



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

### PENGENDALIAN BANJIR DIWILAYAH INTERKONEKSI SUNGAI JEROAN DENGAN SUNGAI MADIUN, JAWA TIMUR

PRASETYO HARI PURWANTO  
1 0 11 18 15 0000 64

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

PROGRAM STUDI LINTAS JALUR DIPLOMA IV  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019



## **TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819**

### **PENGENDALIAN BANJIR DIWILAYAH INTERKONEKSI SUNGAI JEROAN DENGAN SUNGAI MADIUN, JAWA TIMUR**

**PRASETYO HARI PURWANTO  
1 0 11 18 15 0000 64**

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

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



**FINAL PROJECT - VC 181819**

**FLOOD CONTROL AREA IN INTERCONNECTION  
OF JEROAN RIVER WITH MADIUN RIVER, EAST  
JAWA**

**PRASETYO HARI PURWANTO  
1 0 11 18 15 0000 64**

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

***CIVIL ENGINEERING DIPLOMA PROGRAM  
DEPARTMENT OF ENGINEERING INFRASTRUCTURE  
CIVIL  
FACULTY OF VOCANTIONS  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMEBER  
SURABAYA  
2019***

**LEMBAR PENGESAHAN**

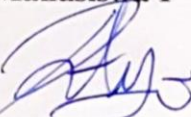
**PENGENDALIAN BANJIR DIWILAYAH  
INTERKONEKSI SUNGAI JEROAN DENGAN  
SUNGAI MADIUN, JAWA TIMUR**

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

**Surabaya, 22 Januari 2020**

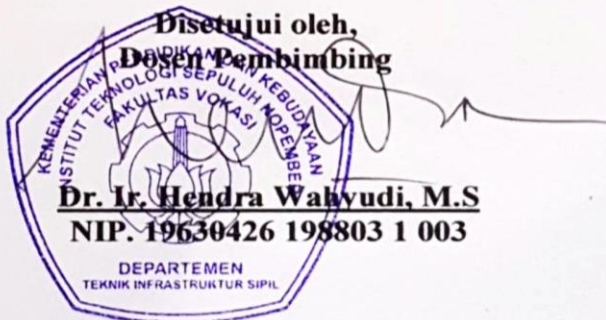
**Disusun oleh :**

**Mahasiswa I**



**Prasetyo Hari Purwanto**  
**NRP. 1011181500064**

**04 FEB 2020**





**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
PROGRAM SARJANA TERAPAN LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
-/890/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2020

Tanggal :  
8 Januari 2020

Judul Tugas Akhir Terapan	Pengendalian Banjir di Wilayah Interkoneksi Sungai Madiun dengan Sungai Jeroan		
Nama Mahasiswa	Prasetyo Hari Purwanto	NRP	10111815000064
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S. NIP 19630426 198803 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	-	Tanda tangan	-

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<i>- Rumus tigas</i> <i>- Hilanya ruang dikasongkan saja</i> <i>- Rebasasi gabung, tigas ditaruh sekeliling</i> <i>- Kesimpulan untuk bab Rekomendasi</i> <i>- Hewan hidrograf banjir</i> <i>- Hitungan aliran sungai di Ase Ras A</i>	 Dr. Ir. Suharjoko, M.T. NIP 19560119 198403 1 001
	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001
<i>Tinjau sistem drainase sekiranya perapet</i>	 Ir. Didik Harijanto, CES. NIP 19590329 198811 1 001
	- NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			-
Dr. Ir. Suharjoko, M.T. NIP 19560119 198403 1 001	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001	Ir. Didik Harijanto, CES. NIP 19590329 198811 1 001	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S. NIP 19630426 198803 1 003	- NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5047637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

Nama : 1 PRASETYO HARI P 2  
 NRP : 11011815000069 2  
 Judul Tugas Akhir : PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH INTERKONVERSI SUNGAI MADIUN DENGAN SUNGAI JERUAN  
 Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	07-01-2019	- Data kosong diisi metode kekosongan data = a. Inversed Square distance b. Perbandingan normal - Menghitung konsistensi data (DMC & RAPS) - Cs & Ck - Debit Banjir sampai 1000 thn	Hendra	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	22-01-2019	- Data pos hujan & peta DAS dimasukkan ke Arcgis - Metode Debit Banjir (Rasional, Weduwen, Haspers) - Metode Debit Banjir HSS (Nakayasu, Gamma I) - perbaikan hitungan konsistensi data (RAPS) - Cek stasiun hujan dengan konsistensi data - Intensitas hujan (Mononobe, Ishiguro, ...)	Hendra	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal





**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 PRASETYO HARI P 2  
**NRP** : 11011815000069 2  
**Judul Tugas Akhir** : PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH INTERKONVERSI SUNGAI MADIUN DENGAN SUNGAI JERAN  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
3.	07-02-2019	- Debit Analisa (NRECA & FJ. Mock)	<i>Hendra</i>			
		- membagi DAS Madiun dengan Sub DAS Jeran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- menghitung normalisasi, tanggul, bendung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cari permen PU no 05				
4.	19-02-2019	- membahas perbintangan (FJ Mock, NRECA)	<i>Hendra</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- masukan data ke HECRAS				
		- hitung & membahas perencanaan dan stabilitasnya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	19-03-2019	- Cari Perampang di Arcgis (di perintahi)	<i>Hendra</i>			
		- menghitung Hidrologi Sungai Madiun sendiri dan Sungai Jeran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Data DAS dan aliran Sungai sesuai PERMEN PU atau Dari data Instalasi seperti BBWS		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.**  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

Nama : 1 PRASETYO HARI P 2  
 NRP : 1 1011815 0000 64 2  
 Judul Tugas Akhir : PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH INTERKODESAH  
 SUNGAI MADIUN DENGAN SUNGAI JERAN  
 Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6	10-09-2019	- penentuan kriteria terapan Lahan - Laporan Bab II & Bab III diperbaiki lagi	<i>Hendra</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	02-05-2019	- di cek di HEC-RAS perampang maca yang banjir tetapi dibagi 3-tahap 1. Cek HEC-RAS S. Madiun 2. Cek HEC-RAS S. Jeran 3. Cek HEC-RAS akibat kek. water - debit yang dimasukkan melalui Watakayun	<i>Hendra</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	18-07-2019	- membahas Rasionalisasi stasiun hujan (Kagan - Rodda) - membahas perhitungan Analisis Hidrologi dan	<i>Hendra</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



## **PENGENDALIAN BANJIR DIWILAYAH INTERKONEKSI SUNGAI JEROAN DENGAN SUNGAI MADIUN JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa : Prasetyo Hari Purwanto  
NRP : 10111815000064  
Jurusan : Diploma IV Teknik Sipil FV ITS  
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S  
NIP : 19630426 198803 1 003

### **ABSTRAK**

Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian. Kondisi tersebut terjadi di DAS Madiun khususnya di Sungai Madiun dan Sungai Jeroan, dimana berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa selama 12 tahun terakhir, banjir terbesar terjadi pada tahun 2018. Masalah utama yang dihadapi di kawasan tersebut adalah terjadinya luapan sungai di Sungai Madiun dan Sungai Jeroan karena Debit Banjir 25 th dan adanya Aliran balik di Sungai Jeroan. Seringkali pada musim penghujan tanggul dan parapet pada Sungai Jeroan tidak mampu menahan aliran debit air Sungai Jeroan dan Aliran balik dihilir Sungai Jeroan sehingga tanggul yang ada tidak mampu menahan debit banjir. Kajian ini bertujuan untuk menganalisa upaya pengendalian banjir di Sungai Jeroan akibat pertemuan Sungai Madiun dengan Sungai Jeroan. Debit banjir rancangan digunakan HSS Nakayasu, Untuk mengetahui kapasitas tampungan sungai Jeroan dilakukan analisis profil muka air dengan bantuan HEC-RAS 4.1.0.

Pengendalian banjir dikawasan tersebut dilakukan dengan merencanakan pembuatan bangunan pengendalian berupa tanggul urugan tanah di hilir dan hulu Sungai Jeroan dan ditengah Sungai Jeroan direncanakan pembuatan bangunan pengendalian berupa parapet pasangan batu kali.

Kata kunci : Pengendalian Banjir, HEC-RAS 4.1.0, Aliran balik

## **FLOOD CONTROL IN JEROAN RIVER INTERCONNECTION AREA WITH MADIUN RIVER, EAST JAVA**

*Student Name* : Prasetyo Hari Purwanto  
*NRP* : 10111815000064  
*Departement of* : Diploma IV Teknik Sipil FV ITS  
*Supervisor* : Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S  
*NIP* : 19630426 198803 1 003

### **ABSTRACT**

*Flooding is a natural event that can cause losses. This condition occurs in the Madiun watershed, especially in the Madiun River and the Viscera River, where based on data obtained shows that during the last 12 years, the biggest flood occurred in 2018. The main problem faced in the area is the overflow of the river in the Madiun River and the Viscera River due to Debit 25 th flood and the existence of Backwater Flow in the Viscera River. Often in the rainy season the embankment and parapet on the River Offal is not able to withstand the flow of water off the River Offal and Backwater River downstream of the River Offside so that the existing embankment is not able to withstand the flood discharge. This study aims to analyze efforts to control floods in the River offal due to the meeting of the Madiun River with the river offal. The design flood discharge was used by the Nakayasu HSS. To find out the capacity of the river basin, a water level profile analysis was carried out with the help of HEC-RAS 4.1.0.*

*Flood control in the area is carried out by planning the construction of a control building in the form of a land fill embankment downstream and upstream of the River offal and in the middle of the offal river the construction of a control building in the form of river stone parapets.*

*Keywords: Flood Control, HEC-RAS 4.1.0, Backwater Flow*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir Terapan ini dengan judul :

### **PENGENDALIAN BANJIR DIWILAYAH INTERKONEKSI SUNGAI JEROAN DENGAN SUNGAI MADIUN JAWA TIMUR**

Penyusunan Proposal Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademis penyusunan tugas akhir bagi mahasiswa jurusan Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang mempunyai bobot 6 sks. Melalui tugas akhir ini, penulis dapat mengajukan judul dan literatur untuk penyusunan tugas akhir sebagai syarat kelulusan bagi mahasiswa jurusan Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam pembuatan laporan ini , data-data yang diperoleh penulis adalah melalui data survey lapangan. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, antara lain :

1. Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini.
2. Bapak-bapak dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo
3. Dr. Machsus, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
4. Keluarga serta rekan-rekan penulis

5. Serta pihak-pihak lainnya yang belum disebutkan oleh penulis

Penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari pihak pembaca sebagai masukan agar penyusunan tugas akhir nantinya dapat terselesaikan dengan baik dan sesuai harapan. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa lainnya dan dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 22 Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Lokasi.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Umum.....	7
2.1.1 Tinggi Muka Air <i>Backwater</i> .....	7
2.2 Bangunan Pengendalian Sungai.....	8
2.2.1 Tanggul.....	8
2.2.2 Trase tempat kedudukan tanggul.....	9
2.3 Analisis Hidrologi.....	10
2.3.1 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata DAS.....	10
2.3.1.1 Analisa Curah Hujan .....	10
a Ketersediaan Data Hujan .....	10
b Analisa Data Curah Hujan yang Hilang .....	10
c Uji Konsistensi Data Curah Hujan Harian Maksimum	10



2.3.2 Analisis Frekuensi .....	12
2.3.3 Analisa Distribusi Frekuensi Curah Hujan .....	16
2.4.3 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi .....	19
2.5.3 Intensitas Curah Hujan .....	21
2.6.3 Debit Banjir Rencana .....	22
2.4 Analisis Hidrolika .....	26
2.4.1 Perencanaan Penampang Sungai .....	26
2.4.2 Perhitungan <i>Back Water</i> .....	30
BAB III METODELOGI .....	33
3.1 Tinjauan Umum .....	33
3.2 Tahapan Persiapan .....	34
3.3 Pengumpulan Data .....	34
3.3.1 Pengumpulan data berdasarkan fungsinya .....	34
3.3.2 Pengumpulan data berdasarkan Sifatnya .....	35
3.4 Analisa Data .....	36
3.4.1 Analisis Hidrologi .....	36
a) Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Daerah .....	36
b) Uji Keselarasan .....	36
c) Perhitungan debit Banjir Rencana .....	36
3.4.4 Pembahasan Hasil Penelitian .....	37
3.5 Gambar Perencanaan .....	37
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN .....	39
4.1 Deskripsi Wilayah Penelitian .....	39
4.1.1 Letak DAS Madiun .....	39
4.2.1 Tinjauan Umum .....	40

4.2.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai.....	40
4.2.3 Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan .....	40
4.2.4 Analisi Curah Hujan .....	41
4.2.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana.....	58
4.2.6 Pengujian Keselarasan Sebaran .....	63
4.2.7 Intensitas Curah Hujan .....	67
4.2.8 Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	68
4.3 Analisis Hidrologi Sub DAS JEROAN.....	77
4.3.1 Tinjauan Umum.....	77
4.3.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai.....	77
4.3.3 Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan .....	77
4.3.4 Analisi Curah Hujan .....	78
4.3.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana.....	91
4.2.6 Pengujian Keselarasan Sebaran .....	97
4.2.7 Intensitas Curah Hujan .....	100
4.2.8 Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	101
4.2.9 Perhitungan <i>Back Water</i> .....	110
4.4.1 Skema Sistem Sungai.....	115
4.4.2 Data Penampang Sungai .....	116
4.5 Analisis Hidrolika Sub DAS JEROAN .....	126
4.5.1 Skema Sistem Sungai.....	127
4.5.2 Data Penampang Sungai .....	128
4.5.3 Analisa Hidraulika dengan Bangunan Pengendalian Banjir .....	140
4.6 Perhitungan Stabilitas Tanggul dan Parapet.....	144

4.6.1 Perhitungan Stabilitas Metode Fellinius (Ordinary Method Of Slice) pada penampang <i>Crosssection</i> STA 25 Sungai Jeroan .....	146
4.6.2 Perhitungan Stabilitas Analisa Irisan ( <i>Method OfSlice</i> ) pada penampang <i>Crosssection</i> STA 25 Sungai Jeroan .....	148
4.6.3 Perhitungan Stabilitas <i>Geo Slope/ W</i> 2012.....	151
4.6.4 Perhitungan Stabilitas Parapet.....	152
BAB V KESIMPULAN.....	163
5.1 Kesimpulan.....	163
5.2 Saran .....	164
BAB VI REKOMENDASI.....	165
6.1 Perencanaan Jaringan Stasiun Penakar Hujan Kagan-Rodda.....	165
6.2 Tinjauan sistem drainase terhadap bangunan parapet.....	172
DAFTAR PUSTAKA.....	177

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Syarat Data Konsistensi RAPS .....	4
Gambar 1. 2 Lay Out Sungai Madiun dan Sungai Jeroan .....	4
Gambar 2. 1 Pembagian Daerah dengan Cara Poligon <i>Thiessen</i> .....	11
Gambar 2. 2 Hidrograf Satuan Sintesis Metode Nakayasu .....	26
Gambar 2. 3 Saluran Penampang Tunggal .....	28
Gambar 2. 4 Saluran Penampang Ganda .....	29
Gambar 2. 5 <i>Gradually Varied Flow</i> .....	30
Gambar 3. 1 Bagan Alur Kegiatan ( <i>flow chart</i> ) .....	33
Gambar 4. 1 Peta wilayah DAS Madiun .....	39
Gambar 4. 2 Luas DAS dengan Metode Poligon <i>Thiessen</i> .....	41
Gambar 4. 3 Poligon <i>Thiessen</i> DAS Madiun .....	55
Gambar 4. 4 Salah Satu Contoh Hasil Korelasi antar Stasiun di DAS Madiun.....	59
Gambar 4. 5 Salah Satu Contoh Hasil Jarak antar Stasiun di DAS Madiun.....	60
Gambar 4. 6 Grafik Eksponensial .....	61
Gambar 4. 7 Peta Jaringan Stasiun Penakar Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda .....	63
Gambar 4. 8 Hasil Grafik Metode Nakayasu .....	66
Gambar 4. 9 Luas Sub DAS dengan Metode Poligon <i>Thiessen</i> .....	84
Gambar 4. 10 Poligon <i>Thiessen</i> Sub DAS Jeroan .....	89
Gambar 4. 11 Hasil Grafik Metode Nakayasu .....	103
Gambar 4. 12 Hasil Muka Air Backwater di Sungai Jeroan Sta 25 Sebelum Adanya Penanganan .....	112
Gambar 4. 13 Hasil Muka Air Backwater di Sungai Jeroan Sta 25 Sesudah Adanya Penanganan .....	115
Gambar 4. 14 Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q Akibat Backwater .....	117
Gambar 4. 15 Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q Akibat Backwater .....	117
Gambar 4. 16 Peta wilayah DAS Madiun di Hec - Ras.....	113
Gambar 4. 17 Cross Section Sungai Madiun STA 126 .....	114
Gambar 4. 18 Hasil <i>Long section</i> Sungai Madiun Hec - Ras .....	116
Gambar 4. 19 Hasil <i>Long section</i> Sungai Madiun Manual.....	124
Gambar 4. 20 Peta wilayah Sub DAS Jeroan di Hec - Ras .....	126

Gambar 4. 21 Cross Section Sungai Jeroan STA 2.....	127
Gambar 4. 22 Cross Section Sungai Jeroan STA 0 – STA 48.....	128
Gambar 4. 23 Cross Section Sungai Jeroan STA 52 – STA 220.....	129
Gambar 4. 24 Profil Muka air Sungai Jeroan dengan kala ulang 25 tahun pada kondisi eksisting .....	130
Gambar 4. 25 Profil Muka air Sungai Jeroan dengan kala ulang 25 tahun pada kondisi eksisting .....	<u>135</u>
Gambar 4. 26 Cross Section Sungai Jeroan STA 292	
Gambar 4. 27 Penanganan di Cross Section Sungai Jeroan .....	139
Gambar 4. 28 Penanganan di Cross Section Sungai Jeroan STA 60.	140
Gambar 4. 29 Profil Muka air Sungai Jeroan dengan kala ulang 25 tahun pada kondisi eksisting setelah Penanganan.....	142
Gambar 4. 30 Bagian Irisan Penampang Analisa Longsor Metode Manual .....	149
Gambar 4. 31 Safety Factor - Critical Point.....	155



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tanpa nama .....	11
Tabel 2. 2 Parameter Statistik jenis Distribusi .....	16
Tabel 2. 3 <i>Reduce Mean</i> ( $Y_n$ ).....	18
Tabel 2. 4 <i>Reduced Standart Deviation</i> ( $S_n$ ).....	18
Tabel 2. 5 Nilai <i>Reduced Variate</i> ( $Y_t$ ).....	19
Tabel 2. 6 Parameter statistik yang menentukan distribusi .....	19
Tabel 2. 7 Nilai kritis ( $D_o$ ) untuk Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i> .	21
Tabel 2. 8 Koefisien <i>Run off</i> (C) untuk Metode Rasional .....	23
Tabel 2. 9 Koefisien Kekasaran Sungai Alam.....	27
Tabel 2. 10 Hubungan Debit – Tinggi jagaan .....	30
Tabel 3. 1 Data sekunder .....	35
Tabel 4. 1 Luas Pengaruh Stasiun Hujan terhadap Das Madiun	40
Tabel 4. 2 Data Curah Hujan di DAS Madiun Sebelum Uji Perkiraan Data Hilang.....	42
Tabel 4. 3 Data Perhitungan Metode Perbandingan Normal....	44
Tabel 4. 4 Data Curah Hujan di DAS Madiun Setelah Uji Perkiraan Data Hilang.....	46
Tabel 4. 5 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Ngawi .....	47
Tabel 4. 6 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Sooko.....	47
Tabel 4. 7 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Bangunsari.....	48
Tabel 4. 8 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Wdk Notopuro.....	48
Tabel 4. 9 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Ngrambe .....	49
Tabel 4. 10 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Slahung.....	49
Tabel 4. 11 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Ngebel .....	50

Tabel 4. 12	Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Jejeruk.....	50
Tabel 4. 13	Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Puleh Rejo.....	51
Tabel 4. 14	Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Wates .....	51
Tabel 4. 15	Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Balerejo.....	52
Tabel 4. 16	Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Caruban.....	52
Tabel 4. 17	Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Saradan.....	53
Tabel 4. 18	Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Sumber Sari.....	53
Tabel 4. 19	Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Kedung Rejo .....	54
Tabel 4. 20	Rekap Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Semua Stasiun Hujan di DAS Madiun .....	54
Tabel 4. 21	Faktor Pengaruh Stasiun Hujan di DAS Madiun ..	56
Tabel 4. 22	Tinggi Curah Hujan Daerah di DAS Madiun .....	56
Tabel 4. 23	Kerapatan Jaringan Stasiun Penakar Hujan menurut WMO .....	58
Tabel 4. 24	Luasan Daerah Pengaruh di DAS Madiun .....	58
Tabel 4. 25	Hasil Rekap Korelasi antar Stasiun di DAS Madiun .....	59
Tabel 4. 26	Hasil Rekap Jarak antar Stasiun di DAS Madiun .	60
Tabel 4. 27	Hasil Rekap di DAS Madiun .....	61
Tabel 4. 28	Perhitungan Tingkat Kesalahan (Z1), (Z2), serta Panjang Sisi Kagan L .....	62
Tabel 4. 29	Lanjutan Hasil Rekap di DAS Madiun .....	63
Tabel 4. 30	Hasil Perhitungan Parameter Statistik.....	64
Tabel 4. 31	Hasil Perhitungan Parameter Statistik.....	66
Tabel 4. 32	Pemilihan Jenis Distribusi.....	67

Tabel 4. 33 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode <i>Log Pearson Tipe III</i> .....	68
Tabel 4. 34 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel .....	69
Tabel 4. 35 Uji Chi-Kuadrat <i>Log Pearson Tipe III</i> .....	70
Tabel 4. 36 Uji Chi-Kuadrat <i>Log Pearson Tipe III</i> .....	71
Tabel 4. 37 Uji Keselarasan Sebaran Smirnov – Kolmogorov	72
Tabel 4. 38 Perhitungan Intensitas Curah Hujan .....	73
Tabel 4. 39 Hasil Rekap Debit Banjir Rencana Metode Rasional .....	76
Tabel 4. 40 Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu .....	78
Tabel 4. 41 Unit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	78
Tabel 4. 42 Perhitungan Tabel Hidrograf Banjir Q 1,01 .....	80
Tabel 4. 43 Hasil Rekap Debit Banjir Metode HSS Nakayasu	81
Tabel 4. 44 Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap Sub DAS Jeroan .....	83
Tabel 4. 45 Data Curah Hujan di Sub DAS Jeroan .....	85
Tabel 4. 46 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Wdk Notopuro.....	86
Tabel 4. 47 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Puleh Rejo .....	85
Tabel 4. 48 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Wates.....	85
Tabel 4. 49 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Balerejo .....	86
Tabel 4. 50 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Caruban .....	86
Tabel 4. 51 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Saradan.....	87
Tabel 4. 52 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Sumber Sari.....	87
Tabel 4. 53 Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Stasiun Hujan Kedung Rejo.....	88

Tabel 4. 54 Rekap Perhitungan <i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> Semua Stasiun Hujan di Sub DAS Jeroan .....	88
Tabel 4. 55 Faktor Pengaruh Stasiun Hujan di Sub DAS Jeroan .....	47
Tabel 4. 56 Tinggi Curah hujan daerah di Sub DAS Jeroan ...	90
Tabel 4. 57 Hasil perhitungan parameter statistik.....	91
Tabel 4. 58 Hasil perhitungan parameter statistik.....	93
Tabel 4. 59 Pemilihan jenis distribusi .....	94
Tabel 4. 60 Perhitungan curah hujan rencana metode <i>Log</i> <i>Pearson tipe III</i> .....	95
Tabel 4. 61 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel .....	96
Tabel 4. 62 Uji Chi-Kuadrat.....	98
Tabel 4. 63 Uji Chi-Kuadrat.....	98
Tabel 4. 64 Uji Keselarasan Sebaran Smirnov – Kolmogorov	99
Tabel 4. 65 Perhitungan intensitas curah hujan .....	100
Tabel 4. 66 Debit Banjir Rencana Metode Rasional.....	103
Tabel 4. 67 Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu.....	105
Tabel 4. 68 Unit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	106
Tabel 4. 69 Tanpa nama .....	107
Tabel 4. 70 Hasil Rekap Metode Nakayasu .....	108
Tabel 4. 71 Hasil Rekap Perhitungan Back Water.....	111
Tabel 4. 72 Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Akibat Backwater .....	113
Tabel 4. 73 Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Madiun Q 25 th .....	117
Tabel 4. 74 Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q 25 th .....	131
Tabel 4. 75 Perhitungan Profil Muka Air Banjir Sungai Jeroan Q 25 tahun setelah Penanganan.....	141
Tabel 4. 76 Lanjutan Perhitungan Profil Muka Air Banjir Sungai Jeroan Q 25 tahun setelah Penanganan.....	142
Tabel 4. 77 Lanjutan Perhitungan Profil Muka Air Banjir Sungai Jeroan Q 25 tahun setelah Penanganan.....	143

Tabel 4. 78 Lanjutan Perhitungan Profil Muka Air Banjir Sungai Jeroan Q 25 tahun setelah Penanganan..	144
Tabel 4. 79 Lanjutan Perhitungan Profil Muka Air Banjir Sungai Jeroan Q 25 tahun setelah Penanganan..	145
Tabel 4. 80 Lanjutan Perhitungan Profil Muka Air Banjir Sungai Jeroan Q 25 tahun setelah Penanganan..	146
Tabel 4. 81 Kisaran Faktor Keamanan ( SF ) .....	148
Tabel 4. 82 Hasil data tanah .....	149
Tabel 4. 83 Perhitungan Metode Fellenius.....	150
Tabel 4. 84 Perhitungan Metode Analisa Irisan .....	152
Tabel 4. 85 Rekap Safety Factor (Faktor Keamanan).....	153



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sumber daya air merupakan salah satu sumber daya yang berperan penting dalam kelangsungan hidup khususnya manusia. Segala aspek aktivitas manusia baik industri, pertanian, rumah tangga, kebutuhan energi, dan konsumsi tidak lepas dari pemanfaatan sumber daya air. Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi dan cadangan sumber daya air terbesar di dunia yang seharusnya dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam mendukung kesejahteraan dan kemajuan bangsa. Namun saat ini kondisi sumber daya air di Indonesia semakin memprihatinkan dengan munculnya berbagai permasalahan atau bencana yang ditimbulkannya. Bencana banjir dan kekeringan merupakan dua bencana besar dalam bidang keairan yang sering melanda Indonesia. Dalam pengelolaan sumber daya air, biasanya DAS bagian hulu seringkali menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS mengingat bahwa dalam suatu DAS, daerah hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Dampak dari aktivitas pengelolaan DAS yang diselenggarakan di daerah hulu seperti perubahan tata guna lahan yang tidak memperhatikan sistem konservasi yaitu penurunan produktivitas tanah dan air di daerah hulu, dan juga akan menimbulkan pendangkalan sungai di daerah hilir yang memicu terjadi banjir. Dengan adanya lahan kritis cenderung meningkatkan erosi, yang berakibat pada meningkatnya sedimentasi sungai, menurunkan daya tampung sungai, sehingga timbul kawasan-kawasan rawan luapan air atau kawasan rawan banjir.

Pemanfaatan lahan yang melebihi kemampuan tanah setidaknya akan menimbulkan perubahan-perubahan dalam ekosistem, sehingga terjadi penurunan daya dukung lingkungan dan hal ini tercermin di antaranya pada kondisi di sub DAS Madiun.

Sungai Jeroan merupakan salah satu anak sungai Madiun yang ada di wilayah Kabupaten Madiun di area sekitar hilir sungai Jeroan selalu mengalami banjir, penyebabnya karena telah terjadi *BackWater* dari aliran air sungai Madiun yang masuk Sungai Jeroan dan perubahan alam (tata guna lahan) yang membuat perubahan karakteristik sungai, yang mengakibatkan 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 yang berada di Kecamatan Kwadungan dengan Desa Karangsono, Mojomanis, dan Budug. 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.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dalam kajian ini memiliki tujuan mengetahui pengaruh perubahan akibat pertemuan Sungai Jeroan dengan Sungai Madiun untuk mengetahui kala ulang debit banjir yang terjadi di sungai Jeroan, mengetahui kapasitas eksisting Sungai Jeroan dan Sungai Madiun dalam menampung debit banjir dan memberikan rekomendasi penanganan dalam mereduksi genangan air di sekitar pertemuan aliran sungai Jeroan dan Sungai Madiun akibat banjir. Dengan landasan permasalahan tersebut dan tujuannya, oleh karena itu penulis berinisiatif untuk menyusun penelitian Tugas Akhir ini dengan judul “Pengendalian Banjir di Wilayah Interkoneksi Sungai Jeroan dengan Sungai Madiun” bermaksud untuk memberikan informasi kepada para pembaca dalam menanggulangi masalah banjir yang kerap kali terjadi di kawasan tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan adanya masalahnya yang timbul pada Sungai Jeroan terhadap Sungai Madiun, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar pengaruh debit banjir terhadap kapasitas Sungai Jeroan dan Sungai Madiun ?
2. Berapa besar jarak terjadinya *Back water* di Sungai Jeroan?
3. Bagaimana pengaruh rencana penanggulangan banjir untuk mencegah luapan air Sungai Jeroan pada debit banjir?

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- a. Untuk melakukan analisa pengaruh debit banjir rencana terhadap kapasitas Sungai Jeroan dan Sungai Madiun
- b. Untuk menentukan dan meneliti seberapa panjang *Back water* di Sungai Jeroan
- c. Untuk mendapatkan solusi penanggulangan banjir untuk mencegah luapan air Sungai Jeroan pada debit banjir.

### 1.4 Batasan Masalah

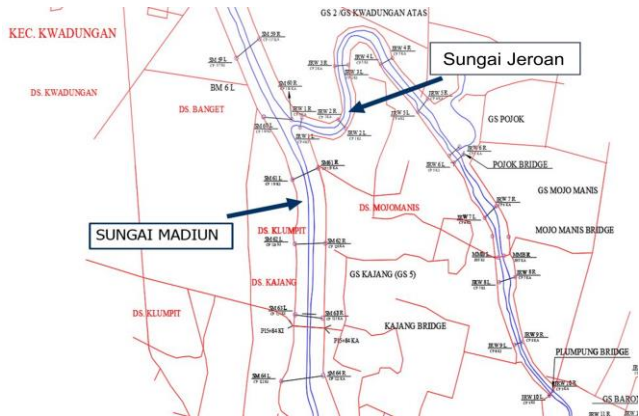
Untuk lebih memfokuskan bahasan Tugas Akhir ini pada suatu permasalahan, analisa dan kajian permasalahan dibatasi oleh beberapa batasan berikut :

1. Daerah studi kasus adalah menganalisa hidrologi Sungai Jeroan dengan Sungai Madiun dan Aliran arus balik pada Sungai Jeroan
2. Menganalisis penanggulangan banjir dengan Tanggul
3. Analisis yang akan dilakukan hanya mencakup analisis hidrologi dan hidraulika (terkait dengan kenaikan muka air dan tinggi jagaan sungai yang dapat ditinjau dari segi hidrologi) tanpa melakukan analisis geoteknik yang berhubungan dengan rembesan
4. Curah hujan tidak diperhitungkan dengan tambahan debit limbah cair rumah tangga pemukiman bantaran sungai Jeroan maupun Sungai Madiun yang masuk ke dalam kedua aliran sungai tersebut .
5. Hanya membahas perencanaan stabilitas tanggul kondisi Muka air banjir

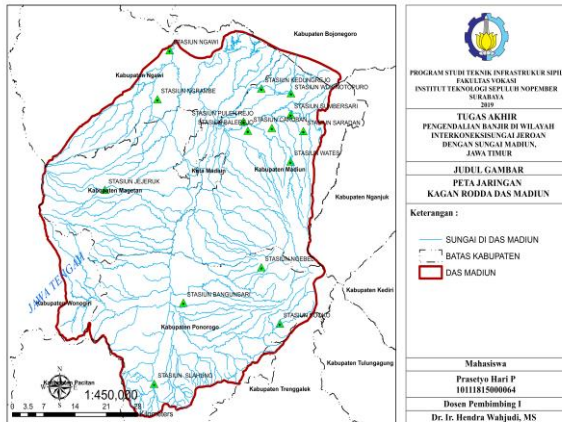
### 1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi terhadap pengendalian banjir didaerah hilir Sungai Jeroan dan Aliran Sungai Madiun sehingga diharapkan dapat mengurangi masalah banjir area tersebut

### 1.6 Lokasi



Gambar 1. 1 Lokasi yang di Tinjau



Gambar 1. 2 Lay Out Sungai Madiun dan Sungai Jeroan

## 1.7 Data Teknis

Data umum Sungai Madiun meliputi :

- Panjang : 78,246 km
- Elevasi Hilir : + 32,13 m
- Elevasi Hulu : + 58,60 m
- Luas DAS : 3.585,25 Km<sup>2</sup>
- Jumlah Stasiun  
Curah Hujan : 15 Stasiun

Data umum Sungai Jeroan meliputi :

- Panjang : 35,28 km
- Elevasi Hilir : + 46,740 m
- Elevasi Hulu : + 76,410 m
- Luas DAS : 300,50 Km<sup>2</sup>
- Jumlah Stasiun  
Curah Hujan : 8 Stasiun



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Banjir yang terus berlangsung di Indonesia disebabkan oleh empat hal yaitu faktor hujan yang lebat, penurunan resistensi DAS terhadap banjir, kesalahan pembangunan alur sungai dan pendangkalan sungai. Faktor hujan merupakan faktor alami yang dapat menyebabkan banjir, namun faktor ini tidak selamanya menyebabkan banjir karena tergantung besar intensitasnya (Maryono, 2005).

Perkiraan debit banjir menggunakan data hujan yang diperoleh dari pos-pos hujan pada suatu DAS tertentu, dalam proses pencatatan data hujan terkadang terdapat data hujan yang hilang berdasarkan pengujian di sejumlah DAS di Pulau Jawa, untuk data yang hilang jika dilakukan pengisian ulang maka akan mengacaukan perhitungan lain, hal ini disebabkan karena variabilitas hujan yang tinggi. Oleh karena itu disarankan untuk tidak melakukan pengisian data yang hilang. Data yang diperoleh dari alat pencatat dapat menjadi tidak pangah karena alat yang rusak, pindah lokasi atau penempatan pos yang terganggu dan terdapat kesalahan pencatatan petugas yang menyebabkan data yang tidak sah (Sri Harto, 1993).

Soeprapto (2008), menyatakan bahwa ada tiga cara perkiraan debit banjir berdasarkan data hujan, yaitu menggunakan rumus empiris, cara statistik, dan menggunakan unit hidrograf.

##### **2.1.1 Tinggi Muka Air *Backwater***

*Backwater* yang diakibatkan sebuah bendung ke arah hulu merupakan hal yang harus ditangani dan dikelola mengingat daerah sekitarnya sangat sensitif terhadap permukaan air seperti permukiman penduduk dan lahan pertanian. Dalam beberapa tahun terakhir di daerah União da Vitoria dan Porto União terjadi banjir parah. Penyebab banjir yang terjadi adalah adanya

*backwater* dari bendung Foz do Areia, yang menimbulkan kerugian ekonomi dan psikologis sangat besar (Carlos E.M Tucci and Adolfo O.N Villanueva, 2009).

Kurniawan (2012), menyatakan perhitungan profil muka air dapat menggunakan tahap standart maupun dengan simulasi menggunakan *Hec-Ras*, penelitian terhadap profil muka air di daerah Bantul, tepatnya di Bendung Karang menunjukkan selisih rata-rata 0,032 m terhadap penghitungan analitis.

## **2.2 Bangunan Pengendalian Sungai**

Bangunan pengaturan sungai adalah suatu bangunan air yang dibangun pada sungai dan berfungsi mengatur aliran air agar tetap stabil dan sebagai pengendalian banjir. Sedangkan yang dimaksud dengan istilah pengelolaan sungai adalah segala usaha yang dilaksanakan untuk memanfaatkan potensi sungai, memelihara fungsi sungai dan mencegah terjadinya bencana yang dapat ditimbulkan oleh sungai.

Adapun jenis-jenis bangunan pengatur sungai adalah :

1. Perkuatan lereng
2. Tanggul
3. Pengarah arus (krib) atau pelindung tebing tidak langsung
4. Dam penahan sedimen (check dam)
5. Ground sill

### **2.2.1 Tanggul**

Tanggul adalah salah satu bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir dan badai ( gelombang pasang ).

Adapun fungsi dan manfaat dari tanggul adalah sebagai :

- Penurunan tingkat risiko ancaman terhadap jiwa manusia dan harta benda akibat banjir sampai ke tingkat toleransi
- Meminimumkan dampak bencana banjir (mitigasi bencana banjir)
- Mencegah aliran keluar dari alur dan bantaran sungai.



