, 2008

- Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi. Nilai koefisien variasi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

Dimana :

CV = Koefisien variasi

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

Perhitungan curah hujan rencana dihitung dengan analisis distribusi frekuensi. Distribusi yang digunakan adalah distribusi normal, distribusi gumbel dan distribusi *log person type III*.

Adapun syarat-syarat parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Parameter Statistik jenis Distribusi

| No | Distribusi | Persyaratan |
|----|------------|-----------------------------|
| 1 | Normal | Cs = 0 Ck = 3 |
| 2 | Log Normal | Cs = Cv ³ + 3 Cv |

| | | |
|---|----------------------------|---|
| | | $C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$ |
| 3 | Gumbel | $C_s = 1.14$ |
| | | $C_k = 5.4$ |
| 4 | <i>Log Person Type III</i> | Selain dari nilai diatas / flexibel |

Sumber : Triatmodjo, 2008

2.1.3. Analisa Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar tahunan yang terjadi pada periode ulang tertentu. Perhitungan hujan rencana dipakai metode antara lain :

a. Metode Distribusi Normal

Rumus dasar yang digunakan dalam menggunakan analisa distribusi normal adalah :

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

$$V = \frac{\sum_{i=L}^n X_i}{n}$$

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^n (x_i - \bar{X})^2}}{n}$$

Dimana :

X_i = Curah hujan dengan periode ulang T tahun

X = Curah hujan rata-rata harian maksimum selama tahun pengamatan

S = Standart Deviasi

K = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik dari distribusi peluang yang digunakan untuk analisa peluang.

Sumber : Soewarno, 1995

b. Metode Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekwensi banjir. Distribusi Gumbel

mempunyai koefisien kemencengan (*Coeffisien of skwenes*) atau CS = 1,14.

Dalam perhitungan rumus yang dipakai untuk metode distribusi gumbel adalah :

$$X_T = \bar{X} + K.Sd$$

Dimana :

X_T = Curah hujan rancangan untuk periode ulang pada T tahun

X = Nilai rata-rata dari data hujan

Sd = Standart deviasi

K = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang dan

tipe distribusi frekuensi

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dihitung dengan rumus :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$Y_t = \ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\}$$

Y_T = Reduce mean

Y_n = Reduce Standart Deviasi sebagai fungsi dari banyaknya data n

S_n = Parameter Gumbel periode T tahun

N = Jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2.2 Reduce Mean (Y_n)

| N | Y_n | N | Y_n | N | Y_n | N | Y_n |
|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|
| 10 | 0.4952 | 15 | 0.5128 | 20 | 0.5236 | 25 | 0.5309 |
| 11 | 0.4996 | 16 | 0.5157 | 21 | 0.5252 | 26 | 0.532 |
| 12 | 0.5035 | 17 | 0.5181 | 22 | 0.5268 | 27 | 0.5332 |
| 13 | 0.5070 | 18 | 0.5202 | 23 | 0.5283 | 28 | 0.5342 |
| 14 | 0.5100 | 19 | 0.522 | 24 | 0.5296 | 29 | 0.5353 |

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Tabel 2.3 *Reduced Standart Deviation (Sn)*

| N | Sn | N | Sn | N | Sn | N | Sn |
|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|
| 10 | 0,9496 | 15 | 1,0206 | 20 | 1,0628 | 25 | 1,0915 |
| 11 | 0,9676 | 16 | 1,0136 | 21 | 1,0696 | 26 | 1,1961 |
| 12 | 0,9833 | 17 | 1,0411 | 22 | 1,0754 | 27 | 1,1004 |
| 13 | 0,9971 | 18 | 1,0493 | 23 | 1,0811 | 28 | 1,1047 |
| 14 | 1,0095 | 19 | 1,0565 | 24 | 1,0864 | 29 | 1,1086 |

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

c. Metode Distribusi Log Person Type III

Distribusi Pearson Tipe III digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flows*). Distribusi Pearson Tipe III digunakan apabila nilai CS tidak memenuhi untuk Distribusi Gumbel maupun Distribusi Normal. Tiga parameter yang paling penting dalam Log Pearson Tipe III yaitu harga rata-rata, simpangan baku dan koefisien kemencengan. Berikut langkah-langkah penggunaan distribusi Log Pearson Type III :

- Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$.
- Menghitung harga rata-rata :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X}{n}$$

- Menghitung harga simpangan baku :

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

- Persamaan metode Log Pearson III :

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

Dimana :

K = variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G.

Tabel 2. 4 Daftar Harga Sn

| N | Sn | N | Sn | N | Sn | N | Sn |
|----|--------|----|--------|----|--------|-----|-------|
| 10 | 0,949 | 33 | 11,226 | 56 | 11,696 | 79 | 1,193 |
| 11 | 0,967 | 34 | 11,255 | 57 | 11,708 | 80 | 1,194 |
| 12 | 0,983 | 35 | 11,287 | 58 | 11,721 | 81 | 1,195 |
| 13 | 0,997 | 36 | 11,313 | 59 | 11,734 | 82 | 1,195 |
| 14 | 1,009 | 37 | 11,339 | 60 | 11,747 | 83 | 1,196 |
| 15 | 1,020 | 38 | 11,363 | 61 | 11,759 | 84 | 1,197 |
| 16 | 10,316 | 39 | 11,388 | 62 | 1,177 | 85 | 1,197 |
| 17 | 10,411 | 40 | 11,413 | 63 | 11,782 | 86 | 1,199 |
| 18 | 10,493 | 41 | 11,436 | 64 | 11,793 | 87 | 1,199 |
| 19 | 10,565 | 42 | 11,458 | 65 | 11,803 | 88 | 1,199 |
| 20 | 10,628 | 43 | 1,148 | 66 | 11,814 | 89 | 1,200 |
| 21 | 10,696 | 44 | 11,499 | 67 | 11,824 | 90 | 1,201 |
| 22 | 10,754 | 45 | 11,519 | 68 | 11,834 | 91 | 1,201 |
| 23 | 10,811 | 46 | 11,538 | 69 | 11,844 | 92 | 1,202 |
| 24 | 10,864 | 47 | 11,557 | 70 | 11,854 | 93 | 1,203 |
| 25 | 10,915 | 48 | 11,574 | 71 | 11,854 | 94 | 1,203 |
| 26 | 10,861 | 49 | 1,159 | 72 | 1,187 | 95 | 1,204 |
| 27 | 11,004 | 50 | 11,607 | 73 | 1,188 | 96 | 1,204 |
| 28 | 11,047 | 51 | 11,623 | 74 | 1,189 | 97 | 1,205 |
| 29 | 11,086 | 52 | 11,638 | 75 | 1,19 | 98 | 1,206 |
| 30 | 11,124 | 53 | 11,658 | 76 | 1,191 | 99 | 1,206 |
| 31 | 11,159 | 54 | 11,667 | 77 | 1,192 | 100 | 1,207 |
| 32 | 11,193 | 55 | 11,181 | 78 | 1,192 | | |

(Sumber : Triatmodjo, 2008: 227)

Tabel 2. 5 Daftar harga Yn

| N | Yn | N | Yn | N | Yn | N | Yn |
|----|--------|----|--------|----|-------|-----|-------|
| 10 | 0,4952 | 33 | 0,5388 | 56 | 0,551 | 79 | 0,556 |
| 11 | 0,4996 | 34 | 0,5396 | 57 | 0,551 | 80 | 0,556 |
| 12 | 0,504 | 35 | 0,5402 | 58 | 0,552 | 81 | 0,557 |
| 13 | 0,5035 | 36 | 0,541 | 59 | 0,552 | 82 | 0,557 |
| 14 | 0,51 | 37 | 0,5418 | 60 | 0,552 | 83 | 0,557 |
| 15 | 0,5128 | 38 | 0,5424 | 61 | 0,553 | 84 | 0,557 |
| 16 | 0,5157 | 39 | 0,543 | 62 | 0,553 | 85 | 0,557 |
| 17 | 0,5181 | 40 | 0,5436 | 63 | 0,553 | 86 | 0,558 |
| 18 | 0,5202 | 41 | 0,544 | 64 | 0,554 | 87 | 0,558 |
| 19 | 0,522 | 42 | 0,545 | 65 | 0,554 | 88 | 0,558 |
| 20 | 0,5236 | 43 | 0,545 | 66 | 0,554 | 89 | 0,558 |
| 21 | 0,5252 | 44 | 0,546 | 67 | 0,554 | 90 | 0,558 |
| 22 | 0,5268 | 45 | 0,546 | 68 | 0,555 | 91 | 0,558 |
| 23 | 0,5283 | 46 | 0,547 | 69 | 0,555 | 92 | 0,558 |
| 24 | 0,5296 | 47 | 0,547 | 70 | 0,555 | 93 | 0,559 |
| 25 | 0,5309 | 48 | 0,548 | 71 | 0,552 | 94 | 0,559 |
| 26 | 0,532 | 49 | 0,548 | 72 | 0,555 | 95 | 0,559 |
| 27 | 0,5332 | 50 | 0,549 | 73 | 0,555 | 96 | 0,559 |
| 28 | 0,5343 | 51 | 0,549 | 74 | 0,555 | 97 | 0,559 |
| 29 | 0,5353 | 52 | 0,549 | 75 | 0,555 | 98 | 0,559 |
| 30 | 0,5362 | 53 | 0,55 | 76 | 0,556 | 99 | 0,559 |
| 31 | 0,5371 | 54 | 0,55 | 77 | 0,556 | 100 | 0,560 |
| 32 | 0,538 | 55 | 0,55 | 78 | 0,556 | | |

(Sumber : Triatmodjo, 2008: 227)

Tabel 2.6 Nilai Reduced Variate (Yt)

| Periode Ulang | Reduced Variate |
|---------------|-----------------|
| 2 | 0,3668 |
| 5 | 1,5004 |
| 10 | 2,2510 |
| 20 | 2,9709 |
| 25 | 3,1993 |
| 50 | 3,9028 |
| 100 | 4,6012 |

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Tabel 2.7 Parameter statistik yang menentukan distribusi

| Distribusi | Parameter Statistik | Syarat Nilai |
|------------------------|---------------------|--------------|
| Gumbel | Cs | Cs = 1.14 |
| | Ck | Ck = 5.4 |
| Log Person Type III | Cs | Bebas |
| | Ck | Bebas |

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Tabel 2.8 Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson III

| Cs | Tahun (Periode Ulang) | | | | | | |
|------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| 2,00 | -0,31 | 0,61 | 1,30 | 2,22 | 2,91 | 3,55 | 4,29 |
| 1,90 | -0,29 | 0,64 | 1,31 | 2,21 | 2,89 | 3,45 | 4,22 |
| 1,80 | -0,28 | 0,66 | 1,32 | 2,19 | 2,85 | 3,44 | 4,15 |
| 1,70 | -0,27 | 0,67 | 1,32 | 2,18 | 2,81 | 3,39 | 4,07 |
| 1,60 | -0,25 | 0,69 | 1,33 | 2,16 | 2,78 | 3,33 | 3,99 |
| 1,50 | -0,24 | 0,70 | 1,33 | 2,14 | 2,74 | 3,33 | 3,91 |
| 1,40 | -0,22 | 0,72 | 1,34 | 2,13 | 2,71 | 3,27 | 3,89 |
| 1,30 | -0,21 | 0,73 | 1,34 | 2,11 | 2,67 | 3,21 | 3,74 |
| 1,20 | -0,19 | 0,74 | 1,34 | 2,09 | 2,63 | 3,15 | 3,66 |

| Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III (Lanjutan) | | | | | | | |
|--|-------|------|------|------|------|------|------|
| Tahun (Periode Ulang) | | | | | | | |
| 1,10 | -0,18 | 0,76 | 1,34 | 2,01 | 2,58 | 3,08 | 3,57 |
| 10 | -0,16 | 0,77 | 1,34 | 2,04 | 2,54 | 3,02 | 3,48 |
| 0,90 | -0,15 | 0,77 | 1,34 | 2,02 | 2,49 | 2,95 | 3,40 |
| 0,80 | -0,13 | 0,78 | 1,37 | 1,99 | 2,53 | 2,89 | 3,31 |
| 0,70 | -0,17 | 0,79 | 1,33 | 1,96 | 2,40 | 2,82 | 3,22 |
| 0,60 | -0,01 | 0,8 | 1,33 | 1,94 | 2,39 | 2,75 | 3,13 |
| 0,50 | -0,08 | 0,81 | 1,32 | 1,91 | 2,31 | 2,68 | 3,04 |
| 0,40 | -0,07 | 0,81 | 1,32 | 1,88 | 2,26 | 2,61 | 2,94 |
| 0,30 | -0,05 | 0,82 | 1,31 | 1,85 | 2,21 | 2,54 | 2,85 |
| 0,20 | -0,03 | 0,83 | 1,30 | 1,81 | 2,15 | 2,47 | 2,76 |
| 0,10 | -0,02 | 0,87 | 1,29 | 1,78 | 2,10 | 2,42 | 2,67 |
| 0,00 | 0,01 | 0,84 | 1,28 | 1,75 | 2,05 | 2,32 | 2,57 |
| -0,10 | 0,03 | 0,85 | 1,26 | 1,68 | 1,94 | 2,17 | 2,38 |
| -0,20 | 0,05 | 0,85 | 1,24 | 1,64 | 1,89 | 2,10 | 2,29 |
| -0,30 | 0,07 | 0,85 | 1,23 | 1,60 | 1,83 | 2,02 | 2,20 |
| -0,40 | 0,08 | 0,86 | 1,22 | 1,56 | 1,77 | 1,95 | 2,10 |
| -0,50 | 0,01 | 0,86 | 1,22 | 1,52 | 1,72 | 1,88 | 2,01 |
| -0,60 | 0,17 | 0,86 | 1,18 | 1,48 | 1,66 | 1,80 | 1,92 |
| -0,70 | 0,13 | 0,85 | 1,17 | 1,48 | 1,60 | 1,73 | 1,83 |
| -0,80 | 0,15 | 0,85 | 1,15 | 1,40 | 1,54 | 1,66 | 1,74 |
| -0,90 | 0,16 | 0,85 | 1,13 | 1,36 | 1,49 | 1,58 | 1,66 |
| -1,00 | 0,18 | 0,85 | 1,11 | 1,32 | 1,43 | 1,51 | 1,58 |
| -1,10 | 0,19 | 0,84 | 1,09 | 1,28 | 1,32 | 1,44 | 1,50 |
| -1,20 | 0,21 | 0,85 | 1,06 | 1,24 | 1,27 | 1,38 | 1,42 |
| -1,30 | 0,22 | 0,83 | 1,04 | 1,19 | 1,21 | 1,31 | 1,35 |
| -1,40 | 0,24 | 0,82 | 1,02 | 1,15 | 1,16 | 1,25 | 1,28 |

| Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III (Lanjutan) | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Tahun (Periode Ulang) | | | | | | | |
| -1,50 | 0,22 | 0,81 | 0,99 | 1,11 | 1,06 | 1,19 | 1,21 |
| -1,60 | 0,26 | 0,80 | 0,97 | 1,07 | 1,02 | 1,14 | 1,15 |
| -1,70 | 0,28 | 0,79 | 0,94 | 1,03 | 0,98 | 1,08 | 1,09 |
| -1,80 | 0,29 | 0,78 | 0,92 | 0,99 | 0,93 | 1,03 | 1,04 |
| -1,90 | 0,30 | 0,77 | 0,89 | 0,95 | 0,92 | 0,99 | 0,99 |
| -2,00 | 0,31 | 0,76 | 0,86 | 0,92 | 0,86 | 0,94 | 0,94 |

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

2.1.4. Uji Kecocokan distribusi Frekuensi Curah Hujan

a. Metode Chi – Kuadrat

Chi-kuadrat yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Nilai chi-kuadrat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

X^2 = Harga Chi-Kuadrat hitungan

G = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan data pada sub kelompok ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Adapun prosedur pengujian Chi-kuadrat adalah sebagai berikut :

- Urutkan data pengamatan dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya
- Hitung jumlah kelas yang ada yaitu $G = 1 + 1,33 \ln(n)$
- Dalam pembagian kelas disarankan agar dalam masing-masing kelas terdapat minimal tiga buah data pengamatan.

- Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$ untuk distribusi normal dan binomial, untuk distribusi poisson dan Gumbel nilai $R = 1$)
- Nilai $E_i = \frac{\text{jumlah data (n)}}{G}$
- Tentukan nilai O_i untuk masing-masing kelas yaitu

$$\Delta X = \frac{(X_{\text{maks}} - X_{\text{min}})}{(G - 1)}$$
- Jumlah seluruh G Sub-group $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi-kuadrat hitungan

Tabel 2. 9 Nilai K Chi-Kuadrat

| DK | Taraf Signifikasi | | | | | | | |
|----|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 100 % | 90% | 50% | 30% | 20% | 10% | 5% | 1% |
| 1 | 0 | 0.016 | 0.445 | 1.074 | 1.642 | 2.706 | 3.841 | 6.635 |
| 2 | 0.01 | 0.211 | 1.366 | 2.408 | 3.219 | 4.605 | 5.991 | 9.21 |
| 3 | 0.072 | 0.584 | 2.366 | 3.665 | 4.642 | 6.251 | 7.815 | 11.345 |
| 4 | 0.207 | 1.064 | 3.357 | 4.878 | 5.989 | 7.779 | 9.488 | 13.277 |
| 5 | 0.412 | 1.61 | 4.351 | 6.056 | 7.289 | 0.236 | 11.07 | 15.086 |
| 6 | 0.676 | 2.402 | 5.348 | 7.231 | 8.558 | 10.645 | 12.592 | 16.812 |
| 7 | 0.989 | 2.833 | 6.346 | 8.383 | 9.803 | 12.017 | 14.067 | 18.475 |
| 8 | 1.344 | 3.49 | 7.344 | 9.524 | 11.030 | 13.362 | 15.507 | 20.09 |
| 9 | 1.735 | 4.168 | 8.343 | 10.656 | 12.242 | 14.684 | 16.919 | 21.666 |
| 10 | 2.156 | 4.865 | 9.342 | 11.781 | 13.442 | 15.987 | 18.307 | 23.209 |

(Sumber : Triatmodjo, 2008: 240)

b. Metode Smirnov Kolmogorov

Dikenal dengan uji kecocokan non-parametric karena pengukurannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun prosedurnya pengujian adalah sebagai berikut :

- Urutkan data terbesar ke data terkecil atau sebaliknya dan tentukan peluangnya dari masing-masing data tersebut $P(X_i)$

$$P(X_i) = \frac{m}{n-1} \text{ dan } P(X <) = 1 - P(X_i)$$

- Tentukan nilai variabel reduksi $F(t)$

$$F(t) = \frac{(X - \bar{X})}{S}$$

- Tentukan peluang teoritis $P'(X_i)$ dari nilai $F(t)$ dengan tabel $P'(X_i) = 1 - \text{nilai } F(t)$ dari tabel dan $P'(X <) = 1 - P'(X_i)$
- Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih antara pengamatan dan peluang teoritis. $D_{maks} = P(X_i <) - P'(X_i <)$
- Berdasarkan tabel nilai kritis Smirnov-Kolmogorof tentukan harga D_o .

Intepresentasi hasilnya adalah :

- Apabila $D_{maks} < D_o$ maka distribusi yang digunakan dapat diterima
- Apabila $D_{maks} > D_o$ maka distribusi yang digunakan tidak dapat diterima

Tabel 2. 10 Nilai D_o untuk uji kecocokan Smirnov-Kolmogrov

| N | Derajat Kepercayaan (α) | | | |
|----|----------------------------------|------|------|------|
| | 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 |

(Sumber : Suripin, 2004: 59)

2.1.5. Debit Banjir Rencana

Metode yang biasa digunakan untuk menghitung debit banjir rencana pada suatu ruas Sungai atau saluran adalah sebagai berikut :

a. Metode Rasional

Metode rasional dapat menggambarkan hubungan antara debit dengan besarnya curah hujan untuk DPS dengan luas sampai 500 Ha, dan merupakan metode yang paling tua untuk menaksir debit

banjir berdasarkan data curah hujan. Debit banjir yang dihitung berdasarkan parameter hujan dan karakteristik DPS.

$$Q = \frac{1}{3.6} \times C \times I \times A$$

Dimana :

- Q = Debit maksimum rencana (m³/dt).
 A = Luas daerah aliran (km²)
 C = Koefisien aliran
 I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

1. Intensitas Curah Hujan

Data yang digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan adalah curah hujan jangka pendek yang dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut intensitas curah hujan (mm/jam). Besarnya intensitas curah hujan itu berbeda-beda yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya. Untuk mengestimasi intensitas curah hujan, dalam perencanaan ini biasanya digunakan salah satu dari rumus di bawah ini :

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

Dimana:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
 T_c = Lamanya waktu konsentrasi (jam)
 R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

2. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi, T_c adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu ditinjau pada daerah pengaliran. Umumnya waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir pada permukaan tanah menuju saluran terdekat (T_o) dan waktu untuk mengalir dalam saluran ke suatu tempat yang ditinjau (T_f).

$$T_c = T_o + T_f$$

Di mana :

- T_c = Waktu konsentrasi durasi hujan (menit)
 T_f = Waktu pengaliran dalam saluran (menit)
 T_o = Waktu pengaliran pada permukaan saluran (menit)

L = Panjang saluran (m)

D = Beda tinggi antara titik terjauh (m)

V = Kecepatan aliran air dalam saluran (m/dt)

Untuk mencari nilai T_o dan T_f menggunakan rumus sebagai berikut :

- Rumus Kirpich

$$T_o = 0.0195 \times \left(\frac{L_o}{\sqrt{I_o}} \right)^{0.77}$$

Dimana :

L_o = jarak titik tinjau lahan terhadap system saluran yang ditinjau

I_o = kemiringan rata-rata permukaan tanah ke saluran yang ditinjau

- Rumus Dr. Rizha

$$T_f = \frac{L}{V}$$

Dimana :

L = panjang saluran (m)

V = kecepatan di dalam saluran (m/det)

Tabel 2.11 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

| Jenis bahan | Kecepatan (m/det) |
|-------------------|-------------------|
| Lempung kepasiran | 0.5 |
| Lanau alluvial | 0.6 |
| Kerikil halus | 0.75 |
| Lempung kokoh | 0.75 |
| Lempung padat | 1.1 |
| Kerikil kasar | 1.2 |
| Batu-batu besar | 1.5 |
| Pasangan batu | 1.5 |
| Beton | 1.5 |
| Beton bertulang | 1.5 |

(Sumber : Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan No.008/BNKT/1990)

3. Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan ada kaitannya dengan besarnya aliran permukaan. Aliran permukaan ini menjadi besaran aliran drainase. Besarnya aliran permukaan tergantung dari banyaknya air hujan yang mengalir setelah dikurangi banyaknya air hujan yang meresap. Berapa besarnya air yang dialirkan bergantung pula kepada tingkat kerapatan permukaan tanah, dan ini berkaitan dengan penggunaan lahan. Besarnya koefisien limpasan (C) pada berbagai macam kondisi daerah aliran disajikan pada Tabel 2.12 .

Tabel 2. 12 Koefisien aliran untuk metode Rasional

| Diskripsi Lahan/Karakter Permukaan | Koefisien Aliran (C) |
|------------------------------------|------------------------|
| Bisnis | |
| Perkotaan | 0.70 - 0.95 |
| Pinggiran | 0.50 - 0.70 |
| Perumahan | |
| Rumah tunggal | 0.30 - 0.50 |
| Multiunit, terpisah | 0.40 - 0.60 |
| Multiunit, tergabung | 0.60 - 0.75 |
| Apartemen | 0.50 - 0.70 |
| Industri | |
| Ringan | 0.50 - 0.80 |
| Berat | 0.60 - 0.90 |
| Perkerasan | |
| Aspal dan beton | 0.70 - 0.95 |
| Batu bata, paving | 0.50 - 0.70 |
| Atap | 0.70 - 0.95 |
| Halaman, tanah berat | |
| Datar 2% | |
| Rata-rata 2 - 7% | 0.05 - 0.10 |
| Curam 7% | 0.10 - 0.15 |

| Diskripsi Lahan/Karakter Permukaan | Koefisien Aliran (C) |
|------------------------------------|------------------------|
| Halaman kereta api | 0.15 - 0.20 |
| Taman tempat bermain | 0.10 - 0.35 |
| Taman, pekuburan | 0.10 - 0.25 |
| Hutan | |
| Datar 0 - 5% | 0.10 - 0.40 |
| Bergelombang 5 - 10% | 0.25 - 0.50 |
| Berbukit 10 - 30% | 0.30 - 0.60 |

(Sumber : Suripin, 2004: 80-81)

4. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan hasil perbandingan antara jumlah hujan yang mengalir sebagai limpasan diatas permukaan tertentu dan tertangkap di titik yang ditinjau dengan jumlah hujan yang jatuh ke bumi atau curah hujan. Untuk menentukan harga koefisien pengaliran dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{gab} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A}$$

Dimana :

C_{gab} = koefisien pengaliran rata-rata

A_i = luas masing-masing tata guna lahan

C_i = koefisien pengaliran masing-masing tata guna lahan

A = luas tata guna lahan keseluruhan

a. Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu

Hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran dan waktu. Parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran (elevasi) atau debit aliran; sehingga terdapat dua macam hidrograf yaitu hidrograf muka air dan hidrograf debit. Hidrograf muka air dapat ditransformasikan menjadi hidrograf debit dengan menggunakan *rating curve*. Untuk selanjutnya yang dimaksud dengan hidrograf adalah hidrograf debit, kecuali apabila dinyatakan lain.

Pada tahun 1932, L.K. *Sherman* mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai

hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan *catchment area* dengan intensitas tetap dalam satu durasi tertentu.

Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini relatif sederhana, mudah penyerapannya, tidak memerlukan data yang kompleks, dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di *catchment area* yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik kontrol. Beberapa anggapan dalam penggunaan hidrograf satuan adalah sebagai berikut ini:

1. Hujan efektif mempunyai intensitas konstan selama durasi hujan efektif. Untuk memenuhi anggapan ini maka hujan deras yang dipilih adalah hujan dengan durasi singkat.
2. Hujan efektif terdistribusi secara merata pada seluruh *catchment area*. Dengan anggapan ini maka hidrograf satuan tidak berlaku untuk *catchment area* yang sangat luas, karena ini sulit untuk mendapatkan hujan yang sangat merata di seluruh *catchment area*. Penggunaan pada *catchment area* yang sangat luas dapat dilakukan dengan cara membagi *catchment area* menjadi sejumlah sub *catchment area* dilakukan analisis hidrograf satuan.
3. Dari data hujan dan hidrograf limpasan langsung yang tercatat setiap interval waktu tertentu (misalnya tiap jam), selanjutnya dilakukan pemilihan data untuk analisis tahap selanjutnya. Untuk penurunan hidrograf satuan, dipilih kasus banjir dengan kriteria berikut ini:
4. Hidrograf banjir berpuncak tunggal, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan analisis.
5. Hujan penyebab banjir terjadi merata diseluruh *catchment area*, hal ini dipilih untuk memenuhi kriteria teori hidrograf satuan.
6. Dipilih kasus banjir dengan debit yang memiliki puncak yang relatif cukup besar.

Berdasarkan kriteria tersebut, maka akan terdapat beberapa kasus banjir. Untuk masing-masing kasus banjir diturunkan hidrograf satuannya. Hidrograf satuan yang dianggap dapat mewakili *catchment*

area yang ditinjau adalah hidrograf satuan rerata yang diperoleh dari beberapa kasus banjir tersebut.

Di daerah yang data hidrologinya tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuatlah hidrograf satuan sintesis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari *catchment area*. Metode *Nakayasu* adalah salah satu dari beberapa metode yang biasa digunakan dalam perhitungan hidrograf satuan sintesis ini. Hidrograf satuan sintesis *Nakayasu* dikembangkan berdasarkan beberapa Sungai di Jepang (*Sumber : Soemarto, 1987*).

Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

- a. Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
- b. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
- c. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- d. Luas daerah aliran Sungai
- e. Panjang alur Sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)

Bentuk HSS *Nakayasu* dalam persamaan berikut ini :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot Re}{0,3T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$T_p = t_g + 0,8t_r$$

$$t_g = 0,4 + 0,058L = L > 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0,21L^{0,7} = L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g$$

$$t_r = 0,5t_g \text{ sampai } t_g$$

Dimana :

Q_p = debit puncak banjir (m³/dt)

A = luas *catchment area* (km²)

Re = curah hujan efektif (1 mm)

T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

- $T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 (30%) kali debit puncak (jam)
 T_g = waktu konsentrasi
 T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam)
 L = panjang Sungai utama (km)
 α = koefisien yang bergantung pada karakteristik DAS.
- Untuk daerah pengaliran biasa, $\alpha = 2$
 - Untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan menurun yang cepat, $\alpha = 1,5$
 - Untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat, $\alpha = 3$

Bentuk hidrograf satuan oleh persamaan berikut :

1. Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^2$$

2. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$$

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

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$$

4. Pada kurva turun ($t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{[(t - T_p) + (1,5T_{0,3})]}{2T_{0,3}}$$

$$Q_p = 2,78 \frac{C_p \cdot A}{T_p}$$

2.2. Analisa Hidrolika

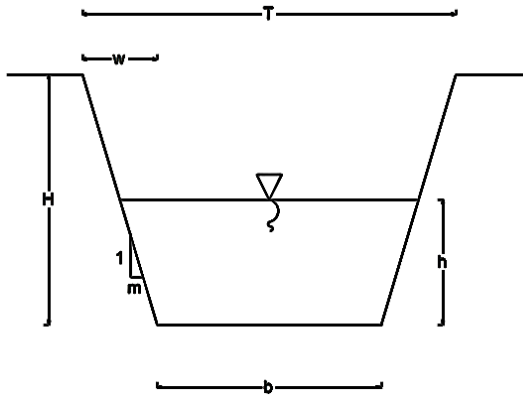
Analisa hidrolika dilakukan untuk mengetahui apakah secara teknis sistem drainase yang direncanakan sesuai dengan persyaratan teknis. Analisis ini berisi perhitungan kapasitas saluran dan analisis perencanaan saluran.

2.2.1. Perhitungan Kapasitas Saluran

a. Penampang Tunggal Trapesium

Kapasitas pengaliran Sungai dihitung berdasarkan Rumus Manning yang mana perhitungannya dibuatkan atas hasil pengukuran profil yaitu Long Section dan cross section Sungai. Dalam tugas akhir ini dihitung persegmen Sungai dan hasil perhitungan dimasukkan ke dalam Tabel.

Cara ini memungkinkan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variable terhadap besarnya kecepatan. Bila dilakukan evaluasi semacam ini, kecepatan pada kondisi tertentu pada variabel-variabel sama dengan tingkat pengaruh setiap variabel tersebut terhadap kecepatannya.



Gambar 2.1 Penampang Sungai

$$Q = A \times V$$

$$R = \frac{A}{P}$$

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

$$A = \frac{(T + B)}{2} \times h$$

$$P = B + h + h$$

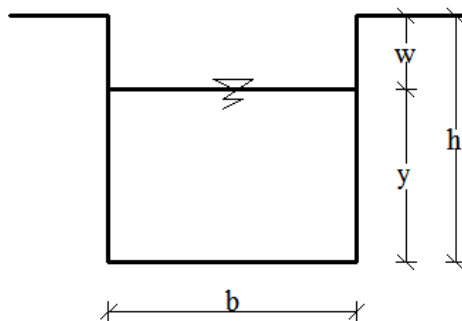
Dimana :

- Q = Debit aliran (m^3/dt)
 V = Kecepatan aliran (m/dt)
 n = Koefisien kekasaran manning
 P = Keliling penampang basah (m)
 A = Luas penampang basah (m^2)
 R = Jari-jari hidrolis (m)
 I = Kemiringan saluran

b. Penampang Tunggal Segi Empat

Kapasitas pengaliran Sungai dihitung berdasarkan Rumus Manning yang mana perhitungannya dibuatkan atas hasil pengukuran profil yaitu *long Section* dan *cross section* sungai. Dalam proyek ini dihitung persegmen Sungai dan hasil perhitungan dimasukkan ke dalam Tabel.

Cara ini memungkinkan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variable terhadap besarnya kecepatan. Bila dilakukan evaluasi semacam ini, kecepatan pada kondisi tertentu pada variable-variable sama dengan tingkat pengaruh setiap variable tersebut terhadap kecepatannya. Untuk potongan melintang saluran dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Potongan Melintang Saluran

Untuk penampang saluran segi empat dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$Q = A \times V$$

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

$$A = b \times h$$

$$P = 2h + b$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

m = Kemiringan penampang

n = Koefisien kekasaran manning

P = Keliling penampang basah (m)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

c. Analisa Kapasitas Alir Sungai

Pada saluran sederhana, kekasaran sepanjang keliling basah dapat dibedakan dengan jelas pada setiap bagian keliling basah, tetapi kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan rumus aliran seragam tanpa harus membagi-bagi penampang tersebut. Misalnya suatu saluran persegi panjang dengan dasar kayu dan dinding kaca akan memiliki nilai-nilai n yang berbeda untuk dasar dan dindingnya. Rumus Manning untuk saluran semacam ini, kadang-kadang perlu menghitung nilai n ekuivalen untuk keseluruhan keliling basah dan memasukan nilai ekuivalen ini untuk menghitung aliran bagi seluruh penampang.

Untuk penentuan kekasaran ekuivalen, luas basah dimisalkan dibagi menjadi N bagian dengan keliling basah masing-masing indeks P₁, P₂, P₃, ..., P_N dan koefisien kekasaran n₁, n₂, n₃, ... n_N. Persamaan tersebut dapat dilihat pada rumus bawah, sedangkan untuk potongan melintang sungai dapat dilihat pada Gambar 2.3.

$$n = \frac{P_1 n_1^{1.5} + P_2 n_2^{1.5} + P_3 n_3^{1.5} + P_4 n_4^{1.5}}{P^{2/3}}$$

$$n = \left(\frac{\sum_1^N P_N n_N^{1.5}}{P} \right)^{2/3}$$

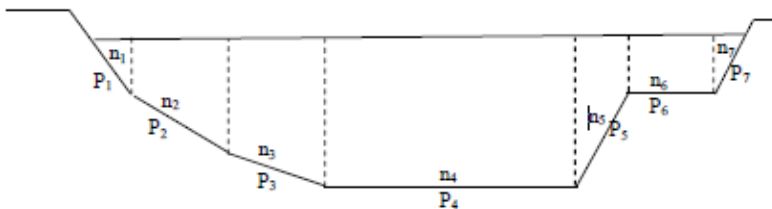
dengan :

P_1, P_2, \dots, P_N = Keliling basah pias 1, pias 2 dan pias N

P = Keliling Basah Total = $P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_N$

n = Koefisien Manning ekivalen

n_1, n_2, \dots, n_N = Koefisien Manning kekasaran manning seksion 1, 2 dan N



Gambar 2. 3 potongan melintang sungai

d. Analisa Profil aliran

Analisa profil aliran merupakan suatu cara untuk meramalkan bentuk umum dari profil aliran. Hal ini memungkinkan untuk mempelajari sebelumnya profil-profil aliran yang mungkin dapat terjadi di saluran yang direncanakan. Ini merupakan yang sangat penting dalam perencanaan saluran untuk aliran berubah lambat laun. Perhitungan permukaan aliran berubah lambat laun pada dasarnya merupakan persamaan dinamis dari aliran berubah lambat laun. Tujuan utama dari perhitungan profil permukaan aliran adalah untuk menentukan bentuk lengkung permukaan aliran berubah lambat laun dengan cara menghitung besarnya kedalaman aliran menurut jaraknya dari suatu penampang. Untuk menganalisa profil aliran dapat digunakan beberapa metode, yaitu : Metode tahapan langsung dan metode tahapan standart.

- Metode Tahapan Langsung (*Direct Step*)

Secara umum metode tahapan langsung dinyatakan dengan membagi aliran menjadi bagian-bagian aliran yang pendek, lalu menghitung secara bertahap dari satu ujung ke ujung saluran lainnya. Adapun metode tahapan langsung dapat diuraikan sebagai berikut :

$$A = (b + zy) \cdot Y$$

$$P = b + 2y \cdot (z^2 + 1)^{0.5}$$

$$R = A / P$$

$$V = Q / A$$

$$E = y + (v^2 / 2g)$$

$$S_f = (n^2 \cdot v^2) / (R^{3/4})$$

$$x = (E) / (S_o - S_f)$$

$$X = \Sigma (Dx)$$

Dimana :

E = *Energy specific*

S_f = Kemiringan gesek dasar saluran

S_o = Kemiringan dasar asli saluran

x = Panjang bagian saluran yang ditinjau

2.2.2. Aliran Subkritis, Kritis dan Superkritis

Aliran dikatakan kritis apabila kecepatan aliran sama dengan kecepatan gelombang gravitasi dan amplitude kecil. Gelombang gravitasi dapat dibangkitkan dengan merubah kedalaman. Apabila kecepatan aliran lebih kecil dari kecepatan kritis, maka aliran tersebut disebut subkritis. Apabila kecepatan alirannya lebih besar dari kecepatan kritis, maka alirannya disebut superkritis.

Parameter yang digunakan untuk menyatakan ketiga jenis aliran tersebut ialah dengan bilangan Froude (*Fr*) (KG Rangga Raju, 1986).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Dengan :

Fr = bilangan Froude

V = kecepatan aliran (m/det)

H = kedalaman aliran (m)

G = percepatan gravitasi (m/det^2)

Berdasarkan besarnya bilangan Froude, aliran pada saluran terbuka dibedakan :

$Fr < 1$, maka alirannya subkritis (menggenang),

$Fr = 1$, maka alirannya kritis (mengalir),

$Fr > 1$, maka alirannya superkritis (meluncur),

2.3.3. Kecepatan Aliran

Untuk memperhitungkan kecepatan aliran dalam perhitungan kapasitas saluran yang direncanakan, digunakan rumus kecepatan manning

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

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata dalam saluran (m/det)

n = Koefisien kekasaran dinding saluran

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan dasar saluran

Nilai koefisien manning untuk jenis-jenis material disajikan dalam Tabel 2.13 Nilai kekasaran manning dapat menjadi nilai kekasaran manning gabungan apabila dalam satu saluran ada lebih dari satu jenis bahan yang menyusun saluran tersebut.

Tabel 2. 13 Nilai koefisien Manning

| Bahan | Koefisien Manning |
|------------------------|-------------------|
| Besi tulangan dilapisi | 0.014 |
| Kaca | 0.01 |
| Saluran beton | 0.013 |
| Bata dilapisi mortar | 0.015 |
| Pasangan batu disemen | 0.025 |

| | |
|---|--------------------------|
| Saluran tanah bersih | 0.022 |
| Bahan | Koefisien Manning |
| Saluran tanah | 0.03 |
| Saluran dengan dasar batu tebing rumput | 0.04 |
| Saluran pada galian batu cadas | 0.04 |

(Sumber : Anggrahini, 1996: 395)

2.3.2. Debit Aliran

Untuk menghitung kapasitas saluran digunakan persamaan kontinuitas dan rumus manning

$$Q = V \times A$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m³/det)

V = Kecepatan rata-rata dalam saluran (m/det)

A = Luas Penampang basah saluran (m)

2.3. Pintu Air

Debit yang melewati pintu air hidrolik dihitung dengan rumu sebagai berikut :

$$Q = C . L . h \sqrt{2 . g . y_1}$$

Dimana :

C = koefisien berdasarkan geometri struktur dan pada kedalaman ulu dan hilir.

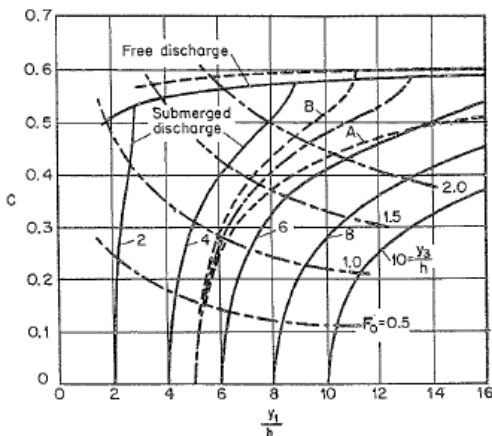
L = panjang pintu (m)

h = tinggi bukaan pintu (m)

y₁ = kedalaman aliran hulu (m)

g = gravitasi (m/s)

Untuk pintu air vertikal, kurva yang ditentukan secara eksperimental dari nilai C telah disiapkan oleh Henry (68), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 dimana, dalam menentukan nilai C, didapatkan dari grafik hubungan antara Nilai Froude dengan $\frac{y_1}{h}$



Gambar 2.4 Nilai koefisien C untuk pintu air vertikal

2.4. Konsep Sistem Kolam Retensi

2.4.1. Kolam Tampung

Kolam tampungan adalah kolam yang berfungsi untuk menampung air hujan sementara waktu dengan memberikan kesempatan untuk dapat meresap ke dalam tanah yang operasionalnya dapat dikombinasikan dengan pompa atau pintu air.

Fungsi dari kolam retensi adalah untuk menggantikan peran lahan resapan yang dijadikan lahan tertutup/perumahan/perkantoran maka fungsi resapan dapat digantikan dengan kolam retensi. Fungsi kolam ini adalah menampung air hujan langsung dan aliran dari sistem untuk diresapkan ke dalam tanah. Sehingga kolam retensi ini perlu ditempatkan pada bagian yang terendah dari lahan. Jumlah, volume, luas dan kedalaman kolam ini sangat tergantung dari berapa lahan yang dialih fungsikan menjadi kawasan permukiman.

Kolam retensi memiliki beberapa tipe yakni antara lain :

- Kolam retensi di samping badan Sungai.
- Kolam retensi di dalam badan Sungai.
- Kolam retensi tipe *storage* memanjang.

Kolam retensi merupakan kolam/waduk penampungan air hujan dalam jangka waktu tertentu, berfungsi untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air/sungai. Konsep dasar

dari kolam retensi adalah menampung volume air ketika debit maksimum di sungai datang, kemudian secara perlahan-lahan mengalirkan ketika debit di sungai sudah kembali normal. Secara spesifik kolam retensi akan memangkas besarnya puncak banjir yang ada di Sungai, sehingga potensi *over topping* yang mengakibatkan kegagalan tanggul dan luapan sungai tereduksi selain fungsi utamanya sebagai pengendali banjir, manfaat lain yang bias diperoleh dari kolam retensi antara lain sebagai sarana pariwisata air dan sebagai konservasi air karena mampu meningkatkan cadangan air tanah setempat.

Adapun tipe kolam retensi antara lain :

a) Kolam retensi tipe di samping badan Sungai

Kelengkapan sistem :

- Kolam retensi
- Pintu inlet
- Bangunan pelimpah samping
- Pintu outlet
- Jalan akses menuju kolam retensi
- Saringan sampah

Kesesuaian tipe :

- Dipakai apabila tersedia lahan yang cukup untuk kolam retensi
- Kapasitas bisa optimal apabila lahan tersedia
- Tidak mengganggu sistem aliran yang ada
- Pemeliharaan lebih mudah
- Pelaksanaan lebih mudah



Gambar 2.5 Kolam retensi tipe *storage* memanjang

b) Kolam retensi tipe di dalam badan Sungai

Kelengkapan sistem :

- Kolam retensi
- Tanggul keliling
- Pintu outlet
- Bendung
- Saringan sampah
- Kolam penangkap sedimen

Kesesuaian tipe :

- Dipakai apabila lahan sulit didapat
- Kapasitas kolam retensi terbatas
- Mengganggu aliran yang ada di hulu
- Pelaksanaan lebih sulit
- Pemeliharaan lebih mahal



Gambar 2.6 Kolam retensi di samping sungai

c) Kolam retensi tipe storage memanjang

Kelengkapan sistem :

- Saluran yang lebar dan dalam
- Cek dam/ bendung setempat

Kesesuaian tipe :

- Mengoptimalkan saluran drainase yang ada karena lahan tidak tersedia
- Kapasitasnya terbatas
- Mengganggu aliran yang ada
- Pelaksanaan lebih sulit



Gambar 2.7 Kolam retensi tipe di dalam badan sungai

2.5. Analisis Kerapatan dan Pola Penyebaran Stasiun Hujan Metode Kagan-Rodda

Penetapan jaringan stasiun hujan tidak hanya terbatas pada penetapan jumlah stasiun yang di butuhkan dalam suatu DAS, namun tempat dan pola penyebarannya, petunjuk yang bersifat kualitatif diberikan oleh Rodda (1970), yaitu dengan memanfaatkan koefisien korelasi hujan (Harto, 1993). Hal ini masih harus dikaitkan dengan keadaan sekitarnya yang menyangkut masalah ketersediaan tenaga pengamat dan pola penyebarannya.

Pada penelitian yang dilakukan Kagan (1972), untuk hujan daerah tropis yang hujannya bersifat setempat dengan luas penyebaran yang sangat terbatas mempunyai variasi ruang untuk hujan dengan periode tertentu adalah sangat tidak menentu meskipun sebenarnya menunjukkan suatu hubungan sampai tingkat tertentu (Harto, 1993). Persamaan-persamaan yang dipergunakan untuk analisis jaringan Kagan-Rodda adalah sebagai berikut (Harto, 1993) :

$$R(d) = r_{(o)}e^{-d/d(o)}$$

$$Z_1 = Cv \cdot \sqrt{(1 - r(o)) + \left(\frac{0,23\sqrt{a}}{d(o)\sqrt{n}}\right)}$$

$$Z_2 = Cv \cdot \sqrt{\frac{1}{2}(1 - r(o)) + \left(\frac{0,52(o)\sqrt{a}}{d(o)}\right)}$$

$$L = 1,07 \sqrt{\left(\frac{a}{n}\right)}$$

Dengan :

R(d) = Koefisien korelasi untuk jarak stasiun sejauh d

R(o) = Koefisien korelasi untuk jarak yang sangat dekat

d = Jarak antar stasiun (km)

d(o) = Radius korelasi, yaitu jarak antar stasiun dimana korelasi berkurang dengan

A = luas DAS, dalam km²,

n = jumlah stasiun

Z1 = Kesalahan perataan, dalam %

Z2 = Kesalahan interpolasi, dalam %,

L = Jarak antar stasiun

Cara Kagan ini dapat digunakan dalam dua keadaan:

1. Apabila di dalam DAS sama sekali belum ada stasiun hujan, maka cara yang dapat ditempuh hanyalah mencoba memanfaatkan data hujan di daerah sekitarnya, untuk dapat mengetahui tingkat variabilitasnya (nilai koefisien variasi). Sudah barang tentu setelah dalam beberapa tahun pengoperasian, jaringan ini perlu diuji kembali untuk meningkatkan kualitasnya.
2. Apabila di dalam DAS telah tersedia jaringan stasiun hujan, maka cara ini dapat dupergunakan untuk mengevaluasi apakah jaringan yang ada telah mencukupi (untuk tingkat ketelitian yang dikehendaki), atau dapat pula digunakan untuk memilih stasiun-stasiun yang akan digunakan dalam analisis selanjutnya. Dalam kaitan ini jaringan pengukuran hujan yang telah ada dibandingkan dengan jaringan yang diperoleh dengan cara Kagan. Apabila ternyata bahwa jumlah stasiun yang telah ada masih lebih kecil dibandingkan dengan jumlah stasiun yang dituntut dengan cara Kagan, maka jaringan Kagan dapat dipergunakan, dengan menambahkan stasiun-stasiun yang lain. Akan tetapi apabila jumlah stasiun hujan yang telah ada ternyata lebih

besar dibandingkan dengan jumlah stasiun yang dituntut berdasarkan cara Kagan, maka stasiun- stasiun tertentu dapat tidak dipergunakan dalam analisis selanjutnya.

Cara ini dipandang wajar, karena pemilihan stasiun-stasiun yang akan dipergunakan dalam analisis dengan cara sebarang dapat mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan. Hal ini akan disinggung dalam analisis frekuensi.

Dalam analisis hujan di Jawa (Indonesia) hendaknya memperhatikan bahwa nilai korelasi antar stasiun untuk hujan harian sangat kecil. Nilai radius-korelasi ($r_{(0)}$) untuk hujan harian hanya bervariasi antara 0,06 dan maksimum 0,59, sedangkan untuk hujan bulanan angka itu bervariasi antara 0,67 dan 0,94.

Pengujian-pengujian yang dikakukan terhadap cara Kagan dengan cara di atas terhadap jaringan stasiun hujan di beberapa DAS di Pulau Jawa menunjukkan bahwa untuk hujan harian, hampir semua DAS yang ditinjau tidak memenuhi syarat yang ditetapkan oleh Kagan, untuk kesalahan sebesar 5%, sedangkan untuk kesalahan 10%, hanya 10% DAS yang memenuhi syarat. Apabila ditinjau hujan bulanan, maka 10% dari jumlah DAS memenuhi patokan Kagan untuk kesalahan 5%, sedangkan untuk kesalahan 10% semua DAS yang ditinjau ternyata memenuhi syarat (Sri Harto dan Vermeulen, 1987). Pengertian “memenuhi syarat” di sini baru dalam pengertian jumlah stasiun hujan, akan tetapi belum mencakup pola penyebarannya di dalam DAS tersebut. Selanjutnya terungkap pula dari penelitian- penelitian tersebut, bahwa meskipun pada dasarnya andaian yang mendasari teori Kagan tersebut tidak sesuai dengan sifat hujan di Jawa (Indonesia), akan tetapi cara Kagan dapat disarankan untuk digunakan dalam mengevaluasi kualitas jaringan. Penelitian yang menyangkut hal ini masih terus akan dilakukan, mengingat bahwa secara teoretik hal ini dipandang sangat mendasar dan penting.

Secara umum, terdapat hubungan erat antara jumlah stasiun hujan dengan ketelitian yang dapat dicapai. Dalam hal ini, apabila andaian dalam teori Kagan dapat digunakan, maka terdapat dua persamaan untuk memperkirakan ketelitian hitungan hujan rata-rata di Pulau Jawa (Sri Harto, Vermeulen, 1987)

$$E_p = 100,3187 N^{-0,5395}$$

$$E_M = 22,4504 N^{-0,5231}$$

Dengan :

ED = Kesalahan hujan harian, dalam %

EM = Kesalahan hujan bulanan, dalam %

N = Jumlah stasiun hujan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

Metodologi dalam mengevaluasi permasalahan ini yaitu dengan pendekatan survey, sedangkan menurut tingkat penjabarannya yaitu dari pendataan, pengamatan dan analisis sehingga menggambarkan bagaimana kinerja sistem drainase dan hal apa saja yang mempengaruhi kinerja nya.

3.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan awal yang mencakup serangkaian kegiatan meliputi pembuatan dan pengajuan berkas-berkas yang diperlukan untuk memperoleh data. Data-data yang diperlukan untuk penyusunan tugas akhir terapan ini antara lain :

a. Peta DAS

Digunakan untuk mengetahui catchment area, daerah aliran sungai yang ditinjau

b. Data curah hujan

Data tersebut digunakan untuk mengetahui data hujan rata-rata tiap stasiun hujan yang kemudian diketahui data hujan maksimum

c. Peta Lokasi

Untuk mengetahui daerah stasiun hujan, catchment area, dan lokasi sungai

d. Data banjir yang sudah pernah terjadi

e. Gambaran kondisi saluran saat ini meliputi potongan melintang, potongan memanjang, dan gambar situasi lapangan.

3.2. Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi masalah yang muncul akibat beberapa faktor penyebab banjir di DAS Jeroan. Dari informasi dan data yang telah diperoleh dapat ditarik suatu hipotesis untuk menyelesaikan permasalahan dengan mengacu pada teori-teori dari studi literatur. Hasil berupa metode perencanaan kolam tampungan sehingga diharapkan dapat menganggulangi masalah banjir yang terjadi.

a. Debit rencana periode ulang 25 tahun

b. Debit banjir rencana.

c. Solusi dari masalah yang ditimbulkan yakni menggunakan kolam retensi.

3.3. Pengidentifikasian Masalah

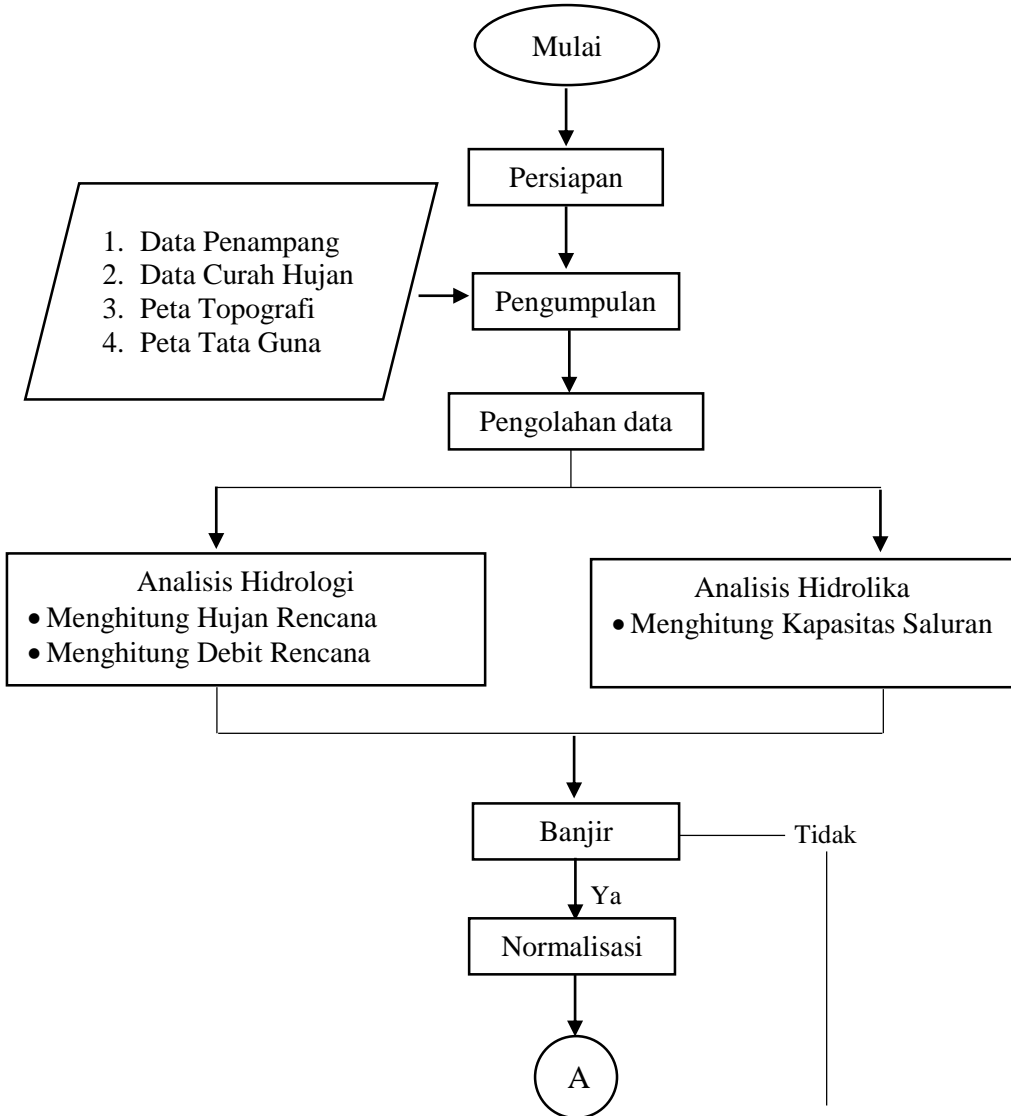
3.3.1. Evaluasi data curah hujan

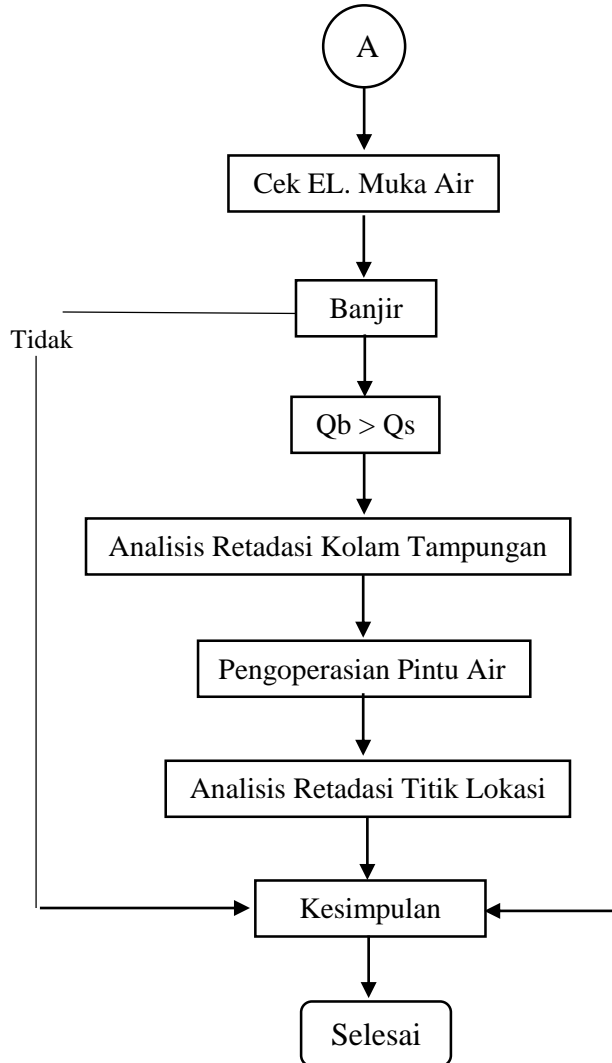
Evaluasi data curah hujan meliputi :

- a. Curah hujan rata-rata
 - Metode Poligon Thiessen
- b. Curah hujan rencana
 - Metode Log Person tipe III
 - Metode distribusi Gumble
- c. Uji kesesuaian distribusi frekwensi curah hujan
 - Metode Chi kuadrat
 - Metode Smirnov-Klomogorov
- d. Perhitungan debit banjir rencana
 - Metode Rasional
 - Metode HSS Nakayashu
- f. Analisa Hidrolika
- g. Analisa Retadasi

3.4. Diagram Alir

Secara skematis, Tugas Akhir Terapan ini dilakukan dalam tahapan - tahapan berikut:





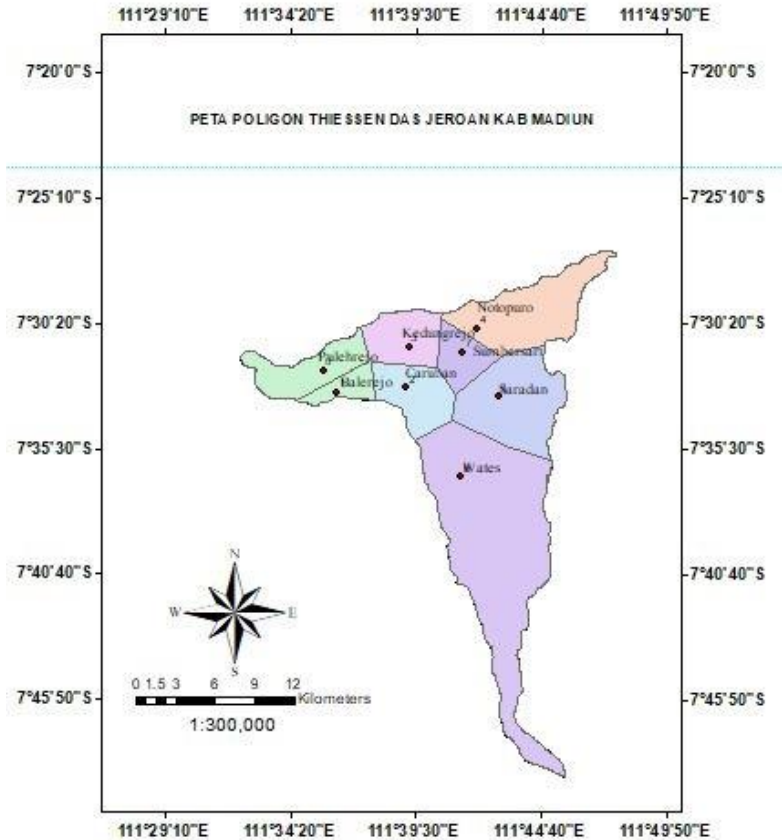
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV

ANALISA PERHITUNGAN

4.1. Analisis Hidrologi Eksisting

4.1.1. Penentuan Curah Hujan Wilayah



Gambar 4.1 Pos stasiun hujan

Ruang lingkup wilayah perencanaan pada DAS Jeroan ini tersebar di beberapa kelurahan antara lain sebagai berikut:

1. Kelurahan Balerejo
2. Kelurahan Pulehrejo
3. Kelurahan Kedungrejo
4. Kelurahan Caruban
5. Kelurahan Wates

6. Kelurahan Notopuro
7. Kelurahan Summersari
8. Kelurahan Kedungrejo

Untuk analisa hidrologi dibutuhkan data hujan pada kawasan yang ditinjau sehingga memerlukan satu atau beberapa stasiun hujan. Ada 3 cara yang sering digunakan untuk mengubah data hujan tersebut. Cara-cara itu adalah Aritmatika, Polygon Thiesen, dan Ishoyet. Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah metode Thiesen Polygon.

Sebagai lokasi penelitian Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Jeroan mempunyai luas wilayah 31.434 ha atau seluas 314,34 km². yang mencakup sebagian wilayah di Kabupaten Madiun seperti Kecamatan Saradan. Dalam hal ini penelitian yang diulas yaitu hanya mencnsgkup wilayah penelitian pada DAS Jeroan dengan mempertimbangkan arah aliran Sungai dan catchment area yang mempengaruhi.

Ditinjau dari stasiun hujan yang cukup, maka digunakan cara Polygon Thiesen untuk mencari stasiun yang berpengaruh di Sungai Jeroan. Data curah hujan yang digunakan yaitu data hujan selama 10 tahun (2008 - 2017) yang merupakan stasiun yang berfungsi untuk pengamatan.

Tabel 4. 1 Data Stasiun Hujan Balerejo

| No Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Hujan Maks Tahunan |
|----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|--------------------|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nop | Des | |
| 1 2008 | 43 | 87 | 112 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 64 | 39 | 97 |
| 2 2009 | 65 | 82 | 25 | 68 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 73 | 85 |
| 3 2010 | 66 | 64 | 72 | 80 | 61 | 28 | 36 | 0 | 42 | 47 | 82 | 60 | 82 |
| 4 2011 | 70 | 32 | 36 | 48 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 72 | 40 | 72 |
| 5 2012 | 31 | 47 | 3 | 60 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 37 | 60 |
| 6 2013 | 70 | 39 | 39 | 49 | 63 | 29 | 19 | 0 | 0 | 0 | 29 | 63 | 70 |
| 7 2014 | 54 | 27 | 98 | 27 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 38 | 50 | 98 |
| 8 2015 | 57 | 52 | 64 | 49 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 53 | 87 | 87 |
| 9 2016 | 96 | 98 | 89 | 29 | 23 | 48 | 22 | 54 | 92 | 62 | 39 | 48 | 98 |
| 10 2017 | 58 | 51 | 64 | 58 | 15 | 0 | 9 | 0 | 48 | 48 | 58 | 104 | 104 |
| Rerata | 63 | 52 | 64 | 49 | 24 | 13 | 11 | 7 | 17 | 21 | 55 | 63 | 85 |
| Max | 96 | 98 | 112 | 80 | 63 | 48 | 38 | 54 | 92 | 62 | 85 | 104 | 97 |
| Min | 31 | 27 | 3 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 37 | 60 |

Sumber: Dinas PU Pengaliran Provinsi Jawa Timur

Tabel 4. 2 Data Stasiun Hujan Caruban

| No | Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | Hujan Maks Tahunan | |
|----|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|--------------------|-----|
| | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nop | | Des |
| 1 | 2008 | 20 | 22 | 60 | 25 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 | 62 | 75 | 75 |
| 2 | 2009 | 82 | 95 | 80 | 58 | 30 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 68 | 43 | 95 |
| 3 | 2010 | 60 | 67 | 118 | 57 | 58 | 68 | 38 | 0 | 38 | 42 | 36 | 31 | 118 |
| 4 | 2011 | 26 | 75 | 41 | 63 | 52 | 0 | 0 | 7 | 0 | 60 | 147 | 28 | 147 |
| 5 | 2012 | 30 | 45 | 26 | 62 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 25 | | 62 |
| 6 | 2013 | 33 | 47 | 38 | 70 | 37 | 24 | 25 | 0 | 0 | 49 | 100 | | 100 |
| 7 | 2014 | 75 | 30 | 70 | 47 | 28 | 6 | 12 | 0 | 0 | 36 | 38 | | 75 |
| 8 | 2015 | 78 | 73 | 51 | 59 | 7 | 5 | 0 | 19 | 0 | 68 | 44 | | 78 |
| 9 | 2016 | 94 | 96 | 75 | 30 | 26 | 35 | 17 | 38 | 45 | 56 | 72 | 50 | 96 |
| 10 | 2017 | 56 | 42 | 46 | 75 | 22 | 0 | 23 | 0 | 0 | 15 | 76 | 95 | 95 |
| | Rerata | 57 | 58 | 58 | 56 | 31 | 13 | 10 | 6 | 10 | 21 | 64 | 54 | 92 |
| | Max | 94 | 96 | 118 | 75 | 58 | 68 | 38 | 38 | 45 | 100 | 147 | 100 | 147 |
| | Min | 20 | 22 | 26 | 25 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 25 | | 62 |

Sumber: Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur

Tabel 4. 3 Data Stasiun Hujan Saradan

| No | Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | Hujan Maks Tahunan | |
|----|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|--------------------|-----|
| | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nop | | Des |
| 1 | 2008 | 58 | 61 | 111 | 43 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 93 | 133 | 133 |
| 2 | 2009 | 74 | 108 | 49 | 49 | 25 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 97 | 108 |
| 3 | 2010 | 99 | 98 | 114 | 113 | 98 | 48 | 21 | 0 | 54 | 67 | 62 | 69 | 114 |
| 4 | 2011 | 78 | 36 | 72 | 118 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 110 | 43 | 118 |
| 5 | 2012 | 72 | 81 | 41 | 78 | 91 | 43 | 0 | 0 | 0 | 7 | 23 | 63 | 91 |
| 6 | 2013 | 93 | 67 | 116 | 71 | 45 | 34 | 37 | 0 | 0 | 0 | 37 | 61 | 116 |
| 7 | 2014 | 77 | 67 | 87 | 34 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | 73 | 87 |
| 8 | 2015 | 69 | 118 | 93 | 113 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 79 | 118 |
| 9 | 2016 | 64 | 109 | 146 | 62 | 30 | 24 | 32 | 74 | 104 | 56 | 76 | 139 | 146 |
| 10 | 2017 | 115 | 132 | 62 | 87 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | 63 | 63 | 132 |
| | Rerata | 82 | 85 | 90 | 76 | 40 | 16 | 8 | 7 | 14 | 25 | 68 | 82 | 116 |
| | Max | 115 | 132 | 146 | 118 | 98 | 48 | 37 | 74 | 104 | 72 | 110 | 139 | 146 |
| | Min | 58 | 36 | 41 | 43 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 43 | | 87 |

Sumber: Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur

Tabel 4. 4 Data Stasiun Hujan Pulehrejo

| No | Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Hujan Maks Tahunan |
|----|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----------------------|
| | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nop | Des | |
| 1 | 2008 | 50 | 60 | 85 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 65 | 105 | 105 |
| 2 | 2009 | 115 | 39 | 59 | 56 | 68 | 24 | 0 | 0 | 0 | 5 | 82 | 29 | 115 |
| 3 | 2010 | 61 | 78 | 77 | 55 | 50 | 33 | 43 | 28 | 125 | 30 | 58 | 100 | 125 |
| 4 | 2011 | 32 | 52 | 69 | 52 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 24 | 85 |
| 5 | 2012 | 43 | 30 | 43 | 20 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 60 | 60 | 60 |
| 6 | 2013 | 49 | 115 | 35 | 54 | 146 | 70 | 35 | 0 | 0 | 0 | 40 | 61 | 146 |
| 7 | 2014 | 50 | 60 | 61 | 65 | 34 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 25 | 80 | 80 |
| 8 | 2015 | 90 | 79 | 45 | 95 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 35 | 58 | 95 |
| 9 | 2016 | 78 | 110 | 115 | 72 | 58 | 53 | 6 | 13 | 65 | 76 | 20 | 52 | 115 |
| 10 | 2017 | 70 | 70 | 108 | 42 | 11 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 32 | 60 | 108 |
| | Rerata | 82 | 85 | 90 | 76 | 40 | 16 | 8 | 7 | 14 | 25 | 68 | 82 | 102 |
| | Max | 115 | 132 | 146 | 118 | 98 | 48 | 37 | 74 | 104 | 72 | 110 | 139 | 146 |
| | Min | 58 | 36 | 41 | 43 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 43 | 60 |

Sumber: Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur

Tabel 4. 5 Data Stasiun Hujan Summersari

| No | Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Hujan Maks Tahunan |
|----|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----------------------|
| | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nop | Des | |
| 1 | 2008 | 50 | 65 | 170 | 50 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 180 | 50 | 50 | 180 |
| 2 | 2009 | 100 | 120 | 70 | 120 | 40 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 125 | 125 |
| 3 | 2010 | 85 | 80 | 85 | 90 | 100 | 25 | 60 | 5 | 45 | 130 | 100 | 100 | 130 |
| 4 | 2011 | 60 | 125 | 95 | 60 | 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 80 | 70 | 125 |
| 5 | 2012 | 85 | 45 | 30 | 130 | 95 | 40 | 0 | 0 | 0 | 65 | 45 | 40 | 130 |
| 6 | 2013 | 125 | 55 | 50 | 125 | 20 | 95 | 20 | 0 | 0 | 0 | 54 | 110 | 125 |
| 7 | 2014 | 95 | 125 | 95 | 75 | 65 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 113 | 95 | 125 |
| 8 | 2015 | 92 | 134 | 73 | 106 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93 | 41 | 134 |
| 9 | 2016 | 113 | 101 | 135 | 20 | 24 | 95 | 34 | 37 | 90 | 40 | 81 | 55 | 135 |
| 10 | 2017 | 45 | 72 | 105 | 90 | 30 | 0 | 5 | 0 | 0 | 30 | 57 | 41 | 105 |
| | Rerata | 84 | 88 | 89 | 88 | 55 | 26 | 12 | 4 | 12 | 51 | 72 | 76 | 130 |
| | Max | 125 | 134 | 170 | 130 | 100 | 95 | 60 | 37 | 90 | 180 | 113 | 125 | 180 |
| | Min | 45 | 45 | 30 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 40 | 105 |

Sumber: Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur

Tabel 4. 6 Data Stasiun Hujan Wates

| No | Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Hujan Maks Tahunan |
|----|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----------------------|
| | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nop | Des | |
| 1 | 2008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 57 |
| 2 | 2009 | 93 | 58 | 84 | 55 | 57 | 4 | 0 | 0 | 0 | 5 | 74 | 84 | 93 |
| 3 | 2010 | 73 | 62 | 71 | 86 | 56 | 32 | 32 | 4 | 54 | 45 | 87 | 54 | 87 |
| 4 | 2011 | 72 | 49 | 44 | 49 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 76 | 43 | 76 |
| 5 | 2012 | 42 | 49 | 48 | 73 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 91 | 91 |
| 6 | 2013 | 81 | 34 | 74 | 56 | 70 | 83 | 66 | 0 | 0 | 0 | 57 | 85 | 85 |
| 7 | 2014 | 44 | 49 | 106 | 48 | 23 | 47 | 49 | 0 | 0 | 0 | 37 | 42 | 106 |
| 8 | 2015 | 60 | 60 | 78 | 55 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 59 | 69 | 78 |
| 9 | 2016 | 87 | 66 | 81 | 54 | 26 | 26 | 33 | 32 | 102 | 63 | 44 | 70 | 102 |
| 10 | 2017 | 50 | 59 | 58 | 78 | 12 | 5 | 5 | 0 | 0 | 40 | 58 | 95 | 95 |
| | Rerata | 68 | 49 | 68 | 54 | 30 | 21 | 17 | 9 | 14 | 17 | 53 | 72 | 89 |
| | Max | 93 | 66 | 106 | 86 | 70 | 83 | 66 | 60 | 102 | 63 | 87 | 95 | 106 |
| | Min | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 | 57 |

Sumber: Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur

Tabel 4. 7 Data Stasiun Hujan Notopuro

| No | Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Hujan Maks Tahunan |
|----|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----------------------|
| | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nop | Des | |
| 1 | 2008 | 35 | 64 | 97 | 40 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 129 | 75 | 79 | 129 |
| 2 | 2009 | 75 | 108 | 51 | 57 | 48 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 92 | 50 | 108 |
| 3 | 2010 | 41 | 93 | 47 | 44 | 84 | 25 | 15 | 41 | 36 | 45 | 61 | 48 | 93 |
| 4 | 2011 | 57 | 69 | 49 | 67 | 57 | 0 | 0 | 0 | 30 | 26 | 44 | 66 | 69 |
| 5 | 2012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 | 52 | 52 |
| 6 | 2013 | 72 | 38 | 42 | 71 | 52 | 130 | 14 | 0 | 0 | 0 | 40 | 74 | 130 |
| 7 | 2014 | 67 | 39 | 113 | 58 | 36 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 63 | 113 |
| 8 | 2015 | 44 | 89 | 61 | 109 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 109 |
| 9 | 2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 41 | 12 | 26 | 110 | 59 | 69 | 41 | 110 |
| 10 | 2017 | 53 | 63 | 72 | 58 | 15 | 0 | 0 | 0 | 58 | 55 | 98 | 98 | 98 |
| | Rerata | 48 | 56 | 55 | 54 | 49 | 24 | 4 | 6 | 21 | 29 | 59 | 60 | 100 |
| | Max | 75 | 108 | 113 | 109 | 84 | 130 | 15 | 41 | 110 | 129 | 98 | 98 | 130 |
| | Min | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 |

Sumber: Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur

Tabel 4. 8 Data Stasiun Hujan Kedungrejo

| No | Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Hujan Maks |
|----|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------------|
| | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nop | Des | |
| 1 | 2008 | 67 | 37 | 42 | 41 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 49 | 42 | 67 |
| 2 | 2009 | 55 | 73 | 37 | 18 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 25 | 73 |
| 3 | 2010 | 91 | 28 | 65 | 15 | 17 | 18 | 27 | 25 | 36 | 96 | 37 | 49 | 96 |
| 4 | 2011 | 45 | 38 | 32 | 26 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 29 | 48 | 48 |
| 5 | 2012 | 28 | 24 | 46 | 35 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 35 | 37 | 46 |
| 6 | 2013 | 30 | 62 | 14 | 26 | 65 | 60 | 15 | 0 | 0 | 0 | 26 | 59 | 65 |
| 7 | 2014 | 24 | 19 | 30 | 29 | 15 | 8 | 21 | 0 | 0 | 0 | 29 | 30 | 30 |
| 8 | 2015 | 33 | 33 | 49 | 45 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 67 | 67 |
| 9 | 2016 | 75 | 43 | 77 | 132 | 63 | 60 | 0 | 34 | 73 | 65 | 72 | 30 | 132 |
| 10 | 2017 | 89 | 65 | 95 | 113 | 25 | 0 | 4 | 0 | 15 | 34 | 41 | 63 | 113 |
| | Rerata | 55 | 46 | 47 | 48 | 32 | 18 | 6 | 5 | 11 | 22 | 37 | 50 | 76 |
| | Max | 91 | 83 | 95 | 132 | 65 | 60 | 27 | 34 | 73 | 96 | 72 | 67 | 132 |
| | Min | 24 | 19 | 14 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 25 | 30 |

Sumber : Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur

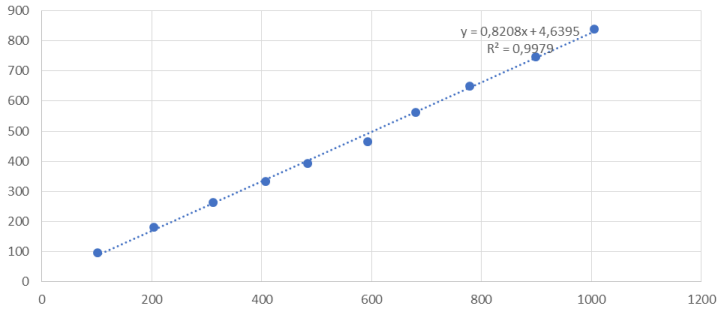
4.1.2. Uji Konsistensi Data

Pada uji konsistensi data hujan menggunakan *Double Mass Curve Test* pada semua pos hujan yang diamati. Untuk perhitungan *double mass curve* tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 4.9 hingga Tabel 4.15

Tabel 4. 9 Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Balerejo

| Tahun | Kumulatif balerejo | Kumulatif f | Rata-rata stasiun lain | Kumulatif stasiun lain |
|-------|--------------------|-------------|------------------------|------------------------|
| 2008 | 97 | 97 | 101 | 101 |
| 2009 | 83 | 180 | 102 | 203 |
| 2010 | 82 | 262 | 109 | 312 |
| 2011 | 72 | 334 | 95 | 407 |
| 2012 | 60 | 394 | 76 | 483 |
| 2013 | 70 | 464 | 109 | 593 |
| 2014 | 98 | 562 | 88 | 681 |
| 2015 | 87 | 649 | 98 | 779 |
| 2016 | 98 | 747 | 119 | 898 |
| 2017 | 93 | 840 | 107 | 1005 |

(Sumber : Hasil analisis)

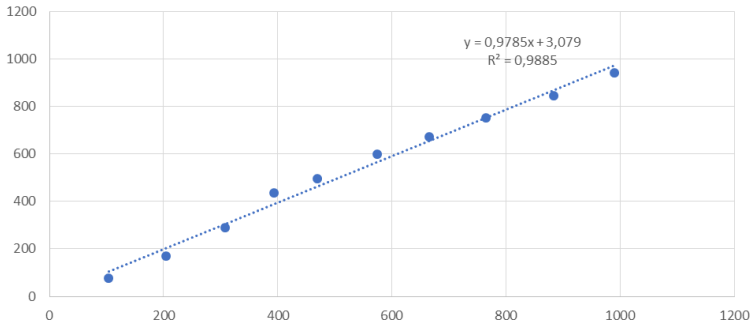


Gambar 4.2 Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan
Balerejo
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4.10 Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Caruban

| Tahu n | caruba n | Komulat if | Rata-rata stasiun lain | Kumulatif stasiun lain |
|-----------|-------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| 2008 | 75 | 75 | 104 | 104 |
| 2009 | 95 | 170 | 101 | 204 |
| 2010 | 118 | 288 | 104 | 308 |
| 2011 | 147 | 435 | 85 | 393 |
| 2012 | 62 | 497 | 76 | 469 |
| 2013 | 100 | 597 | 105 | 574 |
| 2014 | 75 | 672 | 91 | 665 |
| 2015 | 78 | 750 | 99 | 764 |
| 2016 | 96 | 846 | 120 | 884 |
| 2017 | 95 | 941 | 106 | 990 |