### 2.2.2 Trase tempat kedudukan tanggul.

Garis bahu depan suatu tanggul disebut pula sebagai trase tempat kedudukan tanggul atau disingkat dengan istilah trase tanggul. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penetapan trase tanggul adalah

a) *Pemilihan lokasi tanggul*

Lokasi trase tanggul agar dipilih tempat kedudukan tanggul melintasi tanah pondasi yang kedap air dan diusahakan agar dihindari pondasi tanah yang lemah, seperti rawa-rawa, lumpur lunak dan gambut.

b) *Tinggi jagaan*

Tinggi jagaan merupakan tambahan tinggi pada tanggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang sedang mengalir, yang diakibatkan oleh adanya ombak gelombang dan loncatan hidrolis pada saat banjir, Tinggi jagaan berkisar antara 0,6 - 2,0 m

c) *Lebar mercu tanggul*

Pada daerah yang padat, dimana perolehan areal tanah untuk tempat kedudukan tanggul sangat sukar dan mahal, pembangunan tanggul dengan mercu yang tidak lebar dan dengan lerengnya yang agak curam cukup memadai. Akan tetapi mercu yang cukup lebar (3-7 m)

d) *Kemiringan lereng tanggul*

Penentuan kemiringan lereng tanggul merupakan tahapan yang paling penting dalam perencanaan tanggul dan sangat erat kaitannya dengan infiltrasi air dalam tubuh tanggul tersebut. Dalam keadaan biasa tanpa perkuatan lereng tanggul direncanakan dengan kemiringan 1 : 2 atau lebih kecil. Bahan yang sangat cocok untuk pembangunan tanggul adalah tanah dengan karakteristik sebagai berikut :

1. Dalam keadaan jenuh air mampu bertahan terhadap gejala gelincir dan longsor.

2. Pada waktu banjir yang lama tidak rembes atau bocor.
3. Penggalan, transportasi dan pematatannya mudah.

### **2.3 Analisis Hidrologi**

Analisis data hidrologi dimaksudkan untuk memperoleh besarnya debit banjir rencana. Debit banjir rencana merupakan debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas sungai.

Dalam mendapatkan debit banjir rencana yaitu dengan menganalisis data curah hujan maksimum pada daerah aliran sungai yang diperoleh dari beberapa stasiun hujan terdekat. (*Sri Eko Wahyuni, 2000*)

#### **2.3.1 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata DAS**

##### **2.3.1.1 Analisa Curah Hujan**

###### **a Ketersediaan Data Hujan**

Untuk mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai.

###### **b Analisa Data Curah Hujan yang Hilang**

Di dalam survey lapangan sering dijumpai data hujan yang tidak lengkap, hal ini disebabkan oleh banyak sebab antara lain :

- Alat ukur hujan rusak
- Pengamatan stasiun hujan berhalangan
- Data pencatatan hujan hilang

Untuk mengisi data hujan yang hilang dapat dilakukan dengan dengan Metode perbandingan normal (*Normal ratio method*)

###### **c Uji Konsistensi Data Curah Hujan Harian Maksimum**

Agar tidak terjadi kesalahan data maka dilakukan Uji Konsistensi data tersebut dengan cara Perhitungan analisis konsistensi data hujan dapat dilakukan dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partian Sums*). Yang mana setelah melakukan perhitungan dilakukan perbandingan dengan nilai Q dan R tabel

Tabel 2. 1 Syarat Data Konsistensi RAPS

N	Q/ $\sqrt{n}$			R/ $\sqrt{n}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30.00	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40.00	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50.00	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100.00	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
~	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.00

(sumber : Analisis Hidrologi, Sri Hartono Br, 1993)

### 2.3.1.2 Cara Poligon Thiessen

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

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

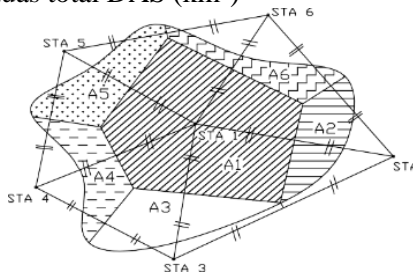
Dimana :

R = Hujan rata-rata daerah (mm)

$R_n$  = Hujan pada pos penakar hujan (mm)

$A_n$  = Luas daerah pengaruh pos penakar hujan ( $\text{km}^2$ )

A = Luas total DAS ( $\text{km}^2$ )



Gambar 2. 1 Pembagian Daerah dengan Cara Poligon Thiessen (CD.Soemarto, 1999)

Langkah-langkah metode *Thiessen* sebagai berikut :

1. Lokasi stasiun hujan di plot pada peta DAS. Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap stasiun lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada stasiun tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
3. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan luas poligon.
4. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan rumus :

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

Di mana :

$\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata DAS (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pengaruh dari setiap stasiun hujan ( $\text{km}^2$ )

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

### 2.3.2 Analisis Frekuensi

Data yang diperlukan untuk menunjang teori kemungkinan ini adalah minimum 10 besaran hujan atau debit dengan harga tertinggi dalam setahun jelasnya diperlukan data minimum 10 tahun. Hal ini dapat dilihat dari koefisien '*Reduced Mean*' untuk data 10 tahun mencapai 0,5 atau 50 % penyimpangan dari harga rata-rata seluruh kejadian.

Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan maupun data debit.

Analisis ini sering dianggap sebagai cara analisis yang paling baik, karena dilakukan terhadap data yang terukur langsung yang tidak melewati pengalihragaman terlebih dahulu.

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam periode ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi. Analisis frekuensi merupakan prakiraan (*forecasting*) dalam arti probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Analisis frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan sebaran kemungkinan teori *probability distribution*, dan yang biasa digunakan adalah sebaran Log Normal, sebaran Gumbel tipe I, dan sebaran Log Pearson tipe III.

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

- a. parameter statistik.
- b. pemilihan jenis sebaran.
- c. uji kecocokan sebaran.
- d. perhitungan hujan rencana.

### **2.3.2.1 Parameter Stastistik**

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 :

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

Dimana :

$\bar{X}$  = rerata (mm)

$R_i$  = variable random (mm)

$N$  = jumlah data

*Sumber: Triatmojo, 2010*

- 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 dihtung menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

$S$  = Deviasi standart

$X_i$  = Nilai varian ke  $i$

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata varian

$n$  = Jumlah data

*Sumber : Soewarno, 1995*

- Koefisien Skewness ( $C_s$ )

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

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

Dimana :

$C_s$  = Koefisien Skewness

$X_i$  = Nilai varian ke  $i$

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata varian

$n$  = Jumlah data

$S$  = Deviasi standar

*Sumber : Triatmojo, 2010*

- 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 :

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

Dimana :

Ck = Koefisien Kurtosis

X<sub>i</sub> = Nilai varian ke i

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S = Deviasi standar

*Sumber : Triatmojo, 2010*

- 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 dibawah ini :

**Tabel 2. 2** Parameter Statistik jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$ $C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$
2	Gumbel	$C_s = 1.14$ $C_k = 5.4$
3	<i>Log Person Type III</i>	Selain dari nilai diatas / flexibel

Sumber : Triatmodjo, 2010

### 2.3.3 Analisa Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Dalam analisis frekuensi data hidrologi baik data hujan maupun data debit sungai sangat jarang dijumpai seri data yang sesuai dengan sebaran normal. Sebaliknya, sebagian besar data hidrologi sesuai dengan jenis sebaran yang lainnya. Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi, di antaranya yang banyak digunakan dalam hidrologi adalah:

- a. Distribusi normal
- b. Distribusi Gumbel
- c. Distribusi log Pearson III

Penentuan jenis sebaran yang akan digunakan untuk analisis frekuensi dapat dipakai beberapa cara sebagai berikut.

#### a. Metode Distribusi Normal

Rumus dasar yang digunakan dalam menggunakan analisa distribusi normal adalah :

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

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

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

Dimana :

- X 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 :

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

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 :

$$K = \frac{Y_t - \bar{Y}_n}{S_n}$$

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

$Y_T$  Reduce mean

$Y_n$  Reduce Standart Deviasi sebagai fungsi dari banyaknya data n

$S_n$  Parameter Gumbel periode T tahun

$N$  Jumlah pengamatan

**Tabel 2. 3 Reduce Mean (Yn)**

N	Yn	N	Yn	N	Yn	N	Yn
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

(Sumber : Triatmodjo, 2008: 227)

**Tabel 2. 4 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: 227)

### c. Metode Distribusi Log Person Tipe 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 Tipe 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 :

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

Dimana :

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

**Tabel 2. 5** 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. 6** 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: 250)

### 2.4.3 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Ada dua jenis uji kecocokan (*Goodness of fit test*) yaitu uji kecocokan *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorof*. Umumnya pengujian dilaksanakan dengan cara mengambarkan data pada kertas peluang dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data

pengamatan terhadap kurva frekuensi teoritisnya.  
(Soewarno, 1995).

#### 2.4.3.1 Uji Kecocokan Chi-Square

Prinsip pengujian dengan metode *chi* kuadrat didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca didalam kelas tersebut. Atau bisa juga dengan membandingkan nilai *chi* kuadrat ( $X^2$ ) dengan *chi* kuadrat kritis ( $X^2_{cr}$ ). Rumusnya adalah:

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

$$G = 1 + 1,37 \ln(n)$$

$$Dk = G - R - 1$$

$$P(Xm) = \frac{m}{n+1}$$

$$T(Xm) = \frac{n+1}{m}$$

Dimana :

- $X^2$  = Parameter Chi Kuadrat
- $G$  = Jumlah Sub kelompok
- $E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1
- $O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
- $dk$  = Derajat kebebasan
- $R$  = Konstanta
- $P$  = Peluang

#### 2.4.3.2 Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorof

Uji keselarasan Smirnov-Kolmogorof, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametrik test*) karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji kecocokan *Smirnov- Kolmogorof* dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk tiap-tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat perbedaan ( $\Delta$ ). Perbedaan maksimum yang dihitung ( $\Delta$  maks) dibandingkan

dengan perbedaan kritis ( $\Delta_{cr}$ ) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika

$$\alpha = \frac{P_{\max}}{P(x)} - \frac{P_{(xi)}}{\Delta_{Cr}}$$

Rumus yang dipakai =  $(\Delta_{maks}) < (\Delta_{cr})$ .

**Tabel 2. 7** Nilai kritis ( $D_o$ ) untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov*

n	$\alpha$ (derajat kepercayaan)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32

( Sumber : Soewarno,1995)

Interprestasi dari hasil Uji *Smirnov - Kolmogorov* adalah :

1. Apabila  $D < D_o$ , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk persamaan distribusi dapat diterima.
2. Apabila  $D > D_o$ , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

### 2.5.3 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 :

### a Menurut Dr. Mononobe

Rumus yang digunakan :

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

Di mana:

i = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

m = konstanta (2/3)

### 2.6.3 Debit Banjir Rencana

Metode yang biasa digunakan untuk menghitung debit banjir rencana umumnya sebagai berikut :

#### 2.6.3.1 Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973). Metode ini sangat simple dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 350 km<sup>2</sup> (Goldman et al., 1986).

Metode rasional ini dapat dinyatakan secara aljabar dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \text{ (m}^3\text{/dtk)}$$

Di mana:

Q = debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/dtk)

C = koefisien *run off* (koefisien limpasan)

I = intensitas maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = luas daerah aliran (km<sup>2</sup>)

*Suripin (2004)* mengemukakan faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutupan tanah dan intensitas hujan. Koefisien ini juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi turun pada hujan yang terus-menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi

kejenuhan air sebelumnya. Faktor lain yang juga mempengaruhi nilai C adalah air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah dan simpanan depresi. Berikut Nilai C untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan (*McGueen 1989 dalam Suripin 2003*) :

**Tabel 2. 8** Koefisien *Run off* (C) untuk Metode Rasional

No.	Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien C
1.	Bisnis :	
	- perkotaan	0,70-0,95
	- pinggiran	0,50-0,70
2.	Perumahan :	
	- rumah tinggal	0,30-0,50
	- multi unit terpisah	0,40-0,60
	- multi unit tergabung	0,60-0,75
	- perkampungan	0,25-0,40
3.	Industri :	
	- berat	0,50-0,80
	- ringan	0,60-0,90
4.	Perkerasan :	
	- Aspal dan beton.	0,70-0,95
	- Batu bata, paving	0,50-0,70
5.	Atap	0,75-0,95
6.	Halaman, tanah berpasir :	
	- datar 2%	0,05-0,10
	- rata-rata 2-7%	0,10-0,15
7.	Halaman, tanah berat :	
	- datar 2%	0,13-0,17
	- rata-rata 2-7%	0,18-0,22
8.	Hutan :	
	- datar 0-5%	0,10-0,40
	- berbukit 10-30%	0,30-0,60

(*McGueen 1989 dalam Suripin 2003*)

Apabila jenis tanah permukaan lolos air (*permeabel*) dan tertutup tanaman, maka jumlah air an meresap ke dalam tanah cukup besar (*run off* kecil) dan sebaliknya apabila jenis tanah permukaannya kedap air (*impermeabel*) dan banyak tertutup bangunan, maka jumlah air yang mengalir di permukaan akan besar (*run off* besar), dengan kata lain besarnya nilai *run off* tergantung dari jenis tata guna lahan. (Al Falah, 2002).

### 2.6.3.2 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Nakayasu telah menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Hasil penelitian dirumuskan dengan persamaan dan tahapan perhitungan sebagai berikut :

1. Data yang ada untuk diproses, meliputi : curah hujan  $R_{24}$  dalam mm, panjang sungai (L) dalam km, catchment area (A) dalam  $km^2$
2. Curah hujan efektif tiap jam (hourly of distribution of effective rainfall)

- a) Rata - rata hujan dari awal hingga jam ke - T

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{T}\right)^{2/3}$$

Dengan :

$R_t$  = Rerata Hujan dari awal sampai ke t (mm/jam)

$T$  = Waktu hujan sampai jam ke t

$R_{24}$  = Curah Hujan maksimum dalam 24 jam

- b) Distribusi hujan pada jam ke – T

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

Dengan :

$R_T$  = Intensitas curah hujan pada jam t (mm/jam)

$t$  = Waktu (jam),

$R_t$  = Rerata Hujan dari awal sampai ke t (mm/jam)

$R_{(t-1)}$  = Rerata curah hujan dari awal sampai jam ke (t - 1)



c) Hujan Efektif

$$Re = C \cdot RT$$

Dengan:

Re = Hujan efektif,

C = Koefisien pengaliran sungai,

RT =Intensitas curah hujan (mm/jam)

Nilai koefisien pengaliran dicantumkan pada Tabel 2.12. Harga 'C' yang berbeda-beda umumnya disebabkan oleh topografi DAS dan perbedaan tata guna lahan.

3. Menentukan  $T_p$ ,  $T_{0.3}$  dan  $Q_p$

$$T_p = T_g + 0,8 \cdot T_r$$

$$T_r = 0,5 T_g \text{ s/d } T_g$$

$$T_g = 0,4 + 0,058.L, \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$T_g = 0,21.L^{0,7}, \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g, \quad \alpha = 1,5 - 3$$

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_o}{3,6 \times (0,3 \times T_p + T_{0,3})}$$

$$T_b = T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3} + 2 T_{0,3}$$

Dengan:

$Q_p$  = Debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/s),

C = Koefisien pengaliran,

A = Luas daerah aliran sungai (km<sup>2</sup>),

$R_o$  = Hujan satuan = 1 mm,

$T_p$  = Waktu puncak (jam),

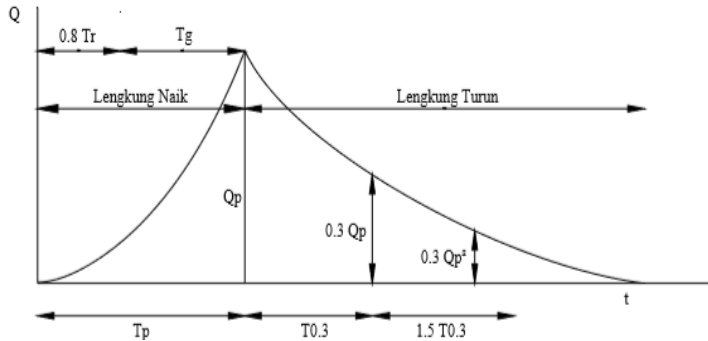
$T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan untuk penurunan debit, dari debit, puncak menjadi 30 % dari debit puncak (jam),

$T_r$  = Satuan waktu hujan,

$T_g$  =Waktu konsentrasi (jam), ditentukan berdasarkan L,

$T_b$  = Time base.

Menentukan keadaan kurva dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2. 2** Hidrograf Satuan Sintesis Metode Nakayasu  
*Sumber: Soemarto, C.D, 1999*

a) Keadaan kurva naik, dengan  $0 < Q < Q_p$

$$Q = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4}$$

b) Keadaan kurva turun dengan  $Q > 0,3 Q_p$

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

c) Keadaan Kurva Turun  $0,32 \cdot Q_p < Q < 0,3 Q_p$

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

d) Keadaan Kurva Turun  $Q < 0,32 Q_p$

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

Selanjutnya hubungan antara 't' dan Q/Ro untuk setiap kondisi kurva dapat digambarkan melalui grafik.

## 2.4 Analisis Hidrolika

### 2.4.1 Perencanaan Penampang Sungai

Penampang melintang sungai perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Penampang yang ideal yang dimaksudkan merupakan penampang yang stabil terhadap perubahan akibat pengaruh erosi maupun pengaruh pola aliran yang terjadi. Sedangkan penggunaan lahan yang efisien dimaksudkan untuk memperhatikan lahan yang tersedia, sehingga tidak menimbulkan permasalahan terhadap pembebasan lahan. Faktor yang harus diperhatikan dalam mendesain

bentuk penampang melintang normalisasi sungai adalah perbandingan antara debit dominan dan debit banjir. Untuk menambah kapasitas pengaliran pada waktu banjir, dibuat penampang ganda, dengan menambah luas penampang basah dari pemanfaatan bantaran sungai.

$$Q = V \cdot A$$

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

Berdasarkan rumus diatas diketahui bahwa kapasitas penampang dipengaruhi oleh kekasaran penampang. Hal ini dapat dilihat dari koefisien bentuk kekasaran penampang yang telah ditetapkan oleh manning seperti terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 2. 9** Koefisien Kekasaran Sungai Alam

Kondisi Sungai	n
Trase dan profil teratur, air dalam	0,0025 – 0,033
Trase dan profil teratur, bertanggul kerikil dan berumput	0,030 – 0,040
Berbelok–belok dengan tempat– tempat dangkal	0,033 – 0,045
Berbelok–belok, air tidak dalam	0,040 – 0,055
Berumput banyak di bawah air	0,050 – 0,080

( *Suyono Sosrodarsono, 1984*)

Adapun rumus – rumus yang digunakan dalam pendimensionian saluran – saluran tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan Dimensi Penampang Tunggal Trapezium (Trapezoidal Channel).

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

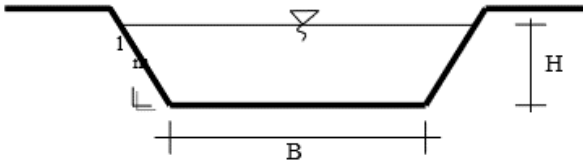
Q = debit banjir rencana yang harus dibuang lewat saluran drainase (m<sup>3</sup>/dt)

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

A = (b + mh).h = Luas potongan melintang aliran (m<sup>2</sup>)

R = A/P = jari-jari hidrolis (m)

- $P = b + 2h(m^2 + 1)^{1/2} =$  keliling basah penampang saluran (m)  
 $B =$  lebar dasar saluran (m)  
 $H =$  kedalaman air (m)  
 $I =$  kemiringan energi/ saluran  
 $n =$  koefisien kekasaran Manning  
 $m =$  kemiringan talud saluran ( 1 vertikal : m horisontal)



**Gambar 2. 3** Saluran Penampang Tunggal

- b. Perencanaan Dimensi Penampang Ganda Trapezium (Trapezoidal Channel) Untuk mendapatkan penampang yang stabil, penampang bawah pada penampang ganda harus didesain dengan debit dominan.

$$B_2 = 15 H_1 \Rightarrow \text{direncanakan berdasarkan debit dominan}$$

$$B_1 = B_3$$

$$n_1 = n_3$$

$$A_1 = A_3 = \frac{1}{2} H_2 x (B_1 + mH_2)$$

$$P = P_1 = B_1 = A_1 + H_2 x \sqrt{(1 + m^2)}$$

$$R_1 = R_3 = \frac{A_1}{P_1}$$

$$V_1 = V_3 = \frac{1}{n_1} x R^{2/3} x I^{1/2}$$

$$Q_1 = Q_3 = A_1 x V_1$$

$$A_2 = \frac{1}{2} H_1 x (B_2 + mH_1) + H_2 x (B_2 + mH_2)$$

$$P_2 = B_2 = 2H_1 x \sqrt{(1 + m^2)}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2}$$

$$V_2 = \frac{1}{n_2} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{2}{3}}$$

$$Q_2 = A_2 \times V_2$$

Dimana

Q = Debit Aliran (m<sup>3</sup>/detik)

A = Luas Penampang Basah (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan Aliran (m/s)

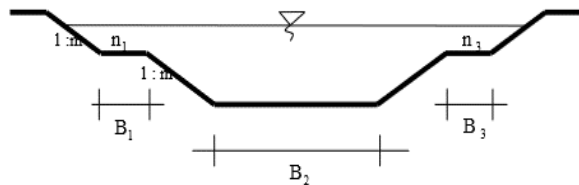
n = Koefisien kekasaran manning

R = Keliling Basah (m)

P = Keliling Basah Sungai (m)

I = Kemiringan hidraulik sungai

m = Kemiringan talud



**Gambar 2. 4** Saluran Penampang Ganda

Jenis penampang ganda digunakan untuk mendapatkan kapasitas saluran yang lebih besar, sehingga debit yang dialirkan melalui saluran tersebut dapat lebih besar. Penampang ini digunakan jika lahan yang tersedia cukup luas.

Untuk merencanakan dimensi penampang diperlukan tinggi jagaan. Hal – hal yang mempengaruhi besarnya nilai tinggi jagaan adalah penimbunan sedimen di dalam saluran, berkurangnya efisiensi hidraulik karena tumbuhnya tanaman, penurunan tebing, dan kelebihan jumlah aliran selama terjadinya hujan. Besarnya tinggi jagaan dapat dilihat pada Tabel 3.16.

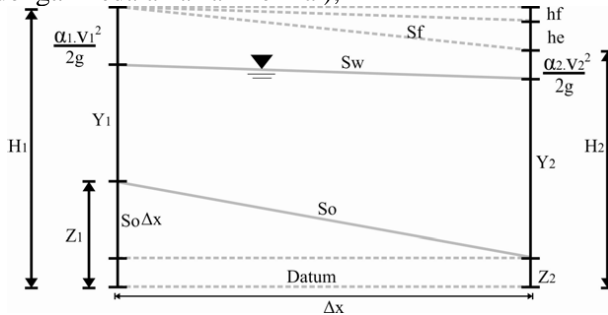
**Tabel 2. 10** Hubungan Debit – Tinggi jagaan

Debit Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Tinggi Jagaan (m)
200 < Q < 500	0,75
500 < Q < 2000	1,00
2000 < Q < 5000	1,25
5000 < Q < 10000	1,50
10000 < Q	2,00

(Suyono Sosrodarsono, “ Perbaikan dan Pengaturan banjir “)

### 2.4.2 Perhitungan *Back Water*

Aliran tidak normal yaitu aliran dengan kedalaman airnya berubah secara berangsur-angsur dari kedalaman tertentu ( $>H$  normal) sampai kembali ke kedalaman air normal. Hal ini diakibatkan adanya pembendungan di bagian hulunya (kedalaman air di bagian hilirnya lebih besar dibandingkan dengan kedalaman air normal),



**Gambar 2. 5** *Gradually Varied Flow*

misal adanya muka air laut pasang. Dengan adanya muka air laut pasang, maka akan terjadi efek *backwater* yang mengakibatkan muka air di saluran bertambah tinggi. Dalam perhitungan ini, metode yang dipakai untuk menghitung panjangnya pengaruh backwater atau menghitung kedalaman air pada jarak tertentu dari hilir salah satunya adalah metode tahapan standart / *standart step method*.

Rumus kekekalan energi (Suripin, 2000) :

$$Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2g} + S_f \times \Delta x$$

$$\begin{aligned}
 H1 &= H2 + Hf. \\
 \Delta x &= H1 - H2 / So - Sf_{rt}. \\
 Sf_{rt} &= (Sf1 + Sf2) / 2
 \end{aligned}$$

Di mana :

$$\frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2g} = \text{tinggi kecepatan di hulu } (\alpha = 1)$$

$$\frac{\alpha_2 \times V_2^2}{2g} = \text{tinggi kecepatan di hilir } (\alpha = 1)$$

$$H1 = \text{tinggi energi di titik 1. (m)}$$

$$H2 = \text{tinggi energi di titik 2. (m)}$$

$$Y1 = \text{kedalaman air di potongan 1. (m)}$$

$$Y2 = \text{kedalaman air di potongan 2. (m)}$$

$$Z1 = \text{elevasi dasar sungai terhadap datum di titik 1. (m)}$$

$$Z2 = \text{elevasi dasar sungai terhadap datum di titik 2. (m)}$$

$$h_e = 0 \text{ (menurut hukum kekekalan energi).}$$

$$h_f = Sf \cdot \Delta x$$

$$So = \text{kemiringan dasar saluran}$$

$$Sw = \text{kemiringan muka air.}$$

$$Sf = \text{kemiringan garis energi.}$$

$$\Delta x = \text{panjang pengaruh } \textit{backwater}. \text{ (m)}$$

irisan bidang lurus

$$L = \text{panjang busur bidang gelincir.}$$

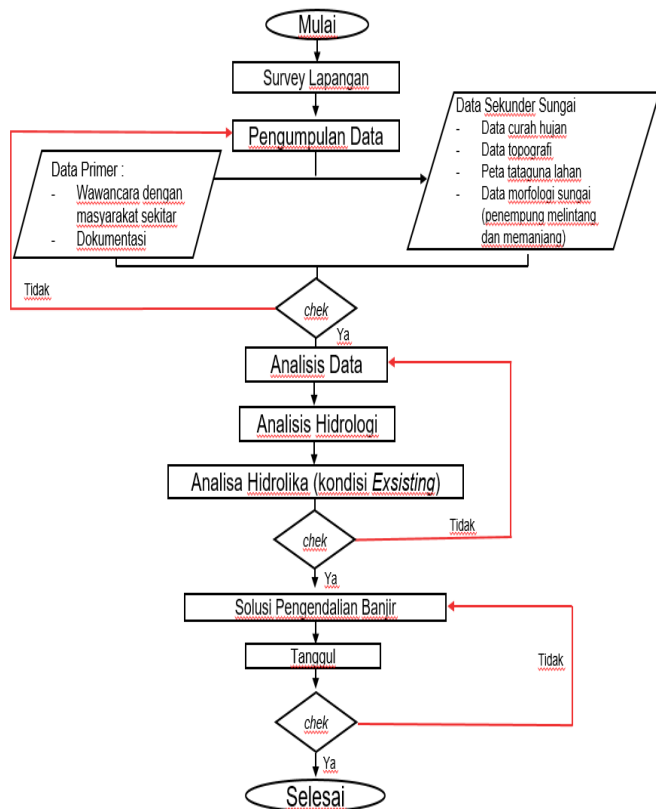




# BAB III METODELOGI

## 3.1 Tinjauan Umum

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir memerlukan metode atau tahapan/tata cara penulisan untuk mendapatkan hasil yang baik dan optimal mengenai pengendalian banjir sungai Jeroan Terhadap Sungai Madiun.



Gambar 3. 1 Bagan Alur Kegiatan (flow chart)

### **3.2 Tahapan Persiapan**

Dalam tahap persiapan ini ada beberapa hal yang penting untuk dilakukan dengan tujuan mengefektifkan waktu dan pelaksanaan penyusunan Laporan Tugas Akhir. Tahap persiapan ini meliputi sebagai berikut :

1. Menentukan kebutuhan data.
2. Studi pustaka terhadap landasan teori yang akan dipergunakan dalam penyelesaian dengan permasalahan yang terjadi saat sekarang.
3. Mendata instansi terkait yang dapat dijadikan narasumber data.
4. Survei lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi wilayah studi.
5. Pengamatan secara mendetail pada kondisi wilayah studi

### **3.3 Pengumpulan Data**

Metodologi mengenai data-data yang diperlukan untuk penyelesaian studi

#### **3.3.1 Pengumpulan data berdasarkan fungsinya**

Berdasarkan fungsinya data dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

##### **a. Pengumpulan Data Teknis**

Adalah data-data yang berhubungan langsung dengan upaya pengendalian banjir pada wilayah Semarang Timur, seperti data curah hujan, peta topografi, peta tata guna lahan, peta saluran drainase, data tanah, dan sebagainya.

##### **b. Pengumpulan Data Non Teknis**

Adalah data-data yang berfungsi sebagai penunjang untuk mempertimbangkan upaya pengendalian banjir pada wilayah Semarang Timur, misalnya data jumlah penduduk di wilayah studi, data industri di wilayah studi, dan sebagainya.

### 3.3.2 Pengumpulan data berdasarkan Sifatnya

Berdasarkan sifatnya data dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

#### a. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder, adalah data yang diperoleh dari instansi terkait. Data sekunder dapat berupa rekaman foto, laporan tertulis maupun data digital. Data tersebut disajikan pada Tabel 3.1

**Tabel 3. 1** Data sekunder

<b>DATA</b>	<b>MACAM DATA</b>	<b>SUMBER DATA</b>	<b>KEGUNAAN</b>
Peta Topografi	Sekunder	BBWS Solo	Mengetahui luas DAS Madiun dan Jeroan atau daerah tangkapan hujan ( <i>catchment area</i> )
Data curah hujan dan stasiun hujan	Sekunder	BBWS Solo	Untuk analisis hidrologi
Data Tata guna lahan	Sekunder	BBWS Solo	Untuk analisis hidrologi
Data Morfologi Sungai	Sekunder	BBWS Solo	Mengetahui data muka air banjir, analisis hidrolika. Untuk analisis stabilitas alur
Data Jenis tanah	Sekunder	BBWS Solo	Untuk analisis stabilitas tanggul

### 3.4 Analisa Data

Pada tahap melakukan analisis data sekunder diperoleh dengan cara menghubungi instansi yang terkait. Perencanaan pengendalian banjir pada Sungai Jeroan di Kota Madiun memerlukan analisis data secara lengkap antara lain: analisis hidrologi, analisis hidrolika, analisis stabilitas alur dan analisis stabilitas tanggul.

#### 3.4.1 Analisis Hidrologi

Sebelum melakukan analisis hidrologi, terlebih dahulu menentukan stasiun hujan, data hujan dan luas *catchment area*. Dalam analisis hidrologi akan di bahas beberapa tahapan untuk menentukan debit banjir rencana. Beberapa tahapan/langkah untuk menentukan debit banjir rencana adalah menghitung curah hujan rata – rata daerah, curah hujan rencana, melakukan uji keselarasan untuk menentukan metode yang memenuhi uji sebaran, menghitung intensitas hujan dan debit banjir rencana.

##### a) Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Daerah

Terdapat 3 (tiga) Stasiun curah hujan yang digunakan untuk menganalisis perhitungan curah hujan rata-rata pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Madiun. Ada 3 (tiga) metode perhitungan curah hujan rata-rata yaitu metode Rata-rata Aljabar Metode Poligon *Thiessen* dan Metode *Isohyet*. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode :

- Metode *Log Pearson Type III*
- Metode *Normal*
- Metode *Gumbel*

##### b) Uji Keselarasan

Ada beberapa untuk metode Uji Keselaran :

- Uji kecocokan dengan Uji Sebaran Chi Kwadrat
- Uji Smirnov – Kolmogorov .

##### c) Perhitungan debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana adalah:

- Metode *Rasional*
- Metode *Hidrograf Satuan Sintetik* Nakayasu

### **3.4.2 Analisis Hidrolika**

Pada analisis hidrolika terdiri dari analisis penampang eksisting dengan menggunakan *HEC-RAS* bertujuan untuk mengetahui kondisi dari Sungai Jeroan dan Madiun saat ini (eksisting). Dengan menggunakan program *HEC-RAS* maka dapat diketahui profil dari muka air saat terjadi banjir. *HEC-RAS* akan menampilkan model dari Sungai Jeroan dan Madiun sesuai dengan input data yang diberikan. Dalam perencanaan dimensi dengan normalisasi sungai disini menggunakan rumus *Manning*, diperlukan untuk mengetahui kapasitas alur sungai dan saluran terhadap banjir rencana dan untuk menggambarkan profil muka air banjir rencana sepanjang sungai dan muara yang akan ditinjau dari Sungai Jeroan dan Madiun. Profil muka air yang dihasilkan merupakan dasar untuk menentukan elevasi bangunan pengendali banjir.

### **3.4.4 Pembahasan Hasil Penelitian**

menganalisis terjadinya backwater yang ada pada Sungai Jeroan dan menganalisis apakah terjadi banjir di Sungai Madiun

### **3.5 Gambar Perencanaan**

Untuk membantu proses pelaksanaan pekerjaan drainase tersebut perlu dibantu dengan gambar desain konstruksi yang benar dan jelas. Proses ini tergantung dari perhitungan/perencanaan konstruksi yang telah dicek keamanannya terhadap beberapa gaya maupun dari konstruksi itu sendiri.

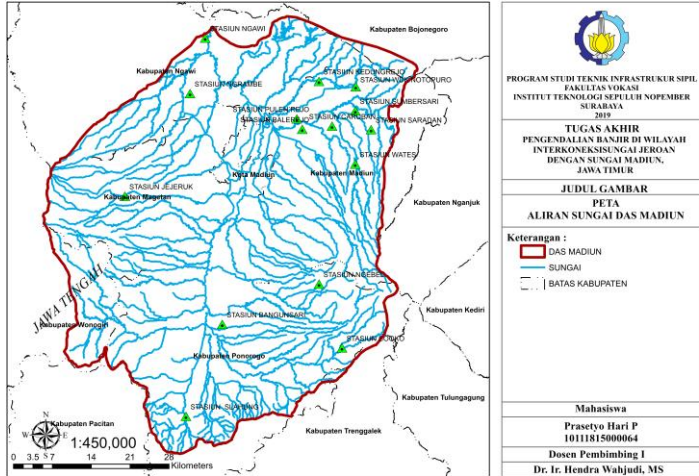


# BAB IV

## ANALISA DAN PERHITUNGAN

### 4.1 Deskripsi Wilayah Penelitian

#### 4.1.1 Letak DAS Madiun



**Gambar 4. 1** Peta wilayah DAS Madiun  
(Sumber : Hasil analisis)

## 4.2 Analisis Hidrologi DAS MADIUN

### 4.2.1 Tinjauan Umum

### 4.2.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai

Sebelum menentukan daerah aliran sungai, terlebih dahulu menentukan lokasi dari bangunan air yang akan direncanakan. Dari lokasi ini ke arah hulu, kemudian ditentukan batas daerah aliran sungai dengan menarik garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memiliki kontur tertinggi sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau

### 4.2.3 Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan

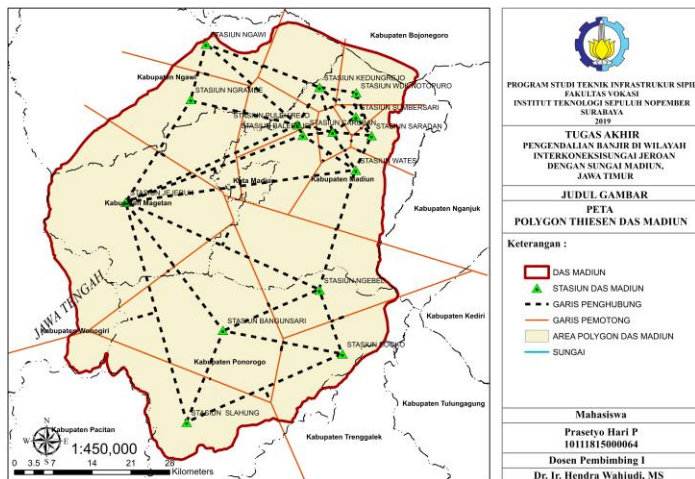
Adapun jumlah stasiun yang masuk di lokasi DAS Sungai Madiun berjumlah 15 buah stasiun. Penentuan luas pengaruh stasiun hujan dengan Metode Thiessen karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat. Dari 15 stasiun tersebut masing-masing dihubungkan untuk memperoleh luas daerah pengaruh dari tiap stasiun. Di mana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis- garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

**Tabel 4. 1** Luas Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Madiun

No	Pos hujan	Kabupaten/kota	Luas yang terpengaruh (km <sup>2</sup> )	Presentasi %
1	Ngawi	Ngawi	83.494	2.33
2	Sooko	Ponorogo	228.074	6.36
3	Bangunsari	Ponorogo	560.716	15.64
4	Waduk Notopuro	Madiun	116.366	3.25
5	Ngrambe	Ngawi	335.075	9.35
6	Slahung	Ponorogo	348.634	9.72
7	Ngebel	Ponorogo	411.161	11.47
8	Jejeruk	Magetan	742.669	20.71
9	Puleh Rejo	Madiun	112.175	3.13
10	Wates	Madiun	202.182	5.64
11	Balerejo	Madiun	155.503	4.34
12	Caruban	Madiun	42.550	1.19
13	Saradan	Madiun	51.793	1.44
14	Sumber Sari	Madiun	29.018	0.81
15	Kedung Rejo	Madiun	168.118	4.69
Jumlah			3585.254	100

(Sumber : Hasil analisis)





**Gambar 4. 2** Luas DAS dengan Metode Poligon *Thiessen*  
 (Sumber : Hasil analisis)

## 4.2.4 Analisa Curah Hujan

### 4.2.4.1 Ketersediaan Data Hujan

Untuk mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai. Data hujan yang digunakan direncanakan selama 10 tahun sejak Tahun 2008 hingga Tahun 2017. Data hujan tahunan maksimum masing-masing stasiun ditampilkan pada Tabel 4.2. Data curah hujan tahunan maksimum ini didapat dari curah hujan harian dalam satu tahun yang terbesar di 15 stasiun tersebut.

**Tabel 4. 2** Data Curah Hujan di DAS Madiun Sebelum Uji Perkiraan Data Hilang

Tahun	1. Stasiun Hujan Ngawi	2. Stasiun Hujan Sooko	3. Stasiun Hujan Bangunsari	4. Stasiun Hujan Wdk Notopuro	5. Stasiun Hujan Ngrambe	6. Stasiun Hujan Slahung	7. Stasiun Hujan Ngebel	8. Stasiun Hujan Jejeruk	9. Stasiun Hujan Puleh Rejo	10. Stasiun Hujan Wates	11. Stasiun Hujan Balerejo	12. Stasiun Hujan Caruban	13. Stasiun Hujan Saradan	14. Stasiun Hujan Sumber Sari	15. Stasiun Hujan Kedung Rejo
2008	116	120	110	93	94	96	113	125	105	106	112	100	133	114	97
2009	96	70		129	87	80	123	90	85	57	97	75	111	180	67
2010	98	90	129	108	76	77	120	125	115	93	83	95	108	125	73
2011	116	93	90	93	81	108	124	126	125	87	82	118	114	130	96
2012	73	83	112	69	94	101	96	124	85	76	72	147	118	125	48
2013	110	92	83	52	76	90	112	90	60	91	87	62	91	130	46
2014	88	90	112	130	106	93	107	135	146	85	106	100	116	125	63
2015	98	104	90	113	97	68.5	101	115	80	106	98	75	87	125	58
2016	88	90	89	109	120	83	125	90	93	78	87	78	118	143	67
2017	100	83	88	110	95	69	90	86	115	102	98	96	146	135	80

(Sumber :Dinas Balai Besar Bengawan Sungai Solo)

#### **4.2.4.2 Analisa Data Curah Hujan yang Hilang**

Salah satu Stasiun hujan yaitu Stasiun Hujan Bangunsari terdapat kekosongan data pencatatan hujan selama 1 tahun (2009). Untuk memperkirakan data hujan yang kosong digunakan **Metode Perbandingan Normal**. Untuk melengkapi data curah hujan yang hilang atau rusak dari suatu stasiun hujan, maka diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data yang lengkap.

Pada Tahun 2009 Di Stasiun Curah Hujan Bangunsari

**Tabel 4. 3** Data Perhitungan Metode Perbandingan Normal

	Tahun	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5	Stasiun 6	Stasiun 7	Stasiun 8	Stasiun 9	Stasiun 10	Stasiun 11	Stasiun 12	Stasiun 13	Stasiun 14	Stasiun 15
3. Stasiun Hujan Bangunsari	2008	116	120	110	93	94	96	113	125	105	106	112	100	133	114	97
	2009	96	89		129	87	88	123	90	95	87	97	75	111	150	67
<b>2009</b>	2010	98	90	129	108	76	77	120	125	115	93	83	95	108	125	73
	2011	116	93	90	93	81	108	124	106	125	87	82	118	114	130	68
	2012	73	83	112	69	94	101	96	124	85	76	72	127	118	125	48
	2013	110	92	83	52	76	90	112	90	60	91	87	62	91	130	46
	2014	88	90	112	98	106	93	107	95	146	85	106	100	96	125	63
	2015	98	104	90	110	97	68	101	115	80	106	98	75	87	138	58
	2016	81	90	89	105	120	83	125	90	93	78	87	78	108	107	67
	2017	100	83	88	107	95	69	90	86	115	102	98	96	116	98	80
Jumlah		976	934	903	964	926	873	1111	1046	1019	911	922	926	1082	1242	667

Pos Hujan	Tinggi Hujan di tahun yang hilang	
	(mm)	(mm)
Stasiun 1	96	976
Stasiun 2	89	934
Stasiun 3	0	903
Stasiun 4	129	964
Stasiun 5	87	926
Stasiun 6	88	873
Stasiun 7	123	1111
Stasiun 8	90	1046
Stasiun 9	95	1019
Stasiun 10	87	911
Stasiun 11	97	922
Stasiun 12	75	926
Stasiun 13	111	1082
Stasiun 14	150	1242
Stasiun 15	67	667

Jadi, data yang hilang di stasiun hujan 3 pada tahun 2009 adalah																
=	0,0714	88,8197	86,0460	120,8371	84,8391	91,0241	99,9721	77,6960	84,1855	86,2360	95,0011	73,1371	92,6368	109,0580	90,7061	
=		91,4425 mm														

(Sumber : Hasil analisis)

#### **4.2.4.2 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Haria Maksimum**

Untuk menguji konsistensi data curah hujan, pendekatan yang digunakan dengan RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) berguna untuk menguji konsistensi hasil pengukuran pada suatu stasiun hujan dan membandingkan akumulasi dari hujan yang bersamaan untuk suatu kumpulan stasiun yang mengelilinginya.

Hasil pengujian konsistensi data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.4

**Tabel 4. 4** Data Curah Hujan di DAS Madiun Setelah di Uji Perkiraan Data Hilang

Tahun	1. Stasiun Hujan Ngawi	2. Stasiun Hujan Sooko	3. Stasiun Hujan Bangunsari	4. Stasiun Hujan Wdk Notopuro	5. Stasiun Hujan Ngrambe	6. Stasiun Hujan Slahung	7. Stasiun Hujan Ngebel	8. Stasiun Hujan Jejeruk	9. Stasiun Hujan Puleh Rejo	10. Stasiun Hujan Wates	11. Stasiun Hujan Balerejo	12. Stasiun Hujan Caruban	13. Stasiun Hujan Saradan	14. Stasiun Hujan Sumber Sari	15. Stasiun Hujan Kedung Rejo
2008	116	120	110	93	94	96	113	125	105	106	112	100	133	114	97
2009	96	89	91,442	129	87	88	123	90	95	87	97	75	111	150	67
2010	98	90	129	108	76	77	120	125	115	93	83	95	108	125	73
2011	116	93	90	93	81	108	124	106	125	87	82	118	114	130	68
2012	73	83	112	69	94	101	96	124	85	76	72	127	118	125	48
2013	110	92	83	52	76	90	112	90	60	91	87	62	91	130	46
2014	88	90	112	98	106	93	107	95	146	85	106	100	96	125	63
2015	98	104	90	110	97	68	101	115	80	106	98	75	87	138	58
2016	81	90	89	105	120	83	125	90	93	78	87	78	108	107	67
2017	100	83	88	107	95	69	90	86	115	102	98	96	116	98	80

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 5** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Ngawi

1. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Ngawi dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Yi)	(Yi-Yi)	(Yi-Yi) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D y	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	116	18.40	338.56	18.40	1.3668			
2	2009	96	-1.60	2.56	16.80	1.2479			
3	2010	98	0.40	0.16	17.20	1.2776			
4	2011	116	18.40	338.56	35.60	2.6444			
5	2012	73	-24.60	605.16	11.00	0.8171			
6	2013	110	12.40	153.76	23.40	1.7382	2.644374565	-0.17827244	2.822647007
7	2014	88	-9.60	92.16	13.80	1.0251			
8	2015	98	0.40	0.16	14.20	1.0548			
9	2016	81	-16.60	275.56	-2.40	-0.1783			
10	2017	100	2.40	5.76	0.00	0.0000			
Jumlah		976.00							
Rerata (Yi)		97.60	nilai Q	=		0.83622466			
Dy		13.4625406	nilai R	=		0.89259936			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 6** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Sooko

2. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Sooko dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Yi)	(Yi-Yi)	(Yi-Yi) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D y	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	120	26,60	707,56	26,60	2,5450			
2	2009	89	-4,40	19,36	22,20	2,1240			
3	2010	90	-3,40	11,56	18,80	1,7987			
4	2011	93	-0,40	0,16	18,40	1,7605			
5	2012	83	-10,40	108,16	8,00	0,7654			
6	2013	92	-1,40	1,96	6,60	0,6315	2,545017605	-5,4386E-15	2,545
7	2014	90	-3,40	11,56	3,20	0,3062			
8	2015	104	10,60	112,36	13,80	1,3203			
9	2016	90	-3,40	11,56	10,40	0,9950			
10	2017	83	-10,40	108,16	0,00	0,0000			
Jumlah		934,00							
Rerata (Yi)		93,40	nilai Q	=		0,80480523			
Dy		10,4517941	nilai R	=		0,80480523			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 7** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Bangunsari

3. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Bangunsari dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**= $\frac{Sk^*}{D}$ y	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	110	10,56	111,42	10,56	0,7367			
2	2009	91,4424781	-8,00	64,03	2,55	0,1782			
3	2010	129	29,56	873,54	32,11	2,2409			
4	2011	90	-9,44	89,19	22,67	1,5818			
5	2012	112	12,56	157,65	35,22	2,4581			
6	2013	83	-16,44	270,41	18,78	1,3104	2,458074691	5,95062E-15	2,4581
7	2014	112	12,56	157,65	31,33	2,1867			
8	2015	90	-9,44	89,19	21,89	1,5276			
9	2016	89	-10,44	109,08	11,44	0,7987			
10	2017	88	-11,44	130,97	0,00	0,0000			
Jumlah		994,44							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		99,44		nilai Q	=	0,77731147			
Dy		14,3287912		nilai R	=	0,77731147			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 8** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Wdk Notopuro

4. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Wdk Notopuro dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**= $\frac{Sk^*}{D}$ y	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	93	-3,40	11,56	-3,40	-0,1637			
2	2009	129	32,60	1062,76	29,20	1,4055			
3	2010	108	11,60	134,56	40,80	1,9638			
4	2011	93	-3,40	11,56	37,40	1,8002			
5	2012	69	-27,40	750,76	10,00	0,4813			
6	2013	52	-44,40	1971,36	-34,40	-1,6558	1,9638	-1,65576082	3,6196
7	2014	98	1,60	2,56	-32,80	-1,5787			
8	2015	110	13,60	184,96	-19,20	-0,9241			
9	2016	105	8,60	73,96	-10,60	-0,5102			
10	2017	107	10,60	112,36	0,00	0,0000			
Jumlah		964,00							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		96,40		nilai Q	=	0,62101104			
Dy		20,7759476		nilai R	=	1,14460858			

(Sumber : Hasil analisis)



**Tabel 4. 9** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Ngrambe

5. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Ngrambe dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $Y_i$ )	$(Y_i - \bar{Y}_i)$	$(Y_i - \bar{Y}_i)^2$	Sk*	$Sk^{**} = Sk^*/D$ y	$Q_{maks} = Sk^{**}$ Mak	$Q_{min} = -Sk^{**}$ Min	R
1	2008	94	1,40	1,96	1,40	0,1081			
2	2009	87	-5,60	31,36	-4,20	-0,3244			
3	2010	76	-16,60	275,56	-20,80	-1,6065			
4	2011	81	-11,60	134,56	-32,40	-2,5024			
5	2012	94	1,40	1,96	-31,00	-2,3943			
6	2013	76	-16,60	275,56	-47,60	-3,6764	0,1081	-3,6763608	3,7845
7	2014	106	13,40	179,56	-34,20	-2,6414			
8	2015	97	4,40	19,36	-29,80	-2,3016			
9	2016	120	27,40	750,76	-2,40	-0,1854			
10	2017	95	2,40	5,76	0,00	0,0000			
Jumlah		926,00							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		92,60		nilai Q	=	0,03419316			
Dy		12,9475866		nilai R	=	1,19676052			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 10** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Slahung

6. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Slahung dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $Y_i$ )	$(Y_i - \bar{Y}_i)$	$(Y_i - \bar{Y}_i)^2$	Sk*	$Sk^{**} = Sk^*/D$ y	$Q_{maks} = Sk^{**}$ Mak	$Q_{min} = -Sk^{**}$ Min	R
1	2008	96	8,70	75,69	8,70	0,69564392			
2	2009	88	0,70	0,49	9,40	0,75161527			
3	2010	77	-10,30	106,09	-0,90	-0,07196316			
4	2011	108	20,70	428,49	19,80	1,58318961			
5	2012	101	13,70	187,69	33,50	2,67862889			
6	2013	90	2,70	7,29	36,20	2,89451839	3,350285093	-0,07196316	3,4222
7	2014	93	5,70	32,49	41,90	3,35028509			
8	2015	68	-19,30	372,49	22,60	1,80707501			
9	2016	83	-4,30	18,49	18,30	1,46325101			
10	2017	69	-18,30	334,89	0,00	2,2726E-15			
Jumlah		873,00							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		87,30		nilai Q	=	1,05945317			
Dy		12,5063984		nilai R	=	1,08220992			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 11** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Ngebel

7. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Ngebel dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Y <sub>i</sub> )	(Y <sub>i</sub> -Ȳ)	(Y <sub>i</sub> -Ȳ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D <sub>y</sub>	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	113	1,90	3,61	1,90	0,16192071			
2	2009	123	11,90	141,61	13,80	1,17605569			
3	2010	120	8,90	79,21	22,70	1,93452638			
4	2011	124	12,90	166,41	35,60	3,03388279			
5	2012	96	-15,10	228,01	20,50	1,74703925			
6	2013	112	0,90	0,81	21,40	1,82373853	3,033882787	4,84428E-15	3,0339
7	2014	107	-4,10	16,81	17,30	1,47433068			
8	2015	101	-10,10	102,01	7,20	0,61359427			
9	2016	125	13,90	193,21	21,10	1,7981721			
10	2017	90	-21,10	445,21	0,00	4,8443E-15			
Jumlah		1111,00							
Rerata (Ȳ)		111,10	nilai Q	=		0,95939798			
Dy		11,7341382	nilai R	=		0,95939798			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 12** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Jejeruk

8. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Jejeruk dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Y <sub>i</sub> )	(Y <sub>i</sub> -Ȳ)	(Y <sub>i</sub> -Ȳ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D <sub>y</sub>	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	125	20,40	416,16	20,40	1,31780306			
2	2009	90	-14,60	213,16	5,80	0,3746695			
3	2010	125	20,40	416,16	26,20	1,69247256			
4	2011	106	1,40	1,96	27,60	1,78291002			
5	2012	124	19,40	376,36	47,00	3,0361149			
6	2013	90	-14,60	213,16	32,40	2,09298133	3,036114895	3,67198E-15	3,0361
7	2014	95	-9,60	92,16	22,80	1,47283872			
8	2015	115	10,40	108,16	33,20	2,14465988			
9	2016	90	-14,60	213,16	18,60	1,20152632			
10	2017	86	-18,60	345,96	0,00	3,672E-15			
Jumlah		1046,00							
Rerata (Ȳ)		104,60	nilai Q	=		0,96010383			
Dy		15,4803101	nilai R	=		0,96010383			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 13** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Puleh Rejo

9. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Puleh Rejo dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	( $\bar{Y}_i - \bar{Y}$ )	( $\bar{Y}_i - \bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**= $\frac{Sk^* \cdot D}{y}$	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	105	3,10	9,61	3,10	0,13243873			
2	2009	95	-6,90	47,61	-3,80	-0,16234425			
3	2010	115	13,10	171,61	9,30	0,39731619			
4	2011	125	23,10	533,61	32,40	1,38419834			
5	2012	85	-16,90	285,61	15,50	0,66219365			
6	2013	60	-41,90	1755,61	-26,40	-1,12786531	1,384198337	-1,12786531	2,5121
7	2014	146	44,10	1944,81	17,70	0,75618243			
8	2015	80	-21,90	479,61	-4,20	-0,17943312			
9	2016	93	-8,90	79,21	-13,10	-0,55966044			
10	2017	115	13,10	171,61	0,00	-2,4285E-15			
Jumlah		1019,00							
Rerata ( $\bar{Y}$ )		101,90		nilai Q	=	0,43772195			
Dy		23,4070502		nilai R	=	0,79438428			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 14** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Wates

10. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Wates dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	( $\bar{Y}_i - \bar{Y}$ )	( $\bar{Y}_i - \bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**= $\frac{Sk^* \cdot D}{y}$	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	106	14,90	222,01	14,90	1,46324764			
2	2009	87	-4,10	16,81	10,80	1,06060902			
3	2010	93	1,90	3,61	12,70	1,24719765			
4	2011	87	-4,10	16,81	8,60	0,84455904			
5	2012	76	-15,10	228,01	-6,50	-0,63832951			
6	2013	91	-0,10	0,01	-6,60	-0,64814996	1,463247636	-1,24719765	2,7104
7	2014	85	-6,10	37,21	-12,70	-1,24719765			
8	2015	106	14,90	222,01	2,20	0,21604999			
9	2016	78	-13,10	171,61	-10,90	-1,07042948			
10	2017	102	10,90	118,81	0,00	5,5823E-15			
Jumlah		911,00							
Rerata ( $\bar{Y}$ )		91,10		nilai Q	=	0,46271953			
Dy		10,1828287		nilai R	=	0,85711806			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 15** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Balerejo

11. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Balerejo dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D y	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	112	19,80	392,04	19,80	1,7210			
2	2009	97	4,80	23,04	24,60	2,1382			
3	2010	83	-9,20	84,64	15,40	1,3386			
4	2011	82	-10,20	104,04	5,20	0,4520			
5	2012	72	-20,20	408,04	-15,00	-1,3038			
6	2013	87	-5,20	27,04	-20,20	-1,7558	2,1382	-1,7558	3,8940
7	2014	106	13,80	190,44	-6,40	-0,5563			
8	2015	98	5,80	33,64	-0,60	-0,0522			
9	2016	87	-5,20	27,04	-5,80	-0,5041			
10	2017	98	5,80	33,64	0,00	0,0000			
Jumlah		922,00							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		92,20	nilai Q	=		0,67617129			
Dy		11,5047816	nilai R	=		1,23140138			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 16** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Caruban

12. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Caruban dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D y	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	100	7.40	54.76	7.40	0.3834			
2	2009	75	-17.60	309.76	-10.20	-0.5285			
3	2010	95	2.40	5.76	-7.80	-0.4042			
4	2011	118	25.40	645.16	17.60	0.9120			
5	2012	127	34.40	1183.36	52.00	2.6945			
6	2013	62	-30.60	936.36	21.40	1.1089	2.6945	-0.5285	3.2230
7	2014	100	7.40	54.76	28.80	1.4923			
8	2015	75	-17.60	309.76	11.20	0.5803			
9	2016	78	-14.60	213.16	-3.40	-0.1762			
10	2017	96	3.40	11.56	0.00	0.0000			
Jumlah		926.00							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		92.60	nilai Q	=		0.85206982			
Dy		19.2987046	nilai R	=		1.0192066			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 17** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Saradan

13. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Saradan dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	$(Y_i - \bar{Y}_i)$	$(Y_i - \bar{Y}_i)^2$	Sk*	Sk**=Sk*/D y	Qmaks = Sk**		R
							Mak	Min	
1	2008	133	24.80	615.04	24.80	1.8978			
2	2009	111	2.80	7.84	27.60	2.1121			
3	2010	108	-0.20	0.04	27.40	2.0968			
4	2011	114	5.80	33.64	33.20	2.5407			
5	2012	118	9.80	96.04	43.00	3.2906	3.2906	-0.5969	3.8875
6	2013	91	-17.20	295.84	25.80	1.9744			
7	2014	96	-12.20	148.84	13.60	1.0407			
8	2015	87	-21.20	449.44	-7.60	-0.5816			
9	2016	108	-0.20	0.04	-7.80	-0.5969			
10	2017	116	7.80	60.84	0.00	0.0000			
Jumlah		1082.00							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		108.20		nilai Q =		1.04057978			
Dy		13.067517		nilai R =		1.22933611			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 18** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Sumber Sari

14. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Sumber sari dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	$(Y_i - \bar{Y}_i)$	$(Y_i - \bar{Y}_i)^2$	Sk*	Sk**=Sk*/D y	Qmaks = Sk**		R
							Mak	Min	
1	2008	114	-10.20	104.04	-10.20	-0.7192			
2	2009	150	25.80	665.64	15.60	1.0999			
3	2010	125	0.80	0.64	16.40	1.1563			
4	2011	130	5.80	33.64	22.20	1.5652			
5	2012	125	0.80	0.64	23.00	1.6216	3.0600	-0.7192	3.7791
6	2013	130	5.80	33.64	28.80	2.0306			
7	2014	125	0.80	0.64	29.60	2.0870			
8	2015	138	13.80	190.44	43.40	3.0600			
9	2016	107	-17.20	295.84	26.20	1.8473			
10	2017	98	-26.20	686.44	0.00	0.0000			
Jumlah		1242.00							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		124.20		nilai Q =		0.96765137			
Dy		14.1830885		nilai R =		1.19507174			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 19** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Kedung Rejo

15. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Kedung Rejo dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Yi)	(Yi-Ȳ)	(Yi-Ȳ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/Dy	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	97	30.30	918.09	30.30	2.1403			
2	2009	67	0.30	0.09	30.60	2.1615			
3	2010	73	6.30	39.69	36.90	2.6066			
4	2011	68	1.30	1.69	38.20	2.6984			
5	2012	48	-18.70	349.69	19.50	1.3774	2.6984	-0.9607	3.6591
6	2013	46	-20.70	428.49	-1.20	-0.0848			
7	2014	63	-3.70	13.69	-4.90	-0.3461			
8	2015	58	-8.70	75.69	-13.60	-0.9607			
9	2016	67	0.30	0.09	-13.30	-0.9395			
10	2017	80	13.30	176.89	0.00	0.0000			
Jumlah		667.00							
Rerata (Ȳ)		66.70		nilai Q	=	0.85330378			
Dy		14.1566239		nilai R	=	1.15709779			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 20** Rekap Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Semua Stasiun Hujan di DAS Madiun

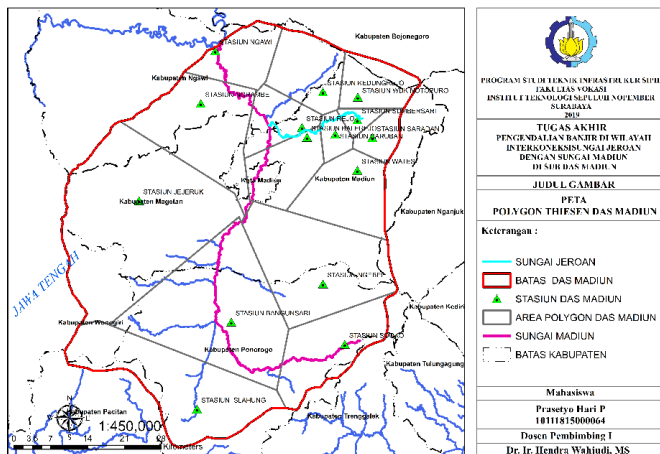
Hasil REKAP Pengujian RAPS						
No	Nama Stasiun	Q/n <sup>0.5</sup>		R/n <sup>0.5</sup>		Keterangan
		Hitung	Batas	Hitung	Batas	
1	Stasiun Hujan Ngawi	0.83	1.14	0.91	1.28	Data Konsisten
2	Stasiun Hujan Sooko	0.80	1.14	0.80	1.28	Data Konsisten
3	Stasiun Hujan Bangunsari	0.78	1.14	0.78	1.28	Data Konsisten
4	Stasiun Hujan Wdk Notopuro	0.62	1.14	1.14	1.28	Data Konsisten
5	Stasiun Hujan Ngambe	0.03	1.14	1.20	1.28	Data Konsisten
6	Stasiun Hujan Slahung	1.06	1.14	1.08	1.28	Data Konsisten
7	Stasiun Hujan Ngebel	0.96	1.14	0.96	1.28	Data Konsisten
8	Stasiun Hujan Jejeruk	0.96	1.14	0.96	1.28	Data Konsisten
9	Stasiun Hujan Puleh Rejo	0.44	1.14	0.79	1.28	Data Konsisten
10	Stasiun Hujan Wates	0.46	1.14	0.86	1.28	Data Konsisten
11	Stasiun Hujan Balerejo	0.68	1.14	1.23	1.28	Data Konsisten
12	Stasiun Hujan Caruban	0.85	1.14	1.02	1.28	Data Konsisten
13	Stasiun Hujan Saradan	1.04	1.14	1.23	1.28	Data Konsisten
14	Stasiun Hujan Summersari	0.97	1.14	1.20	1.28	Data Konsisten
15	Stasiun Hujan Kedung Rejo	0.85	1.14	1.16	1.28	Data Konsisten

(Sumber : Hasil analisis)

Dari hasil uji konsistensi data menggunakan RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) diperoleh kesimpulan bahwa data hujan yang didapat pada setiap stasiun memiliki data yang konsisten. Hal tersebut dapat dilihat pada batas nilai Q dan R tiap stasiun di DAS Madiun pada Tabel 4.20

#### 4.2.4.3 Curah Hujan Daerah Pengamatan

Untuk menentukan curah hujan rerata maksimum digunakan Metode Poligon Thiessen. Maka perlu dilakukan pembagian area pos hujan berdasarkan metode ini sehingga didapat hasil tiap pos hujan pada DAS Madiun.



**Gambar 4.3** Poligon Thiessen DAS Madiun  
(Sumber : Hasil analisis)

Metode polygon Thiessen memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan sekitarnya. Metode Thiessen digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata.

Untuk perhitungan debit banjir rancangan digunakan data hujan yang berpengaruh pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Madiun, ada 15 Stasiun yang berpengaruh dengan data yang tersedia masing masing selama 10 tahun (2008 –2017).

Kemudian dari stasiun-stasiun yang berpengaruh terhadap Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Madiun tersebut, dengan menggunakan metode Polygon Thiessen didapat faktor pengaruh stasiun hujan sebagai berikut :

**Tabel 4. 21** Faktor Pengaruh Stasiun Hujan di DAS Madiun

No	Pos hujan	Kabupaten/ kota	Luas yang terpengaruh (km <sup>2</sup> )	Presentasi %
1	Ngawi	Ngawi	83,494	2,33
2	Sooko	Ponorogo	228,074	6,36
3	Bangunsari	Ponorogo	560,716	15,64
4	Waduk Notopuro	Madiun	116,366	3,25
5	Ngrambe	Ngawi	335,075	9,35
6	Slahung	Ponorogo	348,634	9,72
7	Ngebel	Ponorogo	411,161	11,47
8	Jejeruk	Magetan	742,669	20,71
9	Puleh Rejo	Madiun	112,175	3,13
10	Wates	Madiun	202,182	5,64
11	Bakerejo	Madiun	155,503	4,34
12	Caruban	Madiun	42,550	1,19
13	Saradan	Madiun	51,793	1,44
14	Sumber Sari	Madiun	29,018	0,81
15	Kedung Rejo	Madiun	168,118	4,69
Jumlah			3585,254	100

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 22** Tinggi Curah Hujan Daerah di DAS Madiun

REKAP Perhitungan Curah Hujan Maksimum		
No	Tahun	Tinggi curah hujan daerah (mm)
1	2008	110,160
2	2009	94,698
3	2010	105,431
4	2011	99,560
5	2012	98,518
6	2013	86,412
7	2014	99,807
8	2015	96,280
9	2016	94,719
10	2017	89,472

(Sumber : Hasil analisis)



Untuk mendapatkan besaran hujan yang dapat dipakai sebagai masukan dalam analisis debit dari wilayah sungai yang ditinjau, diperlukan stasiun pengukur curah hujan yang memenuhi persyaratan baik jumlah maupun penyebarannya. Menurut WMO (World Meteorological Organization) Kerapatan Jaringan Stasiun penakar Hujan.

**Tabel 4. 22** Tabel Kerapatan Jaringan Stasiun penakar Hujan

NO	Type	Luas Daerah (km <sup>2</sup> ) per satu Pos	
		K onisi Normal	K ondi Si Sulit
1	Daerah dataran tropis mediteran dan sedang	600 - 900	3000 - 9000
2	Daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang	100 - 350	1000 - 5000
3	Daerah kepulauan kecil bergunung dengan curah hujan bervariasi	140 - 300	
4	Daerah arid dan kutub	1500 - 1000	

*Sumber : Linsley, 1956*

Maka diperlukan Perencanaan Jaringan Stasiun Penakar Hujan dapat dilihat pada BAB VI REKOMENDASI, dikarenakan pada perhitungan Perencanaan Jaringan Stasiun Penakar Hujan tidak digunakan pada pembahasan atau tidak berhubungan langsung dengan pembahasan pada Tugas akhir ini

#### 4.2.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya (Sosrodarsono dan Takeda, 1993). Data curah hujan tersebut dihitung berdasarkan parameter-parameter statistik yang mendukung untuk penentuan jenis sebaran berdasarkan syarat- syarat yang sudah ditentukan, serta perhitungan dispersi statistik dan logaritmik disajikan pada Tabel 4.30. Dimana

$X_i$  = Besarnya curah hujan daerah (mm).

$\bar{X}$  = Rata-rata curah hujan maksimum daerah

**Tabel 4. 30** Hasil Perhitungan Parameter Statistik

<b>Distribusi Frekuensi Metode Gumbel</b>					
<b>Tahun</b>	<b>Hujan</b>	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$
2008	110,16	12,65	160,12	2026,21	25639,67
2009	94,70	-2,81	7,89	-22,14	62,18
2010	105,43	7,93	62,82	497,88	3946,07
2011	99,56	2,05	4,22	8,68	17,83
2012	98,52	1,01	1,02	1,04	1,05
2013	86,41	-11,09	123,07	-1365,27	15145,74
2014	99,81	2,30	5,29	12,18	28,03
2015	96,28	-1,23	1,50	-1,84	2,26
2016	94,72	-2,79	7,77	-21,65	60,34
2017	89,47	-8,03	64,54	-518,46	4165,09
Jumlah	975,056		438,24	616,62	49068,26
Rata-rata	97,506				
n	=	10			
Sd	=	6,98			
Cs	=	0,25			
Ck	=	4,11			
Cv	=	0,07			

(Sumber : Hasil analisis)

Parameter Statistik (*Normal dan Gumbel*)

Rata-rata = 98,147

**Standard Deviasi (s)**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{438,24}{10 - 1}}$$

$$S = 6,98$$

**Koefisien Skewness (Cs)**

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)s^3} = \frac{10 \times (616,62)}{(10 - 1)(10 - 2) 6,98^3}$$

$$Cs = 0,25$$

**Koefisien Variety (Cv)**

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{6,98}{97,506}$$

$$Cv = 0,07$$

**Koefisien Kurtosis (Ck)**

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} = \frac{49068,26}{6,98^4}$$

$$Ck = 4,11$$

**Tabel 4. 31** Hasil Perhitungan Parameter Statistik

<b>Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III</b>						
Tahun	X	Log X	$(\log x) - (\log \bar{x})^{\square}$	$(\log x) - (\log \bar{x})^2$	$(\log x) - (\log \bar{x})^3$	$(\log x) - (\log \bar{x})^4$
2008	110,16	2,042	0,0540	0,00291	0,00016	7,22E-11
2009	94,70	1,976	-0,0117	0,00014	0,00000	3,50E-16
2010	105,43	2,023	0,0349	0,00122	0,00004	2,22E-12
2011	99,56	1,998	0,0101	0,00010	0,00000	1,04E-16
2012	98,52	1,994	0,0055	0,00003	0,00000	8,16E-19
2013	86,41	1,937	-0,0515	0,00265	-0,00014	4,92E-11
2014	99,81	1,999	0,0111	0,00012	0,00000	2,35E-16
2015	96,28	1,984	-0,0045	0,00002	0,00000	1,67E-19
2016	94,72	1,976	-0,0116	0,00013	0,00000	3,27E-16
2017	89,47	1,952	-0,0363	0,00132	-0,00005	3,04E-12
JUMLAH	975,06	19,88		0,00	0,0087	0,000015
rata	97,506	1,988				
n	=	10				
Sd	=	0,031				
Cs	=	0,070				
Ck	=	0,00003				
Cv	=	0,02				

(Sumber : Hasil analisis)

Parameter Statistik (*Log Pearson Type III*)

Rata-rata = 1,988

**Standard Deviasi (S)**

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\log x - \log \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,0087}{10 - 1}}$$

S = 0,031

**Koefisien Skewness (Cs)**

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{10 \times (0,000015)}{(10 - 1)(10 - 2)0,031^3}$$

Cs = 0,070

**Koefisien Variety (Cv)**

$$Cv = \frac{S}{\text{Log } X} = \frac{0,031}{1,988}$$

$$Cv = 0,02$$

**Koefisien Kurtosis (Ck)**

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{10^2 \times 1,266E - 10}{9 \times 8 \times 7 \times 0,031^4}$$

$$Ck = 0,00003$$

Dari parameter statistik yang sudah ada kemudian dilakukan pemilihan jenis analisis frekuensi yang akan digunakan dengan membandingkan persyaratan-persyaratan dengan hasil perhitungan pada yang dapat dilihat pada Tabel 4.32 berikut:

**Tabel 4. 32** Pemilihan Jenis Distribusi

NO	JENIS DISTRIBUSI	SYARAT	HASIL SYARAT	HASIL PERHITUNGAN	KETERANGAN
1	Metode Normal	$Cs = 3Cv + Cv^3$	2,912	0,25	diTerima
		$Ck = 0$	0	4,11	Tidak Diterima
2	Metode Gumbel	$Cs < 1,139$	1,139	0,25	diTerima
		$Ck = 5,4002$	5,4002	4,11	Tidak Diterima
3	Metode Log Pearson Type III	$Cs \neq 0$	Bebas	0,070	diTerima
		$Ck = 1,5 Cs^2 + 3$	Bebas	0,00003	diTerima

(Sumber : Hasil analisis)

Berdasarkan tabel 4.32, maka dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang memenuhi syarat yaitu Distribusi *Log Pearson Type III*.

#### 4.2.5.1 Perhitungan CH Rencana Metode *Log Pearson Tipe III* Menghitung curah hujan dengan persamaan

$$Y = \bar{y} + k.S$$

Perhitungan curah hujan rencana dengan distribusi sebaran metode Log Pearson Tipe III dapat dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter statistik yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Untuk mencari nilai curah hujan rencana dapat menggunakan rumus :

$$\text{Log}(x)_t = \text{Log}(x) + K_t x Sd \text{Log}(x)$$

$$\bar{y} = \text{Rata-rata hitung nilai } Y \text{ atau } \text{Log}(x) = 1,988$$

$$Sd = \text{Standard devisi} = 0,031$$

$$Cs = \text{Nilai Kemencengan} = 0,070$$

$$K = \text{Diambil dari table K (Tabel 2.5)}$$

Perhitungan curah hujan rencana disajikan dalam Tabel 4.33.

**Tabel 4. 33** Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode *Log Pearson Tipe III*

Tabel Distribusi Sebaran Metode <i>Log Pearson Tipe III</i>								
No	Periode	Cs	K	Log R	R (mm)	Sd	Ck	Cv
1	1,01	0,07019	-2,274	1,91753	82,70447	0,031	0,00003	0,02
2	1,25	0,07019	-0,845	1,96184	91,58843	0,031	0,00003	0,02
3	2	0,07019	-0,001	1,98800	97,27371	0,031	0,00003	0,02
4	5	0,07019	0,838	2,01401	103,27774	0,031	0,00003	0,02
5	10	0,07019	1,289	2,02800	106,65872	0,031	0,00003	0,02
6	25	0,07019	1,775	2,04306	110,42291	0,031	0,00003	0,02
7	50	0,07019	2,091	2,05287	112,94491	0,031	0,00003	0,02
8	100	0,07019	2,378	2,06176	115,28068	0,031	0,00003	0,02
9	200	0,07019	2,642	2,06994	117,47422	0,031	0,00003	0,02
10	1000	0,07019	3,192	2,08699	122,17662	0,031	0,00003	0,02

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.5.2 Perhitungan CH Rencana Metode Gumbel

Metode Gumbel tipe satu menggunakan persamaan

$$X_t = \bar{X} + \frac{S}{s_n} (Y_t - Y_n)$$

Dimana :

$$\bar{X} = 97,506$$

$$Sd = 6,98$$

$$S_n = (n=10) = 0,9496$$

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

$$Y_n = (n=10) = 0,4952$$

$$Y_t = \text{Tabel 2.6}$$

**Tabel 4. 34** Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel

**Tabel Distribusi Sebaran Metode Gumbel**

No	periode	rata-rata	yt	yn	sn	Yt-Yn	Yt-Yn/Sn	Sd	(Yt-Yn)Sd/Sn	Xi
1	1,01	97,51	-1,53	0,4952	0,9496	-2,02	-2,13	6,98	-14,88	82,63
2	1,25	97,51	-0,48	0,4952	0,9496	-0,97	-1,02	6,98	-7,14	90,37
3	2,00	97,51	0,37	0,4952	0,9496	-0,13	-0,14	6,98	-0,95	96,56
4	5,00	97,51	1,50	0,4952	0,9496	1,00	1,06	6,98	7,38	104,89
5	10,00	97,51	2,25	0,4952	0,9496	1,76	1,85	6,98	12,90	110,40
6	25,00	97,51	3,20	0,4952	0,9496	2,70	2,85	6,98	19,87	117,37
7	50,00	97,51	3,90	0,4952	0,9496	3,41	3,59	6,98	25,03	122,54
8	100,00	97,51	4,60	0,4952	0,9496	4,10	4,32	6,98	30,17	127,67
9	200,00	97,51	5,30	0,4952	0,9496	4,80	5,06	6,98	35,28	132,78
10	1000,00	97,51	6,91	0,4952	0,9496	6,41	6,75	6,98	47,12	144,62

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.6 Pengujian Keselarasan Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran dilakukan untuk menguji kesesuaian data yang tersedia dengan distribusi yang dipakai. Pengujian kecocokan sebaran dilakukan dengan dua cara yaitu cara Smirnov-Kolmogorov dan uji Chi-Kuadrat

#### 4.2.6.1 Uji Sebaran Dengan Chi Kuadrat

Untuk menguji keselarasan sebaran Metode *Log Pearson Type III.*, digunakan Uji Sebaran Chi Kuadrat (*Chi Square Test*) (Soewarno, 1995). Digunakan Persamaan 2.21 dan Persamaan 2.22 Bab II sebagai berikut :

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

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

$$= 1 + 3,322 \text{ Log } 10$$

$$= 4,32 = 4$$

$$DK = K - (2 + 1)$$

$$= 4 - (2 + 1)$$

$$= 1$$

$$E_i = \frac{n}{K} = \frac{10}{4} = 2,5$$

$$\Delta X = (X_{\text{maks}} - X_{\text{min}}) / (K-1)$$

$$= (110,160 - 86,412) / (4-1)$$

$$= 7,92$$

$$X_{\text{awal}} = X_{\text{min}} - \frac{1}{2} \Delta X$$

$$= 86,412 - \frac{1}{2} 7,92$$

$$= 82,20$$

Nilai  $f_2$  cr dicari pada Tabel 2.7 dengan menggunakan nilai  $DK=2$  dan Derajat Kepercayaan 5%, lalu dibandingkan dengan nilai  $f_2$  hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.36. Syarat yang harus dipenuhi yaitu  $f_2$  hitungan  $< f_2$ cr (Soewarno, 1995).