(Sumber : Hasil analisis)

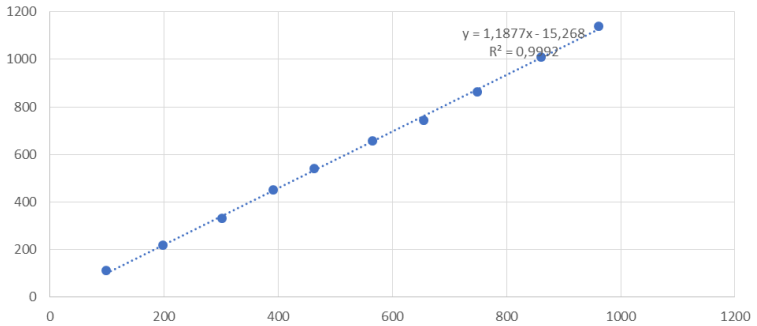


Gambar 4.3 Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Caruban
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4.11 Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Saradan

| Tahun | saradan | Kumulatif | Rata-rata stasiun lain | Kumulatif stasiun lain |
|-------|---------|-----------|------------------------|------------------------|
| 2008 | 111 | 111 | 99 | 99 |
| 2009 | 108 | 219 | 99 | 197 |
| 2010 | 114 | 333 | 104 | 302 |
| 2011 | 118 | 451 | 89 | 391 |
| 2012 | 91 | 542 | 72 | 462 |
| 2013 | 116 | 658 | 103 | 565 |
| 2014 | 87 | 745 | 90 | 655 |
| 2015 | 118 | 863 | 94 | 748 |
| 2016 | 146 | 1009 | 113 | 861 |
| 2017 | 132 | 1141 | 101 | 962 |

(Sumber : Hasil analisis)

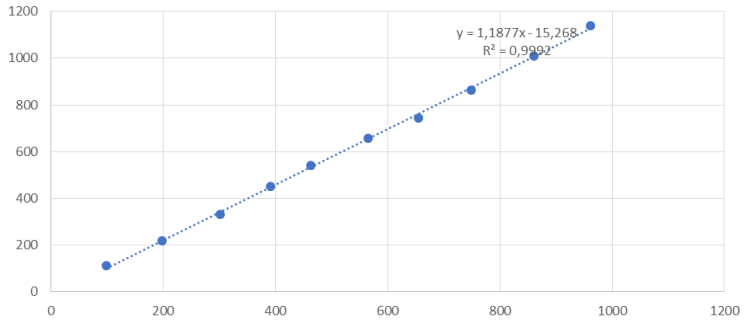


Gambar 4.4 Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Saradan
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4.12 Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan
Pulehrejo

| Tahun | pulehrejo | Kumulatif | Rata-rata stasiun lain | Kumulatif stasiun lain |
|-------|-----------|-----------|------------------------------|------------------------------|
| 2008 | 85 | 85 | 102 | 102 |
| 2009 | 115 | 200 | 98 | 200 |
| 2010 | 125 | 325 | 103 | 303 |
| 2011 | 85 | 410 | 94 | 397 |
| 2012 | 60 | 470 | 76 | 473 |
| 2013 | 146 | 616 | 98 | 571 |
| 2014 | 80 | 696 | 91 | 662 |
| 2015 | 93 | 789 | 97 | 759 |
| 2016 | 115 | 904 | 117 | 876 |
| 2017 | 108 | 1012 | 104 | 980 |

(Sumber : Hasil analisis)

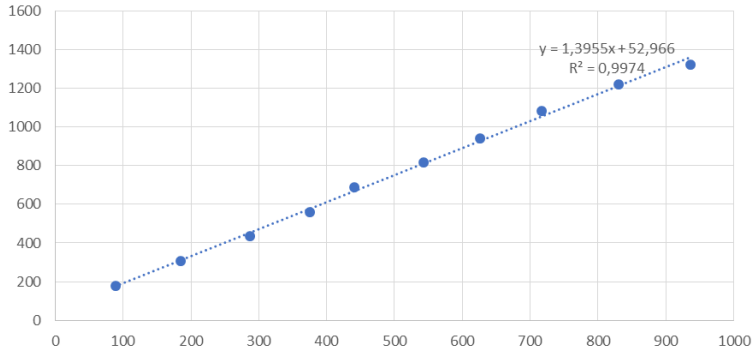


Gambar 4.5 Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Pulehrejo
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4.13 Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Summersari

| Tahun summersari | Kumulatif | Rata-rata stasiun lain | Kumulatif stasiun lain |
|------------------|-----------|------------------------|------------------------|
| 2008 | 180 | 89 | 89 |
| 2009 | 125 | 96 | 185 |
| 2010 | 130 | 102 | 287 |
| 2011 | 125 | 88 | 375 |
| 2012 | 130 | 66 | 441 |
| 2013 | 125 | 101 | 543 |
| 2014 | 125 | 84 | 627 |
| 2015 | 143 | 90 | 717 |
| 2016 | 135 | 114 | 831 |
| 2017 | 105 | 105 | 936 |

(Sumber : Hasil analisis)

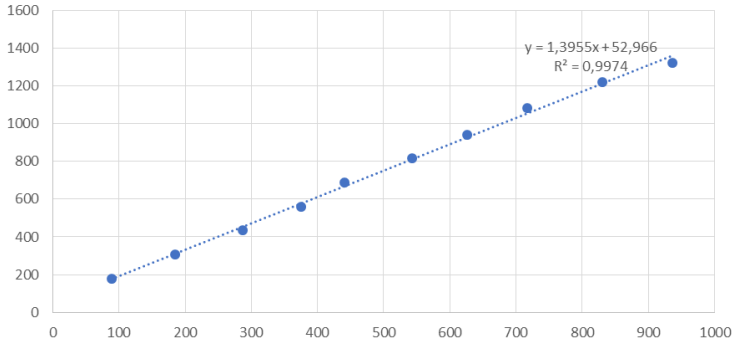


Gambar 4.6 Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Summersari
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4.14 Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Wates

| Tahun | wates | Kumulatif | Rata-rata stasiun lain | Kumulatif stasiun lain |
|-------|-------|-----------|---------------------------|---------------------------|
| 2008 | 57 | 57 | 106 | 106 |
| 2009 | 93 | 150 | 101 | 207 |
| 2010 | 87 | 237 | 108 | 316 |
| 2011 | 76 | 313 | 95 | 410 |
| 2012 | 91 | 404 | 72 | 482 |
| 2013 | 85 | 489 | 107 | 589 |
| 2014 | 106 | 595 | 87 | 676 |
| 2015 | 78 | 673 | 99 | 775 |
| 2016 | 102 | 775 | 119 | 894 |
| 2017 | 95 | 870 | 106 | 1000 |

(Sumber : Hasil analisis)



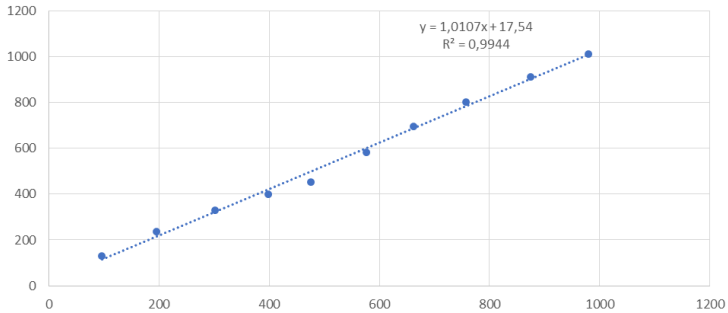
Gambar 4.7 Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Wates

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4.15 Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Notopuro

| Tahun | notopuro | Kumulatif | Rata-rata stasiun lain | Kumulatif stasiun lain |
|-------|----------|-----------|------------------------|------------------------|
| 2008 | 129 | 129 | 96 | 96 |
| 2009 | 108 | 237 | 99 | 195 |
| 2010 | 93 | 330 | 107 | 302 |
| 2011 | 69 | 399 | 96 | 398 |
| 2012 | 52 | 451 | 77 | 475 |
| 2013 | 130 | 581 | 101 | 576 |
| 2014 | 113 | 694 | 86 | 662 |
| 2015 | 109 | 803 | 95 | 757 |
| 2016 | 110 | 913 | 118 | 874 |
| 2017 | 98 | 1011 | 106 | 980 |

(Sumber : Hasil analisis)

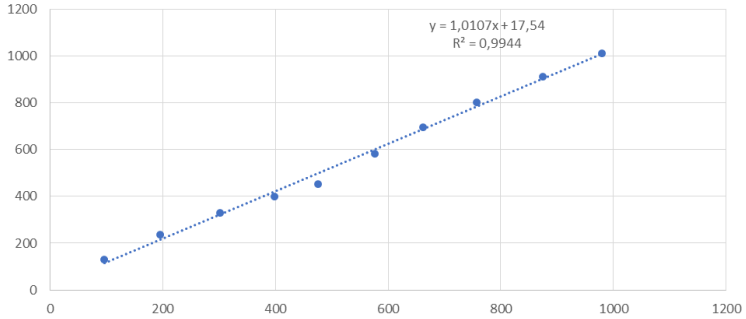


Gambar 4.8 Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Notopuro.
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4.16 Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan KedungRejo

| Tahun | kedungrejo | Kumulatif | Rata-rata stasiun lain | Kumulatif stasiun lain |
|-------|------------|-----------|------------------------|------------------------|
| 2008 | 67 | 67 | 105 | 105 |
| 2009 | 73 | 140 | 104 | 209 |
| 2010 | 96 | 236 | 107 | 316 |
| 2011 | 48 | 284 | 99 | 415 |
| 2012 | 46 | 330 | 78 | 493 |
| 2013 | 63 | 393 | 110 | 603 |
| 2014 | 30 | 423 | 98 | 701 |
| 2015 | 67 | 490 | 101 | 801 |
| 2016 | 132 | 622 | 115 | 916 |
| 2017 | 113 | 735 | 104 | 1020 |

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 4.9 Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Balerejo
(Sumber : Hasil analisis)

4.1.3. Perhitungan Curah Hujan Rencana

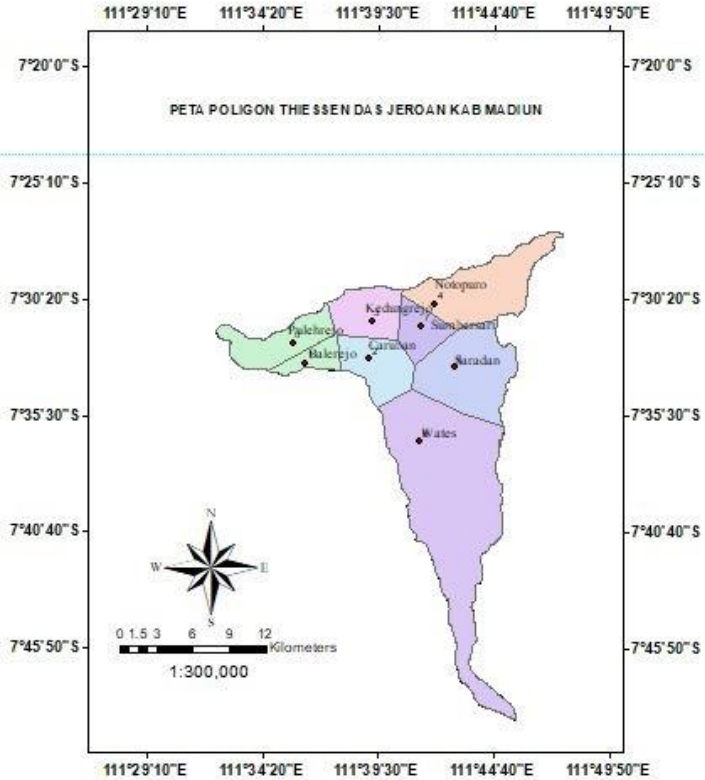
Curah hujan rencana digunakan untuk menghitung debit banjir setiap periode rencana yang ditentukan. Sesuai dengan kriteria klasifikasi saluran dan luasan daerah tangkapan, dalam analisa ini ditentukan periode ulang rencana. Dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata

| Tahun | balerejo | caruban | saradan | pulehrejo | sumpersari | wates | notopuro | kedungrejo | Jumlah | Rata-rata |
|-------|----------|---------|---------|-----------|------------|-------|----------|------------|---------|-----------|
| 2008 | 97 | 75 | 111 | 85 | 180 | 57 | 129 | 67 | 801.000 | 100.125 |
| 2009 | 83 | 95 | 108 | 115 | 125 | 93 | 108 | 73 | 800.000 | 100.000 |
| 2010 | 82 | 118 | 114 | 125 | 130 | 87 | 93 | 96 | 845.000 | 105.625 |
| 2011 | 72 | 147 | 118 | 85 | 125 | 76 | 69 | 48 | 740.000 | 92.500 |
| 2012 | 60 | 62 | 91 | 60 | 130 | 91 | 52 | 46 | 592.000 | 74.000 |
| 2013 | 70 | 100 | 116 | 146 | 125 | 85 | 130 | 63 | 835.000 | 104.375 |
| 2014 | 98 | 75 | 87 | 80 | 125 | 106 | 113 | 30 | 714.000 | 89.250 |
| 2015 | 87 | 78 | 118 | 93 | 143 | 78 | 109 | 67 | 773.000 | 96.625 |
| 2016 | 98 | 96 | 146 | 115 | 135 | 102 | 110 | 132 | 934.000 | 116.750 |
| 2017 | 93 | 95 | 132 | 108 | 105 | 95 | 98 | 113 | 839.000 | 104.875 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan berdasarkan luasan dar *polyon thiessen*, maka dapat diketahui tiap luasan daerah pos hujan yang terdapat di DAS Jeroan dan perhitungan curah hujan rata rata . Dapat dilihat pada Tabel 4.18. dan Tabel 4.19. dan untuk pembagian pos hujan dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Pembagian Pos Hujan dengan Metode Poligon Thiessen

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4.18 Luasan *Thiessen* yang berpengaruh

| No | Pos hujan | Luas yang terpengaruh (km ²) | Kr |
|-------|------------|--|-------|
| 1 | balerejo | 9 | 0,029 |
| 2 | caruban | 25 | 0,08 |
| 3 | saradan | 57 | 0,182 |
| 4 | pulehrejo | 13 | 0,041 |
| 5 | sumpersari | 15 | 0,048 |
| 6 | wates | 128 | 0,408 |
| 7 | notopuro | 45 | 0,143 |
| 8 | kedungrejo | 22 | 0,07 |
| total | | 314 | 1 |

Sumber: Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur

Tabel 4. 19 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata

| Perhitungan Curah Hujan Maksimum | | |
|----------------------------------|-------|------------------|
| NO | TAHUN | Curah Hujan (mm) |
| 1 | 2008 | 86,66 |
| 2 | 2009 | 98,48 |
| 3 | 2010 | 98,86 |
| 4 | 2011 | 87,95 |
| 5 | 2012 | 79,27 |
| 6 | 2013 | 100,23 |
| 7 | 2014 | 95,64 |
| 8 | 2015 | 92,09 |
| 9 | 2016 | 113,73 |
| 10 | 2017 | 103,46 |
| Jumlah | | 956,38 |
| CH maks | | 113,73 |
| CH min | | 79,27 |
| CH rata" | | 95,64 |

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.4. Analisa Frekuensi Perhitungan Distribusi

Analisa frekuensi adalah analisa tentang pengulangan suatu kejadian untuk menentukan periode ulang berikut nilai probabilitasnya. Adapun distribusi yang dapat dipakai adalah :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Gumbel
3. Distribusi Log Person Type III

Tabel 4. 20 Perhitungan Distribusi Gumbel

| Tahun | Hujan | $(xi - \bar{x})$ | $(xi - \bar{x})^2$ | $(xi - \bar{x})^3$ | $(xi - \bar{x})^4$ |
|-------|--------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 2008 | 86,66 | -8,98 | 80,57 | -723,26 | 6492,21 |
| 2009 | 98,48 | 2,84 | 8,08 | 22,97 | 65,31 |
| 2010 | 98,86 | 3,22 | 10,40 | 33,52 | 108,08 |
| 2011 | 87,95 | -7,68 | 59,04 | -453,61 | 3485,37 |
| 2012 | 79,27 | -16,37 | 268,01 | -4387,63 | 71830,09 |
| 2013 | 100,23 | 4,60 | 21,12 | 97,09 | 446,21 |

lanjutan

| Tahun | Hujan | $(xi - \bar{x})$ | $(xi - \bar{x})^2$ | $(xi - \bar{x})^3$ | $(xi - \bar{x})^4$ |
|-----------|--------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 2014 | 95,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2015 | 92,09 | -3,55 | 12,57 | -44,56 | 158,00 |
| 2016 | 113,73 | 18,09 | 327,35 | 5922,63 | 107156,76 |
| 2017 | 103,46 | 7,82 | 61,15 | 478,16 | 3739,11 |
| Jumlah | 956,38 | 0,00 | 848,29 | 945,31 | 193481,15 |
| Rata-rata | 95,64 | | | | |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Hasil perhitungan **Tabel 4.20** selanjutnya ditentukan jenis sebaran yang sesuai, dalam penentuan jenis sebaran diperlukan perhitungan sebagai berikut :

Untuk perhitungan deviasi standar dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^n (xi - \bar{X})^2}}{n - 1}$$

$$S = \frac{\sqrt{848.29^2}}{10 - 1}$$

$$S = 9.71$$

Koefisien Variasi (*Coefisien Variation*) :

$$Cv = \frac{Sr}{\bar{x}}$$

$$Cv = \frac{9.71}{95.636}$$

$$Cv = 0,10$$

Koefisien Kemencengan (*Coefisien Of Skewness*) :

$$Cs = \frac{n}{(n - 1)(n - 2) x S^3} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{10}{(10-1)(10-2) \times 9.23^3} \times 945.31$$

$$C_s = 0.14$$

Koefisien Ketajaman (*Coefisien Of Kurtosis*) :

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

$$C_k = \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \times 9.71^4} (193481.15)$$

$$C_k = 4.321$$

Tabel 4. 21 Perhitungan Distribusi Log Peason III

| CH | Log xi | Log (xi - \bar{x}) | Log (xi - \bar{x}) ² | (xi - \bar{x}) ³ | Log (xi - \bar{x}) |
|---------|--------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 86,661 | 1,938 | -0,041 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |
| 98,480 | 1,993 | 0,015 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 98,862 | 1,995 | 0,016 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 87,954 | 1,944 | -0,034 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 79,266 | 1,899 | -0,080 | 0,006 | -0,001 | 0,000 |
| 100,234 | 2,001 | 0,022 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 95,638 | 1,981 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 92,092 | 1,964 | -0,014 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 113,730 | 2,056 | 0,077 | 0,006 | 0,000 | 0,000 |
| 103,457 | 2,015 | 0,036 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 956,375 | 19,786 | 0,000 | 0,018 | -0,00009 | 0,0001 |
| 95,638 | 1,979 | | | | |

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan deviasi standar dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$s. \log x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \log x)^2}{(n-1)}}$$

$$s. \log x = \sqrt{\frac{0,018}{(10 - 1)}}$$

$$s. \log x = 0,04$$

Koefisien Variasi (*Coefisien Variation*) :

$$Cv = \frac{Sr}{\log x}$$

$$Cv = \frac{0,04}{1.979}$$

$$Cv = 0.02$$

Koefisien Kemencengan (*Coefisien Of Skewness*) :

$$Cs = \frac{n}{(n - 1)(n - 2) x S^3} \sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log x})^3$$

$$Cs = \frac{15}{(10 - 1)(10 - 2) x 0,04^3} (-0.00009)$$

$$Cs = -0.1$$

Koefisien Ketajaman (*Coefisien Of Kurtosis*) :

$$Ck = \frac{n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3) x S^4} \sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log x})^4$$

$$Ck = \frac{10^2}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3)x 0.04^4} (0.0001)$$

$$Ck = 4.23$$

4.1.5. Pemilihan Jenis Distribusi

Dalam Statistik terdapat beberapa jenis sebaran (Distribusi), namun yang sering digunakan dalam hidroligi adalah :

1. Metode Distribusi Normal
2. Metode Distribusi Log Person III

Berikut adalah perbandingan syarat – syarat distribusi dan hasil perhitungan analisa frekuensi Curah Hujan. Lihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Kecocokan Distribusi

| Distribusi | Syarat nilai | Perhitungan |
|-----------------|----------------------|---------------|
| Gumbel | $C_s \leq 1,1396$ | $C_s = 0.14$ |
| | $C_k \leq 5,4002$ | $C_k = 4.321$ |
| Log pearson III | $C_s = \text{BEBAS}$ | $C_s = -0.1$ |
| | $C_k = \text{BEBAS}$ | $C_k = 4.23$ |

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.22, maka dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang memenuhi syarat yaitu Distribusi Gumbel dan Distribusi *Log Pearson Type III*.

4.1.6. Uji Kecocokan Distribusi

Perhitungan uji kecocokan dengan menggunakan data hujan yang tersedia merupakan cara dalam menentukan distribusi yang dipakai. Perhitungan uji kecocokan harus dilakukan karena masing-masing perhitungan distribusi hujan memiliki sifat statistik yang berbeda-beda. Pemilihan distribusi yang tidak tepat mengakibatkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik *over estimated* maupun *under estimated*. Parameter uji kecocokan yang sering dipakai adalah metode Chi-Kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov.

4.1.6.1. Uji Chi – Kuadrat (*Chi Square*)

Uji Chi-Kuadrat untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang di analisis. Pengambilan keputusan uji ini disebut dengan Uji Chi-Kuadrat karena menggunakan parameter χ^2 Interpretasi hasilnya adalah:

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

Selengkapnya pada Tabel 4.23 dan grup kelas dapat dilihat pada Tabel 4.24

1. Perhitungan Chi-Kuadrat untuk Distribusi Gumbel:

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya data} &= 10 \\
 \text{Jumlah Sub Kelompok} &= 1+1,322 \log 10 \\
 &= 4,32 = 4 \\
 \text{Taraf Signifikan} &= 5\% \\
 \text{Derajat Kebebasan} &= 5-2-1 = 2 \\
 \text{Menghitung batasan sub-grup} = \Delta x &= \left(\frac{X_{maks} - X_{min}}{G-1} \right) \\
 &= \left(\frac{113.730 - 79.266}{5-1} \right) \\
 &= 11.49
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{awat} &= X_{min} - 0.5\Delta x \\
 &= 79.266 - (0.5 \times 11.49) \\
 &= 73.52
 \end{aligned}$$

$$E_i = \frac{N}{G} = \frac{10}{4} = 2,5$$

Chi Kritis = 3.841

Tabel 4. 23 Uji Chi - Kuadrat

| Tahun | CH | CH rank |
|-----------|---------|---------|
| 2008 | 86,661 | 113,730 |
| 2009 | 98,480 | 103,457 |
| 2010 | 98,862 | 100,234 |
| 2011 | 87,954 | 98,862 |
| 2012 | 79,266 | 98,480 |
| 2013 | 100,234 | 95,638 |
| 2014 | 95,638 | 92,092 |
| 2015 | 92,092 | 87,954 |
| 2016 | 113,730 | 86,661 |
| 2017 | 103,457 | 79,266 |
| Jumlah | 956,375 | |
| Rata-Rata | 95,638 | |

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 24 Grup Kelas

| NO | Grup Kelas | | | Jumlah Data | | | $f^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ |
|--------|------------|-------|--------|----------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | | | O _i | E _i | (O _i -E _i) | |
| 1 | 73,52 | < X ≤ | 85,01 | 1 | 2,5 | -1,5 | 0,9 |
| 2 | 85,01 | < X ≤ | 96,50 | 4 | 2,5 | 1,5 | 0,9 |
| 3 | 96,50 | < X ≤ | 107,99 | 4 | 2,5 | 1,5 | 0,9 |
| 4 | 107,99 | < X ≤ | 119,47 | 1 | 2,5 | -1,5 | 0,9 |
| Jumlah | | | | 0 | 10 | -1 | 3,6 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai Chi Kuadrat hitung = 3.6

Derajat Kebebasan = 1

Derajat signifiksn alpha = 5%

Nilai Chi Teoritis = 3.841

Untuk nilai derajat kepercayaan dapat dilihat pada Tabel 4.25

Tabel 4.25 Derajat Kepercayaan

| dk | a (derajat kepercayaan) | | | | | | | |
|----|-------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,995 | 0,990 | 0,975 | 0,950 | 0,500 | 0,025 | 0,010 | 0,005 |
| 1 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,004 | 3,841 | 5,024 | 6,635 | 7,789 |
| 2 | 0,010 | 0,020 | 0,051 | 0,103 | 0,990 | 7,378 | 9,210 | 10,597 |
| 3 | 0,072 | 0,115 | 0,216 | 0,352 | 7,815 | 9,348 | 11,345 | 12,838 |
| 4 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,751 | 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 | 1,625 | 12,592 | 14,449 | 16,812 | 18,548 |
| 7 | 0,989 | 1,239 | 1,690 | 2,167 | 14,067 | 16,067 | 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 | 5,242 | 5,812 | 6,908 | 7,902 | 26,296 | 28,845 | 32,000 | 34,267 |

lanjutan

| dk | a (derajat kepercayaan) | | | | | | | |
|----|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,995 | 0,990 | 0,975 | 0,950 | 0,500 | 0,025 | 0,010 | 0,005 |
| 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 | 8,672 | 27,587 | 30,191 | 32,852 | 36,191 | 38,532 |
| 20 | 7,434 | 8,260 | 9,591 | 10,851 | 33,141 | 34,170 | 37,566 | 39,997 |
| 21 | 8,034 | 8,897 | 10,283 | 11,591 | 32,671 | 35,671 | 38,932 | 41,401 |
| 22 | 8,643 | 9,542 | 10,982 | 12,338 | 33,924 | 36,924 | 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 | 42,796 | 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 | 50,993 |
| 30 | 12,787 | 14,935 | 16,791 | 18,493 | 43,773 | 46,979 | 50,892 | 53,672 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan Chi Kuadrat untuk distribusi dengan metode *Gumbel*, diperoleh nilai Chi Kuadrat hitung = 4,32. Dengan derajat kebebasan (DK) = 1, dan derajat signifikan $\alpha = 5\%$, maka diperoleh Chi Kuadrat teoritis 3.841 (dari uraian perhitungan)

Perhitungan akan diterima apabila nilai Chi Kuadrat teoritis > nilai Chi Kuadrat hitung. Dari perhitungan diatas diperoleh nilai $3.6 < 3.841$, sehingga perhitungan diterima.

4.1.6.2. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov merupakan uji kecocokan non parameter, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi. Secara garis besar, prosedur smirnov Kolmogorov adalah sebagai berikut :

1. Data diurutkan dari yang paling besar ke yang paling kecil atau sebaliknya dan ditentukan peluang masing-masing data.

$$X_1 P(X_1)$$

$$X_2 P(X_2)$$

$$X_n P(X_n)$$

2. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)

$$X_1 P(X_1)$$

$$X_2 P(X_2)$$

$$X_n P(X_n)$$

3. Dari kedua nilai peluang tersebut, dapat ditentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dan peluang teoritisnya (D_{max})

$$D_{maks} = [P(X_m) - P(X_m)]$$

4. Bila $D_{max} < D_o$ (nilai kritis Kolmogorov *Test*), maka distribusi yang dipakai untuk menentukan distribusinya dapat diterima.

- Uji Smirnov – Kolmogorov

Diketahui pada Tabel :

$$N = 10$$

$$\bar{X} = 95.64 \text{ mm}$$

$$S_r = 9.71$$

Dimana :

$$N = \text{Jumlah data Hujan}$$

$$S_n = \text{Standart Deviasi}$$

$$\bar{X} = \text{Curah Hujan rata – rata (mm)}$$

$$X = \text{Curah Hujan (mm)}$$

Sehingga bisa dihitung :

Pada $m = 1$

$$\begin{aligned} P(x) &= \frac{m}{n+1} \\ &= \frac{1}{10+1} \\ &= 0.09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(x <) &= 1 - P(x) \\ &= 1 - 0,09 \\ &= 0,91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t) &= \frac{(x_i - \bar{X})}{S_r} \\ &= \frac{(18.09)}{09.71} \\ &= 1.86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P'(x <) &= \text{di dapat pada Tabel wilayah Luas di bawah kurva Normal} \\ &= 0,91 \end{aligned}$$

$$P'(x) = 1 - P'(x <)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 - 0.91 \\
 &= 0.09 \\
 D_x &= P(x) - P'(x) \\
 &= 0,911 - 0,910 \\
 &= 0.01
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkanya dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Perhitungan Nilai D Max

| m | Xi | Xi-X | P(xi)=m/(n+1) | P(xi<) | f(t)= xi-x / sd | P'(x) | P'(xi<) | D | |
|----|--------|--------|---------------|--------|-----------------|-------|---------|-------|-------|
| 1 | 113.73 | 18.09 | 0.09 | 0.91 | 1.86 | 0.09 | 0.91 | 0.01 | |
| 2 | 103.46 | 7.82 | 0.18 | 0.82 | 0.81 | 0.14 | 0.86 | 0.04 | |
| 3 | 100.23 | 4.60 | 0.27 | 0.73 | 0.47 | 0.17 | 0.83 | 0.10 | |
| 4 | 98.86 | 3.22 | 0.36 | 0.64 | 0.33 | 0.19 | 0.81 | 0.17 | |
| 5 | 98.48 | 2.84 | 0.45 | 0.55 | 0.29 | 0.21 | 0.79 | 0.24 | |
| 6 | 95.64 | 0.00 | 0.55 | 0.45 | 0.00 | 0.26 | 0.74 | 0.29 | |
| 7 | 92.09 | -3.55 | 0.64 | 0.36 | -0.37 | 0.34 | 0.66 | 0.29 | |
| 8 | 87.95 | -7.68 | 0.73 | 0.27 | -0.79 | 0.41 | 0.59 | 0.31 | |
| 9 | 86.66 | -8.98 | 0.82 | 0.18 | -0.92 | 0.50 | 0.50 | 0.32 | |
| 10 | 79.27 | -16.37 | 0.91 | 0.09 | -1.69 | 0.58 | 0.42 | 0.33 | |
| | | | | | | | | D max | 0.326 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari perhitungan nilai D pada Tabel, menunjukkan nilai Dmax = 0,114, data pada peringkat m = 6. Dengan menggunakan data pada Tabel untuk derajat kepercayaan 5 %, maka diperoleh Do = 0,34. Karena nilai Dmax = 0.326 < Do kritis = 0,34 , maka persamaan distribusi *Gumbel* yang diperoleh dapat diterima.

Sehingga dari perhitungan uji kecocokan didapatkan perbandingan nilai chi – Kuadrat dan nilai *Smirnov – kolmogorov* yang kemudian akan dipakai pada perhitungan Curah Hujan rencana. Lihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Uji Kecocokan

| Jenis Distribusi | Uji Chi - Kuadrat | Uji Smirnov - Kolmogorov |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <i>Log Pearson Type III</i> | 3.6 < 3.841 diterima | 0.326 < 0.34 Diterima |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.27 menunjukkan bahwa nilai Chi – kuadrat dan nilai Smirnov – kolmogorov yang memenuhi syarat dan nilai paling kecil adalah distribusi Gumbel, sehingga untuk menghitung Curah hujan rencana menggunakan metode distribusi Gumbel.

4.1.7. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan tahunan terbesar dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Dari hasil uji distribusi yang digunakan, maka untuk menghitung curah hujan menggunakan metode distribusi Gumbel.

4.1.7.1. Curah Hujan rencana

Selanjutnya nilai K dapat dicari dengan menggunakan Tabel Cs. Untuk hasil perhitungan nilai K terdapat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Nilai K

| periode ulang | s | Log xi | K | Log R | R (mm) |
|------------------|------|--------|-------|----------|--------|
| 2 | 0,04 | 1,98 | 0,017 | 1,98 | 95,36 |
| 5 | 0,04 | 1,98 | 0,736 | 2,01 | 102,61 |
| 10 | 0,04 | 1,98 | 1,270 | 2,03 | 108,35 |
| 25 | 0,04 | 1,98 | 1,761 | 2,06 | 113,91 |
| 50 | 0,04 | 1,98 | 2,000 | 2,07 | 116,72 |
| 100 | 0,04 | 1,98 | 2,252 | 2,08 | 119,76 |
| 500 | 0,04 | 1,98 | 2,428 | 2,09 | 121,93 |
| 1000 | 0,04 | 1,98 | 3,95 | 2,15 | 142,40 |

Sumber : Hasil Perhitungan

- Periode ulang 2 Tahun :
 - Log R₂ = Log X + (k.S)
 - Log R₂ = 1,98 + (0,017 . 0,04)
 - Log R₂ = 1.98
 - R₂ = 93.6 mm
- Periode ulang 5 Tahun :
 - Log R₅ = Log X + (k.S)
 - Log R₅ = 1,98 + (0,0736 . 0,04)
 - Log R₅ = 2.02

- $R_5 = 102.61 \text{ mm}$
- Periode ulang 10 Tahun :
 - $\text{Log } R_{10} = \text{Log } X + (k.S)$
 - $\text{Log } R_{10} = 1,98 + (1,270 \cdot 0,04)$
 - $\text{Log } R_{10} = 2,03$
 - $R_{10} = 108,34 \text{ mm}$
 - Periode ulang 25 Tahun :
 - $\text{Log } R_{25} = \text{Log } X + (k.S)$
 - $\text{Log } R_{25} = 1,99 + (1,761 \cdot 0,04)$
 - $\text{Log } R_{25} = 2,06$
 - $R_{25} = 113,91 \text{ mm}$

4.1.8. Intensitas Hujan

Waktu curah hujan sangat mempengaruhi besar kecilnya intensitas hujan karena besarnya intensitas hujan yang berbeda-beda. Untuk menghitung intensitas hujan dapat menggunakan rumus *Mononobe*, sebagai berikut, selengkapnya terdapat pada Tabel 4.29.

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

Dimana:

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan harian rata-rata pada periode ulang tertentu (mm)

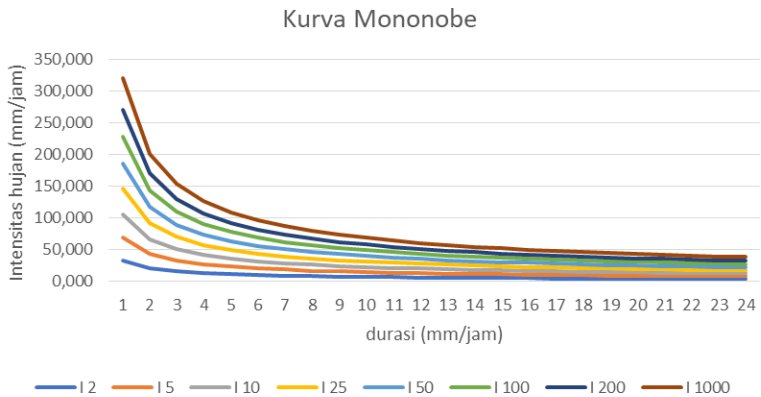
Tabel 4. 29 Hasil perhitungan intensitas hujan rencana dengan Metode Mononobe

| t (jam) | R24 | | | | | | | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 1000 |
| 60 | 95.36 | 102.61 | 108.35 | 113.91 | 116.72 | 119.76 | 121.93 | 142.40 |
| 1 | 33.094 | 35.611 | 37.603 | 39.534 | 40.509 | 41.563 | 42.315 | 49.418 |
| 2 | 20.843 | 22.428 | 23.683 | 24.899 | 25.513 | 26.177 | 26.651 | 31.124 |
| 3 | 15.904 | 17.114 | 18.071 | 18.999 | 19.467 | 19.974 | 20.336 | 23.749 |
| 4 | 13.127 | 14.126 | 14.916 | 15.682 | 16.068 | 16.487 | 16.785 | 19.603 |
| 5 | 11.312 | 12.172 | 12.853 | 13.513 | 13.846 | 14.207 | 14.464 | 16.892 |

lanjutan

| t (jam) | R24 | | | | | | | |
|----------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 1000 |
| 60 | 95.36 | 102.61 | 108.35 | 113.91 | 116.72 | 119.76 | 121.93 | 142.40 |
| 6 | 10.017 | 10.778 | 11.381 | 11.966 | 12.261 | 12.580 | 12.808 | 14.958 |
| 7 | 9.038 | 9.725 | 10.269 | 10.797 | 11.063 | 11.351 | 11.556 | 13.496 |
| 8 | 8.268 | 8.897 | 9.394 | 9.877 | 10.120 | 10.384 | 10.572 | 12.346 |
| 9 | 7.643 | 8.224 | 8.685 | 9.130 | 9.356 | 9.599 | 9.773 | 11.413 |
| 10 | 7.124 | 7.666 | 8.095 | 8.511 | 8.721 | 8.948 | 9.110 | 10.639 |
| 11 | 6.686 | 7.194 | 7.597 | 7.987 | 8.184 | 8.396 | 8.549 | 9.983 |
| 12 | 6.309 | 6.788 | 7.168 | 7.536 | 7.722 | 7.923 | 8.066 | 9.421 |
| 13 | 5.981 | 6.435 | 6.796 | 7.144 | 7.321 | 7.511 | 7.647 | 8.931 |
| 14 | 5.692 | 6.125 | 6.468 | 6.800 | 6.968 | 7.149 | 7.278 | 8.500 |
| 15 | 5.436 | 5.850 | 6.177 | 6.494 | 6.654 | 6.827 | 6.951 | 8.118 |
| 16 | 5.207 | 5.603 | 5.917 | 6.220 | 6.374 | 6.540 | 6.658 | 7.776 |
| 17 | 5.001 | 5.381 | 5.682 | 5.974 | 6.121 | 6.281 | 6.394 | 7.468 |
| 18 | 4.814 | 5.180 | 5.470 | 5.750 | 5.892 | 6.046 | 6.155 | 7.188 |
| 19 | 4.643 | 4.996 | 5.276 | 5.547 | 5.684 | 5.831 | 5.937 | 6.934 |
| 20 | 4.487 | 4.828 | 5.098 | 5.360 | 5.492 | 5.635 | 5.737 | 6.700 |
| 21 | 4.343 | 4.674 | 4.935 | 5.189 | 5.317 | 5.455 | 5.554 | 6.486 |
| 22 | 4.211 | 4.531 | 4.784 | 5.030 | 5.154 | 5.288 | 5.384 | 6.288 |
| 23 | 4.088 | 4.399 | 4.645 | 4.883 | 5.004 | 5.134 | 5.227 | 6.104 |
| 24 | 3.973 | 4.275 | 4.515 | 4.746 | 4.863 | 4.990 | 5.080 | 5.933 |

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.11 Kurva Intensitas Hujan
(Sumber : hasil analisis)

4.1. Menghitung Debit Rencana

Pada penelitian ini, metode yang digunakan dalam menghitung debit rencana adalah menggunakan metode empiris.