**Tabel 4. 35** Uji Chi-Kuadrat *Log Pearson Type III*

Tahun	CH	xi ranks
2008	110.160	110.160
2009	94.698	105.431
2010	105.431	99.807
2011	99.560	99.560
2012	98.518	98.518
2013	86.412	96.280
2014	99.807	94.719
2015	96.280	94.698
2016	94.719	89.472
2017	89.472	86.412
Jumlah	975.056	
rata- rata	97.506	

(Sumber : Hasil analisis)



**Tabel 4. 36** Uji Chi-Kuadrat *Log Pearson Type III*

K =	4.32	diambil	4				
dk=	1						
Ei =	2.5						
$\Delta X =$	7.92						
X awal =	82.45						
chi kritis =	3.841						
NO	Grup Kelas	Jumlah Data		(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> )	f <sup>2</sup> = (O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /E <sub>i</sub>		
		O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>				
1	82.45 < X ≤ 90.37	2	2.5	-0.5	0.1		
2	90.37 < X ≤ 98.29	4	2.5	1.5	0.9		
3	98.29 < X ≤ 106.20	3	2.5	0.5	0.1		
5	X > 106.20	1	2.5	-1.5	0.9		
Jumlah		10	10	0	2		
karena nilai chi kuadrat < chi kritis maka distribusi dapat diterima							
2 <		3.841	diTerima				

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.6.2 Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Uji keselarasan Smirnov – Kolmogorov, sering juga uji kecocokan non parametrik (non parametric test), karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Hasil perhitungan uji keselarasan sebaran dengan Smirnov – Kolmogorov untuk Metode *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada Tabel 4.37

Xi	= Curah hujan rencana	
Xrt	= Rata-rata curah hujan	= 97,506 mm
Sd	= Standar deviasi	= 0,0310
n	= jumlah data	= 10

**Tabel 4. 37** Uji Keselarasan Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Tahun	CH	1 xi ranks	2 Log Xi	3 S	4 $(xi - \bar{x})^2$	5 m	6 P(x) = m/(n+1)	7= nilai l- angka 6 P(Xi<)	8= 4/3 f(t)	9 P'(xi)=m/(n-1)	10= nilai l- angka 9 p'(Xi<)	11= 10-7 D
2008	110.160	110.160	2.042	0.0310	0.054	1	0.0476	0.95	1.7414	0.1111	0.8889	-0.0635
2009	94.698	105.431	2.023	0.0310	0.035	2	0.0952	0.90	1.1269	0.2222	0.7778	-0.1270
2010	105.431	99.807	1.999	0.0310	0.011	3	0.1429	0.86	0.3589	0.3333	0.6667	-0.1905
2011	99.560	99.560	1.998	0.0310	0.010	4	0.1905	0.81	0.3243	0.4444	0.5556	-0.2540
2012	98.518	98.518	1.994	0.0310	0.005	5	0.2381	0.76	0.1768	0.5556	0.4444	-0.3175
2013	86.412	96.280	1.984	0.0310	-0.004	6	0.2857	0.71	-0.1450	0.6667	0.3333	-0.3810
2014	99.807	94.719	1.976	0.0310	-0.012	7	0.3333	0.67	-0.3741	0.7778	0.2222	-0.4444
2015	96.280	94.698	1.976	0.0310	-0.012	8	0.3810	0.62	-0.3772	0.8889	0.1111	-0.5079
2016	94.719	89.472	1.952	0.0310	-0.036	9	0.4286	0.57	-1.1723	1.0000	0.0000	-0.5714
2017	89.472	86.412	1.937	0.0310	-0.051	10	0.4762	0.52	-1.6598	1.1111	-0.1111	-0.6349
Jumlah			19.880									D max = -0.06
Rata - Rata		97.506	1.988									Do = 0.39
karena D max < Do kritis maka distribusi dapat diterima												
-0.06 < 0.41 diTerima												

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.7 Intensitas Curah Hujan

Rumus yang digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan adalah persamaan DR. Mononobe karena data curah hujan yang tersedia adalah data curah hujan harian. Dalam perhitungan intensitas hujan menggunakan data dari Distribusi Gumbel. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$$

di mana :

- R1 = intensitas hujan rerata data T jam (%).  
 R24 = curah hujan efektif dalam 1 (satu) hari.  
 t = waktu konsentrasi hujan > 6 (enam) jam.  
 T = waktu mulai hujan

**Tabel 4. 38** Perhitungan Intensitas Curah Hujan

		PERHITUNGAN INTENSITAS HUJAN METODE MONONOBE										
		Periode ulang (Tahun)										
		R 1.01	R 1.25	R 2	R 5	R 10	R 25	R 50	R 100	R 200	R 1000	
No.	t (menit)	Curah Hujan Rencana Maksimum, R <sub>24</sub> (mm)										
	t (jam)	82,70	91,59	97,27	103,28	106,66	110,42	112,94	115,28	117,47	122,18	
1	60	1	28,70	31,79	33,76	35,84	37,02	38,32	39,20	40,01	40,77	42,40
2	120	2	18,08	20,02	21,26	22,57	23,31	24,14	24,69	25,20	25,68	26,70
3	180	3	13,79	15,28	16,22	17,22	17,79	18,42	18,84	19,23	19,59	20,38
4	240	4	11,39	12,61	13,39	14,22	14,68	15,20	15,55	15,87	16,17	16,82
5	300	5	9,81	10,86	11,54	12,25	12,65	13,10	13,40	13,68	13,94	14,49
6	360	6	8,69	9,62	10,22	10,85	11,20	11,60	11,86	12,11	12,34	12,83
7	420	7	7,84	8,68	9,22	9,79	10,11	10,47	10,70	10,93	11,13	11,58
8	480	8	7,17	7,94	8,43	8,95	9,25	9,57	9,79	10,00	10,19	10,59
9	540	9	6,63	7,34	7,80	8,28	8,55	8,85	9,05	9,24	9,42	9,79
10	600	10	6,18	6,84	7,27	7,72	7,97	8,25	8,44	8,61	8,78	9,13
11	660	11	5,80	6,42	6,82	7,24	7,48	7,74	7,92	8,08	8,24	8,57
12	720	12	5,47	6,06	6,44	6,83	7,06	7,31	7,47	7,63	7,77	8,08
13	780	13	5,19	5,74	6,10	6,48	6,69	6,93	7,08	7,23	7,37	7,66
14	840	14	4,94	5,47	5,81	6,16	6,37	6,59	6,74	6,88	7,01	7,29
15	900	15	4,71	5,22	5,55	5,89	6,08	6,30	6,44	6,57	6,70	6,97
16	960	16	4,52	5,00	5,31	5,64	5,82	6,03	6,17	6,30	6,41	6,67
17	1020	17	4,34	4,80	5,10	5,42	5,59	5,79	5,92	6,05	6,16	6,41
18	1080	18	4,17	4,62	4,91	5,21	5,38	5,57	5,70	5,82	5,93	6,17
19	1140	19	4,03	4,46	4,74	5,03	5,19	5,38	5,50	5,61	5,72	5,95
20	1200	20	3,89	4,31	4,58	4,86	5,02	5,20	5,31	5,42	5,53	5,75
21	1260	21	3,77	4,17	4,43	4,70	4,86	5,03	5,14	5,25	5,35	5,56
22	1320	22	3,65	4,04	4,30	4,56	4,71	4,88	4,99	5,09	5,19	5,39
23	1380	23	3,55	3,93	4,17	4,43	4,57	4,73	4,84	4,94	5,04	5,24
24	1440	24	3,45	3,82	4,05	4,30	4,44	4,60	4,71	4,80	4,89	5,09

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.8 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk menghitung atau memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi dalam berbagai periode ulang dengan hasil yang baik dapat dilakukan dengan analisis data aliran dari sungai yang bersangkutan. Oleh karena data aliran yang bersangkutan tidak tersedia maka dalam perhitungan debit banjir akan digunakan beberapa metode:

- Metode Rasional
- Metode HSS Nakayasu

##### 4.2.7.1 Metode Rasional

Untuk menghitungnya menggunakan Metode Rasional pada Bab II yaitu sebagai berikut :

$$Qt = \frac{C \times I \times A}{3,6} = 0,278 \times C \times I \times A$$

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

$$Tc = L/W$$

$$W = 72 \times \left(\frac{\Delta H}{L}\right)^{0,6}$$

Data yang ada yaitu :

L = jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau  
(km) = 78.246 m

A = luas DAS (km<sup>2</sup>) = 3585,25 km<sup>2</sup>

H = beda tinggi ujung hulu dengan titik tinggi yang ditinjau (km) = 26,47 m

Curah Hujan Harian :

R24 periode ulang 1,01 tahun = 82,70 mm

R24 periode ulang 1,25 tahun = 91,59 mm

R24 periode ulang 2 tahun = 97,27 mm

R24 periode ulang 5 tahun = 103,28 mm

R24 periode ulang 10 tahun = 106,66 mm

R24 periode ulang 25 tahun = 110,42 mm

R24 periode ulang 50 tahun = 112,94 mm

R24 periode ulang 100 tahun = 115,28 mm

R24 periode ulang 200 tahun = 117,47 mm

R24 periode ulang 1000 tahun = 122,18 mm

**Waktu Konsentrasi**

$$T_c = L/W$$

$$W = 72 \times \left( \frac{\Delta H}{L} \right)^{0,6}$$

$$W = 72 \times \left( \frac{26,47}{78,246} \right)^{0,6}$$

$$= 0,596 \text{ m/detik}$$

$$T_c = L/W$$

$$= 36,50 \text{ jam}$$

**Intensitas Hujan R 25**

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

$$I = \frac{110,42}{24} \times \left( \frac{24}{36,50} \right)^{2/3}$$

$$= 3,479 \text{ mm/ jam}$$

Data Kondisi Daerah Aliran Sungai :

Hutan	= 828,518	Km <sup>2</sup> = 0,625
Industri	= 0,320	Km <sup>2</sup> = 0,825
Kebun	= 139,112	Km <sup>2</sup> = 0,4
Padang rumput	= 86,883	Km <sup>2</sup> = 0,2
Perairan darat	= 23,271	Km <sup>2</sup> = 0,6
Perkebunan	= 21,408	Km <sup>2</sup> = 0,4
Pemukiman	= 654,611	Km <sup>2</sup> = 0,75
Persawahan	= 1433,991	Km <sup>2</sup> = 0,75
Sawah tanah kering	= 377,653	Km <sup>2</sup> = 0,1
Tanah Terbuka	= 22,617	Km <sup>2</sup> = 0,2

**Menentukan Koefisien Pengaliran (C)**

$$C = \frac{(C1 \times A1) + (C2 \times A2) + (C3 \times A3) + (Cn \times An)}{A1 + A2 + A3 + An}$$

$$C = \frac{3.585,254}{2.222,375}$$

$$= 0,620$$

### Debit Banjir R 25

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

$$= 0,278 \times 0,620 \times 3,479 \times 3.585,25$$

$$= 2.148,01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

**Tabel 4. 39** Hasil Rekap Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Persamaan Distrik Jerman										
No	Periode Ulang (tahun)	A (km <sup>2</sup> )	L (m)	H (m)	C	w (m/dtk)	kemiringan Sungai (S)	tc Jam	I (mm/jam)	Qt (m <sup>3</sup> /dtk)
1 R	1.01	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	2,606	1.608,82
2 R	1.25	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	2,886	1.781,63
3 R	2	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	3,065	1.892,23
4 R	5	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	3,254	2.009,02
5 R	10	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	3,361	2.074,79
6 R	25	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	3,479	2.148,01
7 R	50	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	3,559	2.197,07
8 R	100	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	3,632	2.242,51
9 R	200	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	3,701	2.285,18
10 R	1000	3.585,25	78246	26,47	0,61987	0,596	0,000	36,50	3,850	2.376,65

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.7.2 Metode Nakayasu

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu menggunakan Metode HSS Nakayasu pada Bab II Soemarto, 1999) dengan langkah-langkah:

##### I. Karakteristik DAS

1. Nama Sungai	= Madiun
2. Luas Daerah Aliran Sungai (A)	= 3585,25 Km <sup>2</sup>
3. Panjang Sungai Utama (L)	= 78,246 Km
4. Tinggi Hujan (Ro)	= 1 mm
5. Durasi Hujan Tr	= 5 Jam
6. Nilai $\alpha$	= 2,095

##### II. Parameter Hidrograf Satuan Sintetis

1. Tenggang waktu antara hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L > 15$  Km, maka  

$$T_g = 0,4 + 0,058 L$$

$$= 0,4 + 0,058 \times 78,246 \text{ Km}$$

$$= 4,938 \text{ Jam}$$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0.75 tg$   

$$Tr = 0,75 \times T_g$$

$$= 0,75 \times 4,938 \text{ Jam}$$

$$= 3,704 \text{ jam}$$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  

$$T_p = 4,938 + 0,8 \times 3,704 \text{ Jam}$$

$$= 7,901 \text{ Jam}$$
4. Penurunan debit puncak sampai 30% ( $T_{0,3}$ )  

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g$$

$$= 2,095 \times 4,938$$

$$= 10,347 \text{ Jam}$$
5. Debit puncak (Qp)  

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_o}{3,6 \times (0,3 T_p + T_{0,3}^{0,3})}$$

$$Q_p = \frac{0,620 \times 3.585,25 \times 1}{3,6 \times (0,3 \times 7,901 + 10,347)}$$

$$= 48,540 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

1. Untuk lengkung naik

$$t \leq T_p$$

$$t \leq 7,901 \text{ Jam}$$

2. Untuk lengkung turun I

$$T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$$

$$7,901 \leq t \leq 18,249$$

3. Untuk lengkung turun II

$$T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5x T_{0,3}$$

$$18,2490 \leq t \leq 33,770$$

4. Untuk lengkung turun III

$$t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5x T_{0,3}$$

$$t \leq 33,770$$

**Tabel 4. 40** Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu

No	Karakteristik	Notasi	Persamaan
1	Lengkung naik	Qd0	$Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$
2	Lengkung turun tahap I	Qd1	$Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$
3	Lengkung turun tahap II	Qd2	$Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$
4	Lengkung turun tahap III	Qd3	$Q_p \times 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]}{2T_{0,3}}}$

**Tabel 4. 41** Unit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

t (Jam)	Notasi	Persamaan	Qt m <sup>3</sup> /detik
0			0,000
1			0,340
2			1,795
3			4,750
4	Qd0	$Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$	9,475
5			16,187
6			25,073
7			36,297
<b>7,901</b>			<b>48,537</b>

(Sumber : Hasil analisis)



Lanjutan Tabel 4.41 Unit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

8		47.986	
9		42.715	
10		38.023	
11		33.847	
12		30.129	
13	Qd1	$Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$	26.819
14			23.874
15			21.251
16			18.917
17			16.839
18			14.990
<b>18.249</b>		<b>14.562</b>	
19		13.738	
20		12.712	
21		11.763	
22		10.885	
23		10.073	
24		9.321	
25	Qd2	$Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$	8.625
26			7.982
27			7.386
28			6.835
29			6.325
30			5.853
31			5.416
32			5.011
33			4.637
<b>33.770</b>		<b>4.369</b>	
34		4.291	
35		4.067	
36		3.837	
37		3.620	
38		3.416	
39		3.223	
40		3.040	
41	Qd3	$Q_p \times 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]}{2T_{0,3}}}$	2.869
42			2.706
43			2.553
44			2.409
45			2.273
46			2.145
47			2.023
48			1.909

(Sumber : Hasil analisis)

### III. Perhitungan Tabel Hidrograf Banjir Q 25

**Tabel 4. 42** Perhitungan Tabel Hidrograf Banjir Q 25

Tabel Hidrograf banjir Q25							
t (jam)	Qt (m <sup>3</sup> /detik)	R1 40.03	R2 10.40	R3 7.30	R4 5.81	R5 4.91	Q (m <sup>3</sup> /detik)
0	0.000	0					0
1	0.340	13.614	0				13.614
2	1.795	71.858	18.677	0			90.535
3	4.750	190.148	49.424	34.669	0		274.241
4	9.475	379.267	98.580	69.151	55.051	0	602.049
5	16.187	647.932	168.411	118.136	94.048	79.420	1107.948
6	25.073	1003.609	260.859	182.986	145.675	123.017	1716.147
7	36.297	1452.903	377.640	264.906	210.891	178.089	2484.430
8	47.986	1920.779	499.251	350.213	278.804	235.439	3284.486
9	42.715	1709.800	444.413	311.745	248.180	209.579	2923.717
10	38.023	1521.995	395.598	277.503	220.920	186.558	2602.574
11	33.847	1354.818	352.146	247.022	196.654	166.067	2316.706
12	30.129	1206.004	313.466	219.889	175.053	147.826	2062.238
13	26.819	1073.536	279.035	195.736	155.825	131.589	1835.721
14	23.874	955.618	248.385	174.236	138.709	117.135	1634.084
15	21.251	850.653	221.103	155.098	123.474	104.269	1454.596
16	18.917	757.217	196.817	138.062	109.911	92.816	1294.822
17	16.839	674.044	175.198	122.897	97.838	82.621	1152.598
18	14.990	600.006	155.954	109.398	87.092	73.546	1025.996
19	13.738	549.894	142.929	100.261	79.818	67.403	940.306
20	12.712	508.851	132.261	92.778	73.861	62.372	870.124
21	11.763	470.872	122.390	85.853	68.348	57.717	805.180
22	10.885	435.727	113.255	79.446	63.246	53.409	745.083
23	10.073	403.206	104.802	73.516	58.526	49.423	689.472
24	9.321	373.111	96.980	68.029	54.158	45.734	638.012
25	8.625	345.263	89.741	62.951	50.115	42.321	590.392
26	7.982	319.494	83.043	58.253	46.375	39.162	546.327
27	7.386	295.647	76.845	53.905	42.914	36.239	505.550
28	6.835	273.581	71.109	49.882	39.711	33.534	467.817
29	6.325	253.162	65.802	46.159	36.747	31.031	432.900
30	5.853	234.266	60.891	42.713	34.004	28.715	400.590
31	5.416	216.781	56.346	39.525	31.466	26.572	370.691
32	5.011	200.601	52.140	36.575	29.118	24.589	343.023
33	4.637	185.629	48.249	33.845	26.944	22.753	317.421
34	4.291	171.774	44.648	31.319	24.933	21.055	293.729
35	4.067	162.791	42.313	29.681	23.629	19.954	278.368
36	3.837	153.590	39.921	28.004	22.294	18.826	262.636
37	3.620	144.910	37.665	26.421	21.034	17.762	247.792
38	3.416	136.720	35.536	24.928	19.845	16.758	233.788
39	3.223	128.993	33.528	23.519	18.723	15.811	220.575
40	3.040	121.702	31.633	22.190	17.665	14.918	208.108
41	2.869	114.824	29.845	20.936	16.667	14.075	196.347
42	2.706	108.335	28.158	19.752	15.725	13.279	185.250
43	2.553	102.212	26.567	18.636	14.836	12.529	174.780
44	2.409	96.435	25.066	17.583	13.998	11.821	164.902
45	2.273	90.985	23.649	16.589	13.207	11.152	155.582
46	2.145	85.843	22.312	15.652	12.460	10.522	146.789
47	2.023	80.991	21.051	14.767	11.756	9.927	138.493
48	1.909	76.414	19.862	13.932	11.092	9.366	130.665

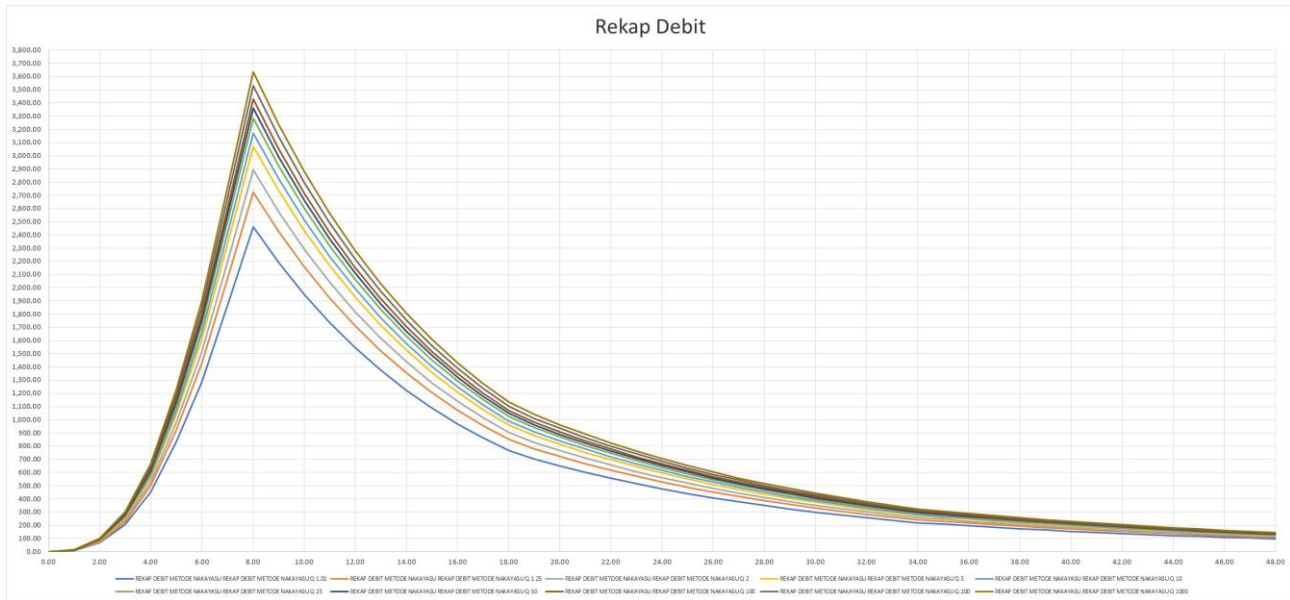
(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 43** Hasil Rekap Debit Banjir Metode HSS Nakayasu

REKAP DEBIT METODE NAKAYASU										
	Q 1.01	Q 1.25	Q 2	Q 5	Q 10	Q 25	Q 50	Q 100	Q 200	Q 1000
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	10.20	11.29	11.99	12.73	13.15	13.61	13.93	14.21	14.48	15.06
2.00	67.81	75.09	79.75	84.68	87.45	90.54	92.60	94.52	97.11	100.17
3.00	205.40	227.46	241.58	256.50	264.89	274.24	280.50	286.31	295.33	303.43
4.00	450.92	499.36	530.36	563.09	581.53	602.05	615.80	628.53	647.64	666.13
5.00	829.83	918.97	976.01	1,036.26	1,070.18	1,107.95	1,133.25	1,156.69	1,190.90	1,225.88
6.00	1,285.36	1,423.43	1,511.79	1,605.10	1,657.65	1,716.15	1,755.34	1,791.64	1,844.64	1,898.82
7.00	1,860.79	2,060.67	2,188.58	2,323.67	2,399.74	2,484.43	2,541.17	2,593.73	2,670.44	2,748.88
8.00	2,460.01	2,724.26	2,893.37	3,071.96	3,172.52	3,284.49	3,359.50	3,428.98	3,530.40	3,634.10
9.00	2,189.80	2,425.03	2,575.56	2,734.53	2,824.05	2,923.72	2,990.49	3,052.34	3,142.62	3,234.92
10.00	1,949.27	2,158.66	2,292.66	2,434.17	2,513.86	2,602.57	2,662.02	2,717.07	2,797.43	2,879.60
11.00	1,735.16	1,921.55	2,040.83	2,166.80	2,237.73	2,316.71	2,369.62	2,418.62	2,490.16	2,563.30
12.00	1,544.57	1,710.49	1,816.67	1,928.80	1,991.94	2,062.24	2,109.34	2,152.96	2,216.64	2,281.75
13.00	1,374.92	1,522.61	1,617.12	1,716.94	1,773.14	1,835.72	1,877.65	1,916.48	1,973.16	2,031.12
14.00	1,223.90	1,355.36	1,439.50	1,528.35	1,578.38	1,634.08	1,671.41	1,705.97	1,756.43	1,808.02
15.00	1,089.46	1,206.49	1,281.38	1,360.47	1,405.01	1,454.60	1,487.82	1,518.59	1,563.50	1,609.43
16.00	969.79	1,073.97	1,140.63	1,211.04	1,250.68	1,294.82	1,324.40	1,351.78	1,391.77	1,432.65
17.00	863.27	956.00	1,015.35	1,078.02	1,113.31	1,152.60	1,178.92	1,203.30	1,238.89	1,275.28
18.00	768.45	851.00	903.82	959.61	991.02	1,026.00	1,049.43	1,071.13	1,102.81	1,135.21
19.00	704.27	779.92	828.33	879.46	908.25	940.31	961.78	981.67	1,010.71	1,040.39
20.00	651.70	721.71	766.51	813.82	840.46	870.12	890.00	908.40	935.27	962.74
21.00	603.06	667.84	709.30	753.08	777.73	805.18	823.57	840.60	865.46	890.89
22.00	558.05	618.00	656.36	696.87	719.68	745.08	762.10	777.86	800.87	824.39
23.00	516.40	571.87	607.37	644.86	665.97	689.47	705.22	719.80	741.09	762.86
24.00	477.86	529.19	562.04	596.73	616.26	638.01	652.58	666.08	685.78	705.92
25.00	442.19	489.69	520.09	552.19	570.27	590.39	603.88	616.36	634.60	653.23
26.00	409.19	453.14	481.27	510.98	527.70	546.33	558.80	570.36	587.23	604.48
27.00	378.65	419.32	445.35	472.84	488.32	505.55	517.10	527.79	543.40	559.36
28.00	350.39	388.02	412.11	437.55	451.87	467.82	478.50	488.40	502.84	517.61
29.00	324.23	359.06	381.35	404.89	418.14	432.90	442.79	451.94	465.31	478.98
30.00	300.03	332.26	352.89	374.67	386.93	400.59	409.74	418.21	430.58	443.23
31.00	277.64	307.46	326.55	346.70	358.05	370.69	379.16	387.00	398.44	410.15
32.00	256.92	284.51	302.18	320.83	331.33	343.02	350.86	358.11	368.71	379.54
33.00	237.74	263.28	279.62	296.88	306.60	317.42	324.67	331.39	341.19	351.21
34.00	220.00	243.63	258.75	274.72	283.72	293.73	300.44	306.65	315.72	324.99
35.00	208.49	230.89	245.22	260.36	268.88	278.37	284.73	290.61	299.21	308.00
36.00	196.71	217.84	231.36	245.64	253.68	262.64	268.63	274.19	282.30	290.59
37.00	185.59	205.53	218.28	231.76	239.35	247.79	253.45	258.69	266.34	274.17
38.00	175.10	193.91	205.95	218.66	225.82	233.79	239.13	244.07	251.29	258.67
39.00	165.21	182.95	194.31	206.30	213.06	220.57	225.61	230.28	237.09	244.05
40.00	155.87	172.61	183.33	194.64	201.01	208.11	212.86	217.26	223.69	230.26
41.00	147.06	162.86	172.97	183.64	189.65	196.35	200.83	204.98	211.05	217.25
42.00	138.75	153.65	163.19	173.26	178.93	185.25	189.48	193.40	199.12	204.97
43.00	130.91	144.97	153.97	163.47	168.82	174.78	178.77	182.47	187.87	193.38
44.00	123.51	136.77	145.27	154.23	159.28	164.90	168.67	172.16	177.25	182.45
45.00	116.53	129.04	137.06	145.51	150.28	155.58	159.14	162.43	167.23	172.14
46.00	109.94	121.75	129.31	137.29	141.78	146.79	150.14	153.25	157.78	162.41
47.00	103.73	114.87	122.00	129.53	133.77	138.49	141.66	144.59	148.86	153.23
48.00	97.87	108.38	115.11	122.21	126.21	130.67	133.65	136.41	140.45	144.57

(Sumber : Hasil analisis)

## Hasil Grafik Metode Nakayasu



**Gambar 4. 8** Hasil Grafik Metode Nakayasu  
(Sumber : Hasil analisis)

### 4.3 Analisis Hidrologi Sub DAS JEROAN

#### 4.3.1 Tinjauan Umum

#### 4.3.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai

Sebelum menentukan daerah aliran sungai, terlebih dahulu menentukan lokasi dari bangunan air yang akan direncanakan. Dari lokasi ini ke arah hulu, kemudian ditentukan batas daerah aliran sungai dengan menarik garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memiliki kontur tertinggi sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau

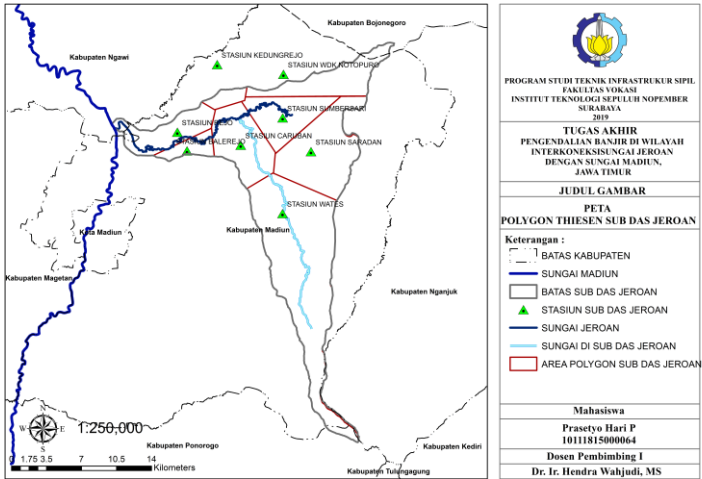
#### 4.3.3 Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan

Adapun jumlah stasiun yang masuk di lokasi Sub DAS Jeroan berjumlah 8 buah stasiun. Penentuan luas pengaruh stasiun hujan dengan Metode Thiesen karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat. Dari 8 stasiun tersebut masing-masing dihubungkan untuk memperoleh luas daerah pengaruh dari tiap stasiun. Di mana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

**Tabel 4. 44** Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap Sub DAS Jeroan

No	Pos hujan	Kecamatan	Luas yang terpengaruh (km <sup>2</sup> )	Presentasi %
1	Stasiun Puleh Rejo	Madiun	24,889	8,28
2	Stasiun Notopuro	Madiun	30,311	10,09
3	Stasiun Wates	Madiun	114,499	38,10
4	Stasiun Balerejo	Madiun	9,02	3,00
5	Stasiun Caruban	Madiun	34,012	11,32
6	Stasiun Saradan	Madiun	53,297	17,74
7	Stasiun Sumber Sari	Madiun	28,838	9,60
8	Stasiun Kedung Rejo	Madiun	5,637	1,88
Jumlah			300,503	100,00

(Sumber : Hasil analisis)



**Gambar 4.9** Luas Sub DAS dengan Metode Poligon *Thiessen*  
(Sumber : Hasil analisis)

## 4.3.4 Analisa Curah Hujan

### 4.3.4.1 Ketersediaan Data Hujan

Untuk mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai. Data hujan yang digunakan direncanakan selama 10 tahun sejak Tahun 2008 hingga Tahun 2017. Data hujan tahunan maksimum masing-masing stasiun ditampilkan pada Tabel 4.45. Data curah hujan tahunan maksimum ini didapat dari curah hujan harian dalam satu tahun yang terbesar di 8 stasiun .

**Tabel 4. 45** Data Curah Hujan di Sub DAS Jeroan

TAHUN	Stasiun Wdk Notopuro	Stasiun Puleh Rejo	Stasiun Wates	Stasiun Balerejo	Stasiun Caruban	Stasiun Saradan	Stasiun Sumber Sari	Stasiun Kedung Rejo
2008	93	105	106	112	100	133	114	97
2009	129	95	87	97	75	111	150	67
2010	108	115	93	83	95	108	125	73
2011	93	125	87	82	118	114	130	68
2012	69	85	76	72	127	118	125	48
2013	52	60	91	87	62	91	130	46
2014	98	146	85	106	100	96	125	63
2015	110	80	106	98	75	87	138	58
2016	105	93	78	87	78	108	107	67
2017	107	115	102	98	96	116	98	80

(Sumber :Dinas Balai Besar Bengawan Sungai Solo)

#### 4.3.4.2 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Harian Maksimum

Untuk menguji konsistensi data curah hujan, pendekatan yang digunakan dengan RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) berguna untuk menguji konsistensi hasil pengukuran pada suatu stasiun hujan. Hasil pengujian konsistensi data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.46 hingga Tabel 4.53

**Tabel 4. 46** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Wdk Notopuro

4. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Wdk Notopuro dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan ( $\bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ )	( $Y_i - \bar{Y}_i$ ) <sup>2</sup>	Sk*	$\frac{Sk^{**} - Sk^* / D}{y}$	Qmaks = Sk** Mak	Qmin = Sk** Min	R
1	2008	93	-3,40	11,56	-3,40	-0,1637			
2	2009	129	32,60	1062,76	29,20	1,4055			
3	2010	108	11,60	134,56	40,80	1,9638			
4	2011	93	-3,40	11,56	37,40	1,8002			
5	2012	69	-27,40	750,76	10,00	0,4813	1,9638	-1,65576082	3,6196
6	2013	52	-44,40	1971,36	-34,40	-1,6558			
7	2014	98	1,60	2,56	-32,80	-1,5787			
8	2015	110	13,60	184,96	-19,20	-0,9241			
9	2016	105	8,60	73,96	-10,60	-0,5102			
10	2017	107	10,60	112,36	0,00	0,0000			
Jumlah		964,00							
Rerata ( $\bar{Y}_i$ )		96,40	nilai Q	=		0,62101104			
Dy		20,7759476	nilai R	=		1,14460858			

(Sumber : Hasil analisis)



**Tabel 4. 47** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Puleh Rejo

9. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Puleh Rejo dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Y <sub>i</sub> )	(Y <sub>i</sub> -Ȳ)	(Y <sub>i</sub> -Ȳ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D <sub>y</sub>	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	105	3,10	9,61	3,10	0,13243873			
2	2009	95	-6,90	47,61	-3,80	-0,16234425			
3	2010	115	13,10	171,61	9,30	0,39731619			
4	2011	125	23,10	533,61	32,40	1,38419834			
5	2012	85	-16,90	285,61	15,50	0,66219365	1,384198337	-1,12786531	2,5121
6	2013	60	-41,90	1755,61	-26,40	-1,12786531			
7	2014	146	44,10	1944,81	17,70	0,75618243			
8	2015	80	-21,90	479,61	-4,20	-0,17943312			
9	2016	93	-8,90	79,21	-13,10	-0,55966044			
10	2017	115	13,10	171,61	0,00	-2,4285E-15			
Jumlah		1019,00							
Rerata (Ȳ)		101,90	nilai Q	=		0,43772195			
D <sub>y</sub>		23,4070502	nilai R	=		0,79438428			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 48** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Wates

10. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Wates dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Y <sub>i</sub> )	(Y <sub>i</sub> -Ȳ)	(Y <sub>i</sub> -Ȳ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D <sub>y</sub>	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	106	14,90	222,01	14,90	1,46324764			
2	2009	87	-4,10	16,81	10,80	1,06060902			
3	2010	93	1,90	3,61	12,70	1,24719765			
4	2011	87	-4,10	16,81	8,60	0,84455904			
5	2012	76	-15,10	228,01	-6,50	-0,63832951	1,463247636	-1,24719765	2,710445286
6	2013	91	-0,10	0,01	-6,60	-0,64814996			
7	2014	85	-6,10	37,21	-12,70	-1,24719765			
8	2015	106	14,90	222,01	2,20	0,21604999			
9	2016	78	-13,10	171,61	-10,90	-1,07042948			
10	2017	102	10,90	118,81	0,00	5,5823E-15			
Jumlah		911,00							
Rerata (Ȳ)		91,10	nilai Q	=		0,46271953			
D <sub>y</sub>		10,1828287	nilai R	=		0,85711806			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 49** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Balerejo

11. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Balerejo dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Yi)	(Yi-Y $\bar{Y}$ )	(Yi-Y $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D <sub>y</sub>	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	112	19,80	392,04	19,80	1,7210			
2	2009	97	4,80	23,04	24,60	2,1382			
3	2010	83	-9,20	84,64	15,40	1,3386			
4	2011	82	-10,20	104,04	5,20	0,4520			
5	2012	72	-20,20	408,04	-15,00	-1,3038	2,1382	-1,7558	3,8940
6	2013	87	-5,20	27,04	-20,20	-1,7558			
7	2014	106	13,80	190,44	-6,40	-0,5563			
8	2015	98	5,80	33,64	-0,60	-0,0522			
9	2016	87	-5,20	27,04	-5,80	-0,5041			
10	2017	98	5,80	33,64	0,00	0,0000			
Jumlah		922,00							
Rerata (Y $\bar{Y}$ )		92,20	nilai Q	=		0,67617129			
Dy		11,5047816	nilai R	=		1,23140138			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 50** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Caruban

12. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Caruban dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Yi)	(Yi-Y $\bar{Y}$ )	(Yi-Y $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**=Sk*/D <sub>y</sub>	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	100	7,40	54,76	7,40	0,3834			
2	2009	75	-17,60	309,76	-10,20	-0,5285			
3	2010	95	2,40	5,76	-7,80	-0,4042			
4	2011	118	25,40	645,16	17,60	0,9120			
5	2012	127	34,40	1183,36	52,00	2,6945	2,6945	-0,5285	3,2230
6	2013	62	-30,60	936,36	21,40	1,1089			
7	2014	100	7,40	54,76	28,80	1,4923			
8	2015	75	-17,60	309,76	11,20	0,5803			
9	2016	78	-14,60	213,16	-3,40	-0,1762			
10	2017	96	3,40	11,56	0,00	0,0000			
Jumlah		926,00							
Rerata (Y $\bar{Y}$ )		92,60	nilai Q	=		0,85206982			
Dy		19,2987046	nilai R	=		1,0192066			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 51** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Saradan

13. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Saradan dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Y <sub>i</sub> )	(Y <sub>i</sub> - $\bar{Y}$ )	(Y <sub>i</sub> - $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**= $\frac{Sk^*}{D}$ y	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	133	24,80	615,04	24,80	1,8978			
2	2009	111	2,80	7,84	27,60	2,1121			
3	2010	108	-0,20	0,04	27,40	2,0968			
4	2011	114	5,80	33,64	33,20	2,5407			
5	2012	118	9,80	96,04	43,00	3,2906	3,2906	-0,5969	3,8875
6	2013	91	-17,20	295,84	25,80	1,9744			
7	2014	96	-12,20	148,84	13,60	1,0407			
8	2015	87	-21,20	449,44	-7,60	-0,5816			
9	2016	108	-0,20	0,04	-7,80	-0,5969			
10	2017	116	7,80	60,84	0,00	0,0000			
Jumlah		1082,00							
Rerata ( $\bar{Y}$ )		108,20		nilai Q	=	1,04057978			
Dy		13,067517		nilai R	=	1,22933611			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 52** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Sumber Sari

14. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Sumber sari dengan Metode RAPS									
NO	TAHUN	Data Hujan (Y <sub>i</sub> )	(Y <sub>i</sub> - $\bar{Y}$ )	(Y <sub>i</sub> - $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	Sk*	Sk**= $\frac{Sk^*}{D}$ y	Qmaks = Sk** Mak	Qmin=Sk** Min	R
1	2008	114	-10,20	104,04	-10,20	-0,7192			
2	2009	150	25,80	665,64	15,60	1,0999			
3	2010	125	0,80	0,64	16,40	1,1563			
4	2011	130	5,80	33,64	22,20	1,5652			
5	2012	125	0,80	0,64	23,00	1,6216			
6	2013	130	5,80	33,64	28,80	2,0306	3,0600	-0,7192	3,7791
7	2014	125	0,80	0,64	29,60	2,0870			
8	2015	138	13,80	190,44	43,40	3,0600			
9	2016	107	-17,20	295,84	26,20	1,8473			
10	2017	98	-26,20	686,44	0,00	0,0000			
Jumlah		1242,00							
Rerata ( $\bar{Y}$ )		124,20		nilai Q	=	0,96765137			
Dy		14,1830885		nilai R	=	1,19507174			

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 53** Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Stasiun Hujan Kedung Rejo

15. Pengujian Konsistensi Stasiun Hujan Kedung Rejo dengan Metode RAPS										
NO	TAHUN	Data Hujan		$(Y_i - \bar{Y})$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	Sk*	$Sk^{**} = Sk^*/D$	Qmaks = Sk**	Qmin = Sk**	R
		( $\bar{Y}_i$ )	( $\bar{Y}$ )							
1	2008	97	30,30	918,09	30,30	2,1403				
2	2009	67	0,30	0,09	30,60	2,1615				
3	2010	73	6,30	39,69	36,90	2,6066				
4	2011	68	1,30	1,69	38,20	2,6984				
5	2012	48	-18,70	349,69	19,50	1,3774				
6	2013	46	-20,70	428,49	-1,20	-0,0848	2,6984	-0,9607		3,6591
7	2014	63	-3,70	13,69	-4,90	-0,3461				
8	2015	58	-8,70	75,69	-13,60	-0,9607				
9	2016	67	0,30	0,09	-13,30	-0,9395				
10	2017	80	13,30	176,89	0,00	0,0000				
Jumlah		667,00								
Rerata ( $\bar{Y}$ )		66,70		nilai Q =		0,85330378				
Dy		14,1566239		nilai R =		1,15709779				

(Sumber : Hasil analisis)

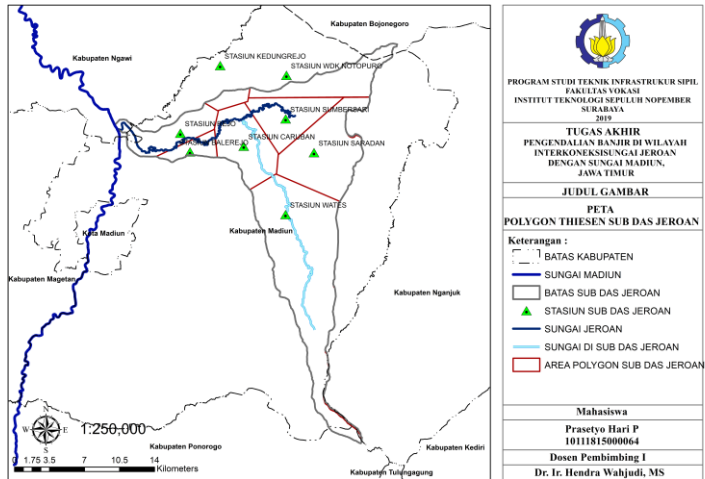
**Tabel 4. 54** Rekap Perhitungan *Rescaled Adjusted Partial Sums* Semua Stasiun Hujan di Sub DAS Jeroan

Hasil REKAP Pengujian RAPS						
No	Nama Stasiun	Q/n <sup>0.5</sup>		R/n <sup>0.5</sup>		Keterangan
		Hitung	Batas	Hitung	Batas	
1	Stasiun Hujan Bangunsari	0,78	1,14	0,78	1,28	Data Konsisten
2	Stasiun Hujan Puleh Rejo	0,44	1,14	0,79	1,28	Data Konsisten
3	Stasiun Hujan Wates	0,46	1,14	0,86	1,28	Data Konsisten
4	Stasiun Hujan Balerejo	0,68	1,14	1,23	1,28	Data Konsisten
5	Stasiun Hujan Caruban	0,85	1,14	1,02	1,28	Data Konsisten
6	Stasiun Hujan Saradan	1,04	1,14	1,23	1,28	Data Konsisten
7	Stasiun Hujan Summersari	0,97	1,14	1,20	1,28	Data Konsisten
8	Stasiun Hujan Kedung Rejo	0,85	1,14	1,16	1,28	Data Konsisten

(Sumber : Hasil analisis)

Dari hasil uji konsistensi data menggunakan (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) diperoleh kesimpulan bahwa data hujan yang didapat pada setiap stasiun memiliki data yang konsisten. Hal tersebut dapat dilihat pada batas nilai Q dan R tiap stasiun di Sub DAS Jeroan pada Tabel 4.54 konsisten.

#### 4.3.4.3 Curah Hujan Daerah Pengamatan



**Gambar 4. 10** Poligon *Thiessen* Sub DAS Jeroan

Besarnya curah hujan rata-rata daerah pengamatan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Madiun dihitung dengan Metode Polygon Thiessen. Metode ini dianggap baik karena mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Metode polygon Thiessen memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Metode Thiessen digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata.

Untuk perhitungan debit banjir rancangan digunakan data hujan yang berpengaruh pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Madiun, ada 8 Stasiun yang berpengaruh dengan data yang tersedia masing masing selama 10 tahun (2008–2017). Kemudian dari stasiun-stasiun yang berpengaruh terhadap Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Madiun tersebut, dengan menggunakan metode Polygon Thiessen didapat faktor pengaruh stasiun hujan sebagai berikut :

**Tabel 4. 55** Faktor Pengaruh Stasiun Hujan di Sub DAS Jeroan

No	Pos hujan	Kecamatan	Luas yang terpengaru	Presentasi %
1	Stasiun Puleh Rejo	Madiun	24.889	8.28
2	Stasiun Notopuro	Madiun	30.311	10.09
3	Stasiun Wates	Madiun	114.499	38.10
4	Stasiun Balerejo	Madiun	9.02	3.00
5	Stasiun Caruban	Madiun	34.012	11.32
6	Stasiun Saradan	Madiun	53.297	17.74
7	Stasiun Sumber Sari	Madiun	28.838	9.60
8	Stasiun Kedung Rejo	Madiun	5.637	1.88
Jumlah			300.503	100.00

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 56** Tinggi Curah hujan daerah di Sub DAS Jeroan

No	Tahun	Tinggi curah hujan daerah
1	2008	110
2	2009	100
3	2010	102
4	2011	103
5	2012	94
6	2013	84
7	2014	100
8	2015	99
9	2016	90
10	2017	105

(Sumber : Hasil analisis)

### 4.3.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya (Sosrodarsono dan Takeda, 1993). Data curah hujan tersebut dihitung berdasarkan parameter-parameter statistik yang mendukung untuk penentuan jenis sebaran berdasarkan syarat- syarat yang sudah ditentukan, serta perhitungan dispersi statistik dan logaritmik disajikan pada Tabel 4.57 Dimana

$X_i$  = Besarnya curah hujan daerah (mm).

$\bar{X}$  = Rata-rata curah hujan maksimum daerah

**Tabel 4. 57** Hasil perhitungan parameter statistik

<b>Distribusi Frekuensi Metode Gumbel</b>					
<b>Tahun</b>	<b>Hujan</b>	$(xi - \bar{x})$	$(xi - \bar{x})^2$	$(xi - \bar{x})^3$	$(xi - \bar{x})^4$
2008	109,711	11,13	123,84	1378,11	15335,98
2009	100,1548	1,57	2,47	3,89	6,11
2010	101,7438	3,16	9,99	31,59	99,84
2011	103,2473	4,66	21,76	101,49	473,43
2012	93,60651	-4,98	24,76	-123,23	613,20
2013	84,13909	-14,44	208,62	-3013,21	43521,79
2014	99,93463	1,35	1,83	2,47	3,34
2015	98,76059	0,18	0,03	0,01	0,00
2016	89,91686	-8,67	75,10	-650,78	5639,61
2017	104,6127	6,03	36,36	219,25	1322,10
Jumlah	985,827		504,76	-2050,42	67015,41
Rata-rata	98,583				
n	=	10			
Sd	=	7,49			
Cs	=	-0,68			
Ck	=	4,23			
Cv	=	0,08			

(Sumber : Hasil analisis)

Parameter Statistik (*Normal dan Gumbel*)

Rata-rata = 98,583

**Standard Deviasi (s)**

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{504,76}{10 - 1}}$$

$$S = 7,49$$

**Koefisien Skewness (Cs)**

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)s^3} = \frac{10 \times (-2.050,42)}{(10 - 1)(10 - 2) 7,49^3}$$

$$Cs = -0,68$$

**Koefisien Variety (Cv)**

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{7,49}{98,583}$$

$$Cv = 0,08$$

**Koefisien Kurtosis (Ck)**

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} = \frac{67.015,41}{7,49^4}$$

$$Ck = 4,23$$



**Tabel 4. 58** Hasil perhitungan parameter statistik

<b>Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III</b>						
Tahun	X	Log X	$(\log x) - (\log \bar{x})$	$(\log x) - (\log \bar{x})^2$	$(\log x) - (\log \bar{x})^3$	$(\log x) - (\log \bar{x})^4$
2008	109.711	2.040	0.0476	0.00227	0.00011	2.64E-11
2009	100.155	2.001	0.0080	0.00006	0.00000	1.74E-17
2010	101.744	2.008	0.0149	0.00022	0.00000	2.40E-15
2011	103.247	2.014	0.0212	0.00045	0.00001	4.15E-14
2012	93.6065	1.971	-0.0213	0.00045	-0.00001	4.28E-14
2013	84.1391	1.925	-0.0676	0.00457	-0.00031	4.38E-10
2014	99.9346	2.000	0.0071	0.00005	0.00000	6.33E-18
2015	98.7606	1.995	0.0019	0.00000	0.00000	2.09E-22
2016	89.9169	1.954	-0.0388	0.00150	-0.00006	5.13E-12
2017	104.613	2.020	0.0270	0.00073	0.00002	2.78E-13
JUMLAH	985.83	1993		0.00	0.01	0.000
rata	98.583	1.993				4.70E-10
n	=	10				
Sd	=	0.034				
Cs	=	-0.845				
Ck	=	0.00007				
Cv	=	0.02				

(Sumber : Hasil analisis)

Parameter Statistik (*Log Pearson Type III*)

Rata-rata = 1,993

**Standard Deviasi (S)**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \log \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,01}{10 - 1}}$$

S = 0,034

**Koefisien Skewness (Cs)**

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{10 \times (-0,0024)}{(10 - 1)(10 - 2)0,034^3}$$

Cs = -0,845

**Koefisien Variety (Cv)**

$$Cv = \frac{S}{\text{Log } X} = \frac{0,034}{1,993}$$

$$Cv = 0,02$$

**Koefisien Kurtosis (Ck)**

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{10^2 \times 4,70E - 10}{9 \times 8 \times 7 \times 0,034}$$

$$Ck = 0,00007$$

Dari parameter statistik yang sudah ada kemudian dilakukan pemilihan jenis analisis frekuensi yang akan digunakan dengan membandingkan persyaratan-persyaratan dengan hasil perhitungan pada yang dapat dilihat pada Tabel 4.59

**Tabel 4. 59** Pemilihan jenis distribusi

NO	JENIS DISTRIBUSI	SYARAT	HASIL SYARAT	HASIL PERHIT	KETERANGA N
1	Metode Normal	Cs = 0	0.000	-0.68	diTerima
		Ck = 3	3	4.23	Tidak Diterima
2	Metode Gumbel	Cs < 1.139	1,139	-0.68	diTerima
		Ck = 5.4002	5.4002	0.08	Tidak Diterima
3	Metode Log	Cs ≠ 0	bebas	-0.845	diTerima
	Pearson Type III	Ck = 1,5 Cs^2 + 3	bebas	0.00007	diTerima

(Sumber : Hasil analisis)

Berdasarkan tabel 4.59, maka dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang memenuhi syarat yaitu Distribusi *Log Pearson Type III*.

#### 4.2.5.1 Perhitungan CH Rencana Metode *Log Pearson Tipe III* Menghitung curah hujan dengan persamaan

$$Y = \tilde{y} + k.S$$

Perhitungan curah hujan rencana dengan distribusi sebaran metode Log Pearson Tipe III dapat dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter statistik yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Untuk mencari nilai curah hujan rencana dapat menggunakan rumus :

$$\text{Log}(x)_t = \text{Log}(x) + K_t x Sd \text{Log}(x)$$

$$\tilde{y} = \text{Rata-rata hitung nilai } Y \text{ atau } \text{Log}(x) = 1,993$$

$$Sd = \text{Standard devisi} = 0,034$$

$$Cs = \text{Nilai Kemencengan} = -0,845$$

$$K = \text{Diambil dari table K ( Tabel 2.5 )}$$

Perhitungan curah hujan rencana disajikan dalam Tabel 4.60.

**Tabel 4. 60** Perhitungan curah hujan rencana metode *Log Pearson tipe III*  
Tabel Distribusi Sebaran Metode Log Pearson Tipe III

No	Periode	Cs	K	Log R	R (mm)	Sd	Ck	Cv
1	1,01	-2,823	-2,923	1,89367	78,28285	0,034	0,00007	0,02
2	1,25	-0,790	-0,777	1,96634	92,54224	0,034	0,00007	0,02
3	2	0,116	0,139	1,99735	99,39271	0,034	0,00007	0,02
4	5	0,857	0,857	2,02165	105,11037	0,034	0,00007	0,02
5	10	1,183	1,159	2,03190	107,62056	0,034	0,00007	0,02
6	25	1,488	1,431	2,04109	109,92296	0,034	0,00007	0,02
7	50	1,663	1,581	2,04616	111,21483	0,034	0,00007	0,02
8	100	1,806	1,700	2,05019	112,25024	0,034	0,00007	0,02
9	200	1,926	1,795	2,05343	113,09181	0,034	0,00007	0,02
10	1000	2,150	1,976	2,05953	114,69240	0,034	0,00007	0,02

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.5.2 Perhitungan CH Rencana Metode Gumbel

Metode Gumbel tipe satu menggunakan persamaan

$$X_t = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

Dimana :

$$\bar{X} = 98,583$$

$$Sd = 7,49$$

$$S_n = (n=10) = 0,9496$$

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

$$Y_n = (n=10) = 0,495$$

$$Y_t = \text{Tabel 2.6}$$

**Tabel 4. 61** Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel

Tabel Distribusi Sebaran Metode Gumbel											
No	periode	rata-rata	yt	yn	sn	Yt-Yn	Yt-Yn/Sn	Sd	(Yt-Yn)/Sd/Sn	Xt	
1	1,01	98,58	-1,53	0,495	0,950	-2,02	-2,13	7,49	-15,97	82,62	
2	1,25	98,58	-0,48	0,495	0,950	-0,97	-1,02	7,49	-7,66	90,92	
3	2,00	98,58	0,37	0,495	0,950	-0,13	-0,14	7,49	-1,01	97,57	
4	5,00	98,58	1,50	0,495	0,950	1,00	1,06	7,49	7,92	106,51	
5	10,00	98,58	2,25	0,495	0,950	1,76	1,85	7,49	13,84	112,42	
6	25,00	98,58	3,20	0,495	0,950	2,70	2,85	7,49	21,32	119,90	
7	50,00	98,58	3,90	0,495	0,950	3,41	3,59	7,49	26,87	125,45	
8	100,00	98,58	4,60	0,495	0,950	4,10	4,32	7,49	32,37	130,96	
9	200,00	98,58	5,30	0,495	0,950	4,80	5,06	7,49	37,86	136,44	
10	1000,00	98,58	6,91	0,495	0,950	6,41	6,75	7,49	50,57	149,15	

(Sumber : Hasil analisis)

## 4.2.6 Pengujian Keselarasan Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran dilakukan untuk menguji kesesuaian data yang tersedia dengan distribusi yang dipakai. Pengujian kecocokan sebaran dilakukan dengan dua cara yaitu cara Smirnov-Kolmogorov dan uji Chi-Kuadrat

### 4.2.6.1 Uji Sebaran Dengan Chi Kuadrat

Untuk menguji keselarasan sebaran Metode Gumbel Tipe I, digunakan Uji Sebaran Chi Kuadrat (*Chi Square Test*) (Soewarno, 1995). Digunakan Persamaan Bab II sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 X^2 &= \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \\
 K &= 1 + 3,322 \text{ Log } n \\
 &= 1 + 3,322 \text{ Log } 10 \\
 &= 4,32 = 4 \\
 DK &= K - (1 + 1) \\
 &= 4 - (2 + 1) \\
 &= 1 \\
 E_i &= \frac{n}{K} = \frac{10}{4} = 2,5 \\
 \Delta X &= (X_{\text{maks}} - X_{\text{min}}) / (K-1) \\
 &= (109,711 - 84,139) / (4-1) \\
 &= 8,52 \\
 X_{\text{awal}} &= X_{\text{min}} - \frac{1}{2} \Delta X \\
 &= 84,139 - \frac{1}{2} 8,52 \\
 &= 79,88
 \end{aligned}$$

Nilai  $f_2$  cr dicari pada Tabel 2.7 dengan menggunakan nilai  $DK=2$  dan Derajat Kepercayaan 5%, lalu dibandingkan dengan nilai  $f_2$  hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.63. Syarat yang harus dipenuhi yaitu  $f_2$  hitungan  $< f_2$  cr (Soewarno, 1995).

**Tabel 4. 62** Uji Chi-Kuadrat

Tahun	CH	xi ranks
2008	109.71	109.711
2009	100.15	104.613
2010	101.74	103.247
2011	103.25	101.744
2012	93.61	100.155
2013	84.14	99.935
2014	99.93	98.761
2015	98.76	93.607
2016	89.92	89.917
2017	104.61	84.139
Jumlah	985.827	
rata- rata	98.583	

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 63** Uji Chi-Kuadrat

	K =	4.32	diambil	4			
	dk=	1					
	Ei =	2.5					
	$\Delta X =$	8.52					
	X awal =	79.88					
	chi kritis =	3.841					
NO	Grup Kelas		Jumlah Data	Oi	Ei	(Oi-Ei)	$f^2 = (Oi-Ei)^2/Ei$
1	79.88	$< X \leq$	88.40	1	2.5	-1.5	0.9
2	88.40	$< X \leq$	96.93	2	2.5	-0.5	0.1
3	96.93	$< X \leq$	104.25	5	2.5	2.5	2.5
4		$X >$	104.25	2	2.5	-0.5	0.1
	Jumlah		10	10	0	3.6	
karena nilai chi kuadrat < chi kritis maka distribusi dapat diterima							
		3.6	<	3.841	diTerima		

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.6.2 Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Uji keselarasan Smirnov – Kolmogorov, sering juga uji kecocokan non parametrik (non parametric test), karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Hasil perhitungan uji keselarasan sebaran dengan Smirnov – Kolmogorov untuk Metode Gumbel Tipe I dapat dilihat pada Tabel 4.15.

$X_i$  = Curah hujan rencana

$X_{rt}$  = Rata-rata curah hujan = 98,583 mm

$S_d$  = Standar deviasi = 0,0427

$n$  = jumlah data = 10

**Tabel 4. 64** Uji Keselarasan Sebaran Smirnov – Kolmogorov

<b>2. UJI KECOCOKAN SMIRNOV KOLMOGOROV</b>													
Tahun	CH	1 xi ranks	2 Log Xi	3 S	4 $(xi - \bar{x})^2$	5 m	6 $P(x) = m/(n+1)$	7= nilai 1- angka 6 $P(Xi <)$	8= 4/3 f(t)	9 $P'(xi)=m/(n-1)$	10= nilai 1- angka 9 $p'(Xi <)$	11= 10-7 D	
2008	109.711	109.711	2.040	0.0427	0.048	11	0.5238	0.48	1.1143	0.5789	0.4211	-0.0551	
2009	100.155	104.613	2.020	0.0427	0.027	12	0.5714	0.43	0.6307	0.6316	0.3684	-0.0602	
2010	101.744	103.247	2.014	0.0427	0.021	13	0.6190	0.38	0.4972	0.6842	0.3158	-0.0652	
2011	103.247	101.744	2.008	0.0427	0.015	14	0.6667	0.33	0.3481	0.7368	0.2632	-0.0702	
2012	93.607	100.155	2.001	0.0427	0.008	15	0.7143	0.29	0.1881	0.7895	0.2105	-0.0752	
2013	84.139	99.935	2.000	0.0427	0.007	16	0.7619	0.24	0.1657	0.8421	0.1579	-0.0802	
2014	99.935	98.761	1.995	0.0427	0.002	17	0.8095	0.19	0.0456	0.8947	0.1053	-0.0852	
2015	98.761	93.607	1.971	0.0427	-0.021	18	0.8571	0.14	-0.4991	0.9474	0.0526	-0.0902	
2016	89.917	89.917	1.954	0.0427	-0.039	19	0.9048	0.10	-0.9078	1.0000	0.0000	-0.0952	
2017	104.613	84.139	1.925	0.0427	-0.068	20	0.9524	0.05	-1.5828	1.0526	-0.0526	-0.1003	
Jumlah			19.926								D max =	-0.06	
Rata - Rata		98.583	1.993								Do =	0.41	
karena $D_{max} < D_o$ kritis maka distribusi dapat diterima													
-0.055 < 0.41 diTerima													

(Sumber : Hasil analisis)

### 4.2.7 Intensitas Curah Hujan

Rumus yang digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan adalah persamaan DR. Mononobe karena data curah hujan yang tersedia adalah data curah hujan harian. Dalam perhitungan intensitas hujan menggunakan data dari Distribusi Gumbel. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$$

di mana :

R1 = intensitas hujan rerata data T jam (%).

R24 = curah hujan efektif dalam 1 (satu) hari.

t = waktu konsentrasi hujan > 6 (enam) jam.

T = waktu mulai hujan

**Tabel 4. 65** Perhitungan intensitas curah hujan

1. PERHITUNGAN INTENSITAS HUJAN METODE MONONOBE												
		Periode ulang (Tahun)										
		R 1.01	R 1.25	R 2	R 5	R 10	R 25	R 50	R 100	R 200	R 1000	
No.	t (menit)	t (jam)	Curah Hujan Rencana Maksimum, R <sub>24</sub> (mm)									
			78,28	92,54	99,39	105,11	107,62	109,92	111,21	112,25	113,09	114,69
1	60	1	27,17	32,12	34,49	36,48	37,35	38,15	38,60	38,96	39,25	39,80
2	120	2	17,11	20,23	21,72	22,97	23,52	24,03	24,31	24,54	24,72	25,07
3	180	3	13,06	15,43	16,58	17,53	17,95	18,33	18,55	18,72	18,86	19,13
4	240	4	10,78	12,74	13,68	14,47	14,82	15,13	15,31	15,45	15,57	15,79
5	300	5	9,29	10,98	11,79	12,47	12,77	13,04	13,19	13,32	13,42	13,61
6	360	6	8,22	9,72	10,44	11,04	11,30	11,55	11,68	11,79	11,88	12,05
7	420	7	7,42	8,77	9,42	9,96	10,20	10,42	10,54	10,64	10,72	10,87
8	480	8	6,79	8,02	8,62	9,11	9,33	9,53	9,64	9,73	9,81	9,94
9	540	9	6,27	7,42	7,97	8,42	8,63	8,81	8,91	9,00	9,06	9,19
10	600	10	5,85	6,91	7,43	7,85	8,04	8,21	8,31	8,39	8,45	8,57
11	660	11	5,49	6,49	6,97	7,37	7,55	7,71	7,80	7,87	7,93	8,04
12	720	12	5,18	6,12	6,58	6,95	7,12	7,27	7,36	7,43	7,48	7,59
13	780	13	4,91	5,80	6,23	6,59	6,75	6,89	6,98	7,04	7,09	7,19
14	840	14	4,67	5,52	5,93	6,27	6,42	6,56	6,64	6,70	6,75	6,85
15	900	15	4,46	5,28	5,67	5,99	6,14	6,27	6,34	6,40	6,45	6,54
16	960	16	4,27	5,05	5,43	5,74	5,88	6,00	6,07	6,13	6,18	6,26
17	1020	17	4,11	4,85	5,21	5,51	5,64	5,76	5,83	5,89	5,93	6,01
18	1080	18	3,95	4,67	5,02	5,31	5,43	5,55	5,61	5,67	5,71	5,79
19	1140	19	3,81	4,51	4,84	5,12	5,24	5,35	5,42	5,47	5,51	5,58
20	1200	20	3,68	4,35	4,68	4,95	5,06	5,17	5,23	5,28	5,32	5,40
21	1260	21	3,57	4,22	4,53	4,79	4,90	5,01	5,07	5,11	5,15	5,22
22	1320	22	3,46	4,09	4,39	4,64	4,75	4,85	4,91	4,96	4,99	5,06
23	1380	23	3,36	3,97	4,26	4,51	4,61	4,71	4,77	4,81	4,85	4,92
24	1440	24	3,26	3,86	4,14	4,38	4,48	4,58	4,63	4,68	4,71	4,78

(Sumber : Hasil analisis)



## 4.2.8 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk menghitung atau memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi dalam berbagai periode ulang dengan hasil yang baik dapat dilakukan dengan analisis data aliran dari sungai yang bersangkutan. Oleh karena data aliran yang bersangkutan tidak tersedia maka dalam perhitungan debit banjir akan digunakan beberapa metode:

- Metode Rasional
- Metode HSS Nakayasu

### 4.2.7.1 Metode Rasional

Untuk menghitungnya menggunakan Persamaan 2.25 s/d Persamaan 2.28 pada Bab II yaitu sebagai berikut :

$$Qt = \frac{C \times I \times A}{3,6} = 0,278 \times C \times I \times A$$

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

$$Tc = L/W$$

$$W = 72 \times \left(\frac{\Delta H}{L}\right)^{0,6}$$

Data yang ada yaitu :

L = jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau (km) = 38,28 km = 38.283 m

A = luas DAS (km<sup>2</sup>) = 300,50 km<sup>2</sup>

H = beda tinggi ujung hulu dengan titik tinggi yang ditinjau (km) = 29,67 m

Curah Hujan Harian :

R24 periode ulang 1,01 tahun = 78,28 mm

R24 periode ulang 1,25 tahun = 92,54 mm

R24 periode ulang 2 tahun = 99,39 mm

R24 periode ulang 5 tahun = 105,11 mm

R24 periode ulang 10 tahun = 107,62 mm

R24 periode ulang 25 tahun = 109,92 mm

R24 periode ulang 50 tahun = 111,21 mm

R24 periode ulang 100 tahun	= 112,25 mm
R24 periode ulang 200 tahun	= 113,09 mm
R24 periode ulang 1000 tahun	= 114,69 mm

**Waktu Konsentrasi**

$$T_c = L/W$$

$$W = 72 \times \left( \frac{\Delta H}{L} \right)^{0,6}$$

$$W = 72 \times \left( \frac{29,67}{35.283} \right)^{0,6}$$

$$= 1.028 \text{ m/detik}$$

$$T_c = L/W$$

$$= 9,53 \text{ jam}$$

**Intensitas Hujan R 25**

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

$$I = \frac{109,92}{24} \times \left( \frac{24}{9,53} \right)^{2/3}$$

$$= 8,478 \text{ mm/Jam}$$

Data Kondisi Daerah Aliran Sungai :

Hutan	= 123,67 Km <sup>2</sup>	= 0,625
Kebun	= 30,87 Km <sup>2</sup>	= 0,825
Perairan darat	= 1,03 Km <sup>2</sup>	= 0,40
Perkebunan	= 1,78 Km <sup>2</sup>	= 0,20
Pemukiman	= 33,65 Km <sup>2</sup>	= 0,75
Persawahan	= 106,23 Km <sup>2</sup>	= 0,75
Pertanian Semusim	= 3,48 Km <sup>2</sup>	= 0,10
Tanah Terbuka	= 0,074 Km <sup>2</sup>	= 0,20

**Menentukan Koefisien Pengaliran (C)**

$$C = \frac{(C1 \times A1) + (C2 \times A2) + (C3 \times A3) + (Cn \times An)}{A1 + A2 + A3 + An}$$

$$C = \frac{196.0641}{300,50}$$

$$= 0,652$$

**Debit Banjir R 25**

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

$$= 0,278 \times 0,652 \times 8,478 \times 300,50$$

$$= 461,78 \text{ m}^3/\text{detik}$$

**Tabel 4. 66** Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Persamaan Distrik Jerman											
No	Periode Ulang (tahun)	A (km <sup>2</sup> )	L (m)	H (m)	C	w (m/dtk)	kemiringan Sungai (S)	tc Jam	I (mm/jam)	Qt (m <sup>3</sup> /dtk)	
1	R 1.01	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	6,038	328,86
2	R 1.25	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	7,138	388,76
3	R 2	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	7,666	417,54
4	R 5	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	8,107	441,56
5	R 10	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	8,301	452,10
6	R 25	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	8,478	461,78
7	R 50	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	8,578	467,20
8	R 100	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	8,658	471,55
9	R 200	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	8,723	475,09
10	R 1000	300,50	35283	29,67	0,65	1,028	0,001		9,53	8,846	481,81

(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.2.7.3 Metode Nakayasu

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu menggunakan Pers. 2.42 s/d Pers. 2.49 pada Bab II (Soemarto, 1999) dengan langkah-langkah:

##### I. Karakteristik DAS

1. Nama Sungai = Jeroan
2. Luas Daerah Aliran Sungai (A) = 300,50 Km<sup>2</sup>
3. Panjang Sungai Utama (L) = 35,28 Km
4. Tinggi Hujan (Ro) = 1 mm
5. Durasi Hujan Tr = 5 Jam
6. Nilai  $\alpha$  = 1,87

##### II. Parameter Hidrograf Satuan Sintetis

1. Tenggang waktu antara hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L > 15$  Km, maka

$$\begin{aligned} T_g &= 0,4 + 0,058 L \\ &= 0,4 + 0,058 \times 25,28 \text{ Km} \\ &= 2,446 \text{ Jam} \end{aligned}$$

2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0.6 \text{ tg}$

$$\begin{aligned} T_r &= 0,6 \times T_g \\ &= 0,6 \times 2,446 \text{ Jam} \\ &= 1,468 \text{ jam} \end{aligned}$$

3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$\begin{aligned} T_p &= T_g + 0,8 T_r \\ &= 2,446 + 0,8 \times 1,468 \text{ Jam} \\ &= 3,425 \text{ Jam} \end{aligned}$$

4. Penurunan debit puncak sampai 30% ( $T_{0,3}$ )

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= \alpha \times T_g \\ &= 1,87 \times 2,446 \\ &= 4,581 \text{ Jam} \end{aligned}$$

5. Debit puncak (Qp)

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{C \times A \times R_o}{3,6 \times (0,3 T_p + T^{0,3})} \\ Q_p &= \frac{0,620 \times 300,50 \times 1}{3,6 \times (0,3 \times 3,621 + 4,581)} \\ &= 9,132 \text{ m}^3 / \text{detik} \end{aligned}$$

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

1. Untuk lengkung naik

$$t \leq T_p$$

$$t \leq 3,621 \text{ Jam}$$

2. Untuk lengkung turun I

$$T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$$

$$3,621 \leq t \leq 8,201$$

3. Untuk lengkung turun II

$$T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5x T_{0,3}$$

$$8,201 \leq t \leq 15,073$$

4. Untuk lengkung turun III

$$t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5x T_{0,3}$$

$$t \leq 15,073$$

**Tabel 4. 67** Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu

No	Karakteristik	Notasi	Persamaan
1	Lengkung naik	Qd0	$Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$
2	Lengkung turun tahap I	Qd1	$Q_p x 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$
3	Lengkung turun tahap II	Qd2	$Q_p x 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$
4	Lengkung turun tahap III	Qd3	$Q_p x 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]}{2T_{0,3}}}$

**Tabel 4. 68** Unit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

t (Jam)	Notasi	Persamaan	Qt m <sup>3</sup> /detik
0			0,000
1	Qd0	$Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$	0,416
2			2,198
3			5,815
3,621			9,132
4			8,266
5	Qd1	$Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$	6,355
6			4,886
7			3,757
8			2,889
8,201			2,740
9	Qd2	$Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$	2,382
10			1,999
11			1,678
12			1,408
13			1,182
14			0,992
15			0,832
15,073	0,822		
16	Qd3	$Q_p \times 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]}{2T_{0,3}}}$	0,699
17			0,586
18			0,492
19			0,413
20			0,347
21			0,377
22			0,331
23			0,290
24			0,254

(Sumber : Hasil analisis)

### III. Bentuk Hidrograf Satuan Sintetis

**Tabel 4. 69** Perhitungan Tabel Hidrograf Banjir Q 25

<b>Tabel Hidrograf banjir Q25</b>							
t (jam)	Qt (m <sup>3</sup> /detik)	R1 39.86	R2 10.36	R3 7.27	R4 5.79	R5 4.89	Q (m <sup>3</sup> /detik)
0	0.000	0					0
1	0.416	16.595	0				16.595
2	2.198	87.589	22.766	0			110.355
3	5.815	231.776	60.243	42.259	0		334.279
4	8.266	329.443	85.629	60.067	47.819	40.381	563.340
5	6.355	253.299	65.838	46.184	36.767	31.048	433.136
6	4.886	194.754	50.621	35.509	28.269	23.872	333.025
7	3.757	149.741	38.921	27.302	21.735	18.354	256.053
8	2.889	115.131	29.925	20.992	16.711	14.112	196.872
9	2.382	94.936	24.676	17.310	13.780	11.637	162.338
10	1.999	79.677	20.710	14.527	11.565	9.766	136.246
11	1.678	66.871	17.381	12.192	9.706	8.197	114.347
12	1.408	56.123	14.587	10.233	8.146	6.879	95.968
13	1.182	47.102	12.243	8.588	6.837	5.774	80.543
14	0.992	39.531	10.275	7.208	5.738	4.846	67.598
15	0.832	33.178	8.624	6.049	4.816	4.067	56.733
16	0.699	27.845	7.237	5.077	4.042	3.413	47.614
17	0.586	23.369	6.074	4.261	3.392	2.865	39.961
18	0.492	19.613	5.098	3.576	2.847	2.404	33.538
19	0.413	16.461	4.279	3.001	2.389	2.018	28.148
20	0.347	13.815	3.591	2.519	2.005	1.693	23.624
21	0.377	15.032	3.907	2.741	2.182	1.843	25.705
22	0.331	13.181	3.426	2.403	1.913	1.616	22.539
23	0.290	11.558	3.004	2.107	1.678	1.417	19.764
24	0.254	10.135	2.634	1.848	1.471	1.242	17.330