4.1.8.1. Metode Empiris

Metode ini sama dengan metode rasional, tetapi hubungan antara debit dan intensitas hujan diturunkan menurut persamaan matematis. Metode empiris yang akan digunakan yaitu Unit Hidrograf Nakayasu.

Dalam perhitungan hidrograf nakayasu digunakan perhitungan sebagai berikut:

1. Distribusi Hujan Jam – Jaman.

Karena tidak tersedianya data mengenai pola pembagian hujan yang diselidiki di stasiun penakar hujan, maka dari data hujan yang diambil asumsi bahwa hujan harian yang terjadi selama 5 (lima) jam setiap hari. Rata-rata hujan sampai jam ke T dihitung dengan rumus

$$Rt = \frac{R24}{T} \times \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

Maka :

- $Rt_1 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{1}\right)^{2/3} = 0,585 R_{24}$
- $Rt_2 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3} = 0,368 R_{24}$
- $Rt_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{3}\right)^{2/3} = 0,281 R_{24}$
- $Rt_4 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{4}\right)^{2/3} = 0,232 R_{24}$
- $Rt_5 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{5}\right)^{2/3} = 0,200 R_{24}$

Untuk menghitung curah hujan pada jam T menggunakan rumus

$$R_T = t R_t - (t - 1) R_{(t-1)}$$

Maka diperoleh :

- $R_{T1} = 1 \times 0,585 R_{24} - 0 \times 0 = 0,585 R_{24}$
- $R_{T2} = 2 \times 0,368 R_{24} - 1 \times 0,585 R_{24} = 0,151 R_{24}$
- $R_{T3} = 3 \times 0,281 R_{24} - 2 \times 0,368 R_{24} = 0,107 R_{24}$
- $R_{T4} = 4 \times 0,232 R_{24} - 3 \times 0,281 R_{24} = 0,085 R_{24}$
- $R_{T5} = 5 \times 0,200 R_{24} - 4 \times 0,232 R_{24} = 0,072 R_{24}$

Setelah pola distribusi hujan jam-jaman yang terjadi diketahui, maka distribusi hujan jam-jaman untuk berbagai periode ulang tertentu dapat ditentukan dengan cara menghitung hujan efektif terlebih dahulu.

a. Perhitungan Tinggi Hujan Efektif

Besarnya curah hujan efektif dinyatakan dalam rumus

$$Reff = C \times Xt$$

Diketahui:

- Koefisien Pengaliran (C) = 0,620
- Curah Hujan Rencana (Xt) = 95,36 mm (T = 25 tahun)

Maka curah hujan efektif adalah

$$Reff = C \times Xt$$

$$Reff = 0,620 \times 95,36 \text{ mm}$$

$$Reff = 59,12 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4. 30 perhitungan curah hujan efektif

| Periode Ulang (T) | Curah hujan rencana | C | Curah hujan efektif |
|----------------------|---------------------|-------|---------------------|
| | (Xt) | | (Ref) |
| | (mm) | | (mm) |
| 2 | 95,36 | | 59,12 |
| 5 | 102,61 | | 63,62 |
| 10 | 108,35 | | 67,18 |
| 25 | 113,91 | 0,620 | 70,63 |
| 50 | 116,72 | | 72,37 |
| 100 | 119,76 | | 74,25 |
| 1000 | 142,40 | | 88,29 |

(sumber : hasil analisis)

b. Hujan Jam-jaman

Waktu hujan ke – 1

$$\text{Periode ulang 25 tahun } R_{24} = 113,31 \text{ mm}$$

$$\text{Rasio } (R_{T1}) = 0,585$$

$$\begin{aligned} \text{Hujan Jam – jaman} &= R_{T1} \times R_{24} \\ &= 0,585 \times 70,63 \text{ mm} \\ &= 41,30 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4. 31 Tabel perhitungan hujan jam-jaman

| Waktu hujan (jam) | Rasio (Rt) (%) | Curah Hujan jam-jaman (mm) | | | | | | | |
|----------------------|-------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 1000 | |
| 1 | 34,57 | 37,20 | 39,29 | 41,30 | 42,32 | 43,42 | 51,63 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 8,99 | 9,67 | 10,21 | 10,74 | 11,00 | 11,29 | 13,42 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 6,30 | 6,78 | 7,16 | 7,53 | 7,72 | 7,92 | 9,41 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 5,02 | 5,40 | 5,70 | 6,00 | 6,14 | 6,30 | 7,49 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 4,24 | 4,56 | 4,82 | 5,06 | 5,19 | 5,32 | 6,33 | 0,00 | 0,00 |

(sumber : hasil analisis)

c. Perhitungan Hidrograf Nakayasu

Sungai Jeroan

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 34,84 \text{ km}$$

$$\text{Luas DAS} = 314,34 \text{ km}^2$$

$$\text{Koefisien Pengaliran (C)} = 0,620$$

$$\text{Hujan Satuan (R}_0\text{)} = 1 \text{ mm}$$

$$\alpha = 2$$

- 1) Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (t_g) dikarenakan $L > 15$ km, maka :

$$\begin{aligned} T_g &= 0,4 + 0,058 \cdot L \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \\ &= 0,4 + 0,058 \cdot 38,34 \\ &= 2,421 \text{ jam} \end{aligned}$$

- 2) Satuan waktu hujan (t_r) karena $0 < t_r < 1$, maka diasumsikan $t_r = 0,75 t_g$

$$\begin{aligned} T_r &= 0,75 T_g \\ &= 0,75 \times 2,421 \\ &= 1,210 \text{ jam} \end{aligned}$$

- 3) Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$\begin{aligned} T_p &= t_g + 0,8 T_r \\ &= 0,325 + (0,8 \times 1,210) \\ &= 3,389 \text{ jam} \end{aligned}$$

- 4) Penurunan debit puncak menjadi 30% ($T_{0,3}$)

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= \alpha \times T_g \\ &= 2 \times 2,421 \\ &= 4,841 \text{ jam} \end{aligned}$$

- 5) Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{C \times A \times R_0}{(0,3 T_p + T_{0,3})} \right)$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{0,62 \times 314,34 \times 1}{(0,3 \cdot 3,389 + 4,841)} \right)$$

$$Q_p = 7,602 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu:

1. Untuk lengkung naik:

$$0 < t < T_p$$

$$0 < t < 3,389$$

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

$$= 7,602 \left(\frac{t}{3,389} \right)^{2,4}$$

$$= 3,389 \text{ jam}$$

Sehingga perhitungan Q_t untuk kurva lengkung naik dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Tabel perhitungan untuk kurva lengkung naik

| lengkung naik | | | |
|---------------|-------|-----------------------|-----------------------|
| t | t/Tp | (t/Tp) ^{2.4} | Qt |
| (Jam) | | | m ³ /detik |
| 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.2 | 0.059 | 0.001 | 0.009 |
| 0.4 | 0.118 | 0.006 | 0.045 |
| 0.6 | 0.177 | 0.016 | 0.119 |
| 0.8 | 0.236 | 0.031 | 0.238 |
| 1.0 | 0.295 | 0.053 | 0.406 |
| 1.2 | 0.354 | 0.083 | 0.629 |
| 1.4 | 0.413 | 0.120 | 0.911 |
| 1.6 | 0.472 | 0.165 | 1.255 |
| 1.8 | 0.531 | 0.219 | 1.665 |
| 2.0 | 0.590 | 0.282 | 2.144 |
| 2.2 | 0.649 | 0.355 | 2.695 |
| 2.4 | 0.708 | 0.437 | 3.321 |
| 2.6 | 0.767 | 0.529 | 4.024 |
| 2.8 | 0.826 | 0.632 | 4.807 |
| 3.0 | 0.885 | 0.746 | 5.673 |
| 3.2 | 0.944 | 0.871 | 6.624 |
| 3.4 | 1.003 | 1.008 | 7.661 |

(sumber : hasil analisis)

2. Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$3,389 < t < 3,389 + 4,841$$

$$3,389 < t < 8,230$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left(t - T_p / T_{0,3} \right)$$

$$Q_t = 7,602 \times 0,3 \left(t - 3,389 / 4,481 \right)$$

$$= 8,230$$

Sehingga perhitungan Q_t untuk kurva lengkung turun tahap I dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Tabel perhitungan untuk kurva lengkung turun tahap I

| lengkung turun tahap 1 | | | |
|------------------------|-------|-------------|-----------------------------|
| t (Jam) | t-Tp | (t-Tp)/T0,3 | Qt m ³ /detik |
| 3.6 | 1.062 | 0.219 | 5.837 |
| 3.8 | 1.121 | 0.232 | 5.752 |
| 4 | 1.180 | 0.244 | 5.668 |
| 4.2 | 1.239 | 0.256 | 5.586 |
| 4.4 | 1.298 | 0.268 | 5.504 |
| 4.6 | 1.357 | 0.280 | 5.424 |
| 4.8 | 1.411 | 0.291 | 5.352 |
| 5.0 | 1.611 | 0.333 | 5.092 |
| 5.2 | 1.811 | 0.374 | 4.845 |
| 5.4 | 2.011 | 0.415 | 4.610 |
| 5.6 | 2.211 | 0.457 | 4.387 |
| 5.8 | 2.411 | 0.498 | 4.174 |
| 6.0 | 2.611 | 0.539 | 3.971 |
| 6.2 | 2.811 | 0.581 | 3.778 |
| 6.4 | 3.011 | 0.622 | 3.595 |
| 6.6 | 3.211 | 0.663 | 3.421 |
| 6.8 | 3.411 | 0.705 | 3.255 |
| 7.0 | 3.611 | 0.746 | 3.097 |
| 7.2 | 3.811 | 0.787 | 2.947 |
| 7.4 | 4.011 | 0.828 | 2.804 |
| 7.6 | 4.211 | 0.870 | 2.668 |
| 7.8 | 4.411 | 0.911 | 2.538 |
| 8.0 | 4.611 | 0.952 | 2.415 |
| 8.2 | 4.811 | 0.994 | 2.298 |

(sumber : hasil analisis)

3. Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$$

$$(3,389 + 4,481) < t < (3,389 + 4,481 + 1,5 \times 4,481)$$

$$8,230 < t < 15,493$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left(\frac{(t-T_p) + (0,5 \times T_{0,3})}{1,5 \times T_{0,3}} \right)$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left(\frac{(t-3,389) + (0,5 \times 4,481)}{1,5 \times 4,481} \right)$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left(\frac{(t-3,389) + (2,241)}{6,7215} \right)$$

Sehingga perhitungan Q_t untuk kurva lengkung turun tahap II dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Tabel perhitungan untuk kurva lengkung turun tahap II

| lengkung turun tahap 2 | | | |
|------------------------|---------------------------------------|--|----------------------|
| t (Jam) | $(t-T_p) +$ $(0,5 \times T_{0,3})$ | $(t-T_p) +$ $(0,5 \times T_{0,3}) /$ $(1,5 * T_{0,3})$ | Q_t $m^3/detik$ |
| 8.4 | 5.011 | 0.690 | 3.312 |
| 8.6 | 5.211 | 0.718 | 3.204 |
| 8.8 | 5.411 | 0.745 | 3.100 |
| 9.0 | 5.611 | 0.773 | 2.999 |
| 9.2 | 5.811 | 0.800 | 2.901 |
| 9.4 | 6.011 | 0.828 | 2.806 |
| 9.6 | 6.211 | 0.855 | 2.715 |
| 9.8 | 6.411 | 0.883 | 2.626 |
| 10.0 | 6.611 | 0.910 | 2.540 |
| 10.2 | 6.811 | 0.938 | 2.458 |
| 10.4 | 7.011 | 0.965 | 2.377 |
| 10.6 | 7.211 | 0.993 | 2.300 |
| 10.8 | 7.411 | 1.020 | 2.225 |
| 11.0 | 7.611 | 1.048 | 2.152 |
| 11.2 | 7.811 | 1.076 | 2.082 |

| 11.4 | 10.432 | 1.436 | 1.348 |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| <u>Lanjutan</u> | | | |
| t (Jam) | (t-Tp)+ (0,5xT0.3) | (t-Tp)+ (0,5xT0.3)/ (1,5*T0.3) | Qt m ³ /detik |
| 11.6 | 10.632 | 1.464 | 1.304 |
| 11.8 | 10.832 | 1.492 | 1.262 |
| 12.0 | 11.032 | 1.519 | 1.221 |
| 12.2 | 11.232 | 1.547 | 1.181 |
| 12.4 | 11.432 | 1.574 | 1.142 |
| 12.6 | 11.632 | 1.602 | 1.105 |
| 12.8 | 11.832 | 1.629 | 1.069 |
| 13.0 | 12.032 | 1.657 | 1.034 |
| 13.2 | 12.232 | 1.684 | 1.001 |
| 13.4 | 12.432 | 1.712 | 0.968 |
| 13.6 | 12.632 | 1.739 | 0.936 |
| 13.8 | 12.832 | 1.767 | 0.906 |
| 14.0 | 13.032 | 1.794 | 0.876 |
| 14.2 | 13.232 | 1.822 | 0.848 |
| 14.4 | 13.432 | 1.850 | 0.820 |
| 14.6 | 13.632 | 1.877 | 0.793 |
| 14.8 | 13.832 | 1.905 | 0.767 |
| 15.0 | 14.032 | 1.932 | 0.742 |
| 15.2 | 14.232 | 1.960 | 0.718 |
| 15.4 | 14.432 | 1.987 | 0.695 |

(sumber : hasil analisis)

4. Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$$

$$t > 3,389 + 4,481 + 1,5 \times 4,481$$

$$Qt = Qp \times 0,3 \left(\frac{(t-Tp)+(1,5 \times T_{0,3})}{2 \times T_{0,3}} \right)$$

$$Qt = Qp \times 0,3 \left(\frac{(t-3,389)+(0,5 \times 4,481)}{1,5 \times 4,481} \right)$$

Sehingga perhitungan Qt untuk kurva lengkung turun tahap III dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Tabel perhitungan untuk kurva lengkung turun tahap III

| lengkung turun tahap 3 | | | |
|------------------------|-----------------------|--|-----------------------------|
| t (Jam) | (t-Tp)+ (1,5xT0.3) | (t-Tp)+ (1,5xT0.3)/ (2* [*] T0.3) | Qt m ³ /detik |
| 15.6 | 14.632 | 1.511 | 1.233 |
| 15.8 | 14.832 | 1.532 | 1.202 |
| 16.0 | 15.032 | 1.552 | 1.173 |
| 16.2 | 15.232 | 1.573 | 1.144 |
| 16.4 | 15.432 | 1.594 | 1.116 |
| 16.6 | 15.632 | 1.614 | 1.088 |
| 16.8 | 15.832 | 1.635 | 1.062 |
| 17.0 | 16.032 | 1.656 | 1.036 |
| 17.2 | 16.232 | 1.676 | 1.010 |
| 17.4 | 16.432 | 1.697 | 0.985 |
| 17.6 | 16.632 | 1.718 | 0.961 |
| 17.8 | 16.832 | 1.738 | 0.938 |
| 18.0 | 17.032 | 1.759 | 0.915 |
| 18.2 | 17.232 | 1.780 | 0.892 |
| 18.4 | 17.432 | 1.800 | 0.870 |
| 18.6 | 17.632 | 1.821 | 0.849 |
| 18.8 | 17.832 | 1.842 | 0.828 |
| 19.0 | 18.032 | 1.862 | 0.808 |
| 19.2 | 18.232 | 1.883 | 0.788 |
| 19.4 | 18.432 | 1.904 | 0.768 |
| 19.6 | 18.632 | 1.924 | 0.750 |

| 19.8 | 18.832 | 1.945 | 0.731 |
|------------|--------------------------------------|---|-----------------------------|
| lanjutan | | | |
| t (Jam) | $(t-T_p)+$ $(1,5 \times T_{0.3})$ | $(t-T_p)+$ $(1,5 \times T_{0.3}) /$ $(2 * T_{0.3})$ | Qt m ³ /detik |
| 20.0 | 19.032 | 1.966 | 0.713 |
| 20.2 | 19.232 | 1.986 | 0.696 |
| 20.4 | 19.432 | 2.007 | 0.679 |
| 20.6 | 19.632 | 2.027 | 0.662 |
| 20.8 | 19.832 | 2.048 | 0.646 |
| 21.0 | 20.032 | 2.069 | 0.630 |
| 21.2 | 25.073 | 2.589 | 0.336 |
| 21.4 | 25.273 | 2.610 | 0.328 |
| 21.6 | 25.473 | 2.631 | 0.320 |
| 21.8 | 25.673 | 2.651 | 0.312 |
| 22.0 | 25.873 | 2.672 | 0.305 |
| 22.2 | 26.073 | 2.693 | 0.297 |
| 22.4 | 26.273 | 2.713 | 0.290 |
| 22.6 | 26.473 | 2.734 | 0.283 |
| 22.8 | 26.673 | 2.755 | 0.276 |
| 23.0 | 26.873 | 2.775 | 0.269 |
| 23.2 | 27.073 | 2.796 | 0.262 |
| 23.4 | 27.273 | 2.817 | 0.256 |
| 23.6 | 27.473 | 2.837 | 0.250 |
| 23.8 | 27.673 | 2.858 | 0.244 |
| 24.0 | 27.873 | 2.879 | 0.238 |

(sumber : Hasil Analisis)

Besar hidrograf banjir metode Nakayasu dapat dihitung dengan mengkalikan besar Qt dengan curah hujan efektif jam-jam an yang telah didapatkan dalam perhitungan distribusi curah hujan rencana efektif per jam. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat

pada Tabel 4.36. untuk 2 tahun, Tabel 4.37 untuk 5 tahun, Tabel 4.38. untuk 10 tahun dan Tabel 4.39. untuk 25 tahun

Tabel 4. 36 Perhitungan debit 2 tahun metode HSS Nakayasu

| t | Qt | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | Q |
|-------|-------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|
| (jam) | (m ³ /detik) | 34.57 | 8.99 | 6.30 | 5.02 | 4.24 | (m ³ /detik) |
| 0.00 | 0.000 | 0 | | | | | 0 |
| 1.00 | 0.406 | 14.044 | 3.650 | 2.561 | 2.039 | 1.721 | 24.015 |
| 2.00 | 2.144 | 74.125 | 19.267 | 13.515 | 10.759 | 9.086 | 126.752 |
| 3.00 | 5.673 | 196.148 | 50.983 | 35.763 | 28.471 | 24.043 | 335.408 |
| 4.00 | 6.530 | 225.777 | 58.684 | 41.166 | 32.772 | 27.675 | 386.073 |
| 5.00 | 5.092 | 176.067 | 45.764 | 32.102 | 25.556 | 21.581 | 301.071 |
| 6.00 | 3.971 | 137.302 | 35.688 | 25.034 | 19.930 | 16.830 | 234.784 |
| 7.00 | 3.097 | 107.072 | 27.830 | 19.522 | 15.542 | 13.124 | 183.091 |
| 8.00 | 2.415 | 83.498 | 21.703 | 15.224 | 12.120 | 10.235 | 142.780 |
| 9.00 | 2.007 | 69.403 | 18.039 | 12.654 | 10.074 | 8.507 | 118.678 |
| 10.00 | 1.701 | 58.800 | 15.283 | 10.721 | 8.535 | 7.207 | 100.547 |
| 11.00 | 1.441 | 49.817 | 12.949 | 9.083 | 7.231 | 6.106 | 85.186 |
| 12.00 | 1.221 | 42.206 | 10.970 | 7.695 | 6.126 | 5.173 | 72.172 |
| 13.00 | 1.034 | 35.758 | 9.294 | 6.520 | 5.190 | 4.383 | 61.146 |
| 14.00 | 0.876 | 30.295 | 7.874 | 5.524 | 4.397 | 3.713 | 51.805 |
| 15.00 | 0.742 | 25.667 | 6.671 | 4.680 | 3.726 | 3.146 | 43.890 |
| 16.00 | 0.642 | 22.208 | 5.772 | 4.049 | 3.224 | 2.722 | 37.975 |
| 17.00 | 0.567 | 19.611 | 5.097 | 3.576 | 2.847 | 2.404 | 33.535 |
| 18.00 | 0.501 | 17.318 | 4.501 | 3.158 | 2.514 | 2.123 | 29.614 |
| 19.00 | 0.442 | 15.294 | 3.975 | 2.788 | 2.220 | 1.875 | 26.152 |
| 20.00 | 0.391 | 13.505 | 3.510 | 2.462 | 1.960 | 1.655 | 23.094 |
| 21.00 | 0.345 | 11.926 | 3.100 | 2.175 | 1.731 | 1.462 | 20.394 |
| 22.00 | 0.305 | 10.532 | 2.737 | 1.920 | 1.529 | 1.291 | 18.009 |
| 23.00 | 0.269 | 9.301 | 2.417 | 1.696 | 1.350 | 1.140 | 15.904 |
| 24.00 | 0.238 | 8.213 | 2.135 | 1.497 | 1.192 | 1.007 | 14.044 |

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 4. 37 Perhitungan debit 5 tahun metode HSS Nakayasu

| t (jam) | Qt (m ³ /detik) | R1 37.20 | R2 9.65 | R3 10.21 | R4 5.12 | R5 4.75 | Q (m ³ /detik) |
|------------|-------------------------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------------------------|
| 0.00 | 0.000 | 0 | | | | | 0 |
| 1.00 | 0.406 | 15.112 | 3.920 | 4.148 | 2.080 | 1.929 | 27.189 |
| 2.00 | 2.144 | 79.763 | 20.689 | 21.892 | 10.977 | 10.184 | 143.504 |
| 3.00 | 5.673 | 211.066 | 54.746 | 57.930 | 29.047 | 26.947 | 379.736 |
| 4.00 | 6.530 | 242.949 | 63.015 | 66.681 | 33.434 | 31.018 | 437.097 |
| 5.00 | 5.092 | 189.458 | 49.141 | 51.999 | 26.073 | 24.189 | 340.861 |
| 6.00 | 3.971 | 147.745 | 38.322 | 40.551 | 20.332 | 18.863 | 265.813 |
| 7.00 | 3.097 | 115.216 | 29.884 | 31.623 | 15.856 | 14.710 | 207.289 |
| 8.00 | 2.415 | 89.849 | 23.305 | 24.660 | 12.365 | 11.471 | 161.650 |
| 9.00 | 2.007 | 74.682 | 19.371 | 20.497 | 10.278 | 9.535 | 134.363 |
| 10.00 | 1.701 | 63.272 | 16.411 | 17.366 | 8.707 | 8.078 | 113.836 |
| 11.00 | 1.441 | 53.606 | 13.904 | 14.713 | 7.377 | 6.844 | 96.444 |
| 12.00 | 1.221 | 45.417 | 11.780 | 12.465 | 6.250 | 5.798 | 81.710 |
| 13.00 | 1.034 | 38.478 | 9.980 | 10.561 | 5.295 | 4.913 | 69.227 |
| 14.00 | 0.876 | 32.600 | 8.456 | 8.947 | 4.486 | 4.162 | 58.651 |
| 15.00 | 0.742 | 27.619 | 7.164 | 7.580 | 3.801 | 3.526 | 49.691 |
| 16.00 | 0.642 | 23.897 | 6.198 | 6.559 | 3.289 | 3.051 | 42.994 |
| 17.00 | 0.567 | 21.103 | 5.474 | 5.792 | 2.904 | 2.694 | 37.967 |
| 18.00 | 0.501 | 18.636 | 4.834 | 5.115 | 2.565 | 2.379 | 33.528 |
| 19.00 | 0.442 | 16.457 | 4.269 | 4.517 | 2.265 | 2.101 | 29.608 |
| 20.00 | 0.391 | 14.533 | 3.769 | 3.989 | 2.000 | 1.855 | 26.146 |
| 21.00 | 0.345 | 12.833 | 3.329 | 3.522 | 1.766 | 1.638 | 23.089 |
| 22.00 | 0.305 | 11.333 | 2.940 | 3.110 | 1.560 | 1.447 | 20.389 |
| 23.00 | 0.269 | 10.008 | 2.596 | 2.747 | 1.377 | 1.278 | 18.006 |
| 24.00 | 0.238 | 8.838 | 2.292 | 2.426 | 1.216 | 1.128 | 15.900 |

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 4. 38 Perhitungan debit 10 tahun metode HSS Nakayasu

| t (jam) | Qt (m ³ /detik) | R1 39.29 | R2 10.21 | R3 7.16 | R4 5.70 | R5 4.82 | Q (m ³ /detik) |
|------------|-------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------------------------|
| 0.00 | 0.000 | 0 | | | | | 0 |
| 1.00 | 0.406 | 15.958 | 4.148 | 2.910 | 2.316 | 1.956 | 27.287 |
| 2.00 | 2.144 | 84.225 | 21.892 | 15.357 | 12.225 | 10.324 | 144.024 |
| 3.00 | 5.673 | 222.876 | 57.930 | 40.637 | 32.351 | 27.319 | 381.112 |
| 4.00 | 6.530 | 256.542 | 66.681 | 46.775 | 37.237 | 31.446 | 438.680 |
| 5.00 | 5.092 | 200.059 | 51.999 | 36.476 | 29.039 | 24.522 | 342.096 |
| 6.00 | 3.971 | 156.012 | 40.551 | 28.445 | 22.645 | 19.123 | 266.776 |
| 7.00 | 3.097 | 121.662 | 31.623 | 22.183 | 17.659 | 14.913 | 208.040 |
| 8.00 | 2.415 | 94.876 | 24.660 | 17.299 | 13.771 | 11.629 | 162.235 |
| 9.00 | 2.007 | 78.860 | 20.497 | 14.378 | 11.447 | 9.666 | 134.849 |
| 10.00 | 1.701 | 66.813 | 17.366 | 12.182 | 9.698 | 8.190 | 114.248 |
| 11.00 | 1.441 | 56.605 | 14.713 | 10.321 | 8.216 | 6.938 | 96.794 |
| 12.00 | 1.221 | 47.958 | 12.465 | 8.744 | 6.961 | 5.878 | 82.006 |
| 13.00 | 1.034 | 40.631 | 10.561 | 7.408 | 5.898 | 4.980 | 69.478 |
| 14.00 | 0.876 | 34.424 | 8.947 | 6.276 | 4.997 | 4.219 | 58.864 |
| 15.00 | 0.742 | 29.165 | 7.580 | 5.318 | 4.233 | 3.575 | 49.871 |
| 16.00 | 0.642 | 25.234 | 6.559 | 4.601 | 3.663 | 3.093 | 43.150 |
| 17.00 | 0.567 | 22.284 | 5.792 | 4.063 | 3.235 | 2.731 | 38.105 |
| 18.00 | 0.501 | 19.678 | 5.115 | 3.588 | 2.856 | 2.412 | 33.649 |
| 19.00 | 0.442 | 17.378 | 4.517 | 3.168 | 2.522 | 2.130 | 29.715 |
| 20.00 | 0.391 | 15.346 | 3.989 | 2.798 | 2.227 | 1.881 | 26.241 |
| 21.00 | 0.345 | 13.551 | 3.522 | 2.471 | 1.967 | 1.661 | 23.173 |
| 22.00 | 0.305 | 11.967 | 3.110 | 2.182 | 1.737 | 1.467 | 20.463 |
| 23.00 | 0.269 | 10.568 | 2.747 | 1.927 | 1.534 | 1.295 | 18.071 |
| 24.00 | 0.238 | 9.332 | 2.426 | 1.702 | 1.355 | 1.144 | 15.958 |

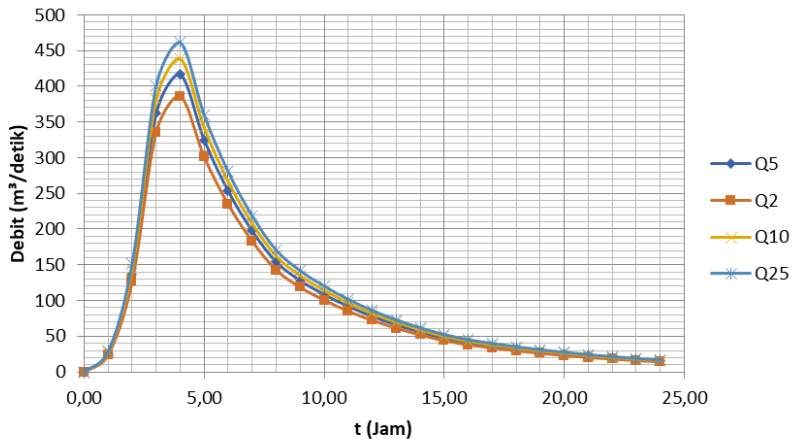
(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 4. 39 Perhitungan debit 25 tahun metode HSS Nakayasu

| t (jam) | Qt (m ³ /detik) | R1 41.30 | R2 10.74 | R3 7.53 | R4 6.00 | R5 5.06 | Q (m ³ /detik) |
|------------|-------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------------------------|
| 0.00 | 0.000 | 0 | | | | | 0 |
| 1.00 | 0.406 | 16.777 | 4.361 | 3.059 | 2.435 | 2.056 | 28.688 |
| 2.00 | 2.144 | 88.549 | 23.016 | 16.145 | 12.853 | 10.854 | 151.417 |
| 3.00 | 5.673 | 234.316 | 60.904 | 42.723 | 34.011 | 28.721 | 400.675 |
| 4.00 | 6.530 | 269.711 | 70.103 | 49.176 | 39.149 | 33.060 | 461.199 |
| 5.00 | 5.092 | 210.328 | 54.669 | 38.349 | 30.529 | 25.781 | 359.656 |
| 6.00 | 3.971 | 164.020 | 42.632 | 29.906 | 23.808 | 20.105 | 280.470 |
| 7.00 | 3.097 | 127.908 | 33.246 | 23.321 | 18.566 | 15.678 | 218.719 |
| 8.00 | 2.415 | 99.746 | 25.926 | 18.187 | 14.478 | 12.226 | 170.563 |
| 9.00 | 2.007 | 82.908 | 21.550 | 15.117 | 12.034 | 10.162 | 141.771 |
| 10.00 | 1.701 | 70.242 | 18.257 | 12.807 | 10.196 | 8.610 | 120.113 |
| 11.00 | 1.441 | 59.511 | 15.468 | 10.851 | 8.638 | 7.295 | 101.763 |
| 12.00 | 1.221 | 50.419 | 13.105 | 9.193 | 7.318 | 6.180 | 86.216 |
| 13.00 | 1.034 | 42.717 | 11.103 | 7.788 | 6.200 | 5.236 | 73.044 |
| 14.00 | 0.876 | 36.191 | 9.407 | 6.599 | 5.253 | 4.436 | 61.885 |
| 15.00 | 0.742 | 30.662 | 7.970 | 5.591 | 4.451 | 3.758 | 52.431 |
| 16.00 | 0.642 | 26.529 | 6.896 | 4.837 | 3.851 | 3.252 | 45.365 |
| 17.00 | 0.567 | 23.428 | 6.089 | 4.272 | 3.401 | 2.872 | 40.061 |
| 18.00 | 0.501 | 20.688 | 5.377 | 3.772 | 3.003 | 2.536 | 35.377 |
| 19.00 | 0.442 | 18.270 | 4.749 | 3.331 | 2.652 | 2.239 | 31.240 |
| 20.00 | 0.391 | 16.133 | 4.193 | 2.942 | 2.342 | 1.978 | 27.588 |
| 21.00 | 0.345 | 14.247 | 3.703 | 2.598 | 2.068 | 1.746 | 24.362 |
| 22.00 | 0.305 | 12.581 | 3.270 | 2.294 | 1.826 | 1.542 | 21.514 |
| 23.00 | 0.269 | 11.110 | 2.888 | 2.026 | 1.613 | 1.362 | 18.998 |
| 24.00 | 0.238 | 9.811 | 2.550 | 1.789 | 1.424 | 1.203 | 16.777 |

(sumber : hasil perhitungan)

Hidrograf Banjir Nakayasu



Gambar 4.12 Grafik Hidrograf Banjir Q2, Q5, dan Q 25
(Sumber : Hasil Analisis)

4.2. Analisa Hidraulika

4.2.1. Koefisien Kekasaran Manning

Pada studi kasus ini, dalam uji coba menggunakan aplikasi *Hec-Ras*, koefisien kekasaran manning yang digunakan dalam analisa ini didapat dari melihat kondisi Sungai Jeroan yang terdiri dari saluran alam bersih berkelok dengan koefisien *Manning* 0,04 seperti pada Gambar 4.13.

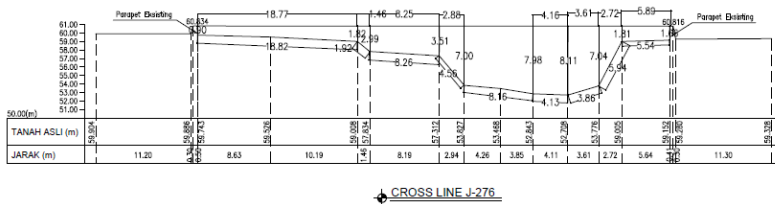


Gambar 4.13 Saluran yang ditinjau untuk koefisien kekeasaran Manning.

4.2.2. Perhitungan *Full Bank Capacity*

Tujuan dari analisa ini yaitu untuk mengetahui seberapa penampang-penampang Sungai tersebut dapat menampung debit tertentu. Pada studi kasus ini nilai debit yang digunakan yaitu debit rencana dari perhitungan yang telah dilakukan pada analisa hidrologi yakni menggunakan Q25 yang telah dibagi per Sub DAS sehingga hasil dari Q hidrologi variatif mengikuti luasan DAS tersebut.

Dalam perhirungan *full bank capacity* saluran eksisting, penampang basah dan keliling basah didapatkan dengan membagi *cross* Sungai menjadi beberapa pias seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.14. Berikut adalah contoh perhitungan *full bank* dengan membagi *cross* menjadi beberapa pias.