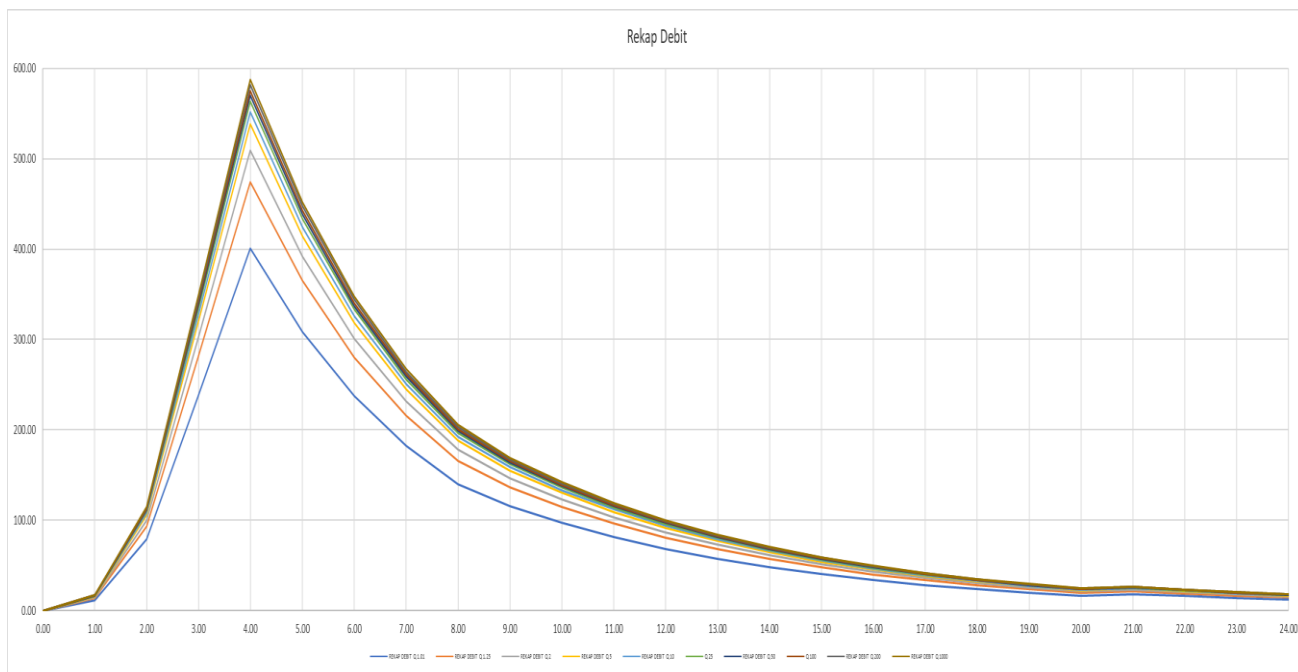
(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 70** Hasil Rekap Tabel Hidrograf Sungai jeroan

REKAP DEBIT										
	Q 1.01	Q 1.25	Q 2	Q 5	Q 10	Q 25	Q 50	Q 100	Q 200	Q 1000
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	11.82	13.97	15.01	15.87	16.25	16.60	16.79	16.95	17.07	17.32
2.00	78.59	92.91	99.78	105.52	108.04	110.36	111.65	112.69	113.87	115.14
3.00	238.06	281.42	302.26	319.64	327.28	334.28	338.21	341.36	345.41	348.78
4.00	401.19	474.27	509.37	538.68	551.54	563.34	569.96	575.27	581.70	587.78
5.00	308.46	364.65	391.64	414.17	424.06	433.14	438.23	442.31	447.25	451.93
6.00	237.17	280.37	301.12	318.44	326.05	333.03	336.94	340.08	343.88	347.47
7.00	182.35	215.57	231.52	244.84	250.69	256.05	259.06	261.47	264.40	267.16
8.00	140.20	165.74	178.01	188.25	192.75	196.87	199.19	201.04	203.29	205.41
9.00	115.61	136.67	146.79	155.23	158.94	162.34	164.25	165.78	167.63	169.38
10.00	97.03	114.70	123.19	130.28	133.39	136.25	137.85	139.13	140.69	142.16
11.00	81.43	96.27	103.39	109.34	111.95	114.35	115.69	116.77	118.07	119.31
12.00	68.34	80.79	86.77	91.77	93.96	95.97	97.10	98.00	99.10	100.13
13.00	57.36	67.81	72.83	77.02	78.86	80.54	81.49	82.25	83.17	84.04
14.00	48.14	56.91	61.12	64.64	66.18	67.60	68.39	69.03	69.80	70.53
15.00	40.40	47.76	51.30	54.25	55.54	56.73	57.40	57.93	58.58	59.19
16.00	33.91	40.09	43.05	45.53	46.62	47.61	48.17	48.62	49.17	49.68
17.00	28.46	33.64	36.13	38.21	39.12	39.96	40.43	40.81	41.26	41.70
18.00	23.88	28.24	30.33	32.07	32.84	33.54	33.93	34.25	34.63	34.99
19.00	20.05	23.70	25.45	26.92	27.56	28.15	28.48	28.74	29.07	29.37
20.00	16.82	19.89	21.36	22.59	23.13	23.62	23.90	24.12	24.39	24.65
21.00	18.31	21.64	23.24	24.58	25.17	25.70	26.01	26.25	26.54	26.82
22.00	16.05	18.98	20.38	21.55	22.07	22.54	22.80	23.02	23.27	23.52
23.00	14.07	16.64	17.87	18.90	19.35	19.76	20.00	20.18	20.41	20.62
24.00	12.34	14.59	15.67	16.57	16.97	17.33	17.53	17.70	17.89	18.08

(Sumber : Hasil analisis)

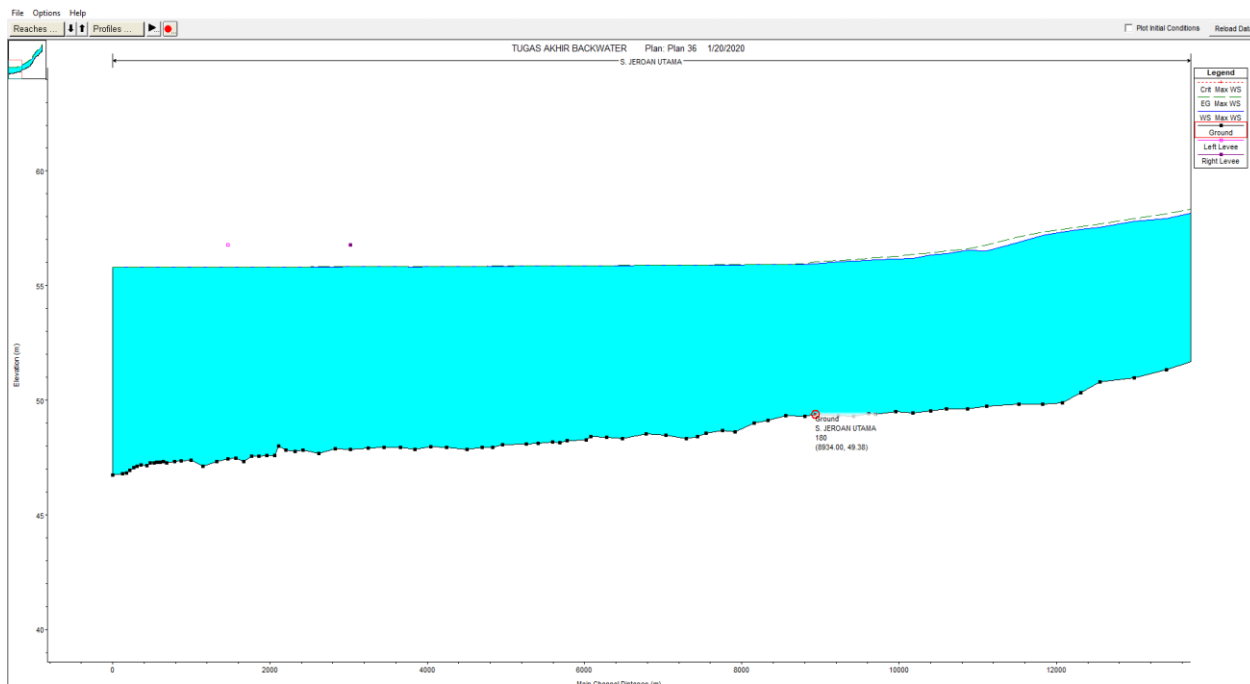




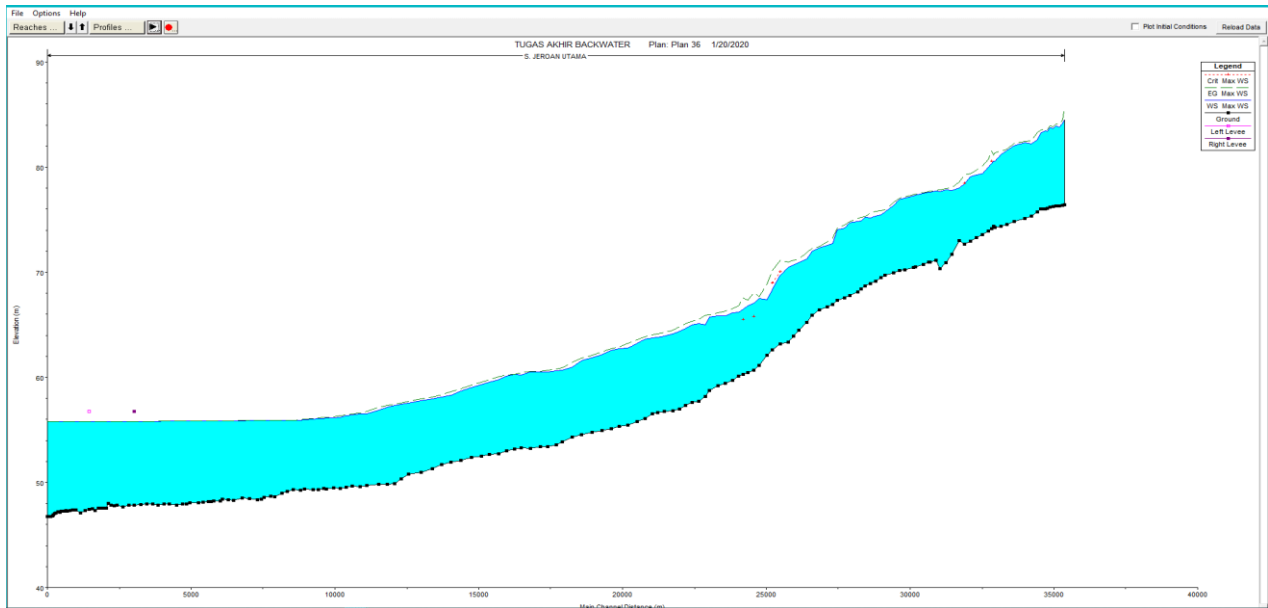
**Gambar 4. 11** Hasil Rekap Bentuk Hidrograf Banjir Q 25  
(Sumber : Hasil analisis)

#### **4.2.9 Perhitungan *Back Water***

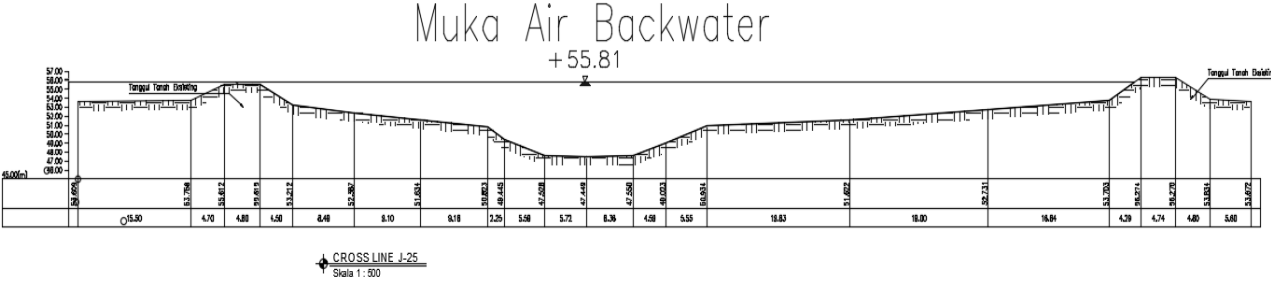
Untuk Perhitungan Back Water menggunakan Aplikasi Hec ras 4.1.0 dengan kondisi Sungai Jeroan saat debit kala ulang 25 tahun dan konsisi Sungai Madiun saat debit kala ulang 25 tahun. Didapat panjang Backwater yang terjadi di Sungai Jeroan sepanjang 8.934 meter di Sta 180. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.12



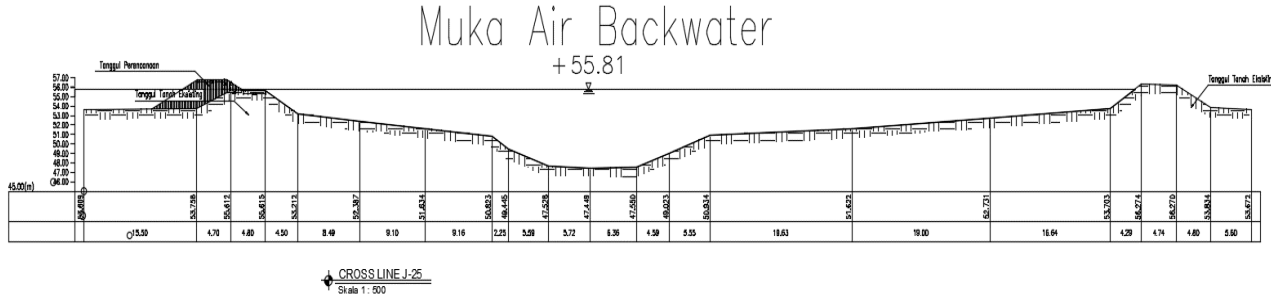
**Gambar 4. 12** Hasil *Long section* batas Muka Air akibat Backwater di Sungai Jeroan  
(Sumber : Hasil analisis)



**Gambar 4. 13** Hasil *Long section* Muka Air akibat Backwater di Sungai Jerohan  
(Sumber : Hasil analisis)



**Gambar 4. 14** Hasil Muka Air Backwater di Sungai Jeroan Sta 25 Sebelum Adanya Penanganan  
(Sumber : Hasil analisis)



**Gambar 4. 15** Hasil Muka Air Backwater di Sungai Jeroan Sta 25 Sesudah Adanya Penanganan  
(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.4 Analisis Hidrolika DAS MADIUN

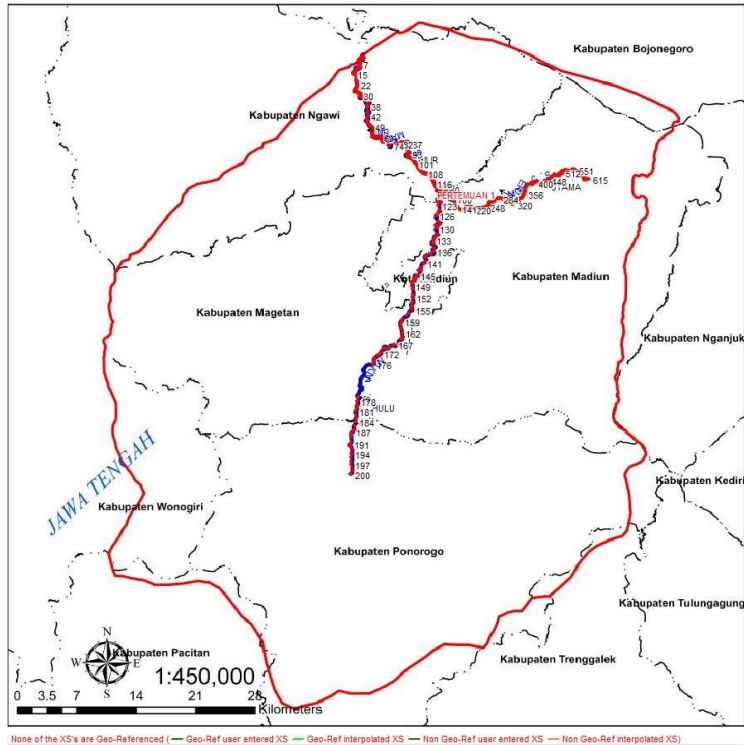
Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mendapatkan profil muka air (water profile) di sungai Jeroan dengan Kala Ulang tertentu, atau debit banjir rancangan (QT) tertentu. Dalam hal ini debit desain yang dipakai sebagai penentuan dimensi bangunan pengendali adalah debit banjir dengan kala ulang 25 tahun. Hal ini sesuai dengan debit banjir historis yang pernah terjadi di lokasi studi dan berdasarkan pedoman perencanaan bangunan pengendali banjir pada sungai. Analisis hidrolika ini akan dilakukan dalam beberapa kondisi, antara lain :

- Kondisi sungai asli ( existing ).
- Kondisi sungai dengan desain pengendalian banjir

Untuk saluran alam dalam analisa water profile dilakukan dengan Metode Tahapan Standar (Standard Step Method) atas asumsi aliran banjir merupakan aliran tetap (steady)

#### 4.4.1 Skema Sistem Sungai

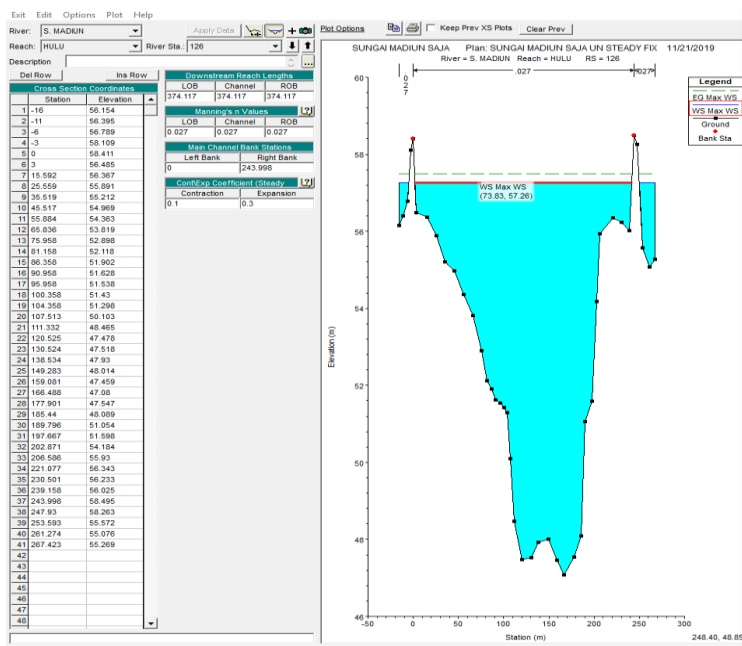
Pembuatan skema ini merupakan awal dari input geometrik data sebelum memasukkan data penampang sungai, dimana diperlukan untuk mendefinisikan setiap bagian (reach) sungai yang terbangun. Untuk mengetahui kapasitas kali/sungai ini diperlukan analisa hidrolika profil muka air pada sungai Jeroan



**Gambar 4. 16** Peta wilayah DAS Madiun di Hec - Ras  
(Sumber : Hasil analisis)

### 4.4.2 Data Penampang Sungai

Data penampang sungai diperoleh dari hasil pengukuran topografi yang berupa peta yang menyediakan data X,Y,Z. Data tersebut digunakan untuk memproses pemodelan layout dan cross section sungai Jeroan. Jarak Antar patok seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.4, selain memasukkan data geometri cross section juga diperlukan data jarak antar patok yang diisi pada kolom Downstream Reach Length. Jarak antar patok terdiri dari LOB, Channel dan ROB sehingga sekaligus bisa membentuk alignment sungai.

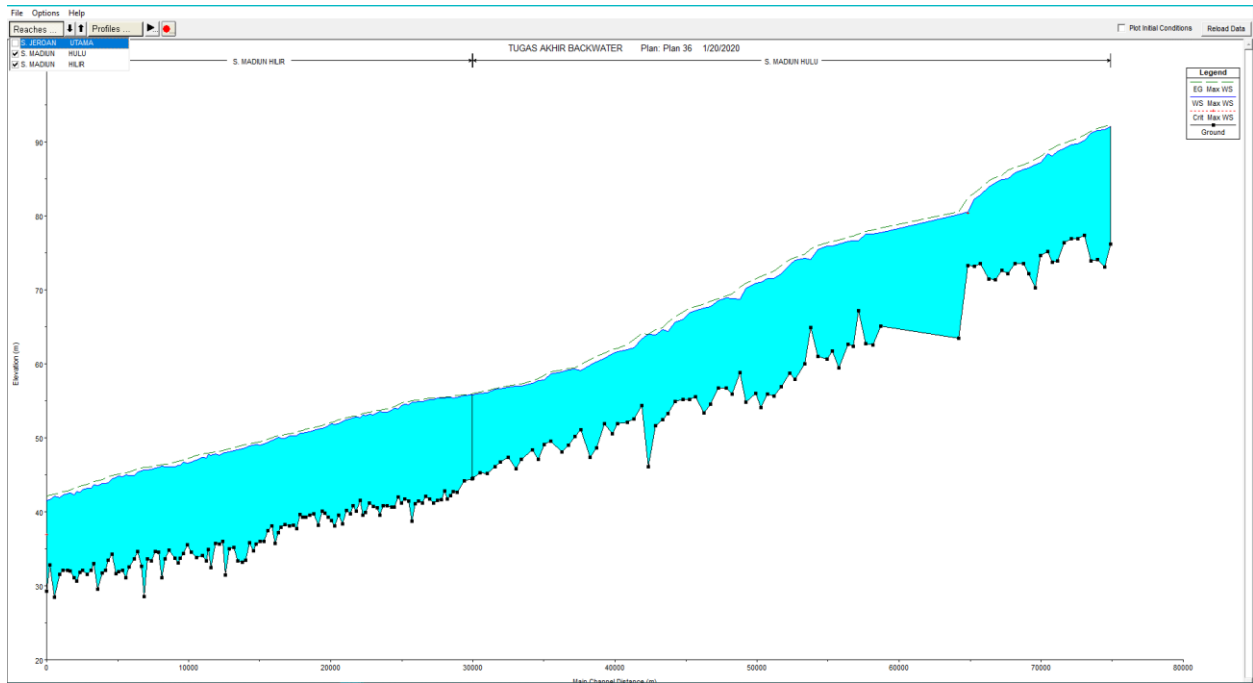


**Gambar 4. 17** Cross Section Sungai Madiun STA 126  
(Sumber : Hasil analisis)

Selanjutnya adalah data 2 titik koordinat yang merupakan batas tebing yang membentuk saluran utama (Main Channel Bank Stations), seperti pada gambar Penampang sungai ditunjukkan dengan dua titik berwarna merah.



Analisa kondisi aliran banjir sungai pada kondisi eksisting (sebelum normalisasi) dimaksudkan untuk mengetahui sampai seberapa besar kemampuan Kali Jeroan untuk dapat mengalirkan debit tertentu, dengan kata lain seberapa besar daya tampung /kapasitas penampang sungai. Hasil perhitungan hidrolika sungai dengan Q25 pada kondisi eksisting digunakan untuk mengetahui kondisi aliran dengan Q25 pada penampang eksisting, sehingga dapat diketahui penampang-penampang pada ruas-ruas tertentu pada sungai tersebut yang mampu dan tidak mampu mengalirkan debit rencana Q25 tersebut. Apabila terdapat penampang sungai yang tidak mampu maka perlu dilakukan normalisasi sungai. Hasil perhitungan hidraulika dengan menggunakan debit banjir rencana Q25, penampang eksisting tidak mampu mengalirkan debit banjir tersebut dan terjadi luapan air. Berikut hasil analisa profil muka air dengan menggunakan program Hec-Ras



**Gambar 4.18** Hasil *Long section* Sungai Madiun Hec - Ras  
(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 73** Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Madiun Q 25 th

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar Muka Air (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	L Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jar-Jari Hidrois	R <sup>2/3</sup> (m) Jar-Jari Hidrois	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
1	Sungai Madiun	200	3284.49	76.22	92.06	82.68	80.98	-9.38	-11.08	Mekap	Mekap	444.93	1328.16	132.88	0.00	0.025	9.99	4.64	4.79
2	Sungai Madiun	199	3284.49	73.10	91.61	80.76	83.11	-10.85	-8.50	Mekap	Mekap	509.18	1090.74	108.78	0.00	0.025	10.03	4.65	4.80
3	Sungai Madiun	198	3284.49	74.10	91.51	81.79	81.45	-9.72	-10.06	Mekap	Mekap	462.81	1344.37	126.65	0.00	0.025	10.62	4.83	4.99
4	Sungai Madiun	197	3284.49	73.87	91.15	80.90	81.26	-10.25	-9.89	Mekap	Mekap	428.65	1262.92	122.38	0.00	0.025	10.32	4.74	4.89
5	Sungai Madiun	196	3284.49	77.38	90.19	85.36	85.75	-4.83	-4.44	Mekap	Mekap	473.41	845.42	114.58	0.00	0.025	7.38	3.79	3.91
6	Sungai Madiun	195	3284.49	76.93	89.74	86.20	84.02	-3.54	-5.72	Mekap	Mekap	460.54	828.91	113.24	0.00	0.025	7.32	3.77	3.89
7	Sungai Madiun	194	3284.49	76.95	89.65	84.07	86.65	-5.58	-3.00	Mekap	Mekap	519.01	965.55	121.15	0.00	0.025	7.97	3.99	4.12
8	Sungai Madiun	193	3284.49	76.32	89.06	83.08	84.59	-5.98	-4.47	Mekap	Mekap	455.52	831.63	110.52	0.00	0.025	7.52	3.84	3.96
9	Sungai Madiun	192	3284.49	73.91	88.73	85.93	83.95	-2.80	-4.78	Mekap	Mekap	370.99	802.53	111.85	0.00	0.025	7.17	3.72	3.84
10	Sungai Madiun	191	3284.49	73.69	88.13	82.92	81.90	-5.21	-6.23	Mekap	Mekap	323.95	746.26	99.17	0.00	0.025	7.52	3.84	3.96
11	Sungai Madiun	190	3284.49	75.20	88.40	80.52	82.01	-7.88	-6.39	Mekap	Mekap	515.84	1066.75	120.90	0.00	0.025	8.82	4.27	4.41
12	Sungai Madiun	189	3284.49	74.62	87.16	82.19	82.34	-4.97	-4.82	Mekap	Mekap	343.77	772.88	105.17	0.00	0.025	7.35	3.78	3.90
13	Sungai Madiun	188	3284.49	70.24	86.90	81.67	84.30	-5.23	-2.60	Mekap	Mekap	481.40	830.54	113.91	0.00	0.025	7.29	3.76	3.88
14	Sungai Madiun	187	3284.49	72.20	86.49	81.86	81.45	-4.63	-5.04	Mekap	Mekap	366.32	885.12	115.37	0.00	0.025	7.67	3.89	4.02
15	Sungai Madiun	186	3284.49	73.56	86.28	82.14	81.25	-4.14	-5.03	Mekap	Mekap	580.12	883.45	118.79	0.00	0.025	7.44	3.81	3.93
16	Sungai Madiun	185	3284.49	73.58	85.81	80.23	80.99	-5.58	-4.82	Mekap	Mekap	529.74	843.01	113.36	0.00	0.025	7.44	3.81	3.93
17	Sungai Madiun	184	3284.49	72.18	84.97	83.27	80.09	-1.70	-4.88	Mekap	Mekap	423.10	655.47	96.36	0.00	0.025	6.80	3.59	3.71
18	Sungai Madiun	183	3284.49	72.64	84.91	80.34	78.50	-4.57	-6.41	Mekap	Mekap	433.46	932.93	129.50	0.00	0.025	7.20	3.73	3.85
19	Sungai Madiun	182	3284.49	71.34	84.44	80.77	78.88	-3.67	-5.56	Mekap	Mekap	454.21	804.48	113.03	0.00	0.025	7.12	3.70	3.82
20	Sungai Madiun	181	3284.49	71.46	83.91	78.27	78.82	-5.64	-5.09	Mekap	Mekap	595.80	793.02	102.57	0.00	0.025	7.73	3.91	4.04
21	Sungai Madiun	180	3284.49	73.53	82.81	77.74	78.41	-5.07	-4.40	Mekap	Mekap	422.44	737.15	117.06	0.00	0.025	6.30	3.41	3.52
22	Sungai Madiun	179	3284.49	73.20	82.24	77.93	81.15	-4.31	-1.09	Mekap	Mekap	467.60	765.11	150.24	0.00	0.025	5.09	2.96	3.06
23	Sungai Madiun	178	3284.49	73.25	80.57	80.03	80.97	-0.54	0.40	Mekap	Tidak Mekap	634.72	513.85	131.57	0.00	0.025	3.91	2.48	2.56
24	Sungai Madiun	177	3284.49	63.43	80.17	79.91	78.55	-0.26	-1.62	Mekap	Mekap	5487.72	1074.35	133.29	0.00	0.025	8.06	4.02	4.15
25	Sungai Madiun	176	3284.49	65.09	77.71	76.54	76.96	-1.17	-0.75	Mekap	Mekap	563.12	812.06	120.90	0.00	0.025	6.72	3.56	3.67
26	Sungai Madiun	175	3284.49	62.51	77.53	77.97	74.25	0.44	-3.18	Tidak Mekap	Mekap	496.99	887.98	128.39	0.00	0.025	6.92	3.63	3.75
27	Sungai Madiun	174	3284.49	62.75	77.51	77.11	72.84	-0.40	-4.67	Mekap	Mekap	507.75	1090.23	139.40	0.00	0.025	7.82	3.94	4.07
28	Sungai Madiun	173	3284.49	67.15	76.63	77.11	75.15	0.48	-1.48	Tidak Mekap	Mekap	379.61	664.66	110.87	0.00	0.025	5.99	3.30	3.41
29	Sungai Madiun	172	3284.49	62.36	76.68	76.33	74.38	-0.35	-2.30	Mekap	Mekap	378.34	860.16	131.36	0.00	0.025	6.55	3.50	3.61
30	Sungai Madiun	171	3284.49	62.62	76.54	74.25	75.81	-2.29	-0.73	Mekap	Mekap	649.65	896.52	123.95	0.00	0.025	7.23	3.74	3.86

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.73** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Madiun Q 25 th

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	L Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m) Jari-Jari Hidrolis	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
31	Sungai Madiun	170	3284.49	59.43	76.17	73.08	70.41	-3.09	-5.76	Mekap	Mekap	423.76	896.14	124.40	0.00	0.03	7.20	3.73	3.85
32	Sungai Madiun	169	3284.49	61.73	75.95	73.98	71.58	-1.98	-4.37	Mekap	Mekap	388.72	862.28	125.72	0.00	0.03	6.86	3.61	3.73
33	Sungai Madiun	168	3284.49	60.65	75.92	72.28	67.95	-3.64	-7.97	Mekap	Mekap	642.41	1014.88	115.43	0.00	0.03	8.79	4.26	4.40
34	Sungai Madiun	167	3284.49	60.98	75.48	73.45	72.71	-2.03	-2.77	Mekap	Mekap	485.55	858.14	109.73	0.00	0.03	7.82	3.94	4.07
35	Sungai Madiun	166	3284.49	64.89	74.11	72.20	71.87	-1.91	-2.24	Mekap	Mekap	447.24	543.00	103.46	0.00	0.03	5.25	3.02	3.12
36	Sungai Madiun	165	3284.49	60.03	74.31	72.28	72.71	-2.03	-1.60	Mekap	Mekap	665.97	890.53	113.01	0.00	0.03	7.88	3.96	4.09
37	Sungai Madiun	164	3284.49	57.88	74.00	71.40	72.04	-2.60	-1.96	Mekap	Mekap	402.44	985.50	113.68	0.00	0.03	8.67	4.22	4.36
38	Sungai Madiun	163	3284.49	58.72	73.35	70.54	71.23	-2.81	-2.12	Mekap	Mekap	568.40	723.78	102.53	0.00	0.03	7.06	3.68	3.80
39	Sungai Madiun	162	3284.49	56.92	72.14	70.58	70.35	-1.56	-1.79	Mekap	Mekap	508.39	606.67	88.08	0.00	0.03	6.89	3.62	3.74
40	Sungai Madiun	161	3284.49	55.61	71.53	70.00	70.24	-1.53	-1.29	Mekap	Mekap	471.55	649.83	111.94	0.00	0.03	5.81	3.23	3.33
41	Sungai Madiun	160	3284.49	55.95	71.59	69.71	70.82	-1.88	-0.77	Mekap	Mekap	475.20	857.99	128.27	0.00	0.03	6.69	3.55	3.66
42	Sungai Madiun	159	3284.49	54.06	70.99	69.32	69.74	-1.67	-1.25	Mekap	Mekap	340.57	705.21	111.99	0.00	0.03	6.30	3.41	3.52
43	Sungai Madiun	158	3284.49	55.98	70.88	69.21	69.02	-1.67	-1.86	Mekap	Mekap	683.95	820.60	128.06	0.00	0.03	6.41	3.45	3.56
44	Sungai Madiun	157	3284.49	54.84	70.16	67.41	68.51	-2.75	-1.65	Mekap	Mekap	413.43	754.05	116.66	0.00	0.03	6.46	3.47	3.58
45	Sungai Madiun	156	3284.49	58.84	68.75	67.78	67.74	-0.97	-1.01	Mekap	Mekap	596.88	490.18	86.44	0.00	0.03	5.67	3.18	3.28
46	Sungai Madiun	155	3284.49	55.89	68.79	65.43	66.42	-3.36	-2.37	Mekap	Mekap	385.25	816.02	130.16	0.00	0.03	6.27	3.40	3.51
47	Sungai Madiun	154	3284.49	56.69	68.91	65.57	65.77	-3.34	-3.14	Mekap	Mekap	568.64	1179.96	265.96	0.00	0.03	4.44	2.70	2.79
48	Sungai Madiun	153	3284.49	56.69	68.53	70.65	70.65	2.12	2.12	Tidak Mekap	Tidak Mekap	552.60	1086.24	262.12	0.00	0.03	4.14	2.58	2.66
49	Sungai Madiun	152	3284.49	54.54	67.76	70.29	70.85	2.53	3.09	Tidak Mekap	Tidak Mekap	463.48	749.87	140.78	0.00	0.03	5.33	3.05	3.15
50	Sungai Madiun	151	3284.49	53.41	67.52	69.93	70.06	2.41	2.54	Tidak Mekap	Tidak Mekap	582.22	803.92	130.53	0.00	0.03	6.16	3.36	3.47
51	Sungai Madiun	150	3284.49	55.52	67.20	70.29	69.39	3.09	2.19	Tidak Mekap	Tidak Mekap	429.38	822.81	117.99	0.00	0.03	6.97	3.65	3.77
52	Sungai Madiun	149	3284.49	55.18	66.88	73.46	69.23	6.58	2.35	Tidak Mekap	Tidak Mekap	466.63	773.38	103.18	0.00	0.03	7.50	3.83	3.95
53	Sungai Madiun	148	3284.49	55.22	65.98	69.01	68.74	3.03	2.76	Tidak Mekap	Tidak Mekap	541.08	606.43	115.55	0.00	0.03	5.25	3.02	3.12
54	Sungai Madiun	147	3284.49	54.87	65.67	68.31	68.42	2.64	2.75	Tidak Mekap	Tidak Mekap	483.11	744.59	120.36	0.00	0.03	6.19	3.37	3.48
55	Sungai Madiun	146	3284.49	53.29	64.37	67.80	64.74	3.43	0.37	Tidak Mekap	Tidak Mekap	385.17	550.30	122.00	0.00	0.03	4.51	2.73	2.82
56	Sungai Madiun	145	3284.49	52.50	64.63	67.83	66.53	3.20	1.90	Tidak Mekap	Tidak Mekap	491.05	1083.80	178.35	0.00	0.03	6.08	3.33	3.44
57	Sungai Madiun	144	3284.49	51.67	63.91	67.80	63.07	3.89	-0.84	Tidak Mekap	Mekap	550.66	702.86	118.32	0.00	0.03	5.94	3.28	3.39
58	Sungai Madiun	143	3284.49	46.08	64.02	66.62	66.63	2.60	2.61	Tidak Mekap	Tidak Mekap	457.48	4442.43	430.48	0.00	0.03	10.32	4.74	4.89
59	Sungai Madiun	142	3284.49	54.36	63.34	66.14	66.04	2.80	2.70	Tidak Mekap	Tidak Mekap	543.69	711.19	173.63	0.00	0.03	4.10	2.56	2.64
60	Sungai Madiun	141	3284.49	52.51	62.19	65.60	65.77	3.41	3.58	Tidak Mekap	Tidak Mekap	450.40	594.00	122.81	0.00	0.03	4.84	2.86	2.95

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.73** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Madiun Q 25 th