Gambar 4.14 Cross STA 279

Perhitungan :

Pias 1 : a = 0.9 m, b = 1.82 m, t = 18.77 m, M = 18.82 m

Pias 2 : a = 1.82 m, b = 2.99 m, t = 1.46 m, M = 1.92 m

Pias 3 : a = 2.99 m, b = 3.51 m, t = 8.25 m, M = 8.25 m

Pias 4 : a = 3.51 m, b = 7 m, t = 2.88 m, M = 4.56 m

Pias 5 : a = 7 m, b = 7.98 m, t = 8.16 m, M = 8.16 m

Pias 6 : a = 7.98 m, b = 8.11 m, t = 4.16 m, M = 4.13 m

Pias 7 : a = 8.11 m, b = 7.04 m, t = 3.61 m, M = 3.86 m

Pias 8 : a = 7.04 m, b = 1.81 m, t = 2.72 m, M = 5.94 m

Pias 9 : a = 1.81 m, b = 1.86 m, t = 5.98 m, M = 5.54 m

Menghitung Luas :

$$\text{Pias 1 : } \left(\frac{a+b}{2}\right) \times b = \left(\frac{0.9+1.82}{2}\right) \times 18.77 = 25.53 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 2 : } \left(\frac{a+b}{2}\right) \times b = \left(\frac{1.82+2.99}{2}\right) \times 1.46 = 3.51 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 3 : } \left(\frac{a+b}{2}\right) \times b = \left(\frac{2.99+3.51}{2}\right) \times 8.25 = 26.81 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 4 : } \left(\frac{a+b}{2}\right) \times b = \left(\frac{3.51+7}{2}\right) \times 2.88 = 15.13 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 5 : } \left(\frac{a+b}{2}\right) \times b = \left(\frac{7+7.98}{2}\right) \times 8.16 = 61.11 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 6 : } \left(\frac{a+b}{2}\right) \times b = \left(\frac{7.98+7.04}{2}\right) \times 3.61 = 27.11 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 7 : } \left(\frac{a+b}{2}\right) \times b = \left(\frac{7.04+1.81}{2}\right) \times 2.71 = 11.19 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 8 : } \left(\frac{a+b}{2}\right) \times b = \left(\frac{1.81+1.86}{2}\right) \times 5.98 = 10.93 \text{ m}^2$$

Menghitung Keliling :

$$\text{Pias 1 : } AB+BC+CD+DA = 0.9+1.82+18.77+18.82 = 40.31 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 2 : } AB+BC+CD+DA = 1.82+2.99+1.46+1.92 = 8.19 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 3 : } AB+BC+CD+DA = 2.99+3.51+8.25+8.25 = 23 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 4 : } AB+BC+CD+DA = 3.51+7+2.88+4.56 = 17.95 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 5 : } AB+BC+CD+DA = 7+7.98+8.16+8.16 = 31.3 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 6 : } AB+BC+CD+DA = 7.98+8.11+4.16+4.13 = 24.38 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 7 : } AB+BC+CD+DA = 8.11+7.04+3.61+3.86 = 22.62 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 8 : } AB+BC+CD+DA = 7.04+1.81+2.72+5.94 = 17.51 \text{ m}^2$$

$$\text{Pias 9 : } AB+BC+CD+DA = 1.81+1.66+5.89+5.54 = 14.9 \text{ m}^2$$

Didapatkan Luas Cross Sungai (A) sebesar = 215.17 m²

Dan keliling Cross Sungai sebesar (P) = 200.16 m²

Setelah didapatkan kedua hasil tersebut, selanjutnya menghitung *full bank capacity*. Dengan contoh perhitungan sebagai berikut, selengkapnya terdapat pada Tabel 4.40. :

$$I = 0.00019$$

$$n = 0.04$$

$$A = 215.17 \text{ m}^2$$

$$P = 200.16 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{215.17}{200.16} = 1.185$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times I^{0.5} \times R^{0.667} \\ &= \frac{1}{0.04} \times 0.00019^{0.5} \times 1.185^{0.667} \\ &= 0.372 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 215.17 \times 0.372 \\ &= 80.02 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Tabel 4.40 Perhitungan *Full Bank Capacity*

| No | KET | STA (m) | L (m) | I | n | A (m ²) | P (m) | R (m) | R ^{2/3} (m) | V (m/det) | QS (m ³ /det) | Q _{t 25} (m ³ /det) | Kondisi |
|----|--------|------------|----------|---------|------|------------------------|----------|----------|-------------------------|--------------|-----------------------------|--|---------|
| 1 | Jeroan | 611 | 132 | 0.00167 | 0.04 | 55.79 | 71.96 | 0.775 | 0.844 | 0.861 | 48.05 | 59.01 | Banjir |
| 2 | Jeroan | 609 | 97 | 0.00021 | 0.04 | 64.75 | 77.07 | 0.840 | 0.890 | 0.320 | 20.69 | 59.01 | Banjir |
| 3 | Jeroan | 607 | 103 | 0.00107 | 0.04 | 64.75 | 77.07 | 0.840 | 0.890 | 0.727 | 47.10 | 59.01 | Banjir |
| 4 | Jeroan | 605 | 110 | 0.00082 | 0.04 | 65.82 | 76.48 | 0.861 | 0.905 | 0.647 | 42.59 | 59.01 | Banjir |
| 5 | Jeroan | 603 | 102 | 0.00059 | 0.04 | 65.82 | 76.48 | 0.861 | 0.905 | 0.549 | 36.11 | 59.01 | Banjir |
| 6 | Jeroan | 601 | 76 | 0.00026 | 0.04 | 88.73 | 89.49 | 0.991 | 0.994 | 0.403 | 35.78 | 59.01 | Banjir |
| 7 | Jeroan | 599 | 66 | 0.00182 | 0.04 | 66.18 | 76.99 | 0.860 | 0.904 | 0.964 | 63.78 | 59.01 | Aman |
| 8 | Jeroan | 597 | 87 | 0.00161 | 0.04 | 66.18 | 76.99 | 0.860 | 0.904 | 0.907 | 60.00 | 59.01 | Aman |
| 9 | Jeroan | 594 | 106 | 0.00623 | 0.04 | 53.27 | 69.31 | 0.769 | 0.839 | 1.655 | 88.19 | 59.01 | Aman |
| 10 | Jeroan | 589 | 243 | 0.00115 | 0.04 | 57.96 | 71.21 | 0.814 | 0.872 | 0.740 | 42.88 | 59.01 | Banjir |
| 11 | Jeroan | 579 | 354 | 0.00076 | 0.04 | 57.92 | 71.47 | 0.810 | 0.869 | 0.600 | 34.76 | 59.01 | Banjir |
| 12 | Jeroan | 574 | 263 | 0.00061 | 0.04 | 64.15 | 74.60 | 0.860 | 0.904 | 0.558 | 35.77 | 59.01 | Banjir |
| 13 | Jeroan | 569 | 192 | 0.00052 | 0.04 | 64.15 | 74.60 | 0.860 | 0.904 | 0.516 | 33.10 | 59.01 | Banjir |
| 14 | Jeroan | 564 | 257 | 0.00183 | 0.04 | 73.70 | 82.03 | 0.898 | 0.931 | 0.995 | 73.36 | 59.01 | Aman |
| 15 | Jeroan | 559 | 193 | 0.00161 | 0.04 | 57.92 | 71.47 | 0.810 | 0.869 | 0.871 | 50.44 | 59.01 | Banjir |
| 16 | Jeroan | 555 | 202 | 0.00158 | 0.04 | 53.17 | 70.39 | 0.755 | 0.829 | 0.825 | 43.88 | 59.01 | Banjir |
| 17 | Jeroan | 551 | 214 | 0.00150 | 0.04 | 54.10 | 68.76 | 0.787 | 0.852 | 0.824 | 44.57 | 59.01 | Banjir |
| 18 | Jeroan | 548 | 215 | 0.00121 | 0.04 | 54.10 | 68.76 | 0.787 | 0.852 | 0.741 | 40.08 | 59.01 | Banjir |
| 19 | Jeroan | 545 | 192 | 0.00167 | 0.04 | 54.10 | 68.76 | 0.787 | 0.852 | 0.870 | 47.06 | 59.01 | Banjir |
| 20 | Jeroan | 542 | 194 | 0.01381 | 0.04 | 43.44 | 62.56 | 0.694 | 0.784 | 2.304 | 100.11 | 59.01 | Aman |
| 21 | Jeroan | 536 | 208 | 0.00375 | 0.04 | 29.50 | 52.22 | 0.565 | 0.683 | 1.046 | 30.86 | 59.01 | Banjir |
| 22 | Jeroan | 530 | 149 | 0.00107 | 0.04 | 29.50 | 52.22 | 0.565 | 0.683 | 0.560 | 16.51 | 59.01 | Banjir |
| 23 | Jeroan | 526 | 207 | 0.00116 | 0.04 | 27.61 | 51.43 | 0.537 | 0.661 | 0.562 | 15.53 | 59.01 | Banjir |
| 24 | Jeroan | 522 | 202 | 0.00104 | 0.04 | 43.81 | 62.02 | 0.706 | 0.793 | 0.639 | 28.01 | 59.01 | Banjir |
| 25 | Jeroan | 518 | 204 | 0.00142 | 0.04 | 47.17 | 64.97 | 0.726 | 0.808 | 0.761 | 35.92 | 59.01 | Banjir |
| 26 | Jeroan | 512 | 216 | 0.00037 | 0.04 | 51.35 | 67.60 | 0.760 | 0.833 | 0.401 | 20.57 | 59.01 | Banjir |
| 27 | Jeroan | 508 | 167 | 0.00126 | 0.04 | 51.35 | 67.60 | 0.760 | 0.833 | 0.738 | 37.90 | 59.01 | Banjir |
| 28 | Jeroan | 504 | 202 | 0.00109 | 0.04 | 50.44 | 66.06 | 0.764 | 0.835 | 0.689 | 34.77 | 59.01 | Banjir |
| 29 | Jeroan | 500 | 295 | 0.00085 | 0.04 | 57.58 | 71.07 | 0.810 | 0.869 | 0.632 | 36.42 | 59.01 | Banjir |
| 30 | Jeroan | 496 | 149 | 0.00215 | 0.04 | 66.41 | 75.83 | 0.876 | 0.915 | 1.061 | 70.43 | 59.01 | Aman |
| 31 | Jeroan | 492 | 178 | 0.00124 | 0.04 | 62.18 | 73.83 | 0.842 | 0.892 | 0.784 | 48.74 | 59.01 | Banjir |
| 32 | Jeroan | 488 | 191 | 0.00110 | 0.04 | 64.39 | 74.68 | 0.862 | 0.906 | 0.751 | 48.35 | 59.01 | Banjir |
| 33 | Jeroan | 484 | 219 | 0.00279 | 0.04 | 56.02 | 69.07 | 0.811 | 0.870 | 1.147 | 64.28 | 59.01 | Aman |
| 34 | Jeroan | 480 | 135 | 0.00052 | 0.04 | 56.02 | 69.07 | 0.811 | 0.870 | 0.495 | 27.73 | 59.01 | Banjir |
| 35 | Jeroan | 476 | 106 | 0.00292 | 0.04 | 61.37 | 72.51 | 0.846 | 0.895 | 1.210 | 74.24 | 59.01 | Aman |
| 36 | Jeroan | 472 | 285 | 0.00088 | 0.04 | 111.15 | 100.71 | 1.104 | 1.068 | 0.791 | 87.89 | 59.01 | Aman |
| 37 | Jeroan | 468 | 192 | 0.00120 | 0.04 | 53.11 | 67.45 | 0.787 | 0.853 | 0.738 | 39.18 | 59.01 | Banjir |
| 38 | Jeroan | 464 | 236 | 0.00157 | 0.04 | 111.15 | 100.71 | 1.104 | 1.068 | 1.057 | 117.51 | 59.01 | Aman |
| 39 | Jeroan | 460 | 174 | 0.00144 | 0.04 | 111.15 | 100.71 | 1.104 | 1.068 | 1.012 | 112.49 | 59.01 | Aman |
| 40 | Jeroan | 456 | 175 | 0.00154 | 0.04 | 111.15 | 100.71 | 1.104 | 1.068 | 1.049 | 116.57 | 59.01 | Aman |
| 41 | Jeroan | 452 | 290 | 0.00172 | 0.04 | 111.15 | 100.71 | 1.104 | 1.068 | 1.109 | 123.23 | 59.01 | Aman |
| 42 | Jeroan | 448 | 235 | 0.00306 | 0.04 | 48.92 | 64.49 | 0.759 | 0.832 | 1.151 | 56.30 | 59.01 | Aman |
| 43 | Jeroan | 444 | 194 | 0.00361 | 0.04 | 61.06 | 72.30 | 0.844 | 0.893 | 1.342 | 81.92 | 59.01 | Aman |
| 44 | Jeroan | 440 | 281 | 0.00206 | 0.04 | 48.92 | 64.49 | 0.759 | 0.832 | 0.945 | 46.21 | 59.01 | Banjir |
| 45 | Jeroan | 436 | 183 | 0.00301 | 0.04 | 48.92 | 64.49 | 0.759 | 0.832 | 1.140 | 55.76 | 59.01 | Aman |
| 46 | Jeroan | 432 | 183 | 0.00104 | 0.04 | 85.39 | 87.84 | 0.972 | 0.981 | 0.791 | 67.50 | 59.01 | Aman |
| 47 | Jeroan | 428 | 183 | 0.00306 | 0.04 | 124.85 | 80.41 | 1.553 | 1.341 | 1.854 | 231.53 | 59.01 | Aman |
| 48 | Jeroan | 424 | 271 | 0.00188 | 0.04 | 79.46 | 83.34 | 0.953 | 0.969 | 1.051 | 83.49 | 59.01 | Aman |
| 49 | Jeroan | 420 | 188 | 0.00505 | 0.04 | 79.46 | 83.34 | 0.953 | 0.969 | 1.722 | 136.80 | 59.01 | Aman |
| 50 | Jeroan | 416 | 284 | 0.00158 | 0.04 | 159.06 | 113.18 | 1.405 | 1.255 | 1.249 | 198.60 | 59.01 | Aman |

Lanjutan

| No | KET | STA (m) | L (m) | I | n | A (m ²) | P (m) | R (m) | R ^{2,3} (m) | V (m/det) | QS (m ³ /det) | Q _{r,25} (m ³ /det) | Kondisi |
|-----|--------|------------|----------|---------|------|------------------------|----------|----------|-------------------------|--------------|-----------------------------|--|---------|
| 51 | Jeroan | 412 | 181 | 0.00127 | 0.04 | 80.14 | 84.17 | 0.952 | 0.968 | 0.862 | 69.12 | 59.01 | Aman |
| 52 | Jeroan | 408 | 204 | 0.00093 | 0.04 | 91.16 | 118.71 | 0.768 | 0.839 | 0.640 | 58.32 | 59.01 | Aman |
| 53 | Jeroan | 404 | 169 | 0.00101 | 0.04 | 96.80 | 104.23 | 0.929 | 0.952 | 0.755 | 73.06 | 59.01 | Aman |
| 54 | Jeroan | 400 | 153 | 0.00268 | 0.04 | 96.80 | 104.23 | 0.929 | 0.952 | 0.755 | 73.06 | 59.01 | Aman |
| 55 | Jeroan | 396 | 219 | 0.00123 | 0.04 | 96.80 | 104.23 | 0.929 | 0.952 | 0.755 | 73.06 | 59.01 | Aman |
| 56 | Jeroan | 392 | 221 | 0.00113 | 0.04 | 96.80 | 104.23 | 0.929 | 0.952 | 0.755 | 73.06 | 59.01 | Aman |
| 57 | Jeroan | 388 | 249 | 0.00185 | 0.04 | 96.80 | 104.23 | 0.929 | 0.952 | 0.755 | 73.06 | 59.01 | Aman |
| 58 | Jeroan | 384 | 292 | 0.00192 | 0.04 | 96.80 | 104.23 | 0.929 | 0.952 | 0.755 | 73.06 | 59.01 | Aman |
| 59 | Jeroan | 380 | 146 | 0.00281 | 0.04 | 79.46 | 83.34 | 0.953 | 0.969 | 1.051 | 83.49 | 59.01 | Aman |
| 60 | Jeroan | 376 | 242 | 0.00050 | 0.04 | 103.08 | 99.48 | 1.036 | 1.024 | 1.357 | 139.84 | 59.01 | Aman |
| 61 | Jeroan | 372 | 219 | 0.00155 | 0.04 | 103.08 | 99.48 | 1.036 | 1.024 | 1.357 | 139.84 | 59.01 | Aman |
| 62 | Jeroan | 368 | 220 | 0.00132 | 0.04 | 103.08 | 99.48 | 1.036 | 1.024 | 1.357 | 139.84 | 59.01 | Aman |
| 63 | Jeroan | 364 | 231 | 0.00082 | 0.04 | 103.08 | 99.48 | 1.036 | 1.024 | 1.357 | 139.84 | 59.01 | Aman |
| 64 | Jeroan | 360 | 239 | 0.00017 | 0.04 | 48.92 | 64.49 | 0.759 | 0.832 | 1.140 | 55.76 | 59.01 | Aman |
| 65 | Jeroan | 356 | 275 | 0.00055 | 0.04 | 85.39 | 87.84 | 0.972 | 0.981 | 0.791 | 67.50 | 59.01 | Aman |
| 66 | Jeroan | 352 | 225 | 0.00053 | 0.04 | 200.34 | 177.26 | 0.901 | 0.933 | 0.302 | 60.42 | 59.01 | Aman |
| 67 | Jeroan | 348 | 108 | 0.00389 | 0.04 | 217.36 | 157.33 | 0.901 | 0.933 | 0.302 | 65.56 | 59.01 | Aman |
| 68 | Jeroan | 344 | 261 | 0.00103 | 0.04 | 330.21 | 216.83 | 0.901 | 0.933 | 0.302 | 99.59 | 204.73 | Banjir |
| 69 | Jeroan | 340 | 242 | 0.00004 | 0.04 | 247.05 | 219.90 | 1.123 | 1.081 | 0.174 | 42.91 | 200.80 | Banjir |
| 70 | Jeroan | 336 | 242 | 0.00194 | 0.04 | 319.94 | 213.99 | 1.123 | 1.081 | 0.174 | 55.57 | 202.82 | Banjir |
| 71 | Jeroan | 332 | 301 | 0.00076 | 0.04 | 291.34 | 217.76 | 1.123 | 1.081 | 0.174 | 50.60 | 204.53 | Banjir |
| 72 | Jeroan | 328 | 284 | 0.00035 | 0.04 | 319.94 | 213.99 | 1.123 | 1.081 | 0.174 | 55.57 | 204.76 | Banjir |
| 73 | Jeroan | 324 | 284 | 0.00127 | 0.04 | 254.24 | 186.59 | 1.123 | 1.081 | 0.174 | 44.16 | 209.02 | Banjir |
| 74 | Jeroan | 320 | 274 | 0.00069 | 0.04 | 266.25 | 177.29 | 1.294 | 1.188 | 0.379 | 100.95 | 219.04 | Banjir |
| 75 | Jeroan | 316 | 368 | 0.00016 | 0.04 | 270.38 | 208.87 | 1.294 | 1.188 | 0.379 | 102.52 | 174.89 | Banjir |
| 76 | Jeroan | 312 | 287 | 0.00240 | 0.04 | 247.13 | 213.22 | 1.294 | 1.188 | 0.379 | 93.70 | 238.48 | Banjir |
| 77 | Jeroan | 308 | 347 | 0.00086 | 0.04 | 170.01 | 128.65 | 1.294 | 1.188 | 0.379 | 64.46 | 239.25 | Banjir |
| 78 | Jeroan | 304 | 223 | 0.00067 | 0.04 | 211.52 | 177.50 | 1.294 | 1.188 | 0.379 | 80.20 | 245.08 | Banjir |
| 79 | Jeroan | 300 | 291.5 | 0.00034 | 0.04 | 262.71 | 197.90 | 1.294 | 1.188 | 0.379 | 99.61 | 288.68 | Banjir |
| 80 | Jeroan | 296 | 248 | 0.00085 | 0.04 | 262.71 | 197.90 | 1.294 | 1.188 | 0.379 | 99.61 | 291.27 | Banjir |
| 81 | Jeroan | 292 | 340 | 0.00018 | 0.04 | 216.29 | 182.51 | 1.185 | 1.120 | 0.372 | 80.44 | 277.47 | Banjir |
| 82 | Jeroan | 288 | 260 | 0.00035 | 0.04 | 240.32 | 209.43 | 1.185 | 1.120 | 0.372 | 89.38 | 268.32 | Banjir |
| 83 | Jeroan | 284 | 225 | 0.00076 | 0.04 | 240.32 | 209.43 | 1.185 | 1.120 | 0.372 | 89.38 | 261.88 | Banjir |
| 84 | Jeroan | 280 | 275 | 0.00113 | 0.04 | 270.42 | 224.58 | 1.185 | 1.120 | 0.372 | 100.57 | 264.43 | Banjir |
| 85 | Jeroan | 276 | 266 | 0.00019 | 0.04 | 215.17 | 200.16 | 1.185 | 1.120 | 0.372 | 80.02 | 384.87 | Banjir |
| 86 | Jeroan | 272 | 324 | 0.00043 | 0.04 | 215.17 | 200.16 | 1.185 | 1.120 | 0.372 | 80.02 | 384.91 | Banjir |
| 87 | Jeroan | 268 | 286 | 0.00045 | 0.04 | 219.80 | 204.62 | 1.074 | 1.049 | 0.559 | 122.88 | 384.29 | Banjir |
| 88 | Jeroan | 264 | 344 | 0.00090 | 0.04 | 231.34 | 194.15 | 1.074 | 1.049 | 0.559 | 129.33 | 375.51 | Banjir |
| 89 | Jeroan | 260 | 369 | 0.00041 | 0.04 | 241.94 | 199.39 | 1.074 | 1.049 | 0.559 | 135.26 | 378.21 | Banjir |
| 90 | Jeroan | 256 | 334 | 0.00069 | 0.04 | 214.27 | 168.49 | 1.074 | 1.049 | 0.559 | 119.79 | 357.10 | Banjir |
| 91 | Jeroan | 252 | 330 | 0.00112 | 0.04 | 214.27 | 168.49 | 1.074 | 1.049 | 0.559 | 119.79 | 357.46 | Banjir |
| 92 | Jeroan | 248 | 316 | 0.00114 | 0.04 | 247.69 | 184.88 | 1.074 | 1.049 | 0.559 | 138.47 | 345.58 | Banjir |
| 93 | Jeroan | 244 | 410.5 | 0.00039 | 0.04 | 319.08 | 244.15 | 1.307 | 1.195 | 0.590 | 188.25 | 335.50 | Banjir |
| 94 | Jeroan | 240 | 438 | 0.00110 | 0.04 | 260.06 | 187.14 | 1.307 | 1.195 | 0.590 | 153.43 | 336.49 | Banjir |
| 95 | Jeroan | 236 | 238 | 0.00189 | 0.04 | 296.35 | 223.63 | 1.307 | 1.195 | 0.590 | 174.84 | 337.79 | Banjir |
| 96 | Jeroan | 232 | 234 | 0.00017 | 0.04 | 296.35 | 223.63 | 1.307 | 1.195 | 0.590 | 174.84 | 456.53 | Banjir |
| 97 | Jeroan | 228 | 258 | 0.00019 | 0.04 | 319.08 | 244.15 | 1.307 | 1.195 | 0.590 | 188.25 | 459.07 | Banjir |
| 98 | Jeroan | 224 | 302 | 0.00040 | 0.04 | 319.08 | 244.15 | 1.307 | 1.195 | 0.590 | 188.25 | 459.07 | Banjir |
| 99 | Jeroan | 220 | 400 | 0.00022 | 0.04 | 132.59 | 159.40 | 0.832 | 0.884 | 0.332 | 43.98 | 459.07 | Banjir |
| 100 | Jeroan | 216 | 246 | 0.00016 | 0.04 | 132.59 | 159.40 | 0.832 | 0.884 | 0.332 | 43.98 | 459.07 | Banjir |
| 101 | Jeroan | 212 | 262 | 0.00034 | 0.04 | 132.59 | 159.40 | 0.832 | 0.884 | 0.332 | 43.98 | 414.80 | Banjir |
| 102 | Jeroan | 208 | 205 | 0.00054 | 0.04 | 132.59 | 159.40 | 0.832 | 0.884 | 0.332 | 43.98 | 414.80 | Banjir |
| 103 | Jeroan | 204 | 225 | 0.00027 | 0.04 | 132.59 | 159.40 | 0.832 | 0.884 | 0.332 | 43.98 | 414.80 | Banjir |
| 104 | Jeroan | 200 | 216 | 0.00046 | 0.04 | 132.59 | 159.40 | 0.832 | 0.884 | 0.332 | 43.98 | 419.80 | Banjir |

(Lanjutan)

| No | KET | STA (m) | L (m) | I | n | A (m ²) | P (m) | R (m) | R ^{2/3} (m) | V (m/det) | QS (m ³ /det) | Q _{r,25} (m ³ /det) | Kondisi |
|-----|--------|------------|----------|---------|------|------------------------|----------|----------|-------------------------|--------------|-----------------------------|--|---------|
| 105 | Jeroan | 196 | 257 | 0.00019 | 0.04 | 132.59 | 159.40 | 0.832 | 0.884 | 0.332 | 43.98 | 419.80 | Banjir |
| 106 | Jeroan | 193 | 81 | 0.00123 | 0.04 | 137.23 | 148.60 | 0.923 | 0.948 | 0.833 | 114.31 | 419.80 | Banjir |
| 107 | Jeroan | 189 | 93 | 0.00032 | 0.04 | 137.23 | 148.60 | 0.923 | 0.948 | 0.833 | 114.31 | 419.80 | Banjir |
| 108 | Jeroan | 185 | 191 | 0.00026 | 0.04 | 137.23 | 148.60 | 0.923 | 0.948 | 0.833 | 114.31 | 423.70 | Banjir |
| 109 | Jeroan | 180 | 356 | 0.00028 | 0.04 | 137.23 | 148.60 | 0.923 | 0.948 | 0.833 | 114.31 | 423.70 | Banjir |
| 110 | Jeroan | 177 | 210 | 0.00024 | 0.04 | 137.23 | 148.60 | 0.923 | 0.948 | 0.833 | 114.31 | 423.70 | Banjir |
| 111 | Jeroan | 172 | 304 | 0.00066 | 0.04 | 137.23 | 148.60 | 0.923 | 0.948 | 0.833 | 114.31 | 426.90 | Banjir |
| 112 | Jeroan | 168 | 267 | 0.00045 | 0.04 | 137.23 | 148.60 | 0.923 | 0.948 | 0.833 | 114.31 | 426.90 | Banjir |
| 113 | Jeroan | 164 | 183 | 0.00208 | 0.04 | 206.40 | 209.00 | 0.988 | 0.992 | 1.130 | 233.18 | 426.90 | Banjir |
| 114 | Jeroan | 160 | 240 | 0.00017 | 0.04 | 206.40 | 209.00 | 0.988 | 0.992 | 1.130 | 233.18 | 429.13 | Banjir |
| 115 | Jeroan | 156 | 158 | 0.00070 | 0.04 | 206.40 | 209.00 | 0.988 | 0.992 | 1.130 | 233.18 | 429.13 | Banjir |
| 116 | Jeroan | 152 | 124 | 0.00129 | 0.04 | 206.40 | 209.00 | 0.988 | 0.992 | 1.130 | 233.18 | 429.13 | Banjir |
| 117 | Jeroan | 148 | 199 | 0.00035 | 0.04 | 206.40 | 209.00 | 0.988 | 0.992 | 1.130 | 233.18 | 429.13 | Banjir |
| 118 | Jeroan | 144 | 147 | 0.00102 | 0.04 | 206.40 | 209.00 | 0.988 | 0.992 | 1.130 | 233.18 | 429.13 | Banjir |
| 119 | Jeroan | 141 | 255 | 0.00024 | 0.04 | 293.28 | 224.04 | 1.309 | 1.197 | 0.459 | 134.58 | 428.50 | Banjir |
| 120 | Jeroan | 137 | 255 | 0.00090 | 0.04 | 293.28 | 224.04 | 1.309 | 1.197 | 0.459 | 134.58 | 428.50 | Banjir |
| 121 | Jeroan | 133 | 299 | 0.00020 | 0.04 | 293.28 | 224.04 | 1.309 | 1.197 | 0.459 | 134.58 | 428.50 | Banjir |
| 122 | Jeroan | 128 | 202 | 0.00030 | 0.04 | 293.28 | 224.04 | 1.309 | 1.197 | 0.459 | 134.58 | 428.50 | Banjir |
| 123 | Jeroan | 125 | 215 | 0.00074 | 0.04 | 293.28 | 224.04 | 1.309 | 1.197 | 0.459 | 134.58 | 429.60 | Banjir |
| 124 | Jeroan | 121 | 54 | 0.00056 | 0.04 | 293.28 | 224.04 | 1.309 | 1.197 | 0.459 | 134.58 | 429.60 | Banjir |
| 125 | Jeroan | 116 | 241 | 0.00033 | 0.04 | 236.74 | 197.63 | 1.198 | 1.128 | 0.514 | 121.63 | 429.60 | Banjir |
| 126 | Jeroan | 112 | 92 | 0.00011 | 0.04 | 236.74 | 197.63 | 1.198 | 1.128 | 0.514 | 121.63 | 429.60 | Banjir |
| 127 | Jeroan | 109 | 95 | 0.00032 | 0.04 | 236.74 | 197.63 | 1.198 | 1.128 | 0.514 | 121.63 | 499.24 | Banjir |
| 128 | Jeroan | 105 | 185 | 0.00011 | 0.04 | 236.74 | 197.63 | 1.198 | 1.128 | 0.514 | 121.63 | 499.24 | Banjir |
| 129 | Jeroan | 100 | 154 | 0.00045 | 0.04 | 236.74 | 197.63 | 1.198 | 1.128 | 0.514 | 121.63 | 499.24 | Banjir |
| 130 | Jeroan | 95 | 296 | 0.00041 | 0.04 | 236.74 | 197.63 | 1.198 | 1.128 | 0.514 | 121.63 | 499.24 | Banjir |
| 131 | Jeroan | 92 | 247 | 0.00012 | 0.04 | 248.18 | 198.49 | 1.250 | 1.161 | 0.320 | 79.36 | 461.20 | Banjir |
| 132 | Jeroan | 89 | 168 | 0.00030 | 0.04 | 248.18 | 198.49 | 1.250 | 1.161 | 0.320 | 79.36 | 506.59 | Banjir |
| 133 | Jeroan | 84 | 191 | 0.00058 | 0.04 | 248.18 | 198.49 | 1.250 | 1.161 | 0.320 | 79.36 | 506.59 | Banjir |
| 134 | Jeroan | 80 | 261 | 0.00008 | 0.04 | 248.18 | 198.49 | 1.250 | 1.161 | 0.320 | 79.36 | 506.59 | Banjir |
| 135 | Jeroan | 76 | 256 | 0.00047 | 0.04 | 248.18 | 198.49 | 1.250 | 1.161 | 0.320 | 79.36 | 506.59 | Banjir |
| 136 | Jeroan | 72 | 201 | 0.00045 | 0.04 | 248.18 | 198.49 | 1.250 | 1.161 | 0.320 | 79.36 | 468.71 | Banjir |
| 137 | Jeroan | 68 | 284 | 0.00004 | 0.04 | 313.06 | 242.76 | 1.290 | 1.185 | 0.176 | 55.02 | 468.71 | Banjir |
| 138 | Jeroan | 64 | 207 | 0.00010 | 0.04 | 313.06 | 242.76 | 1.290 | 1.185 | 0.176 | 55.02 | 468.71 | Banjir |
| 139 | Jeroan | 60 | 208 | 0.00034 | 0.04 | 313.06 | 242.76 | 1.290 | 1.185 | 0.176 | 55.02 | 437.18 | Banjir |
| 140 | Jeroan | 56 | 223 | 0.00009 | 0.04 | 313.06 | 242.76 | 1.290 | 1.185 | 0.176 | 55.02 | 437.18 | Banjir |
| 141 | Jeroan | 52 | 193 | 0.00098 | 0.04 | 313.06 | 242.76 | 1.290 | 1.185 | 0.176 | 55.02 | 437.18 | Banjir |
| 142 | Jeroan | 48 | 204 | 0.00074 | 0.04 | 380.41 | 273.13 | 1.393 | 1.247 | 0.845 | 321.62 | 437.18 | Banjir |
| 143 | Jeroan | 44 | 205 | 0.00000 | 0.04 | 380.41 | 273.13 | 1.393 | 1.247 | 0.845 | 321.62 | 417.68 | Banjir |
| 144 | Jeroan | 40 | 212 | 0.00113 | 0.04 | 380.41 | 273.13 | 1.393 | 1.247 | 0.845 | 321.62 | 417.68 | Banjir |
| 145 | Jeroan | 37 | 263 | 0.00011 | 0.04 | 380.41 | 273.13 | 1.393 | 1.247 | 0.845 | 321.62 | 417.68 | Banjir |
| 146 | Jeroan | 33 | 200 | 0.00140 | 0.04 | 380.41 | 273.13 | 1.393 | 1.247 | 0.845 | 321.62 | 417.68 | Banjir |
| 147 | Jeroan | 29 | 188 | 0.00053 | 0.04 | 380.41 | 273.13 | 1.393 | 1.247 | 0.845 | 321.62 | 414.65 | Banjir |
| 148 | Jeroan | 25 | 208 | 0.00077 | 0.04 | 510.80 | 330.60 | 1.545 | 1.336 | 0.927 | 473.36 | 414.65 | Aman |
| 149 | Jeroan | 21 | 311 | 0.00077 | 0.04 | 510.80 | 330.60 | 1.545 | 1.336 | 0.927 | 473.36 | 414.65 | Aman |
| 150 | Jeroan | 17 | 277 | 0.00036 | 0.04 | 510.80 | 330.60 | 1.545 | 1.336 | 0.927 | 473.36 | 414.65 | Aman |
| 151 | Jeroan | 13 | 186 | 0.00016 | 0.04 | 510.80 | 330.60 | 1.545 | 1.336 | 0.927 | 473.36 | 418.65 | Aman |
| 152 | Jeroan | 11 | 82 | 0.00012 | 0.04 | 510.80 | 330.60 | 1.545 | 1.336 | 0.927 | 473.36 | 418.65 | Aman |
| 153 | Jeroan | 9 | 120 | 0.00004 | 0.04 | 510.80 | 330.60 | 1.545 | 1.336 | 0.927 | 473.36 | 418.65 | Aman |
| 154 | Jeroan | 7 | 91 | 0.00176 | 0.04 | 464.17 | 307.11 | 1.511 | 1.317 | 1.381 | 640.84 | 418.65 | Aman |
| 155 | Jeroan | 4 | 120 | 0.00142 | 0.04 | 464.17 | 307.11 | 1.511 | 1.317 | 1.381 | 640.84 | 421.53 | Aman |
| 156 | Jeroan | 2 | 98 | 0.00173 | 0.04 | 464.17 | 307.11 | 1.511 | 1.317 | 1.381 | 640.84 | 421.53 | Aman |
| 157 | Jeroan | 1 | 98 | 0.00041 | 0.04 | 464.17 | 307.11 | 1.511 | 1.317 | 1.381 | 640.84 | 421.53 | Aman |
| 158 | Jeroan | 0 | 0 | 0.00041 | 0.04 | 194.08 | 172.08 | 1.128 | 1.083 | 0.547 | 106.21 | 461.20 | Banjir |

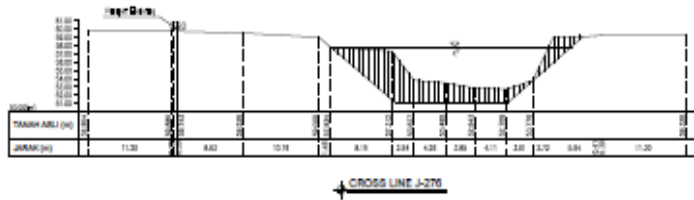
(sumber : hasil perhitungan)

4.2.3. Perencanaan Normalisasi

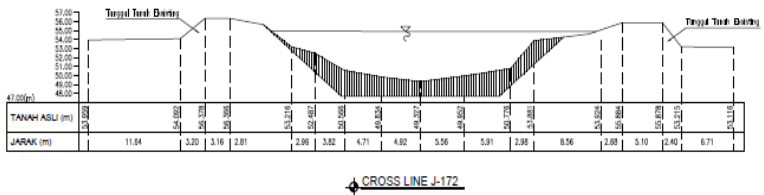
Perencanaan Normalisasi Sungai Jeroan didasarkan pada perhitungan hidrolika, dimana pada beberapa titik penampang tidak mampu menampung debit rencana Q_{25} yang lewat, rata-rata kemampuan penampang eksisting saluran dalam menampung debit sungai sebesar $179,73 \text{ m}^3/\text{dt}$, setelah dilakukan normalisasi pada STA 280 – STA 0, rata-rata kapasitas saluran dalam menampung debit sebesar $226,82 \text{ m}^3/\text{dt}$ sehingga diperlukan alternatif penanganan yakni dengan kolam retensi

Dalam normalisasi ini direncanakan 2 rencana dimensi yakni dengan $b = 15 \text{ m}$, $H = 8 \text{ m}$, $m = 1 \text{ m}$ dengan mendalamkan saluran sebesar $1,5 \text{ m}$ dari datum pada STA 352 - 236 , dan rencana dimensi $b = 20 \text{ m}$, $H = 8 \text{ m}$, $m = 1 \text{ m}$ dengan mendalamkan saluran sedalam $1,5 \text{ m}$ dari datum pada STA 232 – 0.

Untuk contoh cross normalisasi terdapat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16.



Gambar 4. 15 Cross Normalisasi STA 279



Gambar 4. 16 Cross STA 172

Tabel 4. 41 Normalisasi Sungai

| No | STA | L | Je | n | Jenis | b | h | z | A | P | R | R ² | V | Q _s ext | Q _s Normalisasi | Q _s | Kondisi |
|-----|--------|-----|-----|--------|--------|--------|-------|------|-------------------|--------|--------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|---------|
| KET | (m) | (m) | (m) | (m) | Satran | (m) | (m) | (m) | (m ²) | (m) | (m) | (m) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | |
| 66 | Jeraan | 352 | 225 | 0,0005 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 177,26 | 1,08 | 1,055 | 0,609 | 116,914 | 116,914 | Banjir |
| 67 | Jeraan | 348 | 108 | 0,0039 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 177,26 | 1,08 | 1,055 | 1,644 | 315,705 | 315,705 | Banjir |
| 68 | Jeraan | 344 | 261 | 0,0010 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 157,33 | 1,22 | 1,142 | 0,318 | 176,304 | 176,304 | Banjir |
| 69 | Jeraan | 340 | 242 | 0,0000 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 216,85 | 0,89 | 0,922 | 1,418 | 28,453 | 28,453 | Banjir |
| 70 | Jeraan | 336 | 242 | 0,0019 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 219,50 | 0,87 | 0,914 | 1,006 | 193,241 | 193,241 | Banjir |
| 71 | Jeraan | 332 | 301 | 0,0008 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 213,99 | 0,90 | 0,930 | 0,643 | 123,432 | 123,432 | Banjir |
| 72 | Jeraan | 328 | 284 | 0,0004 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 217,76 | 0,88 | 0,919 | 0,431 | 82,819 | 82,819 | Banjir |
| 73 | Jeraan | 324 | 284 | 0,0013 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 213,99 | 0,90 | 0,930 | 0,828 | 158,979 | 158,979 | Banjir |
| 74 | Jeraan | 320 | 274 | 0,0007 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 186,59 | 1,03 | 1,019 | 0,671 | 128,830 | 128,830 | Banjir |
| 75 | Jeraan | 316 | 368 | 0,0002 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 177,29 | 1,08 | 1,045 | 0,337 | 64,635 | 64,635 | Banjir |
| 76 | Jeraan | 312 | 287 | 0,0024 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 208,87 | 0,92 | 0,945 | 1,159 | 222,506 | 222,506 | Banjir |
| 77 | Jeraan | 308 | 347 | 0,0009 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 213,22 | 0,90 | 0,933 | 0,685 | 131,609 | 131,609 | Banjir |
| 78 | Jeraan | 304 | 223 | 0,0007 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 128,65 | 1,49 | 1,306 | 0,847 | 162,578 | 162,578 | Banjir |
| 79 | Jeraan | 300 | 291 | 0,0003 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 177,50 | 1,08 | 1,054 | 0,488 | 93,763 | 93,763 | Banjir |
| 80 | Jeraan | 296 | 248 | 0,0008 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 197,90 | 0,97 | 0,980 | 0,713 | 136,887 | 136,887 | Banjir |
| 81 | Jeraan | 292 | 340 | 0,0002 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 197,90 | 0,97 | 0,980 | 0,325 | 62,491 | 62,491 | Banjir |
| 82 | Jeraan | 288 | 260 | 0,0003 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 182,51 | 1,05 | 1,034 | 0,481 | 92,375 | 92,375 | Banjir |
| 83 | Jeraan | 284 | 225 | 0,0008 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 209,43 | 0,92 | 0,944 | 0,649 | 124,513 | 124,513 | Banjir |
| 84 | Jeraan | 280 | 275 | 0,0011 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 209,43 | 0,92 | 0,944 | 0,792 | 160,57 | 160,57 | Banjir |
| 85 | Jeraan | 276 | 266 | 0,0002 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 1,016 | 155,089 | 155,089 | Banjir |
| 86 | Jeraan | 272 | 324 | 0,0004 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 1,340 | 80,02 | 80,02 | Banjir |
| 87 | Jeraan | 268 | 286 | 0,0005 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 1,580 | 122,88 | 122,88 | Banjir |
| 88 | Jeraan | 264 | 344 | 0,0009 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 2,224 | 129,33 | 129,33 | Banjir |
| 89 | Jeraan | 260 | 369 | 0,0004 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 1,894 | 135,26 | 135,26 | Banjir |
| 90 | Jeraan | 256 | 334 | 0,0007 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 1,844 | 119,79 | 119,79 | Banjir |
| 91 | Jeraan | 252 | 330 | 0,0011 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 2,481 | 119,79 | 119,79 | Banjir |
| 92 | Jeraan | 248 | 316 | 0,0011 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 2,501 | 138,47 | 138,47 | Banjir |
| 93 | Jeraan | 244 | 410 | 0,0004 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 1,464 | 188,25 | 188,25 | Banjir |
| 94 | Jeraan | 240 | 438 | 0,0011 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 2,453 | 153,43 | 153,43 | Banjir |
| 95 | Jeraan | 236 | 238 | 0,0019 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 37,63 | 5,10 | 2,964 | 3,222 | 174,84 | 174,84 | Banjir |
| 96 | Jeraan | 232 | 234 | 0,0002 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,011 | 174,84 | 174,84 | Banjir |
| 97 | Jeraan | 228 | 258 | 0,0002 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,077 | 188,25 | 188,25 | Banjir |
| 98 | Jeraan | 224 | 302 | 0,0004 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,1542 | 188,25 | 188,25 | Banjir |
| 99 | Jeraan | 220 | 400 | 0,0002 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,160 | 209,186 | 209,186 | Banjir |
| 100 | Jeraan | 216 | 246 | 0,0002 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,986 | 93,938 | 93,938 | Banjir |
| 101 | Jeraan | 212 | 262 | 0,0003 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,434 | 93,938 | 93,938 | Banjir |
| 102 | Jeraan | 208 | 205 | 0,0005 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,792 | 93,938 | 93,938 | Banjir |
| 103 | Jeraan | 204 | 225 | 0,0003 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,263 | 93,938 | 93,938 | Banjir |
| 104 | Jeraan | 200 | 216 | 0,0005 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,664 | 93,938 | 93,938 | Banjir |
| 105 | Jeraan | 196 | 257 | 0,0002 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,079 | 250,311 | 250,311 | Banjir |
| 106 | Jeraan | 192 | 81 | 0,0012 | 0,04 | Satran | 15,00 | 8,00 | 1,0 | 192,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,778 | 114,31 | 114,31 | Banjir |
| | | | | | | | | | | | | | | | 650,548 | 650,548 | Aman |

(lanjutan)

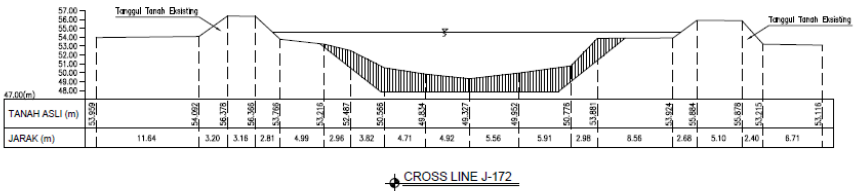
| No | STA | L | Text | n | Jenis | b | h | z | A | P | R | R ^{2/3} | V | Q _{ext} | Q _s | Normalisasi | Q _{ext} | Kondisi |
|-----|--------|-----|------|--------|---------|--------------|-------|-------------------|-------------------|--------|-------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| No | KEF | (m) | (m) | | Saturan | (m) | (m) | (m ²) | (m ²) | (m) | (m) | (m ^{2/3}) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | |
| 107 | Jeroan | 189 | 93 | 0,0003 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,389 | 114,31 | 323,314 | 419,800 | Banjir |
| 108 | Jeroan | 185 | 191 | 0,0003 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,252 | 114,31 | 290,555 | 423,700 | Banjir |
| 109 | Jeroan | 180 | 356 | 0,0003 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,296 | 114,31 | 300,771 | 423,700 | Banjir |
| 110 | Jeroan | 177 | 210 | 0,0002 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,194 | 114,31 | 225,608 | 423,700 | Banjir |
| 111 | Jeroan | 172 | 304 | 0,0002 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,972 | 114,31 | 225,499 | 426,500 | Banjir |
| 112 | Jeroan | 168 | 267 | 0,0004 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,640 | 114,31 | 380,448 | 426,500 | Banjir |
| 113 | Jeroan | 164 | 183 | 0,0021 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 3,525 | 233,18 | 817,62 | 426,500 | Amun |
| 114 | Jeroan | 160 | 240 | 0,0002 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,999 | 233,18 | 231,676 | 429,130 | Amun |
| 115 | Jeroan | 156 | 158 | 0,0007 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,041 | 233,18 | 473,509 | 429,130 | Amun |
| 116 | Jeroan | 152 | 124 | 0,0013 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,779 | 233,18 | 644,629 | 429,130 | Amun |
| 117 | Jeroan | 148 | 199 | 0,0004 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,451 | 233,18 | 336,576 | 429,130 | Banjir |
| 118 | Jeroan | 144 | 147 | 0,0010 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,471 | 233,18 | 573,255 | 429,130 | Amun |
| 119 | Jeroan | 141 | 235 | 0,0002 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,187 | 134,58 | 277,575 | 428,500 | Banjir |
| 120 | Jeroan | 137 | 235 | 0,0009 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,323 | 134,58 | 538,957 | 428,500 | Amun |
| 121 | Jeroan | 133 | 299 | 0,0002 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,096 | 134,58 | 254,215 | 428,500 | Banjir |
| 122 | Jeroan | 128 | 202 | 0,0003 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,333 | 134,58 | 309,286 | 428,500 | Banjir |
| 123 | Jeroan | 125 | 215 | 0,0007 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,110 | 134,58 | 489,555 | 429,600 | Amun |
| 124 | Jeroan | 121 | 54 | 0,0006 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,823 | 134,58 | 422,984 | 429,600 | Banjir |
| 125 | Jeroan | 116 | 241 | 0,0003 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,409 | 121,63 | 325,662 | 429,600 | Banjir |
| 126 | Jeroan | 112 | 92 | 0,0001 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,806 | 121,63 | 187,097 | 429,600 | Banjir |
| 127 | Jeroan | 109 | 95 | 0,0003 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,375 | 121,63 | 318,904 | 499,240 | Banjir |
| 128 | Jeroan | 105 | 185 | 0,0001 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,804 | 121,63 | 186,591 | 499,240 | Banjir |
| 129 | Jeroan | 100 | 154 | 0,0005 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,649 | 121,63 | 388,604 | 499,240 | Banjir |
| 130 | Jeroan | 95 | 296 | 0,0004 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,557 | 121,63 | 363,131 | 499,240 | Banjir |
| 131 | Jeroan | 92 | 247 | 0,0001 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,852 | 79,36 | 197,776 | 461,99 | Banjir |
| 132 | Jeroan | 89 | 168 | 0,0003 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,334 | 79,36 | 309,593 | 506,590 | Banjir |
| 133 | Jeroan | 84 | 191 | 0,0006 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,856 | 79,36 | 430,666 | 506,590 | Banjir |
| 134 | Jeroan | 80 | 261 | 0,0001 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,677 | 79,36 | 157,092 | 506,590 | Banjir |
| 135 | Jeroan | 76 | 256 | 0,0005 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,675 | 79,36 | 388,536 | 506,590 | Banjir |
| 136 | Jeroan | 72 | 201 | 0,0004 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,637 | 79,36 | 379,738 | 468,710 | Banjir |
| 137 | Jeroan | 68 | 284 | 0,0000 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,459 | 55,02 | 106,488 | 468,710 | Banjir |
| 138 | Jeroan | 64 | 207 | 0,0001 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,760 | 55,02 | 176,397 | 468,710 | Banjir |
| 139 | Jeroan | 60 | 208 | 0,0003 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,419 | 55,02 | 329,214 | 437,180 | Banjir |
| 140 | Jeroan | 56 | 223 | 0,0001 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,733 | 55,02 | 169,951 | 437,180 | Banjir |
| 141 | Jeroan | 52 | 193 | 0,0010 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,427 | 55,02 | 563,055 | 437,180 | Amun |
| 142 | Jeroan | 48 | 204 | 0,0007 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,098 | 32,162 | 486,621 | 437,180 | Amun |
| 143 | Jeroan | 44 | 205 | 0,0009 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,321 | 32,162 | 538,371 | 417,680 | Amun |
| 144 | Jeroan | 40 | 212 | 0,0011 | 0,04 | Saturan Alam | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,668 | 32,162 | 603,807 | 417,680 | Amun |

(lanjutan)

| No | KET | STA | L | Text | n | Jenis | b | h | z | A | P | R | R ^{2/3} | V | Q _{sext} | Q _s Normalisasi | Q _s ²⁵ | Kondisi |
|-----|--------|-----|-----|---------|------|---------|-------|------|-------------------|-------------------|-------|------|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|---------|
| | | (m) | (m) | | | Saturan | (m) | (m) | (m ³) | (m ³) | (m) | (m) | (m) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | |
| 145 | Jeroan | 37 | 263 | 0,0001 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,826 | 321,62 | 191,665 | 417,680 | Banjir |
| 146 | Jeroan | 33 | 200 | 0,0014 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,894 | 321,62 | 671,467 | 417,680 | Aman |
| 147 | Jeroan | 29 | 188 | 0,0005 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,784 | 321,62 | 413,887 | 414,650 | Banjir |
| 148 | Jeroan | 25 | 208 | 0,0008 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,145 | 373,36 | 497,924 | 414,650 | Aman |
| 149 | Jeroan | 21 | 311 | 0,00077 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,149 | 373,36 | 498,524 | 414,650 | Aman |
| 150 | Jeroan | 17 | 277 | 0,00036 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,470 | 373,36 | 340,974 | 414,650 | Banjir |
| 151 | Jeroan | 13 | 186 | 0,00016 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,982 | 373,36 | 227,911 | 418,650 | Banjir |
| 152 | Jeroan | 11 | 82 | 0,00012 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,854 | 373,36 | 198,177 | 418,650 | Banjir |
| 153 | Jeroan | 9 | 120 | 0,00004 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 0,499 | 373,36 | 115,839 | 418,650 | Banjir |
| 154 | Jeroan | 7 | 91 | 0,00176 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 3,243 | 440,84 | 752,489 | 418,650 | Aman |
| 155 | Jeroan | 4 | 120 | 0,00142 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 2,911 | 440,84 | 675,452 | 421,530 | Aman |
| 156 | Jeroan | 2 | 98 | 0,00173 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 3,222 | 440,84 | 747,433 | 421,530 | Aman |
| 157 | Jeroan | 1 | 98 | 0,0004 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,563 | 440,84 | 362,558 | 421,530 | Banjir |
| 158 | Jeroan | 0 | 0 | 0,0004 | 0,04 | Saturan | 20,00 | 8,00 | 1,0 | 232,00 | 42,63 | 5,44 | 3,094 | 1,563 | 306,21 | 362,558 | 461,199 | Banjir |

(Sumber : Hasil Analisis)

4.2.4. Analisis Profil Muka Air



Gambar 4.17 Cross STA 172

Untuk mencari profil muka air, metode yang digunakan yakni metode tahapan langsung. Dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

Diketahui :

| | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| I (kemiringan dasar saluran) | = 0.0019 |
| Q (debit) periode ulang 25 tahun | = 461.20 m ³ /dt |
| n (koefisien kekasaran manning) | = 0.040 |
| B (lebar dasar saluran) | = 20 m |
| m (kemiringan saluran) | = 1 |

Penyelesaian :

- Dimulai dengan mencari kedalaman normal (h_n), dengan menggunakan persamaan Manning.

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times I^{0.5} \times R^{0.667}$$

dengan memasukkan parameter yang diketahui, maka diperoleh persamaan :

$$461,20 = \frac{(20+h)h}{0.040} \times \left(\frac{(20+h)h}{20+4h}\right)^{0.667} \times 0.0019^{0.5}$$

Melalui metode coba-coba, maka diperoleh $h_n = 7,050$ m. untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat di Tabel 4.42

Tabel 4. 42 Perhitungan TMA

| STA | TMA m | EL Tanggul m | EL tanah eksisting m |
|-----|----------|-----------------|-------------------------|
| 228 | 7,050 | 58.54 | 49.84 |
| 224 | 7,050 | 58.428 | 49.72 |
| 220 | 7,050 | 58.249 | 49.63 |
| 216 | 7,050 | 57.48 | 49.6 |
| 212 | 7,050 | 56.857 | 49.43 |
| 208 | 7,050 | 56.584 | 49.6 |
| 204 | 7,050 | 56.169 | 49.43 |
| 200 | 7,050 | 55.884 | 49.49 |
| 196 | 7,050 | 55.406 | 49.39 |
| 193 | 7,050 | 54.79 | 49.4 |
| 189 | 7,050 | 55.39 | 49.3 |
| 185 | 7,050 | 54.866 | 49.33 |
| 180 | 7,050 | 54.835 | 49.36 |
| 177 | 7,050 | 54.87 | 49.28 |
| 172 | 7,050 | 56.37 | 49.33 |
| 168 | 7,050 | 56.68 | 49.13 |
| 165 | 7,050 | 56.44 | 49 |
| 160 | 7,050 | 56.43 | 48.54 |
| 156 | 7,050 | 57.2 | 48.65 |
| 152 | 7,050 | 57.26 | 48.41 |
| 148 | 7,050 | 57.55 | 48.31 |
| 144 | 7,050 | 55.85 | 48.48 |
| 141 | 7,050 | 57.835 | 48.51 |
| 137 | 7,050 | 57.519 | 48.43 |
| 133 | 7,050 | 57.69 | 48.42 |
| 128 | 7,050 | 56.75 | 48.24 |
| 125 | 7,050 | 56.04 | 48.41 |
| 121 | 7,050 | 56.01 | 48.34 |

(Sumber : Hasil Analisis)

4.3. Analisa Retadasi

Pada analisa ini, metode yang digunakan untuk menentukan debit keluar (*Outflow*) dan *storage area* yaitu dengan mengunci luasan lahan yang akan dijadikan sebagai lokasi kolam retensi. Pada studi kasus ini, direncanakan dua buah kolam retensi (*retarding basin*) di DAS Jeroan yang terletak di STA 172 dan STA 276 yang diharapkan dapat mengurangi debit banjir pada daerah hilir Sungai Jeroan.

4.3.1. Pintu Air

Dalam menghitung debit yang melewati pintu air, diperlukan nilai C (koefisien berdasarkan geometri struktur), yang didapatkan dari grafik hubungan antara nilai Froude dengan $\frac{y1}{h}$. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai C.

a. Kolam Retensi 1 (STA 276).

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{461,2}{146,1}$$

$$V = 3,157 \text{ m/s}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

$$Fr = \frac{3,157}{\sqrt{9,81 \cdot 8,554}}$$

$$Fr = 0,359$$

$$\frac{y1}{h} = \frac{7,90}{7,00}$$

$$= 1,128$$

Setelah mencari nilai Froude dan $\frac{y1}{h}$, didapatkan nilai C sebesar 0,160 dengan menarik grafik hubungan antara nilai Froude dan $\frac{y1}{h}$.

4.3.2. Pengoperasian Pintu

Pengoperasian pintu untuk mengetahui berapa besar bukaan pintu yang harus dibuka saat terjadi hujan atau saat ada aliran, pada tiap kolam ada kolam retensi terdapat 2 (dua) jumlah pintu yang

terdapat di bagian tepi sungai sebagai inlet daripada kolam tersebut. berikut adalah contoh perhitungan untuk kolam retensi 1
Diketahui data sebagai berikut :

$$\text{Gravitasi (g)} = 9.81 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$\text{Lebar Pintu (L)} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Pintu (h)} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Koefisien debit berdasarkan geometri} = 0,16$$

$$\text{Untuk h} = 7,00 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Muka Air} = 7,900 \text{ m}$$

$$Q = C . L . h \sqrt{(2 . g . y_1)}$$

$$Q = 0.16 . 2 . 7 \sqrt{(2 . 9.81 . 7,9)}$$

$$Q = 20,286 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk pengoperasian pintu, pintu dibuka sesuai dengan pola operasi yang telah direncanakan dengan melihat tinggi muka air yang melewati saluran, pintu dibuka dengan bukaan pertama dahulu hingga bukaan penuh, kemudian dilanjutkan dengan bukaan pintu selanjutnya hingga volume kolam retensi terisi penuh. Untuk rekapan bukaan pintu dapat dilihat pada Tabel 4.43 dan Tabel 4.44

Tabel 4.43 Perhitungan Tinggi Buka-an Pintu Kolam Retensi 1 STA 276

| t jam | Inflow m ³ /dt | C | L m | y ₁ m | h m | Pintu Kolam 1 | | Q Pintu m ³ /dt | Outflo w m ³ /dt |
|----------|------------------------------|-------|--------|---------------------|--------|---------------|--------|----------------------------------|-----------------------------------|
| | | | | | | 1 | 2 | | |
| 0 | 0,000 | 0,160 | 1,500 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 28,688 | 0,160 | 1,500 | 1,480 | 1,500 | 1,959 | 1,959 | 3,92 | 24,77 |
| 2 | 151,417 | 0,160 | 1,500 | 4,141 | 4,000 | 8,737 | 8,737 | 17,47 | 133,94 |
| 3 | 400,675 | 0,160 | 1,500 | 7,290 | 7,000 | 20,286 | 20,286 | 40,57 | 360,10 |
| 4 | 461,199 | 0,160 | 1,500 | 7,900 | 7,500 | 22,626 | 22,626 | 45,25 | 415,95 |
| 5 | 359,656 | 0,160 | 1,500 | 6,860 | 6,500 | 18,273 | 18,273 | 36,55 | 323,11 |
| 6 | 280,470 | 0,160 | 1,500 | 5,590 | 5,500 | 13,957 | 13,957 | 27,91 | 252,56 |
| 7 | 218,719 | 0,160 | 1,500 | 5,140 | 5,000 | 12,167 | 12,167 | 24,33 | 194,39 |
| 8 | 170,563 | 0,160 | 1,500 | 4,440 | 4,000 | 9,046 | 9,046 | 18,09 | 152,47 |
| 9 | 141,771 | 0,160 | 1,500 | 3,970 | 3,500 | 7,485 | 7,485 | 14,97 | 126,80 |
| 10 | 120,113 | 0,160 | 1,500 | 3,600 | 1,000 | 2,036 | 2,036 | 4,07 | 116,04 |
| 11 | 101,763 | 0,160 | 1,500 | 3,250 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 101,76 |
| 12 | 86,216 | 0,160 | 1,500 | 2,950 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 86,22 |
| 13 | 73,044 | 0,160 | 1,500 | 2,600 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 73,04 |
| 14 | 61,885 | 0,160 | 1,500 | 2,390 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 61,89 |
| 15 | 52,431 | 0,160 | 1,500 | 2,170 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 52,43 |
| 16 | 45,365 | 0,160 | 1,500 | 1,900 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 45,36 |
| 17 | 40,061 | 0,160 | 1,500 | 1,800 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 40,06 |
| 18 | 35,377 | 0,160 | 1,500 | 1,700 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 35,38 |
| 19 | 31,240 | 0,160 | 1,500 | 1,580 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 31,24 |
| 20 | 27,588 | 0,160 | 1,500 | 1,450 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 27,59 |
| 21 | 24,362 | 0,160 | 1,500 | 1,350 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 24,36 |
| 22 | 21,514 | 0,160 | 1,500 | 1,290 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 21,51 |
| 23 | 18,998 | 0,160 | 1,500 | 1,180 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 19,00 |
| 24 | 16,777 | 0,160 | 1,500 | 1,050 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 16,78 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.44 Perhitungan Tinggi Bukaannya Pintu Kolam Retensi 2 STA 172

| t jam | Inflow m ³ /dt | C | L m | y1 m | h m | Pintu Kolam 2 | | Q Pintu m ³ /dt | Outflow m ³ /dt |
|----------|------------------------------|-------|--------|---------|--------|---------------|--------|----------------------------------|-------------------------------|
| | | | | | | 1 | 2 | | |
| 0 | 0,000 | 0,140 | 1,500 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 |
| 1 | 24,771 | 0,140 | 1,500 | 1,281 | 1,250 | 1,329 | 1,329 | 2,657 | 22,11 |
| 2 | 133,944 | 0,140 | 1,500 | 3,600 | 3,500 | 6,237 | 6,237 | 12,473 | 121,47 |
| 3 | 360,104 | 0,140 | 1,500 | 6,560 | 6,000 | 14,432 | 14,432 | 28,865 | 331,24 |
| 4 | 415,947 | 0,140 | 1,500 | 7,050 | 7,000 | 17,455 | 17,455 | 34,911 | 381,04 |
| 5 | 323,111 | 0,140 | 1,500 | 6,037 | 6,000 | 13,845 | 13,845 | 27,690 | 295,42 |
| 6 | 252,556 | 0,140 | 1,500 | 5,169 | 4,500 | 9,608 | 9,608 | 19,217 | 233,34 |
| 7 | 194,385 | 0,140 | 1,500 | 4,370 | 3,000 | 5,890 | 5,890 | 11,779 | 182,61 |
| 8 | 152,470 | 0,140 | 1,500 | 4,090 | 2,000 | 3,799 | 3,799 | 7,597 | 144,87 |
| 9 | 126,802 | 0,140 | 1,500 | 3,370 | 1,000 | 1,724 | 1,724 | 3,448 | 123,35 |
| 10 | 116,040 | 0,140 | 1,500 | 3,170 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 116,04 |
| 11 | 101,763 | 0,140 | 1,500 | 2,920 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 101,76 |
| 12 | 86,216 | 0,140 | 1,500 | 2,620 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 86,22 |
| 13 | 73,044 | 0,140 | 1,500 | 2,350 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 73,04 |
| 14 | 61,885 | 0,140 | 1,500 | 2,156 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 61,89 |
| 15 | 52,431 | 0,140 | 1,500 | 1,724 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 52,43 |
| 16 | 45,365 | 0,140 | 1,500 | 1,674 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 45,36 |
| 17 | 40,061 | 0,140 | 1,500 | 1,624 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 40,06 |
| 18 | 35,377 | 0,140 | 1,500 | 1,542 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 35,38 |
| 19 | 31,240 | 0,140 | 1,500 | 1,380 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 31,24 |
| 20 | 27,588 | 0,140 | 1,500 | 1,310 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 27,59 |
| 21 | 24,362 | 0,140 | 1,500 | 1,260 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 24,36 |
| 22 | 21,514 | 0,140 | 1,500 | 1,200 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 21,51 |
| 23 | 18,998 | 0,140 | 1,500 | 1,170 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 19,00 |
| 24 | 16,777 | 0,140 | 1,500 | 1,120 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 16,78 |

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.3. Analisis Tampungannya

Setelah mengetahui nilai *Inflow* dan *Outflow*, maka akan didapat nilai *storage area* untuk *retarding basin* dari debit yang masuk ke dalam kolam retensi sehingga dapat diketahui berapa volume kolam yang dibutuhkan untuk menampung debit yang masuk ke dalam tampungan tersebut. Untuk mengetahui volume yang tertampung pada kolam retensi 1 dan 2, selengkapnyanya terdapat pada Tabel 4.45 dan 4.46.

Tabel 4. 45 Perhitungan volume air yang masuk ke kolam retensi 1

| Nama | Waktu jam | Inflow m ³ /det | Elevasi m | C | L m | y1 | h m | 1 | 2 | Q pintu m ³ /dt | Q overflow m ³ /dt | Vol Inflow m ³ | Vol Outflow m ³ | Vol Kolam m ³ |
|------|-----------|----------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.160 | 1.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 2.00 | 28.69 | 1.48 | 0.160 | 1.500 | 1.480 | 1.500 | 1.959 | 1.959 | 3.9 | 24.77 | 103277.09 | 89175.08 | 14102.00 |
| | 3.00 | 151.42 | 4.14 | 0.160 | 1.500 | 4.141 | 4.000 | 8.737 | 8.737 | 17.5 | 133.94 | 545099.73 | 482196.73 | 62903.00 |
| | 4.00 | 400.68 | 7.29 | 0.160 | 1.500 | 7.290 | 7.000 | 20.286 | 20.286 | 40.57 | 360.10 | 1442430.80 | 1296374.42 | 146056.38 |
| | 5.00 | 461.20 | 7.90 | 0.160 | 1.500 | 7.900 | 7.500 | 22.626 | 22.626 | 45.25 | 415.95 | 1660315.64 | 1497410.96 | 162904.67 |
| | 6.00 | 359.66 | 6.86 | 0.160 | 1.500 | 6.860 | 6.500 | 18.273 | 18.273 | 36.55 | 323.11 | 1294762.14 | 1163199.03 | 131563.12 |
| | 7.00 | 280.47 | 5.59 | 0.160 | 1.500 | 5.590 | 5.500 | 13.957 | 13.957 | 27.91 | 252.56 | 1009692.95 | 909201.92 | 100491.04 |
| | 8.00 | 218.72 | 5.14 | 0.160 | 1.500 | 5.140 | 5.000 | 12.167 | 12.167 | 24.33 | 194.39 | 787387.76 | 699786.51 | 87601.25 |
| | 9.00 | 170.56 | 4.44 | 0.160 | 1.500 | 4.440 | 4.000 | 9.046 | 9.046 | 18.09 | 152.47 | 614027.74 | 548893.37 | 65134.37 |
| | 10.00 | 141.77 | 3.97 | 0.160 | 1.500 | 3.970 | 3.500 | 7.485 | 7.485 | 14.97 | 126.80 | 510377.32 | 456485.61 | 53891.72 |
| | 11.00 | 120.11 | 3.60 | 0.160 | 1.500 | 3.600 | 1.000 | 2.036 | 2.036 | 4.07 | 116.04 | 432405.22 | 417742.65 | 14662.57 |
| | 12.00 | 101.76 | 3.25 | 0.160 | 1.500 | 3.250 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 101.76 | 366345.18 | 366345.18 | 0.00 |
| Q25 | 13.00 | 86.22 | 2.95 | 0.160 | 1.500 | 2.950 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 86.22 | 310377.36 | 310377.36 | 0.00 |
| | 14.00 | 73.04 | 2.60 | 0.160 | 1.500 | 2.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 73.04 | 262959.94 | 262959.94 | 0.00 |
| | 15.00 | 61.89 | 2.39 | 0.160 | 1.500 | 2.390 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 61.89 | 222786.64 | 222786.64 | 0.00 |
| | 16.00 | 52.43 | 2.17 | 0.160 | 1.500 | 2.170 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 52.43 | 188750.76 | 188750.76 | 0.00 |
| | 17.00 | 45.36 | 1.90 | 0.160 | 1.500 | 1.900 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 45.36 | 163313.23 | 163313.23 | 0.00 |
| | 18.00 | 40.06 | 1.80 | 0.160 | 1.500 | 1.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 40.06 | 144218.52 | 144218.52 | 0.00 |
| | 19.00 | 35.38 | 1.70 | 0.160 | 1.500 | 1.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 35.38 | 127356.38 | 127356.38 | 0.00 |
| | 20.00 | 31.24 | 1.58 | 0.160 | 1.500 | 1.580 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 31.24 | 112465.77 | 112465.77 | 0.00 |
| | 21.00 | 27.59 | 1.45 | 0.160 | 1.500 | 1.450 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 27.59 | 99316.19 | 99316.19 | 0.00 |
| | 22.00 | 24.36 | 1.35 | 0.160 | 1.500 | 1.350 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 24.36 | 87704.06 | 87704.06 | 0.00 |
| | 23.00 | 21.51 | 1.29 | 0.160 | 1.500 | 1.290 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 21.51 | 77449.63 | 77449.63 | 0.00 |
| | 24.00 | 19.00 | 1.18 | 0.160 | 1.500 | 1.180 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 19.00 | 68394.16 | 68394.16 | 0.00 |
| | 25.00 | 16.78 | 1.05 | 0.160 | 1.500 | 1.050 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 16.78 | 60397.46 | 60397.46 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | | Jumlah | 10691611.70 | 9852301.58 | 839310.12 |

(Sumber : Hasil analisis)

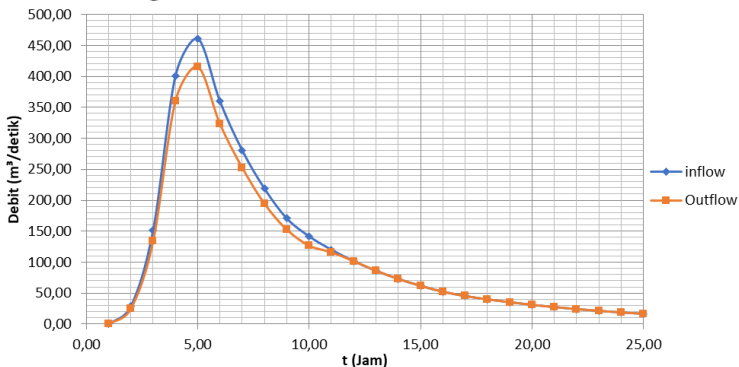
Tabel 4.46 Perhitungan volume air yang masuk ke kolam retensi 2

| Nama | Waktu jam | Inflow m ³ /det | Elevasi m | C | L m | Y1 m | h m | 1 pintu | 2 pintu | Q m ³ /dt | Q m ³ /dt | Vol Inflow m ³ | Vol Outflow m ³ | Vol Kolam m ³ |
|------|--------------|-------------------------------|--------------|-------|--------|---------|--------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,140 | 1,500 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | 1,00 | 24,77 | 1,28 | 0,140 | 1,500 | 1,281 | 1,250 | 1,329 | 1,329 | 2,7 | 22,11 | 89175,08 | 79608,62 | 9566,46 |
| | 2,00 | 133,94 | 3,60 | 0,140 | 1,500 | 3,600 | 3,500 | 6,237 | 6,237 | 12,5 | 121,47 | 482196,73 | 437292,62 | 44904,11 |
| | 3,00 | 360,10 | 6,56 | 0,140 | 1,500 | 6,560 | 6,000 | 14,432 | 14,432 | 28,86 | 331,24 | 1296374,42 | 1192461,40 | 103913,02 |
| | 4,00 | 415,95 | 7,05 | 0,140 | 1,500 | 7,050 | 7,000 | 17,455 | 17,455 | 34,91 | 497,41 | 1497410,96 | 1371732,93 | 125678,04 |
| | 5,00 | 323,11 | 6,04 | 0,140 | 1,500 | 6,037 | 6,000 | 13,845 | 13,845 | 27,69 | 295,42 | 1163199,03 | 1063514,30 | 99684,73 |
| | 6,00 | 252,56 | 5,17 | 0,140 | 1,500 | 5,169 | 4,500 | 9,608 | 9,608 | 19,22 | 233,34 | 909201,92 | 840021,60 | 69180,32 |
| | 7,00 | 194,39 | 4,37 | 0,140 | 1,500 | 4,370 | 3,000 | 5,890 | 5,890 | 11,78 | 182,61 | 699786,51 | 657380,37 | 42406,14 |
| | 8,00 | 152,47 | 4,09 | 0,140 | 1,500 | 4,090 | 2,000 | 3,799 | 3,799 | 7,60 | 144,87 | 548893,37 | 521543,30 | 27350,07 |
| | 9,00 | 126,80 | 3,37 | 0,140 | 1,500 | 3,370 | 1,000 | 1,724 | 1,724 | 3,45 | 123,35 | 456485,61 | 444072,46 | 12413,14 |
| | 10,00 | 116,04 | 3,17 | 0,140 | 1,500 | 3,170 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 116,04 | 417742,65 | 417742,65 | 0,00 |
| | 11,00 | 101,76 | 2,92 | 0,140 | 1,500 | 2,920 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 101,76 | 366345,18 | 366345,18 | 0,00 |
| Q25 | 12,00 | 86,22 | 2,62 | 0,140 | 1,500 | 2,620 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 86,22 | 310377,36 | 310377,36 | 0,00 |
| | 13,00 | 73,04 | 2,35 | 0,140 | 1,500 | 2,350 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 73,04 | 262959,94 | 262959,94 | 0,00 |
| | 14,00 | 61,89 | 2,16 | 0,140 | 1,500 | 2,156 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 61,89 | 222786,64 | 222786,64 | 0,00 |
| | 15,00 | 52,43 | 1,72 | 0,140 | 1,500 | 1,724 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 52,43 | 188750,76 | 188750,76 | 0,00 |
| | 16,00 | 45,36 | 1,67 | 0,140 | 1,500 | 1,674 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 45,36 | 163313,23 | 163313,23 | 0,00 |
| | 17,00 | 40,06 | 1,62 | 0,140 | 1,500 | 1,624 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 40,06 | 144218,52 | 144218,52 | 0,00 |
| | 18,00 | 35,38 | 1,54 | 0,140 | 1,500 | 1,542 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 35,38 | 127356,38 | 127356,38 | 0,00 |
| | 19,00 | 31,24 | 1,38 | 0,140 | 1,500 | 1,380 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 31,24 | 112465,77 | 112465,77 | 0,00 |
| | 20,00 | 27,59 | 1,31 | 0,140 | 1,500 | 1,310 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 27,59 | 99316,19 | 99316,19 | 0,00 |
| | 21,00 | 24,36 | 1,26 | 0,140 | 1,500 | 1,260 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 24,36 | 87704,06 | 87704,06 | 0,00 |
| | 22,00 | 21,51 | 1,20 | 0,140 | 1,500 | 1,200 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 21,51 | 77449,63 | 77449,63 | 0,00 |
| | 23,00 | 19,00 | 1,17 | 0,140 | 1,500 | 1,170 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 19,00 | 68394,16 | 68394,16 | 0,00 |
| | 24,00 | 16,78 | 1,12 | 0,140 | 1,500 | 1,120 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | 16,78 | 60397,46 | 60397,46 | 0,00 |
| | | | | | Jumlah | | | | | | 9852301,58 | 9317205,55 | 535096,03 | |

(Sumber : Hasil analisis)

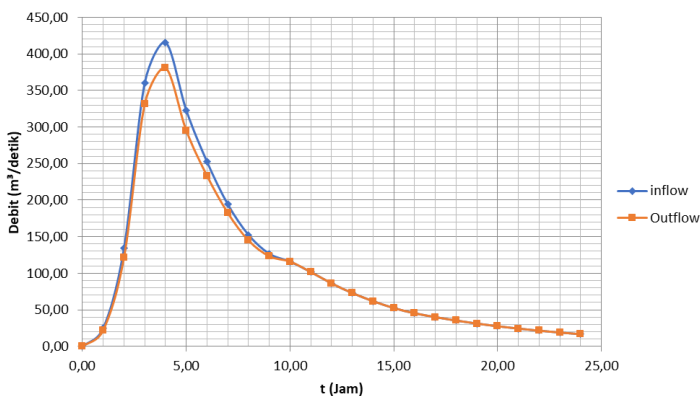
Untuk debit yang masuk ke dalam kolam retensi 1 adalah 10 jam dari jam ke 1 hingga jam ke 10, sedangkan untuk debit yang masuk ke dalam kolam retensi 2 adalah 9 jam dari jam ke 1 hingga jam ke 9. Hidrograf debit *inflow outflow* kolam dapat dilihat pada Gambar 4.18 dan 4.19.

Hidrograf Debit Inflow Outflow Kolam Retensi 1



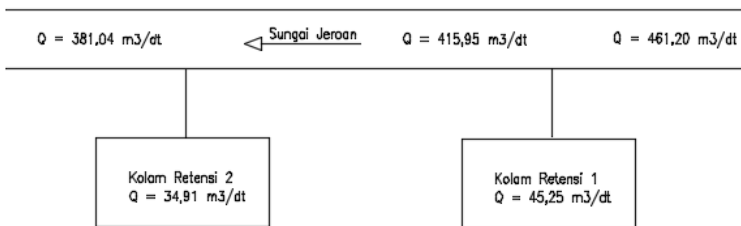
Gambar 4.18 Hidrograf Debit *Inflow* & *Outflow* Kolam Retensi 1

Hidrograf Debit Inflow Outflow Kola Retensi 2



Gambar 4.19 Hidrograf Debit *Inflow* & *Outflow* Kolam Retensi 2

Untuk DAS Jeroan, dengan Luas sebesar 314,84 km², didapatkan volume kumulatif tampungan Kolam Retensi 1 sebesar 839310,12 m³ dalam kurun waktu 10 jam dan volume kumulatif tampungan Kolam Retensi 2 sebesar 535096,03 m³ dalam kurun waktu 9 jam. Debit puncak yang melewati sungai jeroan sebesar 461,20 m³/dt, untuk debit yang direncanakan melewati kolam i adalah sebesar 45,25 m³/dt untuk kolam retensi 1 dan 34,91 m³/dt untuk kolam retensi 2 sehingga debit Sungai Jeoran yang tereduksi adalah sebesar 80,162 m³/dt atau sekitar 17%, dengan debit *outflow* yang kembali ke Sungai Jeroan adalah sebesar 381,04 m³/dt. Untuk skema dari debit yang melewati Sungai Jeroan dapat dilihat pada Gambar 4.20



Gambar 4.20 Skema debit yang melewati sungai

Dengan perhitungan di DAS Jeroan, setelah direncanakan normalisasi untuk mengurangi debit banjir, penampang yang direncanakan belum cukup efektif untuk menanggulangi banjir di DAS tersebut, oleh karena itu direncanakan 2 buah kolam retensi yang diharapkan dapat mereduksi banjir di DAS Jeroan. Kolam retensi direncanakan berbentuk trapesium dengan kemiringan talud 1 : 0.5 dengan kedalaman 7,5 meter untuk kolam retensi 1 dan kedalaman 7 meter untuk kolam retensi 2 dengan volume kolam retensi sendiri yang direncanakan sebesar 1374406,14 m³, dengan adanya kolam retensi ini, untuk mengetahui efektifitas *retarding basin* dalam mereduksi banjir adalah sebagai berikut :

$$\text{Efektifitas} = \frac{\text{kapasitas kolam}}{\text{volume banjir}} \times 100\% = \frac{1374406,14}{10691611,70} \times 100\% = 12,85 \%$$

untuk luas dari kolam retensi yang direncanakan adalah sebagai berikut.

- Kolam Retensi 1
 - V yang ditampung = 839310,12 m³
 - t (waktu) = 10 jam
 - H (tinggi tanggul) = 7,5 m
 - Luas kolam (A) = $\frac{839310,12}{7,5} = 111.908 \text{ m}^2$
- Kolam Retensi 2
 - V yang ditampung = 535096,03 m³
 - t (waktu) = 9 jam
 - H (tinggi tanggul) = 7 m
 - Luas kolam (A) = $\frac{535096,03}{7} = 76.442 \text{ m}^2$

Tabel 4. 47 Dimensi kolam retensi

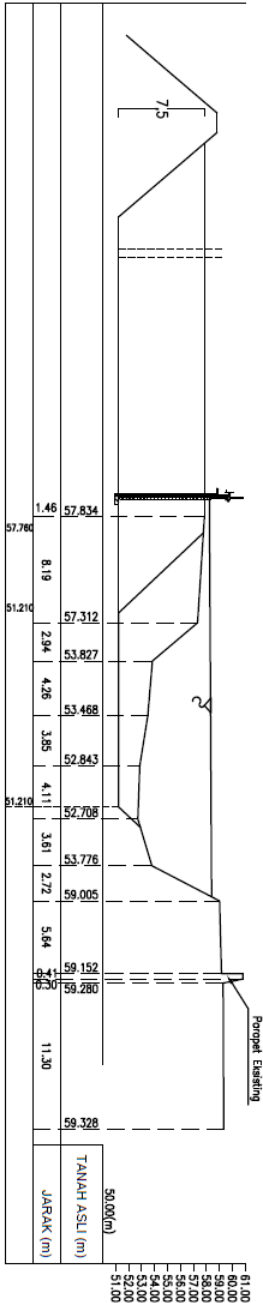
| Dimensi kolam retensi | | | |
|-----------------------|---------------------|--------|---------------------|
| nama | V m ³ | h m | A m ² |
| Kolam Retensi 1 | 839310,12 | 7,5 | 111.908 |
| Kolam Retensi 2 | 535096,03 | 7 | 76.442 |

(Sumber : Hasil analisis)

4.3.4. Rencana Lokasi Kolam Retensi

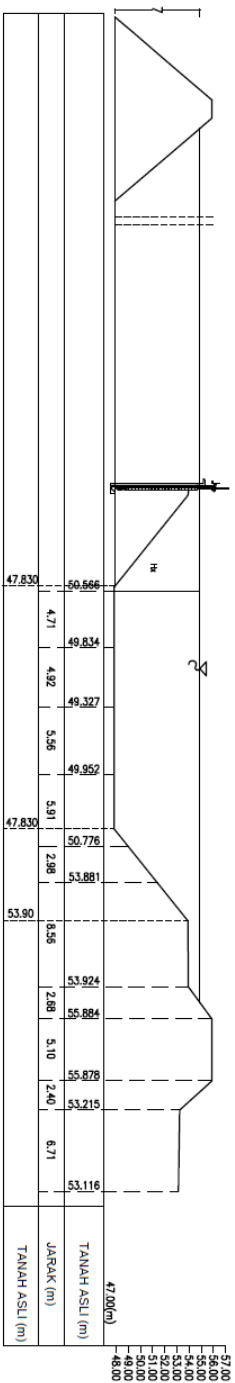
Dari perhitungan volume *storage area* untuk *retarding basin*, didapatkan volume sebesar 839310,12 m³ untuk kolam retensi 1 dan volume sebesar 535096,03 m³ untuk kolam retensi 2. Pada studi kasus ini *retarding basin* akan disebar di dua titik yakni di DAS Jeroan pada STA 276 dan 172 yang diharapkan dapat mengurangi luapan debit pada hilir Sungai Jeroan, untuk rencana lokasi kolam tidak berada di daerah permukiman dan bangunan, namun rencana kolam retensi tersebut terletak di persawahan.