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	L Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m)	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
61	Sungai Madiun	140	3284.49	52.08	61.89	65.30	65.58	3.41	3.69	Tidak Melemp	Tidak Melemp	673.96	721.68	163.57	0.00	0.03	4.41	2.69	2.78
62	Sungai Madiun	139	3284.49	51.89	61.66	63.48	64.18	1.82	2.52	Tidak Melemp	Tidak Melemp	384.48	933.40	140.74	0.00	0.03	6.63	3.53	3.64
63	Sungai Madiun	138	3284.49	50.51	61.37	63.67	64.18	2.30	2.81	Tidak Melemp	Tidak Melemp	546.73	846.89	159.78	0.00	0.03	5.30	3.04	3.14
64	Sungai Madiun	137	3284.49	51.95	60.70	62.94	60.82	2.24	0.12	Tidak Melemp	Tidak Melemp	577.93	685.39	109.32	0.00	0.03	6.27	3.40	3.51
65	Sungai Madiun	136	3284.49	48.64	60.31	62.50	62.54	2.19	2.23	Tidak Melemp	Tidak Melemp	462.83	728.51	130.31	0.00	0.03	5.59	3.15	3.25
66	Sungai Madiun	135	3284.49	47.39	59.86	62.12	62.21	2.26	2.35	Tidak Melemp	Tidak Melemp	641.85	714.01	143.84	0.00	0.03	4.96	2.91	3.00
67	Sungai Madiun	134	3284.49	51.05	59.06	61.75	61.84	2.69	2.78	Tidak Melemp	Tidak Melemp	399.82	658.37	129.94	0.00	0.03	5.07	2.95	3.05
68	Sungai Madiun	133	3284.49	50.16	59.29	61.49	61.34	2.20	2.05	Tidak Melemp	Tidak Melemp	447.85	1347.13	344.93	0.00	0.03	3.91	2.48	2.56
69	Sungai Madiun	132	3284.49	48.96	59.15	60.82	60.82	1.67	1.67	Tidak Melemp	Tidak Melemp	472.79	1401.69	292.87	0.00	0.03	4.79	2.84	2.93
70	Sungai Madiun	131	3284.49	48.08	58.95	60.66	60.76	1.71	1.81	Tidak Melemp	Tidak Melemp	799.70	1258.72	265.80	0.00	0.03	4.74	2.82	2.91
71	Sungai Madiun	130	3284.49	49.56	58.65	59.95	60.38	1.30	1.73	Tidak Melemp	Tidak Melemp	428.00	1296.27	297.12	0.00	0.03	4.36	2.67	2.76
72	Sungai Madiun	129	3284.49	49.07	57.78	60.16	66.09	2.38	8.31	Tidak Melemp	Tidak Melemp	447.78	695.30	170.75	0.00	0.03	4.07	2.55	2.63
73	Sungai Madiun	128	3284.49	47.13	57.76	59.53	59.89	1.77	2.13	Tidak Melemp	Tidak Melemp	410.67	1324.41	429.06	0.00	0.03	3.09	2.12	2.19
74	Sungai Madiun	127	3284.49	48.36	57.35	58.73	59.49	1.38	2.14	Tidak Melemp	Tidak Melemp	753.17	1018.01	270.41	0.00	0.03	3.76	2.42	2.50
75	Sungai Madiun	126	3284.49	47.08	57.02	58.41	58.50	1.39	1.48	Tidak Melemp	Tidak Melemp	374.12	1198.81	273.24	0.00	0.03	4.39	2.68	2.77
76	Sungai Madiun	125	3284.49	45.86	57.03	58.56	58.42	1.53	1.39	Tidak Melemp	Tidak Melemp	543.77	1720.92	316.83	0.00	0.03	5.43	3.09	3.19
77	Sungai Madiun	124	3284.49	47.39	56.82	57.71	58.12	0.89	1.30	Tidak Melemp	Tidak Melemp	578.79	1320.08	286.34	0.00	0.03	4.61	2.77	2.86
78	Sungai Madiun	123	3284.49	46.74	56.64	57.05	57.46	0.41	0.82	Tidak Melemp	Tidak Melemp	374.24	1391.58	367.37	0.00	0.03	3.79	2.43	2.51
79	Sungai Madiun	122	3284.49	46.08	56.51	56.95	57.80	0.44	1.29	Tidak Melemp	Tidak Melemp	527.84	1423.73	397.74	0.00	0.03	3.58	2.34	2.42
80	Sungai Madiun	121	3284.49	45.20	56.13	56.54	56.38	0.41	0.25	Tidak Melemp	Tidak Melemp	524.18	1065.81	283.11	0.00	0.03	3.76	2.42	2.50
81	Sungai Madiun	120	3284.49	45.27	56.02	56.12	55.95	0.10	-0.07	Tidak Melemp	Tidak Melemp	511.95	1385.10	312.20	0.00	0.03	4.44	2.70	2.79
82	Sungai Madiun	119	3284.49	44.58	55.80	55.80	55.46	0.00	-0.34	Melemp	Melemp	471.54	1209.64	293.60	0.00	0.03	4.12	2.57	2.65
83	Sungai Madiun	118	3284.49	44.45	55.80	55.29	55.35	-0.51	-0.45	Melemp	Melemp	565.12	1447.55	290.11	0.00	0.03	4.99	2.92	3.01
84	Sungai Madiun	117	3284.49	44.18	55.70	54.78	55.00	-0.92	-0.70	Melemp	Melemp	497.34	1581.62	307.45	0.00	0.03	5.14	2.98	3.08
85	Sungai Madiun	116	3284.49	42.65	55.50	54.46	55.32	-1.04	-0.18	Melemp	Melemp	250.65	1269.77	283.06	0.00	0.03	4.49	2.72	2.81
86	Sungai Madiun	115	3284.49	42.74	55.38	58.19	58.01	2.63	2.63	Tidak Melemp	Tidak Melemp	193.93	1200.32	286.31	0.00	0.03	4.19	2.60	2.68
87	Sungai Madiun	114	3284.49	42.17	55.46	53.63	53.79	-1.83	-1.67	Melemp	Melemp	227.98	2016.70	301.51	0.00	0.03	6.69	3.55	3.66
88	Sungai Madiun	113	3284.49	41.74	55.42	54.08	54.22	-1.34	-1.20	Melemp	Melemp	209.43	1832.41	296.20	0.00	0.03	6.19	3.37	3.48
89	Sungai Madiun	112	3284.49	42.84	55.38	54.45	54.03	-0.93	-1.35	Melemp	Melemp	196.10	1774.64	336.47	0.00	0.03	5.27	3.03	3.13
90	Sungai Madiun	111	3284.49	41.62	55.40	53.44	53.97	-1.96	-1.43	Melemp	Melemp	276.94	2253.96	353.27	0.00	0.03	6.38	3.44	3.55

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.73** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Madiun Q 25 th

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Kelling Basah	L Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>4/3</sup> (m) Jari-Jari Hidrolis	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
91	Sungai Madiun	110	3284.49	41.51	55.37	50.13	53.22	-5.24	-2.15	Mekap	Mekap	286.53	2051.28	284.75	0.00	0.03	7.20	3.73	3.85
92	Sungai Madiun	109	3284.49	41.14	55.16	50.52	49.78	-4.64	-5.38	Mekap	Mekap	259.02	1223.23	142.62	0.00	0.03	8.58	4.19	4.33
93	Sungai Madiun	108	3284.49	41.73	55.15	49.54	50.27	-5.61	-4.88	Mekap	Mekap	280.17	1318.58	148.92	0.00	0.03	8.85	4.28	4.42
94	Sungai Madiun	107	3284.49	42.07	55.01	50.47	50.79	-4.54	-4.22	Mekap	Mekap	237.40	1155.63	139.20	0.00	0.03	8.30	4.10	4.23
95	Sungai Madiun	106	3284.49	41.20	54.91	50.05	50.46	-4.86	-4.45	Mekap	Mekap	269.25	1081.42	126.54	0.00	0.03	8.55	4.18	4.31
96	Sungai Madiun	105	3284.49	41.48	54.88	50.95	49.16	-3.93	-5.73	Mekap	Mekap	261.20	1143.88	135.30	0.00	0.03	8.45	4.15	4.28
97	Sungai Madiun	104	3284.49	41.06	54.79	50.80	50.17	-3.99	-4.62	Mekap	Mekap	224.21	1141.96	138.06	0.00	0.03	8.27	4.09	4.22
98	Sungai Madiun	103	3284.49	38.72	54.81	49.20	50.62	-5.61	-4.19	Mekap	Mekap	239.57	1305.81	141.48	0.00	0.03	9.23	4.40	4.54
99	Sungai Madiun	102	3284.49	41.47	54.42	49.65	49.95	-4.77	-4.47	Mekap	Mekap	260.95	820.87	104.56	0.00	0.03	7.85	3.95	4.08
100	Sungai Madiun	101	3284.49	41.69	54.56	50.29	49.52	-4.27	-5.04	Mekap	Mekap	209.01	1193.10	143.71	0.00	0.03	8.30	4.10	4.23
101	Sungai Madiun	100	3284.49	41.18	54.36	49.11	50.31	-5.25	-4.05	Mekap	Mekap	252.23	925.52	111.48	0.00	0.03	8.30	4.10	4.23
102	Sungai Madiun	99	3284.49	42.00	53.94	50.07	49.95	-3.87	-3.99	Mekap	Mekap	294.29	806.63	110.20	0.00	0.03	7.32	3.77	3.89
103	Sungai Madiun	98	3284.49	40.61	53.97	48.40	49.89	-5.57	-4.08	Mekap	Mekap	165.99	1123.49	141.50	0.00	0.03	7.94	3.98	4.11
104	Sungai Madiun	97	3284.49	40.62	53.77	49.31	49.63	-4.46	-4.14	Mekap	Mekap	334.43	975.41	122.85	0.00	0.03	7.94	3.98	4.11
105	Sungai Madiun	96	3284.49	40.78	53.49	49.51	49.57	-3.98	-3.92	Mekap	Mekap	279.95	853.19	110.78	0.00	0.03	7.70	3.90	4.03
106	Sungai Madiun	95	3284.49	40.81	53.41	47.80	48.08	-5.61	-5.33	Mekap	Mekap	210.87	926.49	118.02	0.00	0.03	7.85	3.95	4.08
107	Sungai Madiun	94	3284.49	39.53	53.54	49.17	49.32	-4.37	-4.22	Mekap	Mekap	201.86	1169.31	133.46	0.00	0.03	8.76	4.25	4.39
108	Sungai Madiun	93	3284.49	40.51	53.35	49.19	49.41	-4.16	-3.94	Mekap	Mekap	282.05	954.36	118.41	0.00	0.03	8.06	4.02	4.15
109	Sungai Madiun	92	3284.49	40.68	53.07	49.41	48.98	-3.66	-4.09	Mekap	Mekap	252.60	814.90	107.45	0.00	0.03	7.58	3.86	3.98
110	Sungai Madiun	91	3284.49	41.16	53.14	48.54	48.09	-4.60	-5.05	Mekap	Mekap	269.02	1020.26	126.58	0.00	0.03	8.06	4.02	4.15
111	Sungai Madiun	90	3284.49	39.89	53.03	48.88	48.42	-4.15	-4.61	Mekap	Mekap	190.72	964.13	120.52	0.00	0.03	8.00	4.00	4.13
112	Sungai Madiun	89	3284.49	39.53	53.07	48.32	48.34	-4.75	-4.73	Mekap	Mekap	205.64	1167.51	138.10	0.00	0.03	8.45	4.15	4.28
113	Sungai Madiun	88	3284.49	41.55	52.70	48.83	48.58	-3.87	-4.12	Mekap	Mekap	245.85	916.20	126.17	0.00	0.03	7.26	3.75	3.87
114	Sungai Madiun	87	3284.49	40.13	52.77	48.50	47.25	-4.27	-5.52	Mekap	Mekap	240.02	1400.99	162.19	0.00	0.03	8.64	4.21	4.35
115	Sungai Madiun	86	3284.49	40.80	52.71	48.56	48.40	-4.15	-4.31	Mekap	Mekap	201.78	1357.20	162.89	0.00	0.03	8.33	4.11	4.24
116	Sungai Madiun	85	3284.49	39.76	52.51	49.15	48.42	-3.36	-4.09	Mekap	Mekap	281.78	1004.97	131.49	0.00	0.03	7.64	3.88	4.01
117	Sungai Madiun	84	3284.49	40.19	52.42	48.91	48.18	-3.51	-4.24	Mekap	Mekap	281.78	989.61	120.08	0.00	0.03	8.24	4.08	4.21
118	Sungai Madiun	83	3284.49	38.33	52.22	47.87	47.65	-4.35	-4.57	Mekap	Mekap	268.69	1008.38	129.43	0.00	0.03	7.79	3.93	4.06
119	Sungai Madiun	82	3284.49	39.53	51.91	49.64	46.98	-2.27	-4.93	Mekap	Mekap	282.52	793.82	108.45	0.00	0.03	7.32	3.77	3.89
120	Sungai Madiun	81	3284.49	38.11	51.85	48.12	48.09	-3.73	-3.76	Mekap	Mekap	200.68	968.86	126.28	0.00	0.03	7.67	3.89	4.02

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.73** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Madiun Q 25 th

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	I Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m) Jari-Jari Hidrolis	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
121	Sungai Madiun	80	3284.49	38.85	51.91	46.93	47.83	-4.98	-4.08	Mekap	Mekap	229.16	1184.60	146.97	0.00	0.03	8.06	4.02	4.15
122	Sungai Madiun	79	3284.49	39.27	51.68	47.77	47.99	-3.91	-3.69	Mekap	Mekap	228.78	1073.10	147.18	0.00	0.03	7.29	3.76	3.88
123	Sungai Madiun	78	3284.49	39.84	51.35	47.48	48.05	-3.87	-3.30	Mekap	Mekap	206.38	848.01	118.19	0.00	0.03	7.17	3.72	3.84
124	Sungai Madiun	77	3284.49	40.11	51.24	47.59	47.78	-3.65	-3.46	Mekap	Mekap	273.28	873.88	120.82	0.00	0.03	7.23	3.74	3.86
125	Sungai Madiun	76	3284.49	38.16	51.18	46.95	47.54	-4.23	-3.64	Mekap	Mekap	314.35	954.82	127.89	0.00	0.03	7.47	3.82	3.94
126	Sungai Madiun	75	3284.49	39.71	50.99	47.75	47.18	-3.24	-3.81	Mekap	Mekap	267.81	895.48	123.31	0.00	0.03	7.26	3.75	3.87
127	Sungai Madiun	74	3284.49	39.57	50.86	47.71	47.08	-3.15	-3.78	Mekap	Mekap	277.52	862.39	116.88	0.00	0.03	7.38	3.79	3.91
128	Sungai Madiun	73	3284.49	39.26	50.74	47.22	47.41	-3.52	-3.33	Mekap	Mekap	222.85	879.31	124.05	0.00	0.03	7.09	3.69	3.81
129	Sungai Madiun	72	3284.49	39.30	50.65	47.12	46.85	-3.53	-3.80	Mekap	Mekap	212.50	908.93	125.17	0.00	0.03	7.26	3.75	3.87
130	Sungai Madiun	71	3284.49	39.61	50.60	48.32	48.34	-2.28	-2.26	Mekap	Mekap	217.29	1004.61	141.73	0.00	0.03	7.09	3.69	3.81
131	Sungai Madiun	70	3284.49	37.76	50.28	46.54	47.09	-3.74	-3.19	Mekap	Mekap	218.72	778.07	114.87	0.00	0.03	6.77	3.58	3.70
132	Sungai Madiun	69	3284.49	38.16	50.25	46.19	47.45	-4.06	-2.80	Mekap	Mekap	304.83	857.69	119.54	0.00	0.03	7.17	3.72	3.84
133	Sungai Madiun	68	3284.49	38.06	50.31	44.82	46.37	-5.49	-3.94	Mekap	Mekap	325.03	1151.89	145.07	0.00	0.03	7.94	3.98	4.11
134	Sungai Madiun	67	3284.49	38.31	49.94	47.29	46.35	-2.65	-3.59	Mekap	Mekap	272.31	815.28	123.98	0.00	0.03	6.58	3.51	3.62
135	Sungai Madiun	66	3284.49	37.92	49.92	47.32	46.18	-2.60	-3.74	Mekap	Mekap	163.08	903.19	125.38	0.00	0.03	7.20	3.73	3.85
136	Sungai Madiun	65	3284.49	37.19	50.05	46.48	47.34	-3.57	-2.71	Mekap	Mekap	231.30	1217.73	157.50	0.00	0.03	7.73	3.91	4.04
137	Sungai Madiun	64	3284.49	35.76	49.80	47.24	46.41	-2.56	-3.39	Mekap	Mekap	225.55	879.69	112.48	0.00	0.03	7.82	3.94	4.07
138	Sungai Madiun	63	3284.49	38.14	49.67	46.67	46.08	-3.00	-3.59	Mekap	Mekap	306.46	959.48	155.79	0.00	0.03	6.16	3.36	3.47
139	Sungai Madiun	62	3284.49	37.41	49.38	46.59	46.31	-2.79	-3.07	Mekap	Mekap	274.43	819.34	117.98	0.00	0.03	6.94	3.64	3.76
140	Sungai Madiun	61	3284.49	36.03	49.16	46.37	46.09	-2.79	-3.07	Mekap	Mekap	252.96	820.88	123.25	0.00	0.03	6.66	3.54	3.65
141	Sungai Madiun	60	3284.49	36.04	48.99	45.88	46.58	-3.11	-2.41	Mekap	Mekap	270.50	788.90	114.54	0.00	0.03	6.89	3.62	3.74
142	Sungai Madiun	59	3284.49	35.61	49.08	46.48	45.71	-2.60	-3.37	Mekap	Mekap	219.45	1010.14	136.37	0.00	0.03	7.41	3.80	3.92
143	Sungai Madiun	58	3284.49	34.76	49.01	45.84	46.85	-3.17	-2.16	Mekap	Mekap	1461.00	1009.01	131.51	0.00	0.03	7.67	3.89	4.02
144	Sungai Madiun	57	3284.49	35.28	48.89	45.43	45.71	-3.46	-3.18	Mekap	Mekap	258.56	1000.13	125.49	0.00	0.03	7.97	3.99	4.12
145	Sungai Madiun	56	3284.49	35.79	48.61	44.31	44.80	-4.30	-3.81	Mekap	Mekap	273.78	803.56	118.63	0.00	0.03	6.77	3.58	3.70
146	Sungai Madiun	55	3284.49	33.42	48.54	44.52	44.90	-4.02	-3.64	Mekap	Mekap	235.56	858.77	120.66	0.00	0.03	7.12	3.70	3.82
147	Sungai Madiun	54	3284.49	33.17	48.40	45.81	45.34	-2.59	-3.06	Mekap	Mekap	335.44	864.84	131.51	0.00	0.03	6.58	3.51	3.62
148	Sungai Madiun	53	3284.49	33.40	48.29	45.74	46.83	-2.55	-1.46	Mekap	Mekap	269.16	906.36	130.51	0.00	0.03	6.94	3.64	3.76
149	Sungai Madiun	52	3284.49	35.21	48.12	45.49	45.72	-2.63	-2.40	Mekap	Mekap	298.26	887.00	126.68	0.00	0.03	7.00	3.66	3.78
150	Sungai Madiun	51	3284.49	35.11	47.99	45.66	45.82	-2.33	-2.17	Mekap	Mekap	1461.00	862.78	124.24	0.00	0.03	6.94	3.64	3.76

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.73** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Madiun Q 25 th

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	L Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m) Jari-Jari Hidrolis	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
151	Sungai Madiun	50	3284.49	35.00	47.92	45.63	45.80	-2.29	-2.12	Mekap	Mekap	273.33	891.67	137.95	0.00	0.03	6.46	3.47	3.58
152	Sungai Madiun	49	3284.49	31.42	47.65	45.13	46.89	-2.52	-0.76	Mekap	Mekap	182.81	747.37	112.69	0.00	0.03	6.63	3.53	3.64
153	Sungai Madiun	48	3284.49	36.02	47.78	45.64	45.43	-2.14	-2.35	Mekap	Mekap	235.84	1030.04	139.05	0.00	0.03	7.41	3.80	3.92
154	Sungai Madiun	47	3284.49	35.65	47.65	46.04	45.36	-1.61	-2.29	Mekap	Mekap	281.62	945.83	119.57	0.00	0.03	7.91	3.97	4.10
155	Sungai Madiun	46	3284.49	35.73	47.74	45.94	45.37	-1.80	-2.37	Mekap	Mekap	334.30	1213.06	156.30	0.00	0.03	7.76	3.92	4.05
156	Sungai Madiun	45	3284.49	32.42	47.24	45.60	46.37	-1.64	-0.87	Mekap	Mekap	162.92	665.50	98.25	0.00	0.03	6.77	3.58	3.70
157	Sungai Madiun	44	3284.49	34.89	47.32	46.13	45.52	-1.19	-1.80	Mekap	Mekap	177.62	807.68	116.78	0.00	0.03	6.92	3.63	3.75
158	Sungai Madiun	43	3284.49	33.39	46.99	46.30	44.50	-0.69	-2.49	Mekap	Mekap	242.94	702.18	98.26	0.00	0.03	7.15	3.71	3.83
159	Sungai Madiun	42	3284.49	34.10	46.70	44.86	46.10	-1.84	-0.60	Mekap	Mekap	417.27	672.64	108.73	0.00	0.03	6.19	3.37	3.48
160	Sungai Madiun	41	3284.49	33.79	46.58	44.23	47.43	-2.35	0.85	Mekap	Tidak Mekap	361.20	732.65	113.84	0.00	0.03	6.44	3.46	3.57
161	Sungai Madiun	40	3284.49	34.58	46.69	46.41	44.80	-0.28	-1.89	Mekap	Mekap	296.62	975.40	140.45	0.00	0.03	6.94	3.64	3.76
162	Sungai Madiun	39	3284.49	35.57	46.31	45.53	44.19	-0.78	-2.12	Mekap	Mekap	275.44	687.47	94.29	0.00	0.03	7.29	3.76	3.88
163	Sungai Madiun	38	3284.49	34.34	46.27	44.94	44.28	-1.33	-1.99	Mekap	Mekap	240.99	712.64	96.59	0.00	0.03	7.38	3.79	3.91
164	Sungai Madiun	37	3284.49	33.73	46.08	45.20	47.81	-0.88	1.73	Mekap	Tidak Mekap	143.40	668.17	93.88	0.00	0.03	7.12	3.70	3.82
165	Sungai Madiun	36	3284.49	33.09	46.11	44.47	47.19	-1.64	1.08	Mekap	Tidak Mekap	221.80	867.84	135.43	0.00	0.03	6.41	3.45	3.56
166	Sungai Madiun	35	3284.49	33.73	46.12	46.34	44.26	0.22	-1.86	Tidak Mekap	Mekap	421.66	997.05	127.98	0.00	0.03	7.79	3.93	4.06
167	Sungai Madiun	34	3284.49	34.80	46.14	44.47	45.41	-1.67	-0.73	Mekap	Mekap	265.60	1162.35	162.00	0.00	0.03	7.17	3.72	3.84
168	Sungai Madiun	33	3284.49	33.65	45.99	44.56	46.51	-1.43	0.52	Mekap	Tidak Mekap	209.28	971.48	148.37	0.00	0.03	6.55	3.50	3.61
169	Sungai Madiun	32	3284.49	31.11	45.94	44.11	44.39	-1.83	-1.55	Mekap	Mekap	248.15	981.35	141.31	0.00	0.03	6.94	3.64	3.76
170	Sungai Madiun	31	3284.49	34.52	45.71	44.41	45.70	-1.30	-0.01	Mekap	Mekap	207.72	841.65	133.07	0.00	0.03	6.32	3.42	3.53
171	Sungai Madiun	30	3284.49	34.67	45.65	46.22	42.72	0.57	-2.93	Tidak Mekap	Mekap	286.16	898.29	154.03	0.00	0.03	5.83	3.24	3.34
172	Sungai Madiun	29	3284.49	33.33	45.65	44.46	43.32	-1.19	-2.33	Mekap	Mekap	301.66	977.10	123.52	0.00	0.03	7.91	3.97	4.10
173	Sungai Madiun	28	3284.49	33.62	45.54	43.76	45.43	-1.78	-0.11	Mekap	Mekap	196.75	915.18	143.44	0.00	0.03	6.38	3.44	3.55
174	Sungai Madiun	27	3284.49	28.59	45.38	43.61	44.96	-1.77	-0.42	Mekap	Mekap	203.63	848.13	121.63	0.00	0.03	6.97	3.65	3.77
175	Sungai Madiun	26	3284.49	32.60	44.94	43.58	44.00	-1.36	-0.94	Mekap	Mekap	296.52	631.73	111.40	0.00	0.03	5.67	3.18	3.28
176	Sungai Madiun	25	3284.49	34.62	44.89	43.59	44.08	-1.30	-0.81	Mekap	Mekap	209.34	743.86	102.43	0.00	0.03	7.26	3.75	3.87
177	Sungai Madiun	24	3284.49	33.64	44.98	45.27	44.38	0.29	-0.60	Tidak Mekap	Mekap	364.48	953.90	145.06	0.00	0.03	6.58	3.51	3.62
178	Sungai Madiun	23	3284.49	32.55	44.69	44.36	45.76	-0.33	1.07	Mekap	Tidak Mekap	220.75	758.92	118.95	0.00	0.03	6.38	3.44	3.55
179	Sungai Madiun	22	3284.49	31.05	44.79	43.74	44.30	-1.05	-0.49	Mekap	Mekap	240.35	981.80	133.07	0.00	0.03	7.38	3.79	3.91
180	Sungai Madiun	21	3284.49	32.13	44.60	43.44	43.30	-1.16	-1.30	Mekap	Mekap	277.33	844.97	125.80	0.00	0.03	6.72	3.56	3.67

(Sumber : Hasil analisis)



**Tabel 4.73** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Madiun Q 25 th

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	I <sub>s</sub> Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m)	V (m/dtk) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
181	Sungai Madiun	20	3284.49	31.88	44.42	42.28	44.18	-2.14	-0.24	Mekap	Mekap	192.88	805.22	133.11	0.00	0.03	6.05	3.32	3.43
182	Sungai Madiun	19	3284.49	31.61	43.90	41.83	43.00	-2.07	-0.90	Mekap	Mekap	282.29	614.62	127.74	0.00	0.03	4.81	2.85	2.94
183	Sungai Madiun	18	3284.49	34.27	43.81	42.89	42.35	-0.92	-1.46	Mekap	Mekap	261.77	620.05	95.93	0.00	0.03	6.46	3.47	3.58
184	Sungai Madiun	17	3284.49	33.48	43.86	43.03	43.17	-0.83	-0.69	Mekap	Mekap	171.37	740.44	121.30	0.00	0.03	6.10	3.34	3.45
185	Sungai Madiun	16	3284.49	32.13	43.53	43.46	43.70	-0.07	0.17	Mekap	Tidak Mekap	257.80	660.13	102.57	0.00	0.03	6.44	3.46	3.57
186	Sungai Madiun	15	3284.49	31.71	43.63	42.39	43.07	-1.24	-0.56	Mekap	Mekap	333.32	823.57	123.65	0.00	0.03	6.66	3.54	3.65
187	Sungai Madiun	14	3284.49	29.58	43.19	45.93	39.77	2.74	-3.42	Tidak Mekap	Mekap	237.37	628.56	119.77	0.00	0.03	5.25	3.02	3.12
188	Sungai Madiun	13	3284.49	32.98	43.19	42.41	42.18	-0.78	-1.01	Mekap	Mekap	215.96	726.12	134.99	0.00	0.03	5.38	3.07	3.17
189	Sungai Madiun	12	3284.49	32.10	43.02	42.55	43.30	-0.47	0.28	Mekap	Tidak Mekap	262.01	724.74	112.61	0.00	0.03	6.44	3.46	3.57
190	Sungai Madiun	11	3284.49	31.58	42.66	42.66	42.70	0.00	0.04	Mekap	Tidak Mekap	302.72	614.63	109.94	0.00	0.03	5.59	3.15	3.25
191	Sungai Madiun	10	3284.49	32.10	42.70	42.86	42.51	0.16	-0.19	Tidak Mekap	Mekap	184.52	711.57	106.83	0.00	0.03	6.66	3.54	3.65
192	Sungai Madiun	9	3284.49	31.85	42.29	41.38	43.19	-0.91	0.90	Mekap	Tidak Mekap	257.49	577.22	93.72	0.00	0.03	6.16	3.36	3.47
193	Sungai Madiun	8	3284.49	30.67	42.54	41.83	46.16	-0.71	3.62	Mekap	Tidak Mekap	168.85	842.38	127.55	0.00	0.03	6.60	3.52	3.63
194	Sungai Madiun	7	3284.49	31.14	42.45	41.80	43.25	-0.65	0.80	Mekap	Tidak Mekap	272.49	835.44	136.25	0.00	0.03	6.13	3.35	3.46
195	Sungai Madiun	6	3284.49	32.04	42.26	43.27	41.91	1.01	-0.35	Tidak Mekap	Mekap	192.26	810.18	126.43	0.00	0.03	6.41	3.45	3.56
196	Sungai Madiun	5	3284.49	32.07	41.91	41.39	45.28	-0.52	3.57	Mekap	Tidak Mekap	346.76	659.07	107.97	0.00	0.03	6.10	3.34	3.45
197	Sungai Madiun	4	3284.49	32.07	42.10	40.15	42.30	-1.95	0.20	Mekap	Tidak Mekap	222.96	1038.36	148.90	0.00	0.03	6.97	3.65	3.77
198	Sungai Madiun	3	3284.49	31.56	41.61	44.46	41.70	2.85	0.09	Tidak Mekap	Tidak Mekap	367.30	666.85	121.59	0.00	0.03	5.48	3.11	3.21
199	Sungai Madiun	2	3284.49	28.46	41.57	42.05	42.19	0.48	0.62	Tidak Mekap	Tidak Mekap	295.45	733.08	96.67	0.00	0.03	7.58	3.86	3.98
200	Sungai Madiun	1	3284.49	32.85	41.76	41.10	41.85	-0.66	0.09	Mekap	Tidak Mekap	248.28	685.15	128.00	0.00	0.03	5.35	3.06	3.16
201	Sungai Madiun	0	3284.49	29.32	41.72	42.36	41.91	0.64	0.19	Tidak Mekap	Tidak Mekap	0.00	746.56	97.68	0.00	0.03	7.64	3.88	4.01

(Sumber : Hasil analisis)

#### **4.5 Analisis Hidrolika Sub DAS JEROAN**

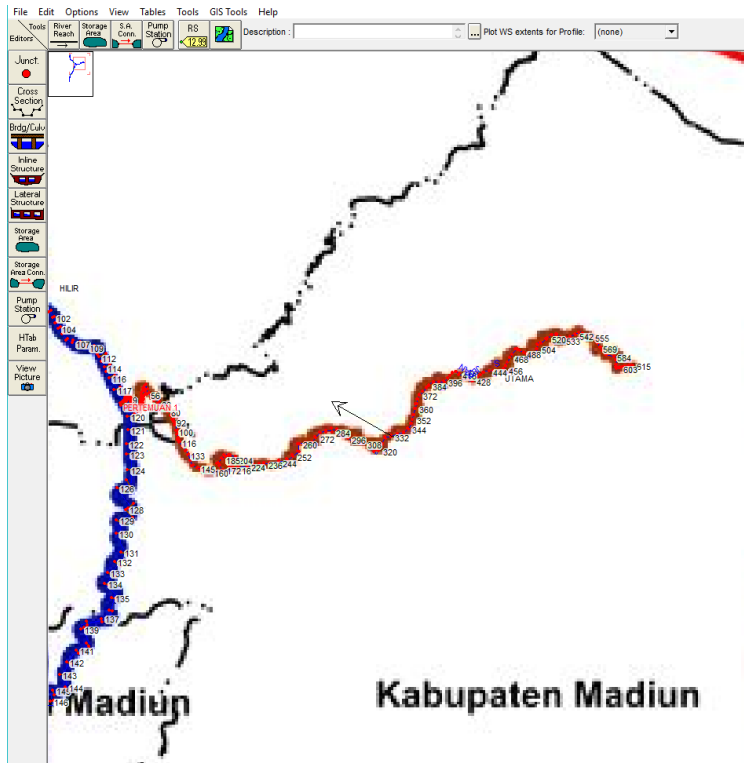
Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mendapatkan profil muka air (water profile) di sungai Jeroan dengan Kala Ulang tertentu, atau debit banjir rancangan (QT) tertentu. Dalam hal ini debit desain yang dipakai sebagai penentuan dimensi bangunan pengendali adalah debit banjir dengan kala ulang 25 tahun. Hal ini sesuai dengan debit banjir historis yang pernah terjadi di lokasi studi dan berdasarkan pedoman perencanaan bangunan pengendali banjir pada sungai. Analisis hidrolika ini akan dilakukan dalam beberapa kondisi, antara lain :

- Kondisi sungai asli ( existing ).
- Kondisi sungai dengan desain pengendalian banjir

Untuk saluran alam dalam analisa water profile dilakukan dengan Metode Tahapan Standar (Standard Step Method) atas asumsi aliran banjir merupakan aliran tetap (steady)

#### 4.5.1 Skema Sistem Sungai

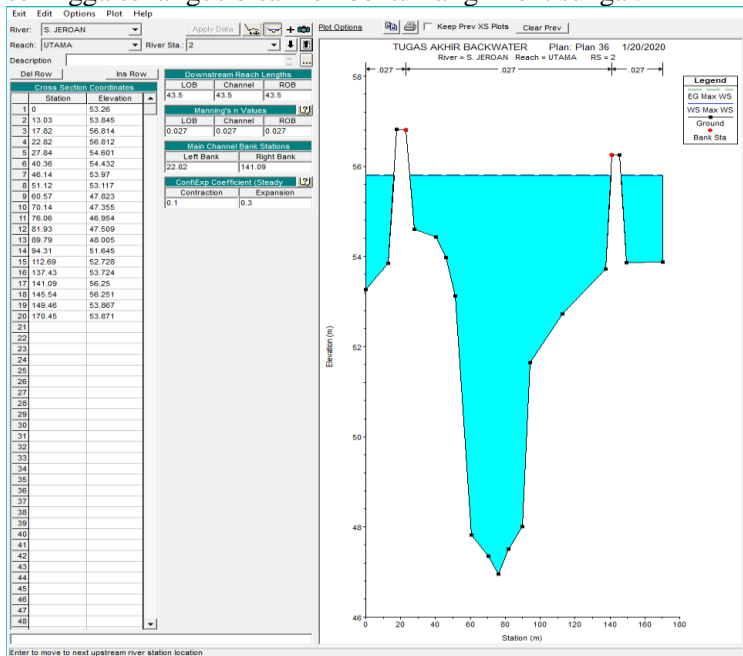
Pembuatan skema ini merupakan awal dari input geometrik data sebelum memasukkan data penampang sungai, dimana diperlukan untuk mendefinisikan setiap bagian (reach) sungai yang terbangun. Untuk mengetahui kapasitas kali/sungai ini diperlukan analisa hidrolika profil muka air pada sungai Jeroan



**Gambar 4. 20** Peta wilayah Sub DAS Jeroan di Hec - Ras  
(Sumber : Hasil analisis)

## 4.5.2 Data Penampang Sungai

Data penampang sungai diperoleh dari hasil pengukuran topografi yang berupa peta yang menyediakan data X,Y,Z. Data tersebut digunakan untuk memproses pemodelan layout dan cross section sungai Jeroan. Jarak Antar patok seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.21 selain memasukkan data geometri cross section juga diperlukan data jarak antar patok yang diisi pada kolom Downstream Reach Length. Jarak antar patok terdiri dari LOB, Channel dan ROB sehingga sekaligus bisa membentuk alignment sungai.



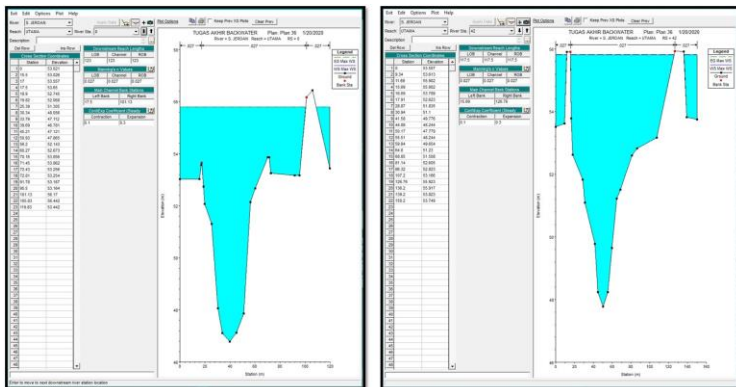
**Gambar 4. 21** Cross Section Sungai Jeroan STA 2  
(Sumber : Hasil analisis)

Selanjutnya adalah data 2 titik koordinat yang merupakan batas tebing yang membentuk saluran utama (Main Channel Bank Stations), seperti pada gambar Penampang sungai ditunjukkan dengan dua titik berwarna merah.

Analisa kondisi aliran banjir sungai pada kondisi eksisting dimaksudkan untuk mengetahui sampai seberapa besar kemampuan Kali Jeroan untuk dapat mengalirkan debit tertentu, dengan kata lain seberapa besar daya tampung /kapasitas penampang sungai.

Hasil perhitungan hidrolika sungai dengan Q25 pada kondisi eksisting digunakan untuk mengetahui kondisi aliran dengan Q25 pada penampang eksisting, sehingga dapat diketahui penampang-penampang pada ruas-ruas tertentu pada sungai tersebut yang mampu dan tidak mampu mengalirkan debit rencana Q25 tersebut. Apabila terdapat penampang sungai yang tidak mampu maka perlu dilakukan Pengendalian sungai.

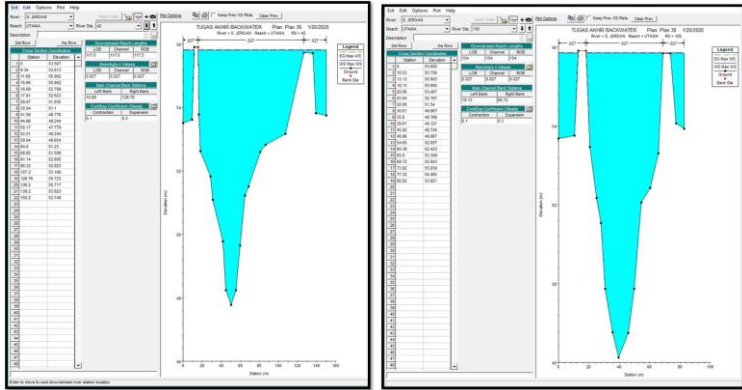
Hasil perhitungan hidraulika dengan menggunakan debit banjir rencana Q25, terdapat dibagian STA tertentu penampang eksisting tidak mampu mengalirkan debit banjir tersebut dan terjadi luapan air. Berikut hasil analisa profil muka air dengan menggunakan program Hec-Ras



**Gambar 4. 22** Cross Section Sungai Jeroan STA 0 – STA 40

(Sumber : Hasil analisis)

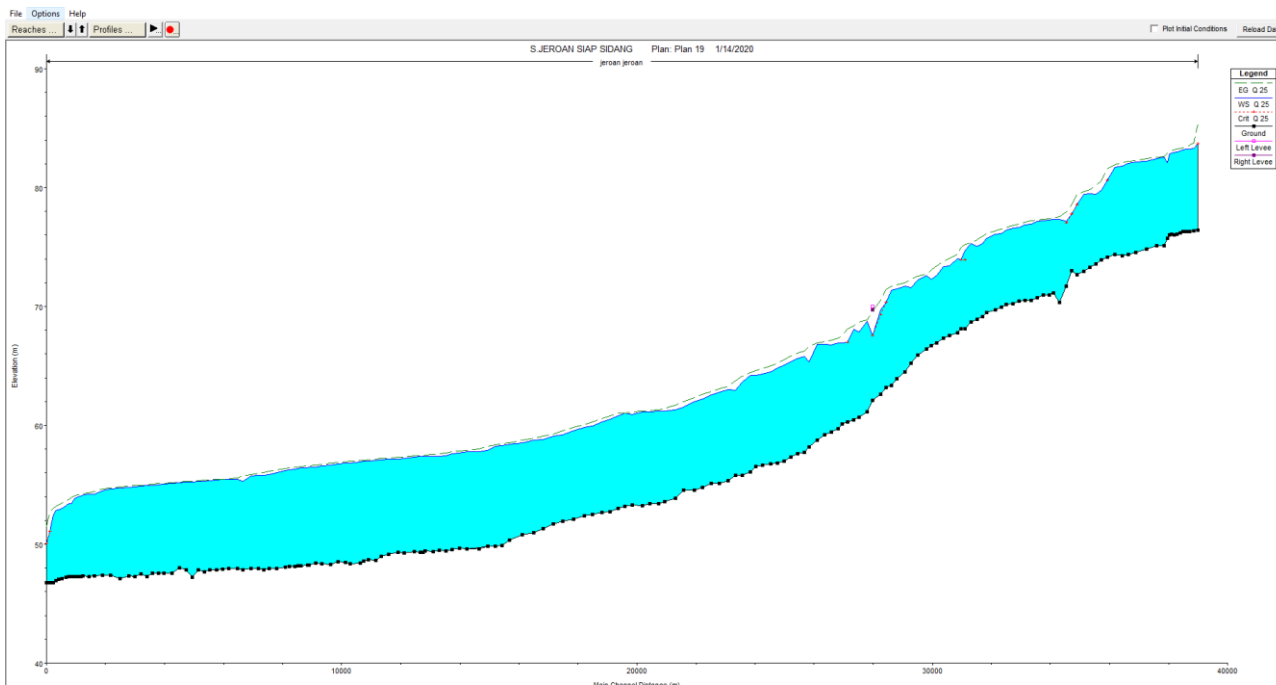
Gambar diatas menjelaskan bahwa STA 0 – STA 40 kapasitas penampang sungai Jeroan masih bisa menampung debit banjir rencana Q25 sebesar 563,34 m<sup>3</sup>/detik.