Lokasi dari kolam retensi pada DAS Jeroan direncanakan terletak di desa kedung rejo dengan koordinat 7°31'38,12" S dan 111°38'59,10" E, Gambar potongan melintang saluran dapat dilihat pada Gambar 4.21. dan Gambar 4.22. sedangkan untuk detail lokasi kolam retensi seperti Gambar 4.23. dan Gambar 4.24



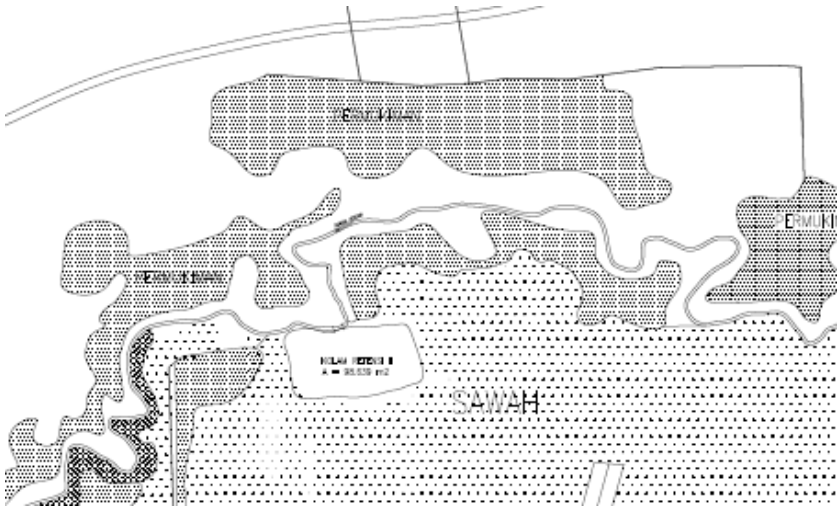
Potongan Melintang Kolam Retensi 1 STA 276

Gambar 4.21 Potongan Melintang Kolam Retensi 1

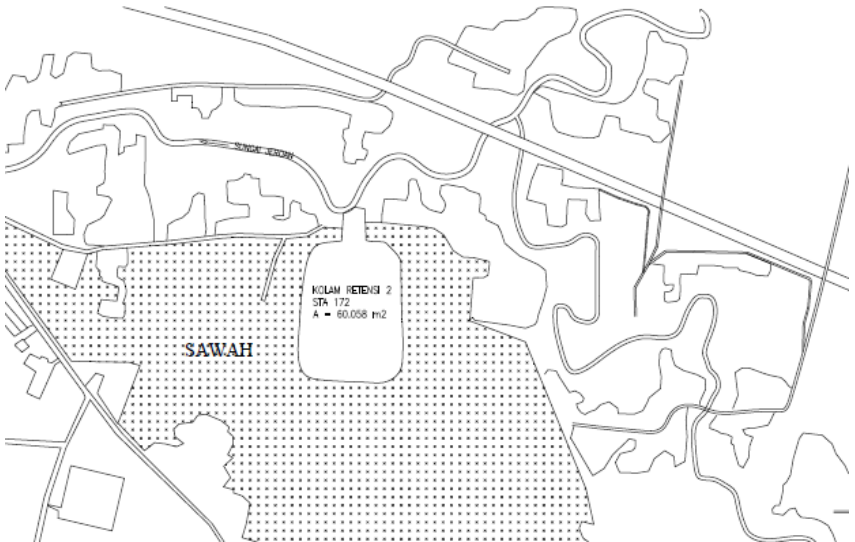


Potongan Melintang Kolam Retensi 2 STA172

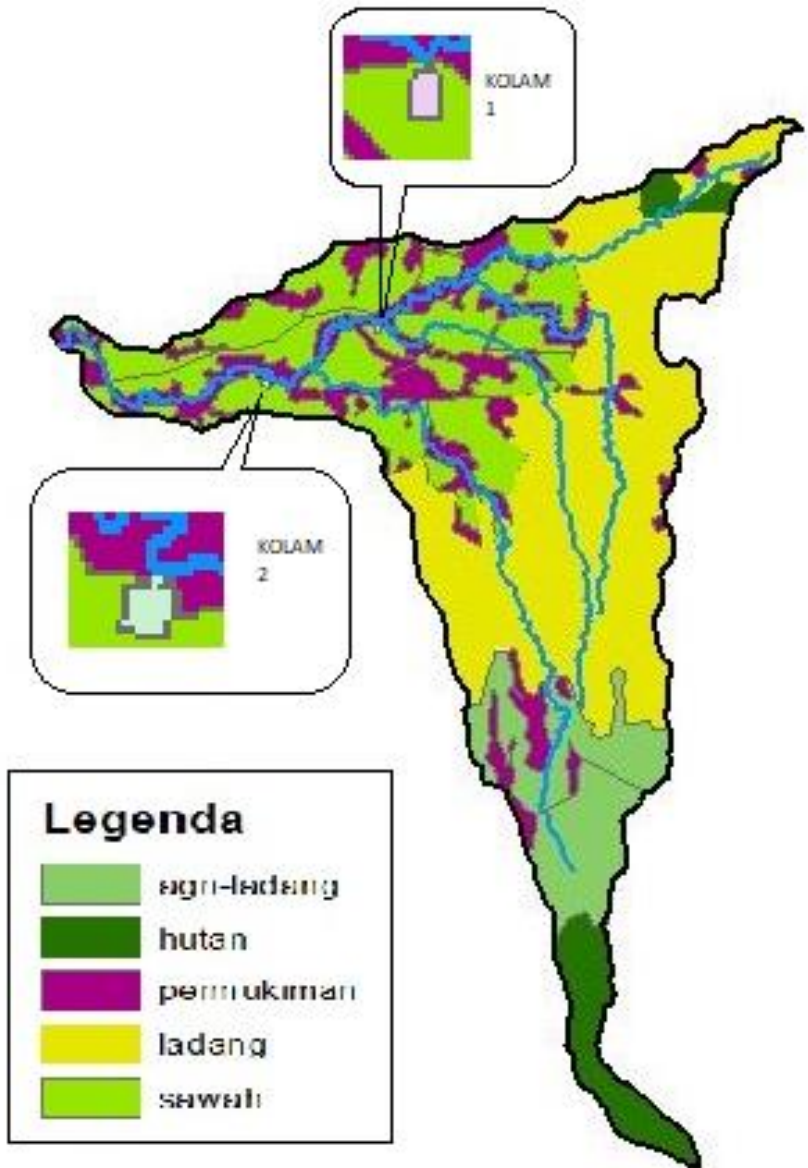
Gambar 4. 22 Gambar Potongan Melintang Kolam Retensi 2



Gambar 4. 23 Gambar layout kolam retensi 1



Gambar 4. 24 Gambar layout kolam retensi 2



Gambar 4.25 Perkiraan lokasi *retarding basin* DAS Jeroan
(Sumber : Hasil analisis)

4.4. Perhitungan Kebutuhan Irigasi

Dalam pemanfaatan kolam retensi, direncanakan daerah irigasi dengan luas 1500 ha, dengan contoh perhitungan kebutuhan irigasi adalah sebagai berikut :

$$R \text{ rata-rata tahun 2017} = 104,875$$

$$T \text{ rata-rata tahun 2018} = 20,2^{\circ}\text{C}$$

$$P \text{ Lama Penyinaran (\%)} = 66,12 \%$$

$$I = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$$

$$= 8,28$$

$$A = (6,75 \times (10^{-7}I^3) - (7,7 \times 10^{-5}I^2) - (1,792I) + 0,49239)$$

$$= 15,33$$

$$\text{Eto} = P \times (0,6T + 8)$$

$$= 66,21 \times (0,6 \times 20,2 + 8)$$

$$= 1143 \text{ mm/bulan}$$

$$= 0,038 \text{ mm/hr}$$

$$\text{Etc} = Kc \times \text{Eto}$$

$$= 1,05 \times 0,038$$

$$= 0,04$$

$$\text{Re} = 125 / (0,1 * R)$$

$$= 125 / (0,1 \times 104,875)$$

$$= 135 \text{ mm}$$

$$= 0,135 \text{ m}$$

$$\text{Kebutuhan} = (\text{Re} \times \text{luas irigasi}) - (\text{Etc} \times \text{luas irigasi})$$

$$= (0,135 \times 15000000) - (0,04 \times 15000000)$$

$$= 1432002,08 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

$$= 0,527 \text{ m}^3/\text{dt}$$

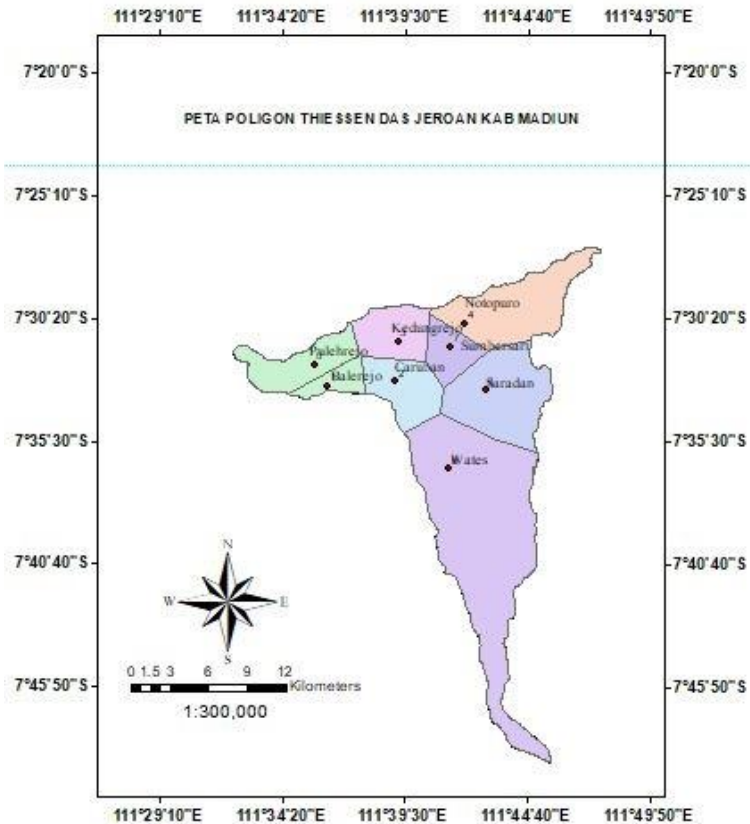
Jadi, kebutuhan untuk mengaliri daerah irigasi dengan luasan 1500 ha adalah sebesar 0,527 m³/dt.

4.5. Analisis Rasionalisasi Pos Hujan

4.5.1. Pengolahan Data

Peta DAS Sungai yang berupa data SHP (*shapefile*) dan data hujan yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, selanjutnya diolah dengan program *ArcGIS* 10.3 untuk

memperoleh luasan stasiun hujan yang berpengaruh pada Daerah Aliran Sungai kali Jeroan. Untuk peta poligon theissen dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Poligon Theissen Kagan-Rodda
(Sumber : Hasil analisis)

Sedangkan untuk Luasan poligon yang berpengaruh dapat dilihat di Tabel 4.48

Tabel 4.48 Luasan Poligon Thiessen Stasiun Hujan DAS Jeroan

| No | Pos hujan | Luas yang terpengaruh (km ²) | Kr |
|-------|------------|--|-------|
| 1 | balerejo | 9 | 0,029 |
| 2 | caruban | 25 | 0,080 |
| 3 | saradan | 57 | 0,182 |
| 4 | pulehrejo | 13 | 0,041 |
| 5 | sumpersari | 15 | 0,048 |
| 6 | wates | 128 | 0,408 |
| 7 | notopuro | 45 | 0,143 |
| 8 | kedungrejo | 22 | 0,070 |
| total | | 314 | 1 |

(Sumber : Hasil analisis)

4.5.2. Analisis Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Standar WMO

Analisis kerapatan stasiun hujan berdasarkan standar WMO (*World Meteorological Organization*), didasarkan pada luasan daerah pengaruh masing-masing stasiun. Besarnya luasan daerah pengaruh masing-masing stasiun hujan, penyebaran pos hujan di DAS Jeroan sudah merata namun terdapat beberapa pos hujan yang tidak sesuai dengan letak simpul Kagan-Rodda, sehingga dibutuhkan reposisi/penempatan ulang titik pos hujan yang sesuai dengan yang disarankan oleh Kagan-Rodda, yang dihitung dengan menggunakan metode poligon *Thiessen*, penggunaan metode poligon *Thiessen*. Dengan menggunakan menu *create Thiessen polygon* pada program *ArcGis 10.3* didapat nilai luasan pengaruh dari setiap stasiun hujan terhadap Daerah Aliran Sungai kali Jeroan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.49.

Tabel 4.49 Hasil Analisis Kerapatan Stasiun Hujan berdasarkan Standar WMO

| No | Stasiun Hujan | Luas Daerah Pengaruh Pos Hujan | | Luas |
|----|---------------|--------------------------------|----------------|------|
| | | Koordinat | | |
| | | LS | BT | |
| 1 | Balerejo | 7°33'11.16"S | 111°36'16.56"E | 9 |
| 2 | Caruban | 7°32'52.44"S | 111°39'11.88"E | 25 |
| 3 | Saaradan | 7°33'12.96"S | 111°43'1.20"E | 47 |

| | | | | |
|---|-----------|--------------|----------------|----|
| 4 | Pulehrejo | 7°32'10.32"S | 111°35'44.88"E | 13 |
|---|-----------|--------------|----------------|----|

lanjutan

| Luas Daerah Pengaruh Pos Hujan | | | | |
|--------------------------------|---------------|--------------|----------------|------|
| No | Stasiun Hujan | Koordinat | | Luas |
| | | LS | BT | |
| 5 | Sumbersari | 7°31'23.16"S | 111°41'28.68"E | 15 |
| 6 | Wates | 7°36'34.92"S | 111°41'28.68"E | 128 |
| 7 | Notopuro | 7°30'22.32"S | 111°42'7.56"E | 45 |
| 8 | Kedungrejo | 7°31'12.00"S | 111°39'20.16"E | 22 |

(Sumber : Hasil analisis)

4.5.3. Analisis Jaringan Stasiun Hujan Rekomendasi

Dari beberapa cara penetapan jaringan pengukuran hujan yang ada, terdapat cara yang relatif sederhana dalam pemakaian, baik dalam pengertian data yang dibutuhkan maupun prosedur hitungannya. Keuntungan cara ini adalah selain jumlah stasiun yang dibutuhkan dengan tingkat ketelitian tertentu dapat ditetapkan, akan tetapi juga sekaligus cara ini dapat memberikan pola penempatan stasiun hujan yang jelas. Cara ini dikemukakan oleh Kagan (1967). Dengan cara sebagai berikut :

$$Cv = \frac{100\sigma}{p}$$

$$\sigma = \left(\frac{n}{n-1} (p^2 - (p)^2) \right)^{0.5}$$

$$p = \frac{\sum P}{n}$$

Dengan :

Cv = koefisien variasi hujan didasarkan pada stasiun hujan

P = hujan rerata dari n stasiun

σ = standar deviasi

N = jumlah stasiun yang ada.

4.5.4. Analisis Jaringan Kagan-Rodda

Kriteria Badan Meteorologi Dunia atau WMO (*World Meteorological Organization*) menyarankan kerapatan minimum

jaringan stasiun hujan untuk daerah pegunungan beriklim sedang, mediteran dan daerah tropis 100 – 250 km²/stasiun. DAS Jeroan memiliki 8 stasiun hujan yang berpengaruh, namun untuk mendapatkan jumlah pos yang ideal, efektif dan efisien yang dapat mewakili kondisi hidrologi pada DAS Jeroan yang digunakan dalam evaluasi jaringan stasiun hujan, terdapat 4 stasiun hujan yang perlu dilakukan Reposisi/Penempatan ulang sehingga sesuai dengan yang disarankan oleh WMO.

perhitungan perencanaan Kagan-Rodda berdasarkan data curah hujan bulanan, dari data tersebut dihitung nilai koefisien kolerasi (ro), sandar deviasi dan Koefisien variasi (Cv), lalu dihitung nilai kesalahan perataan, kesalahan interpolasi dan panjang segitiga kagan, maka dapat digambarkan jaringan kagan rodde. Untuk hasil korelasi antar stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 4.50. dan 4.51

Tabel 4.50 Hasil korelasi antar stasiun hujan DAS Jeroan

| pos hujan | pulehrejo | balerejo | kedungrejo | caruban | notopuro | sumpersari | saradan | wates |
|------------|-----------|----------|------------|---------|----------|------------|---------|--------|
| pulehrejo | 0 | 1,894 | 6,763 | 10,697 | 12,198 | 10,697 | 13,517 | 13,271 |
| balerejo | | 0 | 6,518 | 10,053 | 11,688 | 10,035 | 12,291 | 11,399 |
| kedungrejo | | | 0 | 3,284 | 5,376 | 3,982 | 7,658 | 10,588 |
| caruban | | | | 0 | 6,982 | 5,034 | 6,908 | 7,888 |
| notopuro | | | | | 0 | 2,507 | 5,505 | 11,266 |
| sumpersari | | | | | | 0 | 4,32 | 9,424 |
| saradan | | | | | | | 0 | 6,744 |
| wates | | | | | | | | 0 |

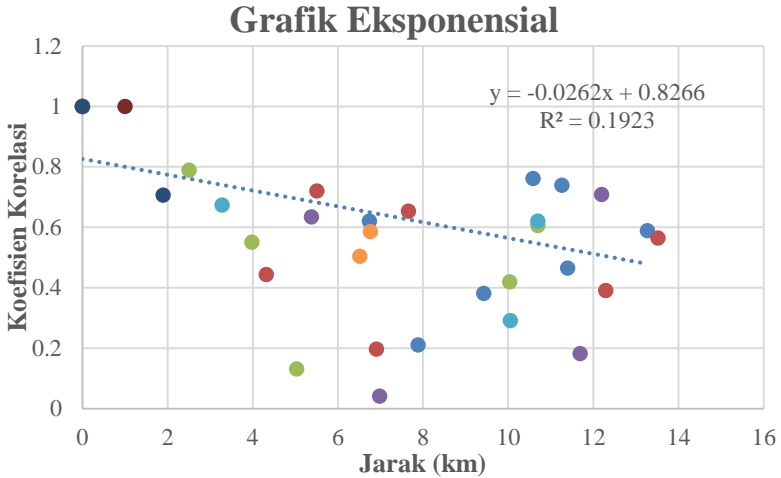
(sumber : Hasil Analisis)

Tabel 4.51 Hasil korelasi jarak antar stasiun hujan DAS Jeroan

| pos hujan | pulehrejo | balerejo | kedungrejo | caruban | notopuro | sumpersari | saradan | wates |
|------------|-----------|----------|------------|---------|----------|------------|---------|--------|
| pulehrejo | 1 | 0,7058 | 0,5854 | 0,62 | 0,7079 | 0,6058 | 0,5646 | 0,5885 |
| balerejo | | 1 | 0,5041 | 0,2912 | 0,1823 | 0,4194 | 0,3907 | 0,4651 |
| kedungrejo | | | 1 | 0,6738 | 0,6345 | 0,5506 | 0,6529 | 0,7614 |
| caruban | | | | 1 | 0,041 | 0,1306 | 0,1973 | 0,2102 |
| notopuro | | | | | 1 | 0,789 | 0,7195 | 0,7389 |
| sumpersari | | | | | | 1 | 0,4438 | 0,3808 |
| saradan | | | | | | | 1 | 0,6203 |
| wates | | | | | | | | 1 |

(sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan Tabel 4.50 dan Tabel 4.51, dihitung parameter Kagan dengan membuat persamaan exponential antara jarak stasiun dan korelasi stasiun hujan seperti pada Gambar 4.27



Gambar 4.27 Grafik Hubungan Antara Jarak Stasiun dan Kolerasi (sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan grafik hubungan antara jarak pos hujan dengan korelasi di peroleh persamaan sebagai berikut :(Harto, 1993)

$$R(o) = 0,8266^{-0,262x}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, dapat diperoleh nilai parameter Kagan dengan melakukan pemedanan anntara persamaan yang dihasilkan dengan rumus dasar yang ditetapkan oleh Kagan, Nilai parameter yang diperoleh adalah 0,8266 untuk koefieisn korelasi (r_o)

4.5.5. Koefisien Variasi

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi hujan diperoleh dengan merataratakan seluruh data hujan dan selanjutnya dihitung standar deviasi dan rata-ratanya.

$$\acute{p} = \frac{100,9+85,9+71,9+94,6\dots(n)}{8} = 98,67 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bar{p}^2 &= \frac{100,9^2 + 85,9^2 + 71,9^2 + 94,6^2 \dots (n)}{8} = 10043,03 \\ \sigma &= \left(\frac{8}{8-1} (10043,03^2 - 98,67^2) \right)^{0,5} = 18,71 \\ Cv &= \frac{100 \times 18,70}{98,67} = 18,96 \end{aligned}$$

Dimana :

- Cv = Koefisien Variasi
 \bar{p} = hujan rerata dari n stasiun
 σ = Standar deviasi
n = jumlah stasiun hujan yang ada

Melalui nilai standar deviasi dan hasil rata-ratanya diperoleh nilai koefisien variasi hujan sebesar 26,02

4.5.6. Kesalahan Perataan dan Kesalah Interpolasi

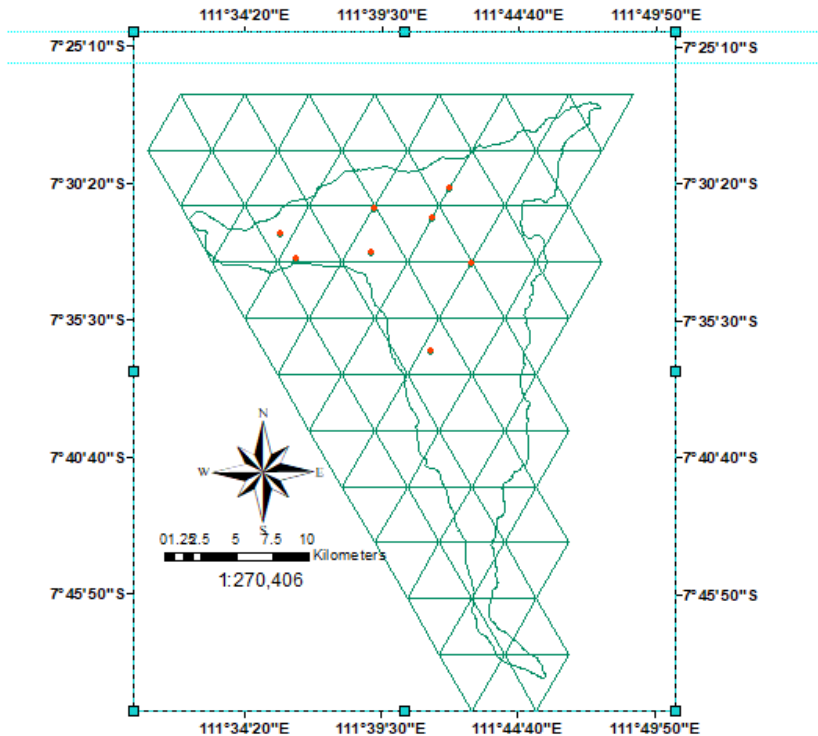
Dari hasil parameter yang diperoleh, dapat dilakukan analisis terhadap jaringan pos hujan yang ada pada DAS Jeroan. Analisa yang dilakukan meliputi kesalahan interpolasi, kesalahan rata-rata dan jarak antara per pos serta jumlah pos yang ideal yang tersedia berdasarkan tingkat kesalahannya. Adapun hasil analisis yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.52

Tabel 4.52 Perhitungan jumlah pos, kesalahan perhitungan, kesalahan interpolasi dan jarak antara pos pada DAS Sungai Jeroan

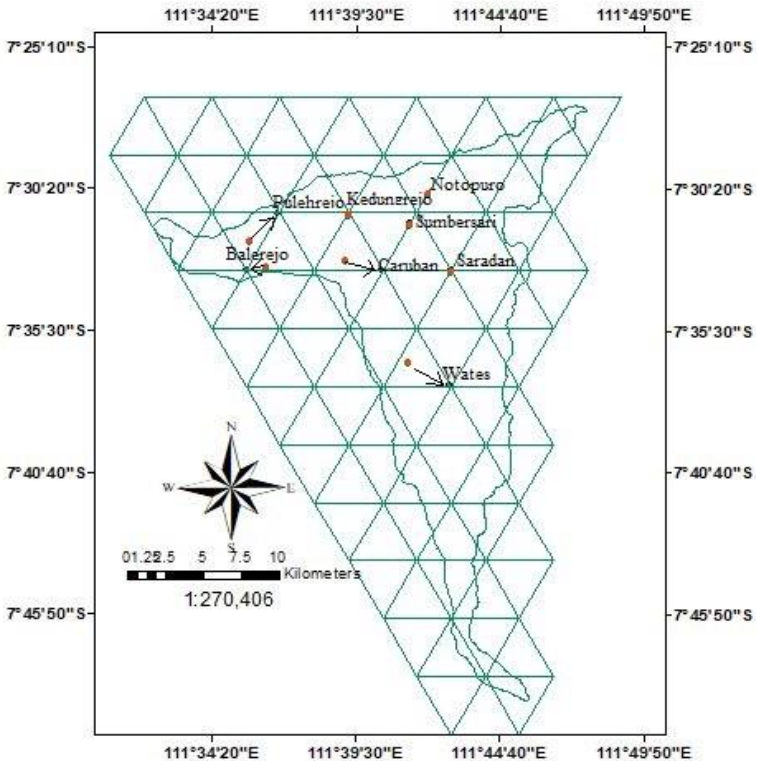
| n | cv | ro | A | do | z1 | z2 | L |
|---|-------------|--------|-----|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 18,96025481 | 0,8266 | 314 | 0,026 | 11,816 | 32,437 | 18,960 |
| 2 | 18,96025481 | 0,8266 | 314 | 0,026 | 7,649 | 27,294 | 13,407 |
| 3 | 18,96025481 | 0,8266 | 314 | 0,026 | 5,971 | 24,673 | 10,947 |
| 4 | 18,96025481 | 0,8266 | 314 | 0,026 | 4,729 | 22,969 | 9,480 |
| 5 | 18,96025481 | 0,8266 | 314 | 0,026 | 4,402 | 21,728 | 8,479 |
| 6 | 18,96025481 | 0,8266 | 314 | 0,026 | 3,956 | 20,765 | 7,741 |
| 7 | 18,96025481 | 0,8266 | 314 | 0,026 | 3,617 | 19,984 | 7,166 |
| 8 | 18,96025481 | 0,8266 | 314 | 0,026 | 3,348 | 19,332 | 6,704 |

(Sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan tabel 4.55 jumlah stasiun hujan yang tersedia di lokasi DAS Sungai Jeroan sebanyak 8 stasiun hujan dengan nilai kesalahan < 5% yaitu sebesar 4,729 %. Nilai tersebut sudah cukup kecil dan sudah cukup baik untuk dipertahankan, namun distribusi lokasi penyebaran posnya perlu ditinjau kembali sesuai dengan metode Kagan dengan jarak antar pos hujan 9,840 km. sehingga dapat digambarkan jarring segitiga Kagan Rodda, gambar jaringan diplot ke peta DAS Sungai Jeroan dan dilakukan penggeseran sedemikian rupa sehingga jumlah simpul segitiga dalam DAS sama dengan jumlah stasiun yang dihitung seperti pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29



Gambar 4.28 Sebaran Titik Pos Hujan DAS Jeroan sebelum Reposisi



Gambar 4.29 Sebaran Titik Pos Hujan DAS Jeroan Setelah Reposisi

4.5.7. Evaluasi Jaringan Stasiun Hujan

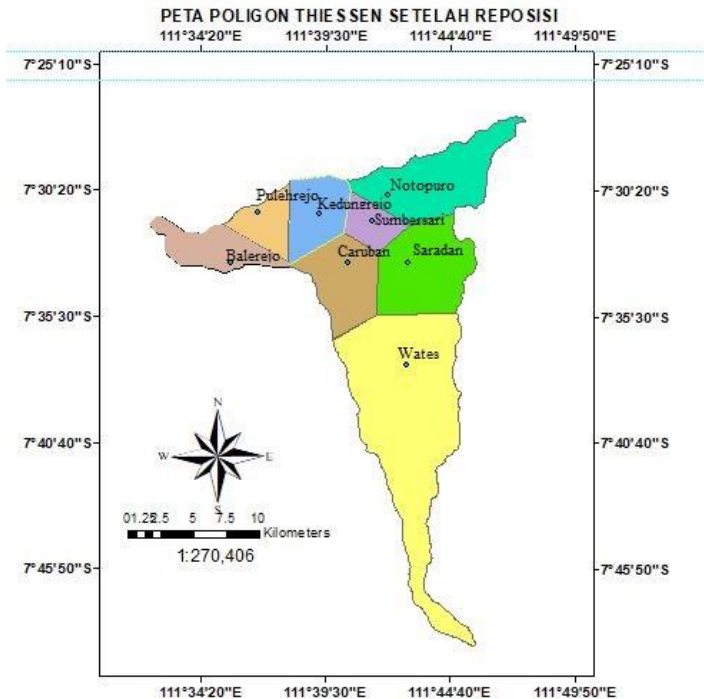
Dari hasil pengeplotan jaringan Kagan-Rodda, pemasangan pos dilakukan pada titik simpul segitiga tersebut atau berada disekitarnya yang dianggap mewakili. Selain stasiun eksisting yang ada, berdasarkan titik simpul jaring-jaring Kagan Rodda terdapat adanya Reposisi pos hujan. Potensi reposisi pos hujan sejumlah 4 unit Pos hujan. Menurut analisa studi keempat stasiun hujan tersebut terpilih dan ditempatkan di lokasi baru yakni persawahan sehingga tidak terlalu mengganggu warga yang bermukim. Kemudian setelah adanya reposisi pos baru, besarnya luasan pengaruh masing-masing stasiun hujan dapat di hitung

dengan membuat *poligon thiessen* baru seperti pada Gambar 4.30 dengan hasil dari reposisi pos hujan dapat dilihat pada Tabel 4.54

Tabel 4.53 Hasil Rekomendasi Stasiun Hujan Berdasarkan Metode Kagan-Rodda

| No | Luas Daerah Pengaruh Pos Hujan | | | Luas |
|----|--------------------------------|---------------|-----------------|--------|
| | Stasiun Hujan | Koordinat | | |
| | | LS | BT | |
| 1 | Balerejo | 7°31'12.558"S | 111°36'42.167"E | 15,25 |
| 2 | Caruban | 7°33'16.36"S | 111°40'24.758"E | 12,27 |
| 3 | Saaradan | 7°33'12.96"S | 111°43'1.20"E | 43,66 |
| 4 | Pulehrejo | 7°33'16.36"S | 111°35'32.574"E | 22,27 |
| 5 | Sumbersari | 7°31'23.16"S | 111°41'28.68"E | 23,39 |
| 6 | Wates | 7°37'30.078"S | 111°40'24.758"E | 118,53 |
| 7 | Notopuro | 7°30'22.32"S | 111°42'7.56"E | 47,02 |
| 8 | Kedungrejo | 7°31'12.00"S | 111°39'20.16"E | 30,91 |

(sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4.30 Poligon Theissen Setalah Reposisi Pos Hujan

Berdasarkan analisis kerapatan jaringan stasiun hujan menurut standar WMO (*World Meteorological Organization*), untuk daerah pegunungan beriklim sedang, mediteran dan daerah tropis 100 – 250 km²/stasiun. Kondisi luasan pengaruh setiap stasiun hujan Pada dasarnya telah memenuhi kriteria yang disyaratkan oleh WMO, namun dalam penempatan posisi Pos Hujan belum sesuai dengan yang disarankan oleh Kagan-Rodda seperti stasiun balerejo, pulehrejo, caruban dan wates. Dengan adanya penempatan posisi pos baru berdasarkan titik simpul jaring-jaring Kagan Rodda ke empat stasiun tersebut dan stasiun yang lain bisa memenuhi standar kerapatan minimum jaringan stasiun hujan sesuai yang disyaratkan oleh WMO (*World Meteorological Organization*).

Dari hasil pengeplotan jaringan Kagan-Rodda pada Gambar 4.30 terjadi reposisi stasiun hujan eksisting dengan jarak antar stasiun 9,480 km. pemindahan lokasi pos hujan ini sendiri telah diperhitungkan yakni tidak menampati permukiman dan fasilitas umum. Tabel hasil pemindahan posisi Stasiun Hujan dapat dilihat pada Tabel 4.54

Tabel 4.54 koordinat pemindahan pos hujan

| Pos | x | y | derajat | menit | detik | derajat | menit | detik |
|-----------|--------|---------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| balerejo | 565350 | 9164890 | 7 | 31 | 13 | 111 | 36 | 42 |
| pulehrejo | 567488 | 9164890 | 7 | 33 | 17 | 111 | 35 | 33 |
| caruban | 574304 | 9164890 | 7 | 33 | 16 | 111 | 40 | 25 |
| wates | 578810 | 9164890 | 7 | 37 | 30 | 111 | 42 | 52 |

(sumber : Hasil Analisis)

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

4.6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit puncak yang dihasilkan Sungai Jeroan dengan luas DAS sebesar 314.84 km^2 yaitu $461.20 \text{ m}^3/\text{dt}$.
2. Normalisasi direncanakan dengan $b = 15 \text{ m}$, $m = 1$, $h = 8 \text{ m}$ di STA 276 hingga STA 232. Dan $b = 20 \text{ m}$, $m = 1 \text{ m}$, $h = 8 \text{ m}$ untuk DAS Jeroan Utama dari STA 228 hingga STA 0 dalam upaya menganggulangi banjir Sungai Jeroan.
3. Debit yang dapat ditampung Sungai Jeroan sebesar $179,73 \text{ m}^3/\text{dt}$, setelah dilakukan normalisasi pada STA 276 – STA 0, kemampuan Sungai Jeroan dalam menampung debit menjadi $226,82 \text{ m}^3/\text{dt}$ sehingga diperlukan penanganan lain yakni dengan kolam retensi.
4. Kolam retensi yang direncanakan berjumlah 2 (dua) buah dengan debit banjir yang tereduksi setelah melewati kolam retensi 1 sebesar $45,25 \text{ m}^3/\text{dt}$, dan debit banjir yang tereduksi setelah melewati kolam retensi 2 sebesar $34,91 \text{ m}^3/\text{dt}$. Debit yang tersisa adalah sebesar $381,04 \text{ m}^3/\text{dt}$ dari debit puncak sebesar $461,20 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan jumlah debit yang tereduksi adalah $80,16 \text{ m}^3/\text{dt}$ atau sebesar 17%.
5. Pintu air yang digunakan masing-masing berjumlah 2 (dua) unit, dengan $a = 1,5 \text{ m}$, $b = 7,5 \text{ m}$ untuk kolam 1 dan $a = 1,5 \text{ m}$, $b = 7 \text{ m}$ untuk kolam 2, dengan pola operasi selama 10 jam untuk kolam retensi 1 dan 9 jam untuk kolam retensi 2.
6. Kolam retensi yang direncanakan masing-masing berkapasitas $839310,12 \text{ m}^3$ dan luas daerah tangkapan air sebesar 111.908 m^2 untuk kolam retensi 1 yang terletak di STA 276 ,dan untuk kolam retensi 2 berkapasitas $535096,03 \text{ m}^3$ dan luas daerah tangkapan air sebesar 76.442 m^2 untuk kolam retensi 2 yang terletak di STA 2.
7. Debit kebutuhan irigasi dengan rencana luasan 1500 ha sebesar $0.527 \text{ m}^3/\text{dt}$.

8. Terdapat 4 stasiun hujan yang di reposisi dengan berdasarkan analisis Kagan-Rodda, yakni pulehrejo, balerejo, caruban dan wates.

4.7. Saran

1. Dibutuhkan pengkajian terhadap lapangan secara langsung agar dapat memahami kondisi pada kasus tersebut. Selain itu juga dalam menentukan perencanaan bangunan air harus dibutuhkan literatur dan referensi yang jelas dan bisa menyesuaikan pada kondisi di lapangan. Selain itu diperlukan juga data-data yang terbaru dan mengkaji data-data terdahulu agar hasil analisa sesuai dengan keadaan yang sekarang.
2. Dibutuhkan pengkajian lebih lanjut terhadap perhitungan kebutuhan irigasi di wilayah DAS Jeroan, dan diharapkan dengan adanya kolam retensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber irigasi di wilayah tersebut.
3. Setelah menganalisa beberapa penyebab terjadinya banjir yang ada di dalam tugas akhir ini, diharapkan mampu memberikan sumbang saran yang nantinya berguna sebagai acuan dalam rencana pengendalian banjir di Kabupaten Madiun. Selain itu juga diharapkan dapat memelihara dengan pembersihan Sungai dan kesadaran masyarakat agar tidak membuang sampah sembarangan ke Sungai, sebab sampah dapat menyebabkan Sungai tercemar, kotor, dan adanya timbunan sedimen sehingga terjadi pendangkalan pada Sungai.
4. Kolam retensi yang direncanakan dapat difungsikan sebagai suplesi irigasi di daerah tersebut, dan dapat digunakan sebagai tempat wisata yang dapat menaikkan penghasilan daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini .1997. *Hidrolika Saluran Terbuka* . Surabaya : Penerbit CV. Citra Media.
- Departemen Pekejaan Umum, 2010. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Saluran KP-07*, CV Galang Persada, Bandung.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2010. *Sistem Drainase Mandiri Berbasis Masyarakat Yang Berwawasan Lingkungan (Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi Dan Folder Dengan Saluran-saluran Utama*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Gede Agus, Putra Wiryawan. 2016. *Tahapan Perhitungan Tinggi Muka Air Di Sungai (Studi Kasus Bendung Waduk Muara Tukad Unda)*. (Tugas Akhir). Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Udayana, Bali.
- Harto, Sri, Br. 1993. *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Rodda, J. C. 1967. *Precipitation Network*. MWO Bulletin,
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sumanto. 2018. *Penerapan Sistem Kolam Retens Retarding Basin Pada Daerah Aliran Sungai Deli Untuk Pengendalian banjir Kota Medan*. (Tugas Akhir). Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Medan.

Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta

Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama Alfath Tawakkal dilahirkan di Bojonegoro pada 21 Juli 1998, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Biasa dipanggil Alfath. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al-Hidayah Bojonegoro, MTs Masyudiyah Gresik, SMAN 1 Gresik. Setelah Lulus dari SMAN 1 Gresik tahun 2015, penulis mengikuti ujian masuk diploma ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 3115030110. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Air. Dan lulus pendidikan D3 tahun 2018. Penulis melanjutkan pendidikan lanjut jenjang diploma empat atau D4 di Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan konsentrasi ilmu Bangunan Air. Penulis pernah aktif dalam berbagai kepanitiaan acara yang ada di lingkup ITS selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

LAMPIRAN

| Rata-rata Suhu Udara Menurut Bulan di Kabupaten Madiun, 2018 | | | |
|--|-------------|------------|----------------------|
| Bulan/ Month | Suhu Udara | | Temperatur (°C) |
| | Maks Max | Min Min | Rata-rata Average |
| 01. Januari/ January | 25.00 | 23.00 | 23.71 |
| 02. Pebruari/ Februar | 25.00 | 23.00 | 25.00 |
| 03. Maret/ March | 25.00 | 23.00 | 23.77 |
| 04. April/ April | 25.00 | 23.00 | 23.93 |
| 05. Mei/ May | 25.00 | 23.00 | 24.20 |
| 06. Juni/ June | 25.00 | 23.00 | 24.00 |
| 07. Juli/ July | 25.00 | 23.00 | 23.23 |
| 08. Agustus/ August | 25.00 | 24.00 | 24.52 |
| 09. September/ Septer | 25.00 | 24.00 | 24.57 |
| 10. Oktober/ October | 28.00 | 24.00 | 24.77 |
| 11. Nopember/ Nover | 26.00 | 24.00 | 24.90 |
| 12. Desember/ Decem | 25.00 | 24.00 | 24.61 |

Sumber : UPT PSDA Madiun

GEOGRAFI DAN IKLIM

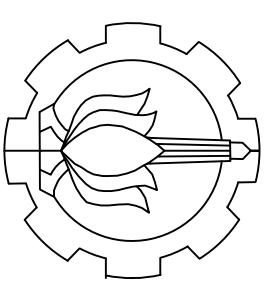
Tabel 1.2.2
Rata-Rata Penyinaran Matahari dan Kecepatan Angin Menurut Bulan di Kota Madiun, 2017
Average Duration of Sunshine and Wind Velocity by Month in Madiun Municipality, 2017

| Bulan Month | Penyinaran Matahari Duration of Sunshine (%) | Kecepatan Angin Wind Velocity (knot) |
|---------------------|--|--|
| (1) | (2) | (3) |
| Januari/January | 54,44 | 22,18 |
| Februari/February | 65,77 | 29,90 |
| Maret/March | 72,66 | 21,87 |
| April/April | 69,33 | 19,87 |
| Mei/May | 78,53 | 36,58 |
| Juni/June | 77,01 | 29,27 |
| Juli/July | 78,76 | 67,60 |
| Agustus/August | 80,83 | 70,69 |
| September/September | 84,15 | 52,97 |
| Oktober/October | 82,13 | 59,86 |
| November/November | 58,52 | 28,36 |
| Desember/December | 69,84 | 27,31 |

Sumber : Dinas PU Pengairan Pemprop Jatim,

UPT Pengelolaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Madiun

Source : Irrigation Public Work Services of Jawa Timur Province, Water Resources Management Unit at Madiun's River Region



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Sudi Pengendalian Banjir Kali Jeroran
 di Kab. Madiun

OWNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN DAN PERUMAHAN RIKAT
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
 SATUAN KERJA BAKHESBAP MILYAH SURABAYA BENGKAWAN SDO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kadam Retensi Dalam Upaya
 Mereduksi Banjir Kali Jeroran, Kab Madiun

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Henda Wahnuati M.S.
 (NIP 19630426 198803 1 003)

DOSEN PEMBIMBING

Dwi Indryanti S.T. M.T.
 (NIP 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alifah Tawakkal
 (NRP 10111815000058)

JUDUL GAMBAR

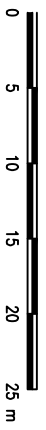
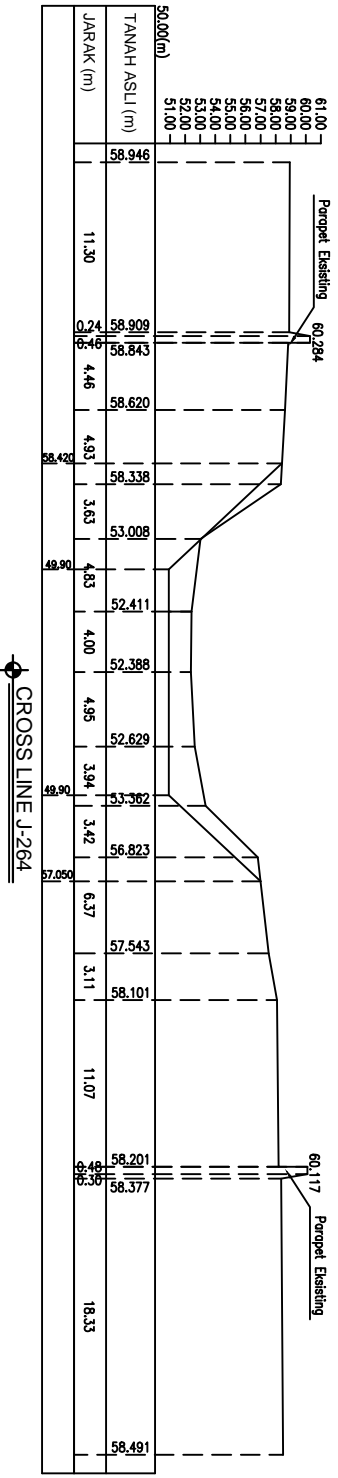
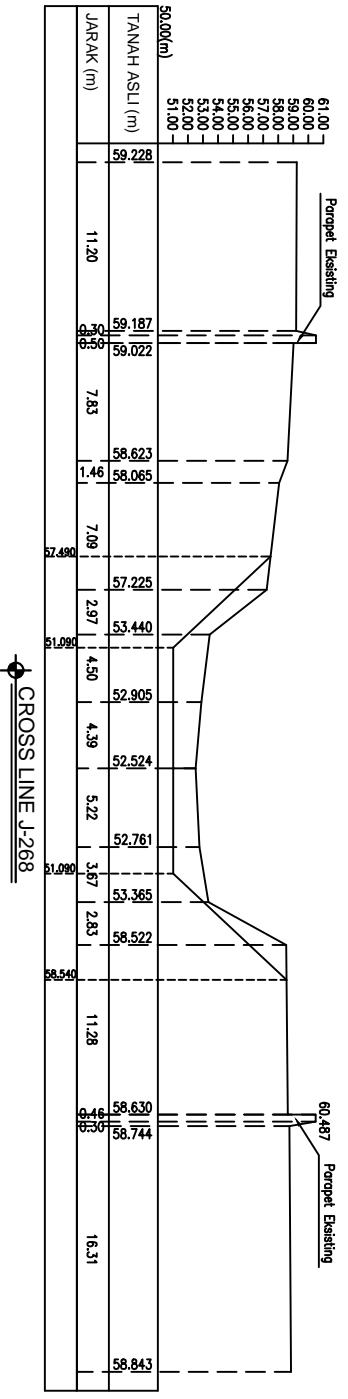
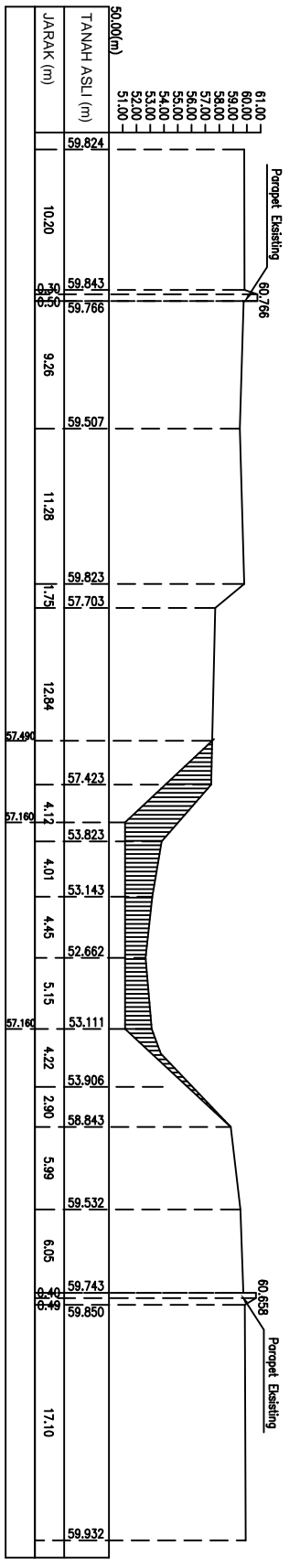
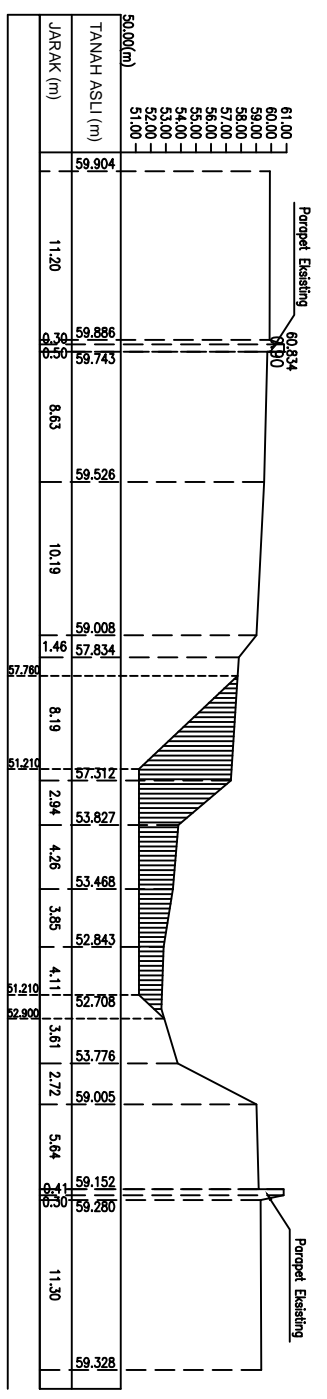
CROSS STA 276 - STA 264

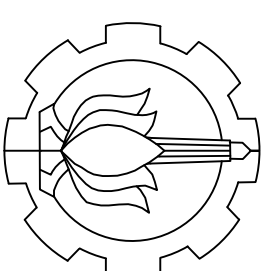
KETERANGAN

NOMER GAMBAR

NO. TOTAL

1 9





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Sudi Pengendalian Banjir Kali Jeroran
 di Kab. Madiun

OWNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN DAN PENGUJIAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
 SATUAN KERJA BAHU BERSAMA MILYAH SINGH BENGAMIN SLO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kolam Retensi Dalam Upaya
 Mereduksi Banjir Kali Jeroran, Kab Madiun

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Hendra Wahnuji M.S.
 (NIP 19630426 198805 1 003)

DOSEN PEMBIMBING

Dwi Indryanti S.T. M.T.
 (NIP 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alifah Tawakkal
 (NRP 10111815000058)

JUDUL GAMBAR

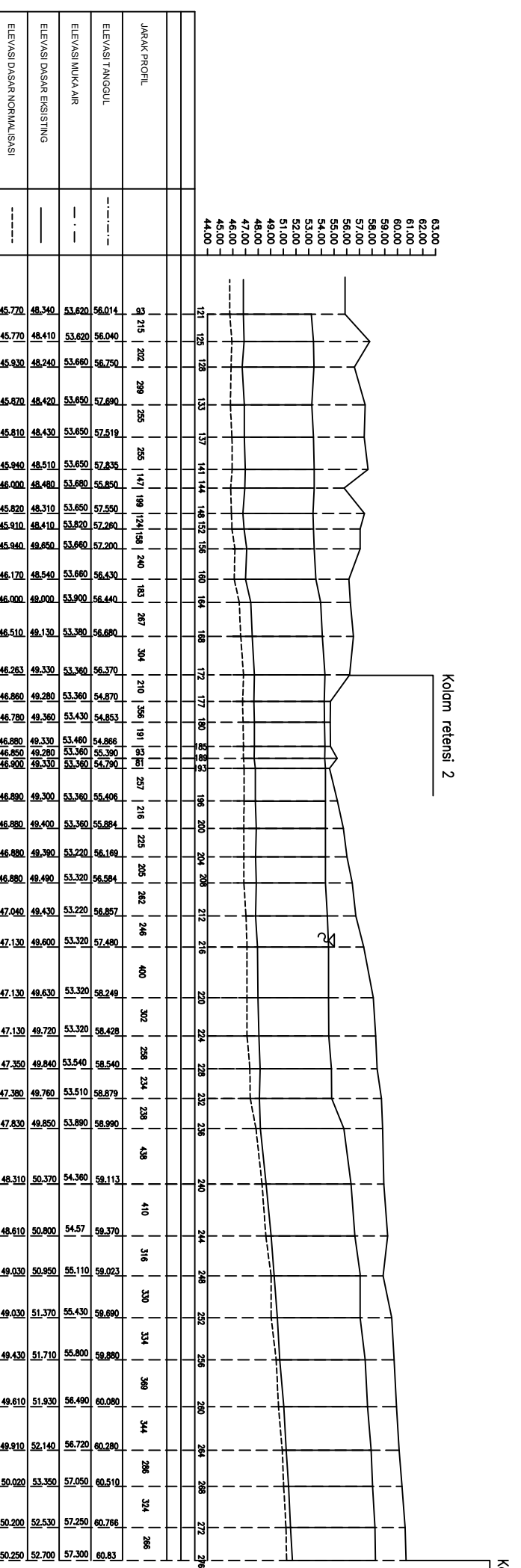
POT MEMANJANG
 STA 276 - STA 121

KETERANGAN

NOMER GAMBAR

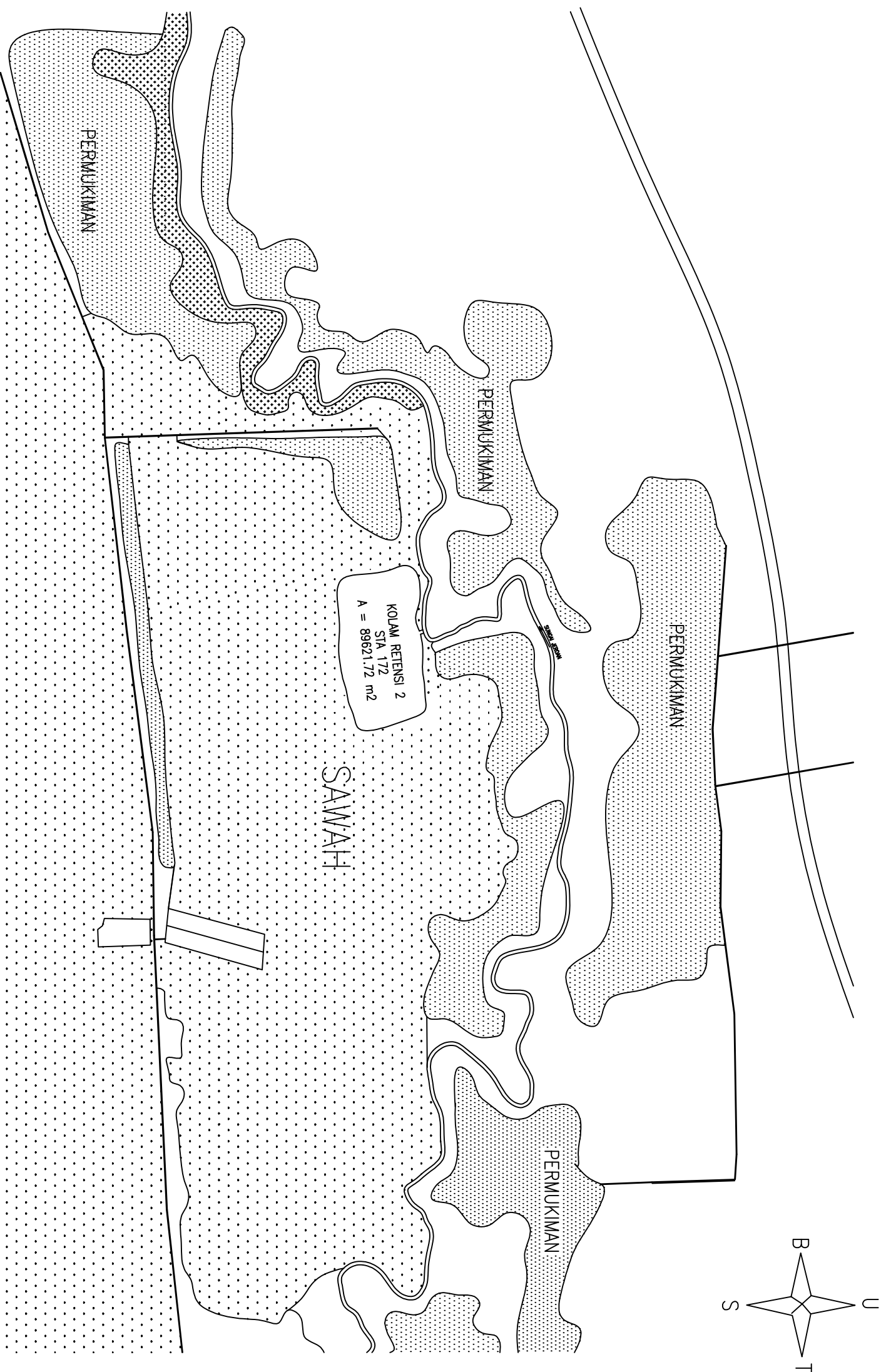
NO. TOTAL

2 9

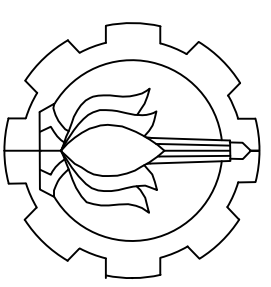


Potongan Memanjang Saluran STA 276 - STA 121
 skala vertikal : 1:100
 skala horizontal : 1 :10000





PETA LOKASI KOLAM RETENSI 2 STA 172



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Sudi Pengendalian Banjir Kali Jeroran
 di Kab. Madium

OWNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN DAN PENGUJIAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
 SATUAN KERJA SALIBESKOR MILYAH SUMBAH BENGKAWAN SDO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kolum Retensi Dalam Upaya
 Mereduksi Banjir Kali Jeroran, Kab Madium

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Henda Wahnuhi M.S.
 (NIP 19630426 198803 1 003)

DOSEN PEMBIMBING 2

Dwi Indryanti S.T. M.T.
 (NIP 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alifah Tawakkal
 (NRP 10111815000058)

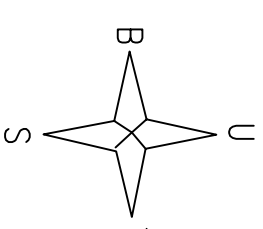
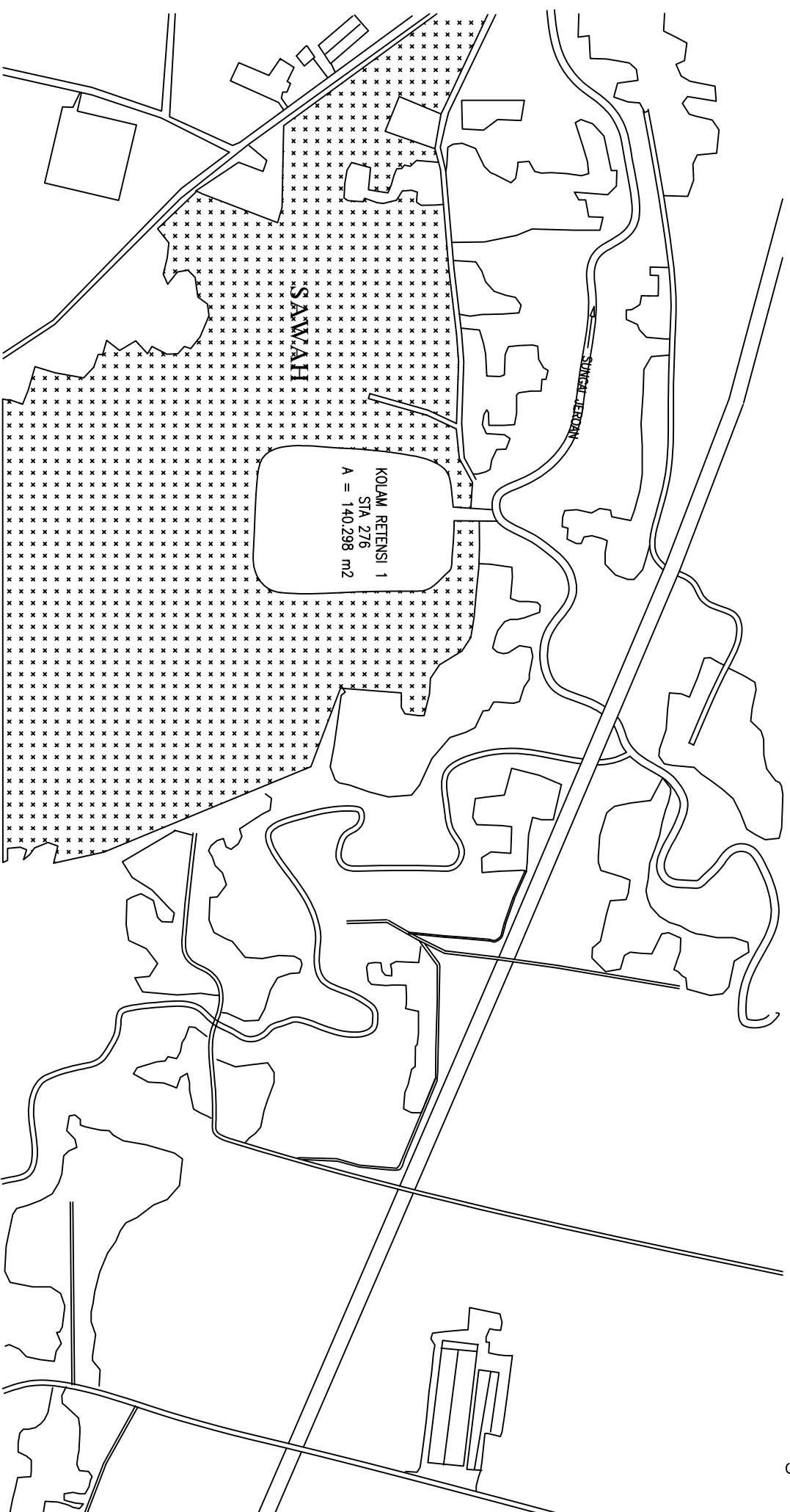
JUDUL GAMBAR

PETA LOKASI KOLAM RETENSI 2
 (STA 172)

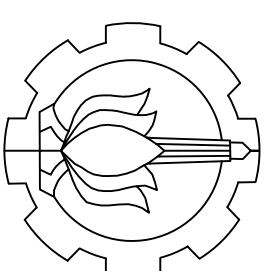
KETERANGAN

NOMER GAMBAR

| NO. | TOTAL |
|-----|-------|
| 3 | 9 |



PETA LOKASI KOLAM RETENSI 1 STA 276



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Sudi Pengendalian Banjir Kali Jeron
di Kab. Madiun

OWNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN DAN PENGUJIAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
SATUAN KERJA BANGUNAN WILAYAH SUNGAI BENGAWAN SLO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kolam Retensi Dalam Ujra
Mereduksi Banjir Kali Jeron, Kab Madiun

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Henda Wahudi, M.S.
(NIP. 19630426 198803 1 003)

DOSEN PEMBIMBING

Dwi Indhyani, S.T., M.T.
(NIP. 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alifah Tawakkal
(NRP. 10111815000058)

JUDUL GAMBAR

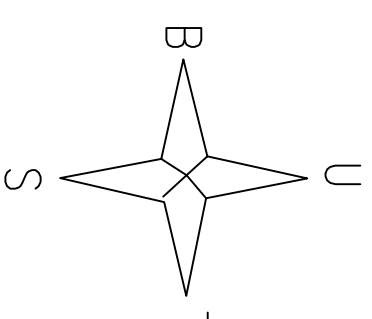
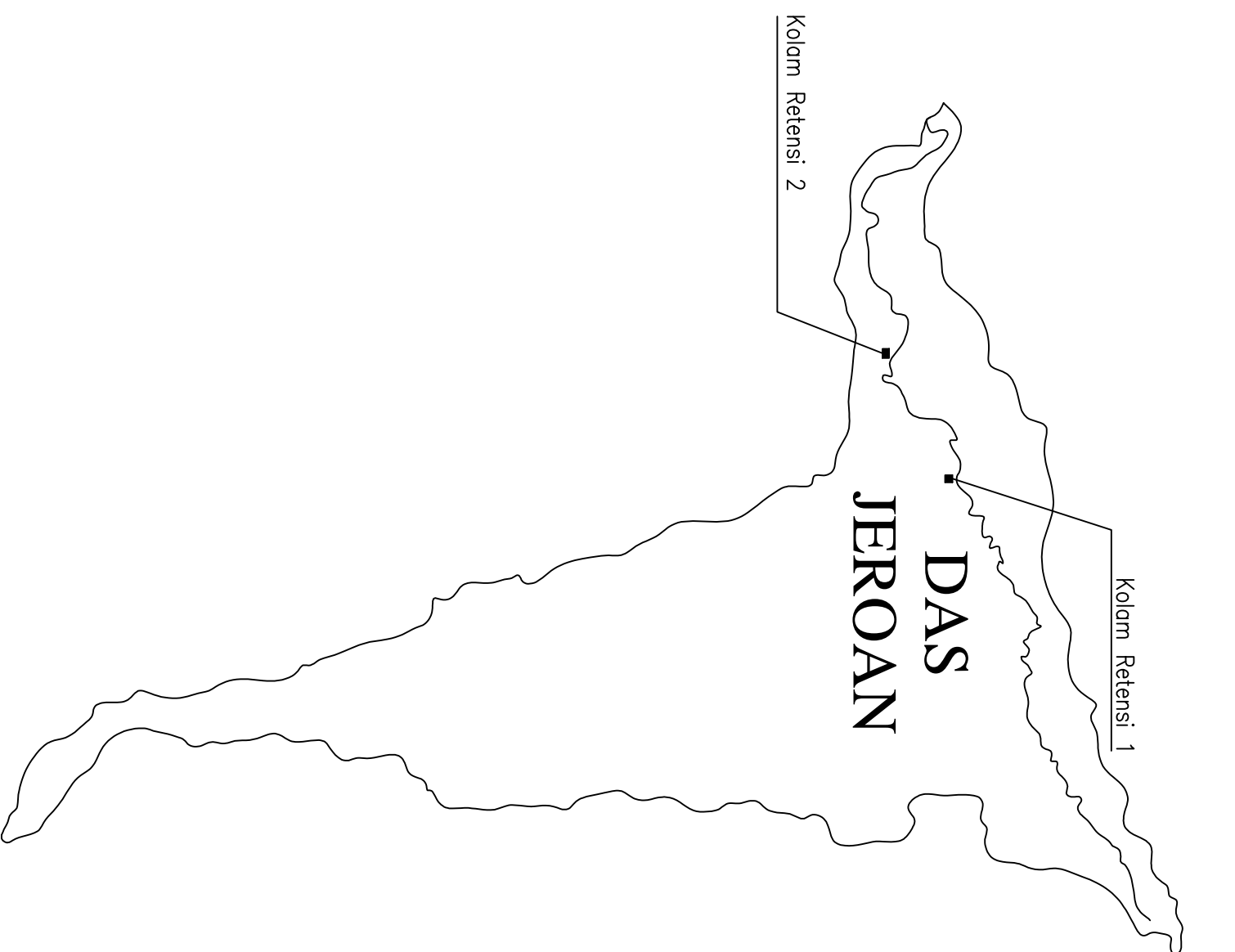
PETA LOKASI KOLAM RETENSI 1
(STA 276)

KETERANGAN

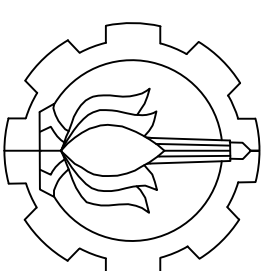
NOMER GAMBAR

| | |
|-----|-------|
| NO. | TOTAL |
|-----|-------|

| | |
|---|---|
| 4 | 9 |
|---|---|



PETA DAS JEROAN



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Studi Pengendalian Banjir Kali Jeroan
 di Kab. Madiun

OWNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN, UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
 SATUAN KERJA BAKHSIR WILAYAH SUMBAH BENGKAWAN SLO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kolang Retensi Dalam Upaya
 Meredakan Banjir Kali Jeroan, Kab Madiun

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Henda Wahnuji M.S.
 (NIP 19630426 198805 1 003)

DOSEN PEMBIMBING 2

Dwi Indryanti S.T. M.T.
 (NIP 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alifah Tawakkal
 (NRP 10111815000058)

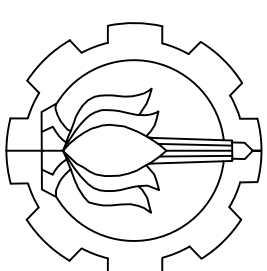
JUDUL GAMBAR

PETA DAS JEROAN

KETERANGAN

NOMER GAMBAR

| NO. | TOTAL |
|-----|-------|
| 5 | 9 |



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Sudi Pengendalian Banjir Kali Jeroran
 di Kab. Madiun

OWNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN DAN PENGUJIAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
 SATUAN KERJA BANGUNAN MILYAR SUDAM BERGAMANG SLO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kalam Retensi Dalam Upaya
 Mereduksi Banjir Kali Jeroran, Kab Madiun

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Hendra Wahnuji M.S.
 (NIP 19630426 198805 1 003)

DOSEN PEMBIMBING 2

Dwi Indryanti S.T. M.T.
 (NIP 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alfath Tawakkal
 (NRP 10111815000058)

JUDUL GAMBAR

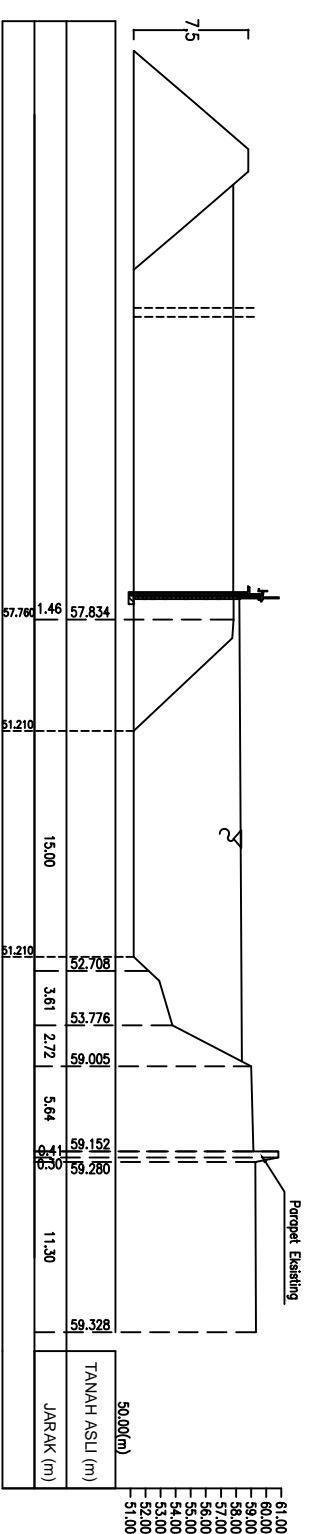
POTONGAN MELINTANG
 KOLAM RETENSI 1 & 2

KETERANGAN

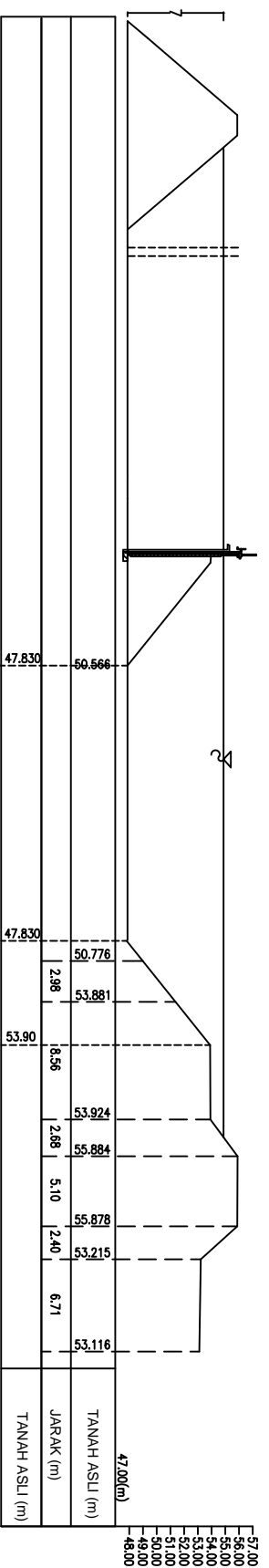
NOMER GAMBAR

NO. TOTAL

6 9

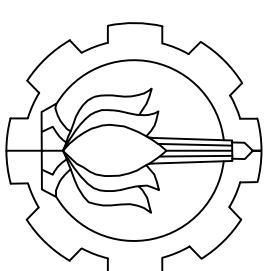


Potongan Melintang Kalam Retensi 1 STA 276
 skala vertikal : 1:100
 skala horizontal : 1 :100



Potongan Melintang Kalam Retensi 2 STA 172
 skala vertikal : 1:100
 skala horizontal : 1 :100





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Sudi Pengendalian Banjir Kali Jeroran
di Kab. Madiun

OMNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN DAN PENGUJIAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
SATUAN KERJA BAHU BERSAMA MILYAH SURING BENGKAWAN SLO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kalam Retensi Dalam Upaya
Mereduksi Banjir Kali Jeroran, Kab Madiun

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Henda Wahpudi M.S.
(NIP 19630426 198803 1 003)

DOSEN PEMBIMBING 2

Dwi Indryanti S.T. M.T.
(NIP 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alfiah Tawakkal
(NRP 10111815000058)

JUDUL GAMBAR

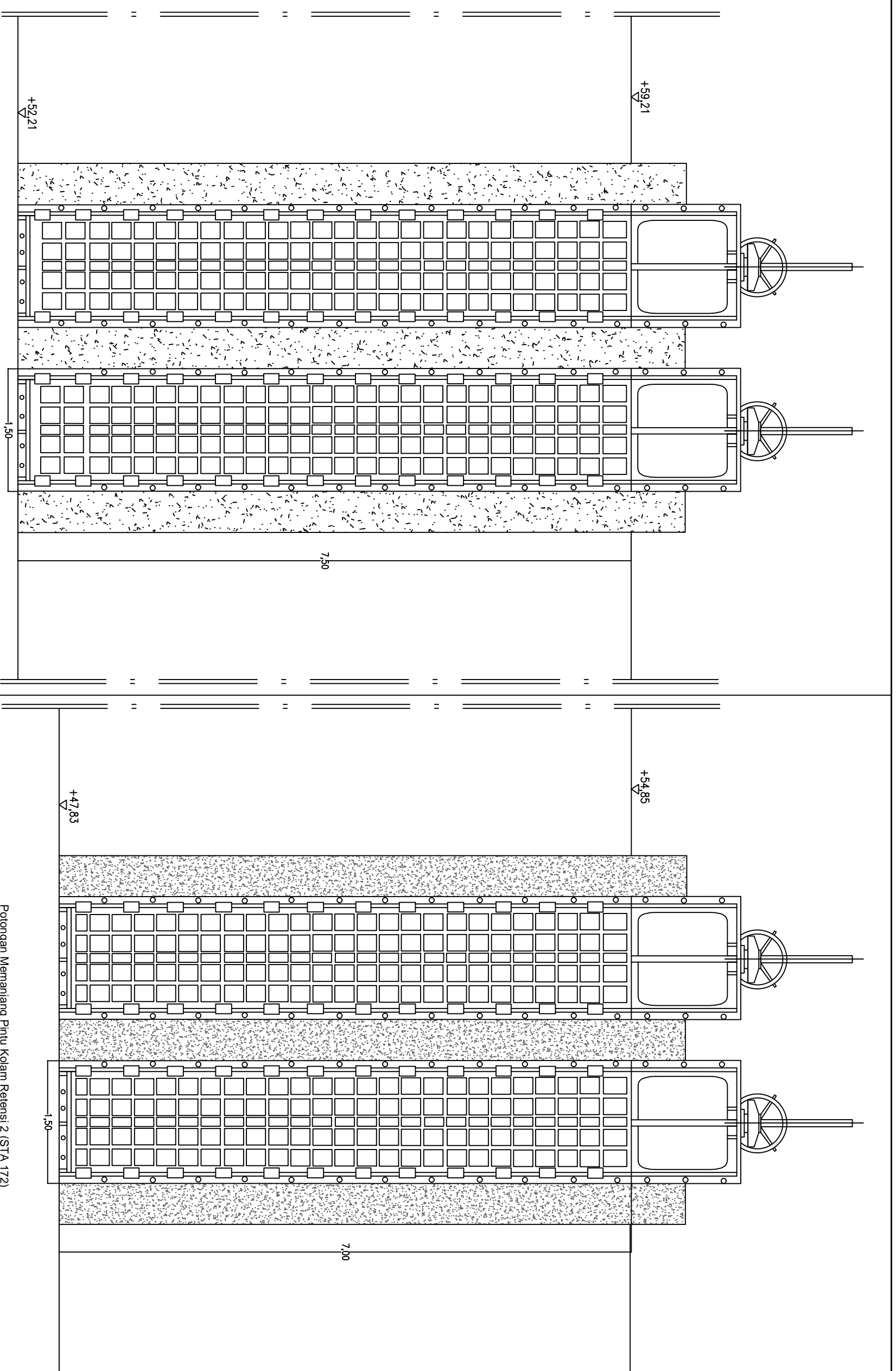
POTONGAN MEMANJANG PINTU AIR KOLAM
RESENSI 1 & 2

KETERANGAN

NOMER GAMBAR

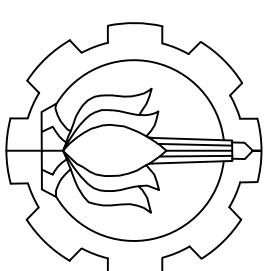
NO. TOTAL

7 1 1



Potongan Memanjang Pintu Kolam Retensi 1 (STA 276)
skala 1 : 20

Potongan Memanjang Pintu Kolam Retensi 2 (STA 172)
skala 1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Studi Pengendalian Banjir Kali Jeroran
 di Kab. Madiun

OWNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN, UMUM DAN PERUMAHAN, RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
 SATUAN KERJA BAKHSIR WILAYAH SUNGAI BENGKAWAN SLO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kolam Retensi Dalam Upaya
 Mereduksi Banjir Kali Jeroran, Kab Madiun

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Henda Wahnuji M.S.
 (NIP 19630426 198805 1 003)

DOSEN PEMBIMBING 2

Dwi Indryanti S.T. M.T.
 (NIP 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alfath Tawakkal
 (NRP 10111815000058)

JUDUL GAMBAR

SKEMA ALIRAN SUNGAI

KETERANGAN

NOMER GAMBAR

| NO. | TOTAL |
|-----|-------|
| 8 | 9 |

$Q = 381,04 \text{ m}^3/\text{dt}$

← Sungai Jeroran

$Q = 415,95 \text{ m}^3/\text{dt}$

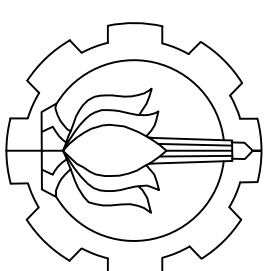
$Q = 461,20 \text{ m}^3/\text{dt}$

Kolam Retensi 2
 $Q = 34,91 \text{ m}^3/\text{dt}$

Kolam Retensi 1
 $Q = 45,25 \text{ m}^3/\text{dt}$

8

9



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 LANJUT JENJANG TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA PEKERJAAN

Studi Pengendalian Banjir Kali Jeroran
 di Kab. Madiun

OWNER PEKERJAAN

KEMENTERIAN PERENCANAAN, UMUM DAN PERUMAHAN, RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
 SATELIT NEGARA BALIBESAR MILYAH SUNGAI BENGAWAN SDO

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengembangan Kolum Retensi Dalam Upaya
 Mereduksi Banjir Kali Jeroran, Kab Madiun

DOSEN PEMBIMBING 1

Dr. Ir. Henda Wahnuhi M.S.
 (NIP 19630426 198803 1 003)

DOSEN PEMBIMBING 2

Dwi Indryanti S.T, M.T.
 (NIP 19812010 201414 2 001)

NAMA MAHASISWA

Alfath Tawakkal
 (NRP 10111815000058)

JUDUL GAMBAR

VISUALISASI VOLUME TAMPUNGAN

KETERANGAN

NOMER GAMBAR

| NO. | TOTAL |
|-----|-------|
|-----|-------|

| | |
|---|---|
| 9 | 9 |
|---|---|