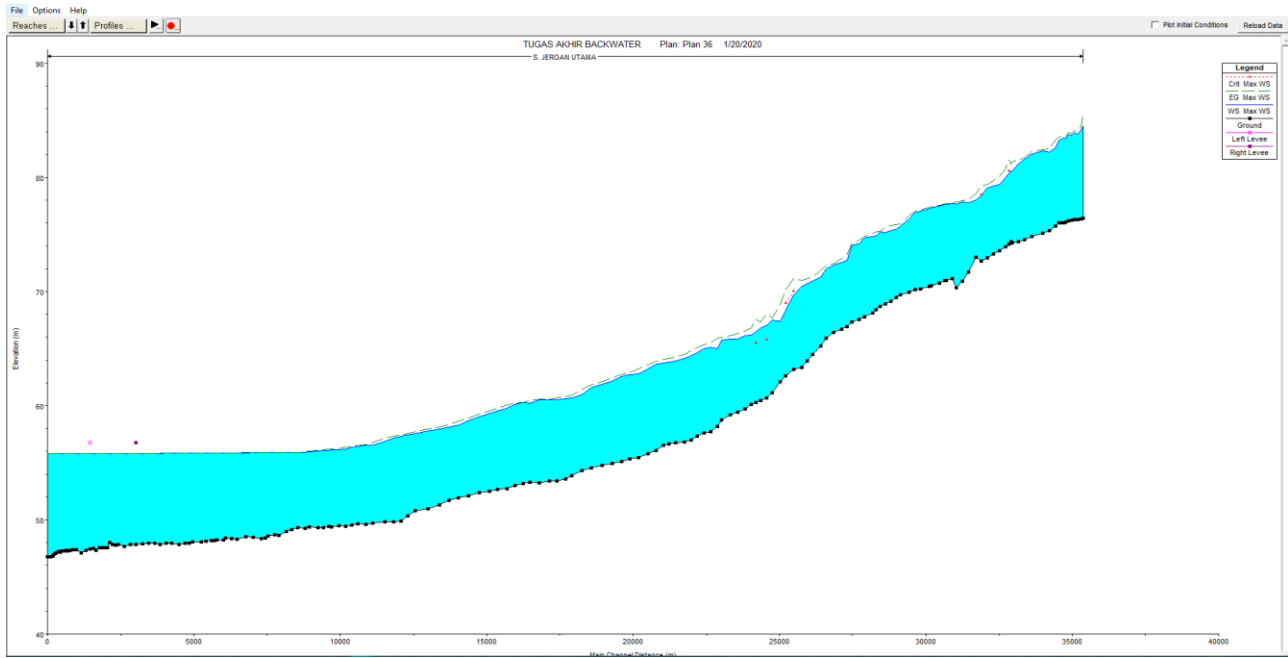
**Gambar 4. 23** Cross Section Sungai Jeroan STA 42 – STA 105

(Sumber : Hasil analisis)

Gambar diatas menjelaskan bahwa STA 42 – STA 105 kapasitas penampang sungai Jeroan tidak bisa menampung debit banjir rencana Q25 sebesar 563,34 m<sup>3</sup>/detik, tetapi diantara STA 42 – STA 105 terdapat penampang yang mampu menampung debit banjir rencana Q25 seperti pada STA 76, 85, dan 89



**Gambar 4. 24** Profil Muka air Sungai Jeroan dengan kala ulang 25 tahun pada kondisi eksisting dengan debit sungai Maidun normal (Sumber : Hasil analisis)



**Gambar 4. 24** Profil Muka air Sungai Jeroan dengan kala ulang 25 tahun pada kondisi eksisting dengan debit sungai Maidun Banjir dengan kala ulang 25 tahun  
(Sumber : Hasil analisis)



**Tabel 4. 74** Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q 25 th dengan debit sungai Madiun banjir

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Kelling Basah	I <sub>s</sub> Kenairangan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m)	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
1	Sungai Jeroan	-2	563.34	46.74	55.80	53.05	54.01	-2.75	-1.79	Mehap	Mehap	0.00	107.00	66.22	0.00	0.03	1.62	1.38	1.68
2	Sungai Jeroan	0	563.34	46.78	55.80	53.65	56.17	-2.15	0.37	Mehap	Tidak Mehap	123.00	100.70	58.63	0.00	0.03	1.72	1.43	1.75
3	Sungai Jeroan	1	563.34	46.83	55.80	53.54	56.13	-2.26	0.33	Mehap	Tidak Mehap	50.50	171.10	84.20	0.00	0.03	2.03	1.60	1.96
4	Sungai Jeroan	2	563.34	46.95	55.80	56.81	56.25	1.01	0.45	Tidak Mehap	Tidak Mehap	43.50	228.20	122.41	0.00	0.03	1.86	1.51	1.85
5	Sungai Jeroan	3	563.34	47.06	55.80	56.83	56.33	1.03	0.53	Tidak Mehap	Tidak Mehap	47.00	222.90	108.45	0.00	0.03	2.06	1.62	1.98
6	Sungai Jeroan	4	563.34	47.12	55.80	56.20	56.29	0.40	0.49	Tidak Mehap	Tidak Mehap	46.00	212.30	106.52	0.00	0.03	1.99	1.58	1.94
7	Sungai Jeroan	5	563.34	47.12	55.80	56.12	56.29	0.32	0.49	Tidak Mehap	Tidak Mehap	47.50	223.40	111.07	0.00	0.03	2.01	1.59	1.95
8	Sungai Jeroan	7	563.34	47.16	55.80	55.94	56.30	0.14	0.50	Tidak Mehap	Tidak Mehap	76.50	229.30	107.77	0.00	0.03	2.13	1.65	2.02
9	Sungai Jeroan	8	563.34	47.19	55.80	56.38	56.33	0.58	0.53	Tidak Mehap	Tidak Mehap	43.00	184.60	109.06	0.00	0.03	1.69	1.42	1.74
10	Sungai Jeroan	9	563.34	47.26	55.80	56.29	56.18	0.49	0.38	Tidak Mehap	Tidak Mehap	48.00	269.50	101.66	0.00	0.03	2.65	1.92	2.34
11	Sungai Jeroan	10	563.34	47.26	55.80	56.31	56.21	0.51	0.41	Tidak Mehap	Tidak Mehap	38.50	295.40	104.85	0.00	0.03	2.82	1.99	2.44
12	Sungai Jeroan	11	563.34	47.28	55.80	56.37	56.17	0.57	0.37	Tidak Mehap	Tidak Mehap	42.00	315.90	109.70	0.00	0.03	2.88	2.02	2.47
13	Sungai Jeroan	12	563.34	47.29	55.80	56.17	56.12	0.37	0.32	Tidak Mehap	Tidak Mehap	41.50	375.80	112.92	0.00	0.03	3.33	2.23	2.73
14	Sungai Jeroan	13	563.34	47.29	55.80	56.12	56.09	0.32	0.29	Tidak Mehap	Tidak Mehap	40.50	350.20	112.56	0.00	0.03	3.11	2.13	2.61
15	Sungai Jeroan	15	563.34	47.32	55.80	56.04	55.94	0.24	0.14	Tidak Mehap	Tidak Mehap	99.50	278.00	112.21	0.00	0.03	2.48	1.83	2.24
16	Sungai Jeroan	17	563.34	47.33	55.81	56.17	55.99	0.36	0.18	Tidak Mehap	Tidak Mehap	86.00	356.60	115.13	0.00	0.03	3.10	2.12	2.60
17	Sungai Jeroan	19	563.34	47.33	55.81	56.11	55.94	0.30	0.13	Tidak Mehap	Tidak Mehap	120.00	412.10	125.63	0.00	0.03	3.28	2.21	2.70
18	Sungai Jeroan	21	563.34	47.34	55.81	56.05	56.07	0.24	0.26	Tidak Mehap	Tidak Mehap	157.50	496.50	132.45	0.00	0.03	3.75	2.41	2.95
19	Sungai Jeroan	23	563.34	47.36	55.81	56.00	56.12	0.19	0.31	Tidak Mehap	Tidak Mehap	172.00	444.80	111.86	0.00	0.03	3.98	2.51	3.07
20	Sungai Jeroan	25	563.34	47.39	55.81	55.62	56.27	-0.19	0.46	Mehap	Tidak Mehap	139.00	415.10	123.62	0.00	0.03	3.36	2.24	2.74
21	Sungai Jeroan	27	563.34	47.45	55.81	56.10	56.14	0.29	0.33	Tidak Mehap	Tidak Mehap	106.00	427.60	111.19	0.00	0.03	3.85	2.45	3.00
22	Sungai Jeroan	29	563.34	47.48	55.81	56.11	56.09	0.30	0.28	Tidak Mehap	Tidak Mehap	102.50	427.20	115.27	0.00	0.03	3.71	2.39	2.93
23	Sungai Jeroan	31	563.34	47.55	55.81	56.02	56.11	0.21	0.30	Tidak Mehap	Tidak Mehap	93.50	425.00	107.16	0.00	0.03	3.97	2.51	3.06
24	Sungai Jeroan	33	563.34	47.56	55.81	55.74	56.17	-0.07	0.36	Mehap	Tidak Mehap	95.00	409.90	108.22	0.00	0.03	3.79	2.43	2.97
25	Sungai Jeroan	35	563.34	47.58	55.81	56.00	55.94	0.19	0.13	Tidak Mehap	Tidak Mehap	99.50	437.30	110.17	0.00	0.03	3.97	2.51	3.06
26	Sungai Jeroan	37	563.34	47.59	55.81	56.01	55.84	0.20	0.03	Tidak Mehap	Tidak Mehap	100.50	476.60	127.02	0.00	0.03	3.75	2.41	2.95
27	Sungai Jeroan	39	563.34	47.68	55.81	56.05	55.94	0.24	0.13	Tidak Mehap	Tidak Mehap	55.00	493.40	134.71	0.00	0.03	3.66	2.38	2.91
28	Sungai Jeroan	40	563.34	47.78	55.81	55.99	56.09	0.18	0.28	Tidak Mehap	Tidak Mehap	91.50	562.70	128.64	0.00	0.03	4.37	2.67	3.27
29	Sungai Jeroan	42	563.34	47.83	55.81	55.90	55.72	0.09	-0.09	Tidak Mehap	Mehap	117.50	495.40	114.02	0.00	0.03	4.34	2.66	3.26
30	Sungai Jeroan	44	563.34	47.83	55.81	55.82	55.61	0.01	-0.20	Tidak Mehap	Mehap	95.00	620.20	110.10	0.00	0.03	5.63	3.17	3.87

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.74** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q 25 th dengan debit sungai Madiun banjir

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q Eksisting (m <sup>3</sup> /dk <sup>2</sup> )	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		P (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	I <sub>0</sub> Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m)	V (m/dk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran	
						Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan									
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
31	Sungai Jeroan	48	563.34	47.85	55.81	56.25	55.52	0.44	-0.29	Tidak Meleap	Meleap	205.00	410.10	100.21	0.00	0.03	4.09	2.56	3.13
32	Sungai Jeroan	52	563.34	47.85	55.81	56.07	55.40	0.26	-0.41	Tidak Meleap	Meleap	204.00	469.70	121.75	0.00	0.03	3.86	2.46	3.01
33	Sungai Jeroan	56	563.34	47.86	55.82	56.00	55.08	0.18	-0.74	Tidak Meleap	Meleap	193.00	540.90	124.78	0.00	0.03	4.33	2.66	3.25
34	Sungai Jeroan	60	563.34	47.87	55.82	55.21	54.98	-0.61	-0.84	Meleap	Meleap	225.50	700.90	139.15	0.00	0.03	5.04	2.94	3.59
35	Sungai Jeroan	64	563.34	47.92	55.82	56.22	55.21	0.40	-0.61	Tidak Meleap	Meleap	208.00	619.40	137.17	0.00	0.03	4.52	2.73	3.34
36	Sungai Jeroan	68	563.34	47.93	55.82	55.83	55.41	0.01	-0.41	Tidak Meleap	Meleap	209.00	460.30	91.11	0.00	0.03	5.05	2.94	3.60
37	Sungai Jeroan	72	563.34	47.93	55.82	56.13	56.13	0.31	0.31	Tidak Meleap	Tidak Meleap	184.00	195.50	63.91	0.00	0.03	3.06	2.11	2.58
38	Sungai Jeroan	76	563.34	47.94	55.83	55.93	55.96	0.10	0.13	Tidak Meleap	Tidak Meleap	201.50	363.10	70.32	0.00	0.03	5.16	2.99	3.65
39	Sungai Jeroan	80	563.34	47.95	55.83	55.78	56.09	-0.05	0.26	Meleap	Meleap	195.00	383.00	69.38	0.00	0.03	5.52	3.12	3.82
40	Sungai Jeroan	85	563.34	47.96	55.83	56.48	56.48	0.65	0.65	Tidak Meleap	Tidak Meleap	261.50	271.30	61.42	0.00	0.03	4.42	2.69	3.29
41	Sungai Jeroan	89	563.34	47.98	55.83	56.03	56.11	0.20	0.28	Tidak Meleap	Tidak Meleap	192.00	259.10	56.54	0.00	0.03	4.58	2.76	3.37
42	Sungai Jeroan	92	563.34	48.00	55.84	55.81	55.83	-0.03	-0.01	Meleap	Meleap	132.50	274.20	59.92	0.00	0.03	4.58	2.76	3.37
43	Sungai Jeroan	95	563.34	48.05	55.84	55.80	55.94	-0.04	0.10	Meleap	Tidak Meleap	131.00	326.60	55.10	0.00	0.03	5.93	3.28	4.00
44	Sungai Jeroan	100	563.34	48.09	55.85	55.57	55.84	-0.28	-0.01	Meleap	Meleap	296.50	332.50	63.81	0.00	0.03	5.21	3.01	3.67
45	Sungai Jeroan	105	563.34	48.12	55.85	55.90	55.84	0.05	-0.01	Tidak Meleap	Meleap	154.00	336.90	54.20	0.00	0.03	6.22	3.38	4.13
46	Sungai Jeroan	109	563.34	48.16	55.85	56.04	55.93	0.19	0.08	Tidak Meleap	Tidak Meleap	185.50	386.10	58.61	0.00	0.03	6.59	3.51	4.30
47	Sungai Jeroan	112	563.34	48.17	55.85	55.91	56.02	0.06	0.17	Tidak Meleap	Tidak Meleap	94.00	494.80	78.53	0.00	0.03	6.30	3.41	4.17
48	Sungai Jeroan	116	563.34	48.24	55.86	55.91	56.03	0.05	0.17	Tidak Meleap	Tidak Meleap	90.00	363.10	55.48	0.00	0.03	6.54	3.50	4.28
49	Sungai Jeroan	121	563.34	48.27	55.86	56.01	55.98	0.15	0.12	Tidak Meleap	Tidak Meleap	241.00	399.50	63.05	0.00	0.03	6.34	3.42	4.19
50	Sungai Jeroan	125	563.34	48.31	55.86	55.87	55.84	0.01	-0.02	Tidak Meleap	Meleap	55.50	324.70	48.60	0.00	0.03	6.68	3.55	4.34
51	Sungai Jeroan	128	563.34	48.33	55.87	56.46	56.14	0.59	0.27	Tidak Meleap	Tidak Meleap	203.00	387.30	62.41	0.00	0.03	6.21	3.38	4.13
52	Sungai Jeroan	133	563.34	48.37	55.87	57.41	56.27	1.54	0.40	Tidak Meleap	Tidak Meleap	202.00	345.90	63.10	0.00	0.03	5.48	3.11	3.80
53	Sungai Jeroan	137	563.34	48.40	55.88	57.72	56.43	1.84	0.55	Tidak Meleap	Tidak Meleap	299.00	359.90	64.10	0.00	0.03	5.61	3.16	3.86
54	Sungai Jeroan	141	563.34	48.43	55.88	57.96	56.50	2.08	0.62	Tidak Meleap	Tidak Meleap	255.00	351.10	125.41	0.00	0.03	2.80	1.99	2.43
55	Sungai Jeroan	145	563.34	48.48	55.89	57.46	57.04	1.57	1.15	Tidak Meleap	Tidak Meleap	258.50	370.50	59.51	0.00	0.03	6.23	3.38	4.14
56	Sungai Jeroan	149	563.34	48.54	55.89	57.71	56.93	1.82	1.04	Tidak Meleap	Tidak Meleap	145.00	385.70	69.73	0.00	0.03	5.53	3.13	3.82
57	Sungai Jeroan	152	563.34	48.56	55.89	57.64	56.75	1.75	0.86	Tidak Meleap	Tidak Meleap	107.00	414.10	67.86	0.00	0.03	6.10	3.34	4.08
58	Sungai Jeroan	156	563.34	48.63	55.90	57.14	56.83	1.24	0.93	Tidak Meleap	Tidak Meleap	209.00	389.60	73.48	0.00	0.03	5.30	3.04	3.72
59	Sungai Jeroan	160	563.34	48.67	55.91	57.38	56.79	1.47	0.88	Tidak Meleap	Tidak Meleap	158.50	435.00	69.77	0.00	0.03	6.23	3.39	4.14
60	Sungai Jeroan	164	563.34	49.01	55.91	56.44	55.85	0.53	-0.06	Tidak Meleap	Meleap	240.50	401.00	57.22	0.00	0.03	7.01	3.66	4.48

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.74** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q 25 th dengan debit sungai Madiun banjir

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q Eksisting (m <sup>3</sup> /dik)	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	L Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m) Jari-Jari Hidrolis	V (m/dik <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
61	Sungai Jeroan	168	563.34	49.13	55.92	56.69	55.88	0.77	-0.04	Tidak Meleap	Meleap	182.50	436.90	56.19	0.00	0.03	7.78	3.92	4.80
62	Sungai Jeroan	172	563.34	49.28	55.92	56.38	55.88	0.46	-0.04	Tidak Meleap	Meleap	219.00	366.30	53.63	0.00	0.03	6.83	3.60	4.40
63	Sungai Jeroan	177	563.34	49.30	55.92	54.87	55.03	-1.05	-0.89	Meleap	Meleap	245.50	351.40	54.74	0.00	0.03	6.42	3.45	4.22
64	Sungai Jeroan	180	563.34	49.33	55.96	54.84	55.82	-1.12	-0.14	Meleap	Meleap	133.50	408.10	58.94	0.00	0.03	6.92	3.63	4.44
65	Sungai Jeroan	185	563.34	49.33	56.03	54.87	55.02	-1.16	-1.01	Meleap	Meleap	295.50	441.40	49.74	0.00	0.03	8.87	4.29	5.24
66	Sungai Jeroan	189	563.34	49.38	56.08	55.35	55.16	-0.73	-0.92	Meleap	Meleap	191.00	488.00	61.99	0.00	0.03	7.87	3.96	4.84
67	Sungai Jeroan	193	563.34	49.39	56.10	54.80	55.08	-1.30	-1.02	Meleap	Meleap	193.00	427.90	51.50	0.00	0.03	8.31	4.10	5.02
68	Sungai Jeroan	196	563.34	49.40	56.12	55.41	55.61	-0.71	-0.51	Meleap	Meleap	81.50	380.00	48.19	0.00	0.03	7.89	3.96	4.84
69	Sungai Jeroan	200	563.34	49.43	56.15	55.84	55.93	-0.31	-0.22	Meleap	Meleap	265.50	301.60	45.15	0.00	0.03	6.68	3.55	4.34
70	Sungai Jeroan	204	563.34	49.49	56.20	56.17	56.49	-0.03	0.29	Meleap	Tidak Meleap	216.00	263.20	41.40	0.00	0.03	6.36	3.43	4.20
71	Sungai Jeroan	208	563.34	49.54	56.34	56.58	56.65	0.24	0.31	Tidak Meleap	Tidak Meleap	225.50	376.60	60.74	0.00	0.03	6.20	3.37	4.13
72	Sungai Jeroan	212	563.34	49.63	56.40	56.86	57.04	0.46	0.64	Tidak Meleap	Tidak Meleap	204.50	365.00	63.14	0.00	0.03	5.78	3.22	3.94
73	Sungai Jeroan	216	563.34	49.63	56.52	57.48	57.62	0.96	1.10	Tidak Meleap	Tidak Meleap	262.00	492.30	95.51	0.00	0.03	5.15	2.98	3.65
74	Sungai Jeroan	220	563.34	49.72	56.53	58.25	56.20	1.72	-0.33	Tidak Meleap	Meleap	246.50	280.80	59.12	0.00	0.03	4.75	2.83	3.45
75	Sungai Jeroan	224	563.34	49.84	56.90	58.43	58.42	1.53	1.52	Tidak Meleap	Tidak Meleap	405.00	231.80	52.83	0.00	0.03	4.39	2.68	3.28
76	Sungai Jeroan	228	563.34	49.84	57.18	58.54	58.54	1.36	1.36	Tidak Meleap	Tidak Meleap	301.50	333.50	75.15	0.00	0.03	4.44	2.70	3.30
77	Sungai Jeroan	232	563.34	49.88	57.33	58.88	58.72	1.55	1.39	Tidak Meleap	Tidak Meleap	258.00	339.90	68.82	0.00	0.03	4.94	2.90	3.55
78	Sungai Jeroan	236	563.34	50.33	57.44	58.99	58.88	1.55	1.44	Tidak Meleap	Tidak Meleap	235.50	355.20	106.57	0.00	0.03	3.33	2.23	2.73
79	Sungai Jeroan	240	563.34	50.81	57.53	59.11	59.02	1.58	1.49	Tidak Meleap	Tidak Meleap	238.50	286.70	61.47	0.00	0.03	4.66	2.79	3.41
80	Sungai Jeroan	244	563.34	50.97	57.80	59.31	59.29	1.51	1.49	Tidak Meleap	Tidak Meleap	437.50	366.10	77.33	0.00	0.03	4.73	2.82	3.45
81	Sungai Jeroan	248	563.34	51.33	57.94	59.02	59.09	1.08	1.15	Tidak Meleap	Tidak Meleap	405.50	262.10	51.00	0.00	0.03	5.14	2.98	3.64
82	Sungai Jeroan	252	563.34	51.70	58.15	59.69	59.59	1.54	1.44	Tidak Meleap	Tidak Meleap	316.50	299.30	65.47	0.00	0.03	4.57	2.75	3.37
83	Sungai Jeroan	256	563.34	51.93	58.32	59.89	59.65	1.57	1.33	Tidak Meleap	Tidak Meleap	330.50	228.70	60.91	0.00	0.03	3.75	2.42	2.95
84	Sungai Jeroan	260	563.34	52.08	58.72	60.09	59.92	1.37	1.20	Tidak Meleap	Tidak Meleap	334.50	247.70	62.01	0.00	0.03	3.99	2.52	3.08
85	Sungai Jeroan	264	563.34	52.39	59.02	60.28	60.12	1.26	1.10	Tidak Meleap	Tidak Meleap	369.50	266.20	62.55	0.00	0.03	4.26	2.63	3.21
86	Sungai Jeroan	268	563.34	52.52	59.29	60.51	60.49	1.22	1.20	Tidak Meleap	Tidak Meleap	344.00	241.50	59.74	0.00	0.03	4.04	2.54	3.10
87	Sungai Jeroan	272	563.34	52.66	59.53	60.77	60.66	1.24	1.13	Tidak Meleap	Tidak Meleap	286.50	252.20	79.34	0.00	0.03	3.18	2.16	2.64
88	Sungai Jeroan	276	563.34	52.71	59.79	60.83	60.82	1.04	1.03	Tidak Meleap	Tidak Meleap	324.50	232.90	63.82	0.00	0.03	3.65	2.37	2.90
89	Sungai Jeroan	280	563.34	53.02	60.11	61.23	60.89	1.12	0.78	Tidak Meleap	Tidak Meleap	266.00	318.40	76.63	0.00	0.03	4.16	2.58	3.16
90	Sungai Jeroan	284	563.34	53.19	60.25	61.03	60.99	0.78	0.74	Tidak Meleap	Tidak Meleap	279.00	871.30	82.70	0.00	0.03	10.54	4.81	5.88

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.74** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q 25 th dengan debit sungai Madiun banjir

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q Eksisting (m <sup>3</sup> /dk)	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	L Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidroils	R <sup>2/3</sup> (m) Jari-Jari Hidroils	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
91	Sungai Jeroan	288	563.34	53.22	60.28	61.12	61.18	0.84	0.90	Tidak Mechap	Tidak Mechap	225.00	275.60	72.23	0.00	0.03	3.82	2.44	2.99
92	Sungai Jeroan	292	563.34	53.28	60.51	61.24	61.21	0.73	0.70	Tidak Mechap	Tidak Mechap	333.00	562.40	54.25	0.00	0.03	10.37	4.75	5.81
93	Sungai Jeroan	296	563.34	53.43	60.51	61.37	59.20	0.86	-1.31	Tidak Mechap	<b>Mechap</b>	340.50	383.70	74.56	0.00	0.03	5.15	2.98	3.64
94	Sungai Jeroan	300	563.34	53.43	60.54	61.40	61.42	0.86	0.88	Tidak Mechap	Tidak Mechap	248.00	336.10	64.19	0.00	0.03	5.24	3.02	3.69
95	Sungai Jeroan	304	563.34	53.58	60.62	61.50	61.51	0.88	0.89	Tidak Mechap	Tidak Mechap	291.50	272.80	52.71	0.00	0.03	5.18	2.99	3.66
96	Sungai Jeroan	308	563.34	53.88	60.71	61.12	61.12	0.41	0.41	Tidak Mechap	Tidak Mechap	223.00	228.90	41.70	0.00	0.03	5.49	3.11	3.80
97	Sungai Jeroan	312	563.34	54.32	60.98	63.16	63.27	2.18	2.29	Tidak Mechap	Tidak Mechap	347.00	196.90	64.42	0.00	0.03	3.06	2.11	2.57
98	Sungai Jeroan	316	563.34	54.57	61.60	63.47	63.54	1.87	1.94	Tidak Mechap	Tidak Mechap	307.00	231.90	62.82	0.00	0.03	3.69	2.39	2.92
99	Sungai Jeroan	320	563.34	54.76	61.85	63.80	63.83	1.95	1.98	Tidak Mechap	Tidak Mechap	368.00	220.10	59.35	0.00	0.03	3.71	2.40	2.93
100	Sungai Jeroan	324	563.34	54.92	62.16	64.18	64.14	2.02	1.98	Tidak Mechap	Tidak Mechap	348.00	236.30	61.41	0.00	0.03	3.85	2.46	3.00
101	Sungai Jeroan	328	563.34	55.12	62.55	64.48	64.44	1.93	1.89	Tidak Mechap	Tidak Mechap	331.00	260.50	70.33	0.00	0.03	3.70	2.39	2.93
102	Sungai Jeroan	332	563.34	55.35	62.71	64.79	64.86	2.08	2.15	Tidak Mechap	Tidak Mechap	284.00	247.90	75.83	0.00	0.03	3.27	2.20	2.69
103	Sungai Jeroan	336	563.34	55.45	62.76	65.27	65.32	2.51	2.56	Tidak Mechap	Tidak Mechap	301.00	144.60	63.30	0.00	0.03	2.28	1.73	2.12
104	Sungai Jeroan	340	563.34	55.82	63.23	65.58	65.63	2.35	2.40	Tidak Mechap	Tidak Mechap	305.00	202.80	62.08	0.00	0.03	3.27	2.20	2.69
105	Sungai Jeroan	344	563.34	56.09	63.66	66.07	66.07	2.41	2.41	Tidak Mechap	Tidak Mechap	274.00	292.60	72.47	0.00	0.03	4.04	2.54	3.10
106	Sungai Jeroan	348	563.34	56.51	63.75	64.89	64.89	1.14	1.14	Tidak Mechap	Tidak Mechap	263.00	236.20	46.60	0.00	0.03	5.07	2.95	3.61
107	Sungai Jeroan	352	563.34	56.63	63.80	64.66	66.43	0.86	2.63	Tidak Mechap	Tidak Mechap	188.00	200.70	42.93	0.00	0.03	4.68	2.80	3.42
108	Sungai Jeroan	356	563.34	56.78	63.91	63.28	63.33	-0.63	-0.58	<b>Mechap</b>	<b>Mechap</b>	225.00	187.20	72.98	0.00	0.03	2.57	1.87	2.29
109	Sungai Jeroan	360	563.34	56.82	64.18	66.70	63.33	2.52	-0.85	Tidak Mechap	<b>Mechap</b>	295.00	213.70	64.54	0.00	0.03	3.31	2.22	2.72
110	Sungai Jeroan	364	563.34	57.01	64.36	67.15	64.71	2.79	0.35	Tidak Mechap	Tidak Mechap	239.00	196.10	70.20	0.00	0.03	2.79	1.98	2.43
111	Sungai Jeroan	368	563.34	57.30	64.68	67.40	65.77	2.92	1.09	Tidak Mechap	Tidak Mechap	216.00	179.90	72.75	0.00	0.03	2.47	1.83	2.24
112	Sungai Jeroan	372	563.34	57.64	65.01	67.63	66.15	2.62	1.14	Tidak Mechap	Tidak Mechap	220.00	181.80	38.84	0.00	0.03	4.68	2.80	3.42
113	Sungai Jeroan	376	563.34	57.76	65.02	64.18	64.19	-0.84	-0.83	<b>Mechap</b>	<b>Mechap</b>	219.00	210.90	45.63	0.00	0.03	4.62	2.77	3.39
114	Sungai Jeroan	380	563.34	58.17	65.11	65.42	65.29	0.31	0.18	Tidak Mechap	Tidak Mechap	243.00	107.90	43.51	0.00	0.03	2.48	1.83	2.24
115	Sungai Jeroan	384	563.34	58.73	65.77	64.82	64.28	-0.95	-1.49	<b>Mechap</b>	<b>Mechap</b>	146.00	453.40	59.82	0.00	0.03	7.58	3.86	4.72
116	Sungai Jeroan	388	563.34	59.19	65.85	63.45	63.50	-2.40	-2.35	<b>Mechap</b>	<b>Mechap</b>	292.00	345.90	92.09	0.00	0.03	3.76	2.42	2.95
117	Sungai Jeroan	392	563.34	59.44	65.88	63.81	65.10	-2.07	-0.78	<b>Mechap</b>	<b>Mechap</b>	249.00	237.60	55.61	0.00	0.03	4.27	2.63	3.22
118	Sungai Jeroan	396	563.34	59.71	66.16	65.84	65.22	-0.32	-0.94	<b>Mechap</b>	<b>Mechap</b>	246.00	207.70	52.06	0.00	0.03	3.99	2.52	3.08
119	Sungai Jeroan	400	563.34	60.12	66.19	64.93	65.08	-1.26	-1.11	<b>Mechap</b>	<b>Mechap</b>	222.00	181.70	45.20	0.00	0.03	4.02	2.53	3.09
120	Sungai Jeroan	404	563.34	60.29	66.51	66.11	65.43	-0.40	-1.08	<b>Mechap</b>	<b>Mechap</b>	152.00	142.60	57.28	0.00	0.03	2.49	1.84	2.25

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.74** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q 25 th dengan debit sungai Madiun banjir

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q Eksisting (m <sup>3</sup> /dk)	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Sahuran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	I <sub>0</sub> Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m) Jari-Jari Hidrolis	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
121	Sungai Jeroan	408	563.34	60.48	66.83	64.91	65.12	-1.92	-1.71	Mehap	Mehap	170.00	244.90	48.17	0.00	0.03	5.08	2.96	3.61
122	Sungai Jeroan	412	563.34	60.71	67.06	66.30	66.54	-0.76	-0.52	Mehap	Mehap	204.00	160.80	59.40	0.00	0.03	2.71	1.94	2.37
123	Sungai Jeroan	416	563.34	61.16	67.41	67.93	67.76	0.52	0.35	Tidak Mehap	Tidak Mehap	181.00	345.20	65.36	0.00	0.03	5.28	3.03	3.71
124	Sungai Jeroan	420	563.34	62.11	67.50	68.89	67.73	1.39	0.23	Tidak Mehap	Tidak Mehap	284.00	88.80	48.97	0.00	0.03	1.81	1.49	1.82
125	Sungai Jeroan	424	563.34	62.62	68.35	69.09	68.10	0.74	-0.25	Tidak Mehap	Mehap	188.00	182.40	25.12	0.00	0.03	7.26	3.75	4.58
126	Sungai Jeroan	428	563.34	63.18	69.72	69.76	69.76	0.04	0.04	Tidak Mehap	Tidak Mehap	271.00	137.90	26.09	0.00	0.03	5.29	3.03	3.71
127	Sungai Jeroan	432	563.34	63.37	70.48	69.11	69.52	-1.37	-0.96	Mehap	Mehap	271.00	253.90	25.68	0.00	0.03	9.89	4.61	5.63
128	Sungai Jeroan	436	563.34	63.92	70.69	68.63	69.14	-2.06	-1.55	Mehap	Mehap	183.00	236.20	22.08	0.00	0.03	10.70	4.85	5.94
129	Sungai Jeroan	440	563.34	64.50	70.90	68.90	68.78	-2.00	-2.12	Mehap	Mehap	183.00	243.90	22.11	0.00	0.03	11.03	4.96	6.06
130	Sungai Jeroan	444	563.34	65.20	71.26	70.07	69.32	-1.19	-1.94	Mehap	Mehap	281.00	174.70	22.38	0.00	0.03	7.81	3.94	4.81
131	Sungai Jeroan	448	563.34	65.92	71.98	70.43	69.43	-1.55	-2.55	Mehap	Mehap	194.00	224.50	22.00	0.00	0.03	10.20	4.70	5.75
132	Sungai Jeroan	452	563.34	66.42	72.34	69.79	69.41	-2.55	-2.93	Mehap	Mehap	235.00	343.10	20.77	0.00	0.03	16.52	6.49	7.93
133	Sungai Jeroan	456	563.34	66.69	72.53	70.52	70.44	-2.01	-2.09	Mehap	Mehap	290.00	166.30	22.07	0.00	0.03	7.54	3.84	4.70
134	Sungai Jeroan	460	563.34	66.94	72.72	70.45	70.21	-2.27	-2.51	Mehap	Mehap	175.00	154.30	22.59	0.00	0.03	6.83	3.60	4.40
135	Sungai Jeroan	464	563.34	67.31	74.03	71.09	70.98	-2.94	-3.05	Mehap	Mehap	174.00	213.70	22.18	0.00	0.03	9.63	4.53	5.54
136	Sungai Jeroan	468	563.34	67.54	74.22	71.12	71.42	-3.10	-2.80	Mehap	Mehap	238.00	174.30	21.63	0.00	0.03	8.06	4.02	4.91
137	Sungai Jeroan	472	563.34	67.79	74.69	72.71	71.88	-1.98	-2.81	Mehap	Mehap	192.00	236.60	23.18	0.00	0.03	10.21	4.71	5.75
138	Sungai Jeroan	476	563.34	68.10	74.81	73.09	72.21	-1.72	-2.60	Mehap	Mehap	285.00	146.90	23.30	0.00	0.03	6.30	3.41	4.17
139	Sungai Jeroan	480	563.34	68.42	74.90	73.00	72.21	-1.90	-2.69	Mehap	Mehap	105.00	202.30	24.48	0.00	0.03	8.26	4.09	5.00
140	Sungai Jeroan	484	563.34	68.71	75.20	73.00	72.93	-2.20	-2.27	Mehap	Mehap	135.00	488.10	21.07	0.00	0.03	23.17	8.13	9.94
141	Sungai Jeroan	488	563.34	68.92	75.20	73.70	73.28	-1.50	-1.92	Mehap	Mehap	191.00	188.80	24.07	0.00	0.03	7.84	3.95	4.83
142	Sungai Jeroan	492	563.34	69.14	75.36	74.52	73.43	-0.84	-1.93	Mehap	Mehap	181.00	189.40	24.03	0.00	0.03	7.88	3.96	4.84
143	Sungai Jeroan	496	563.34	69.46	75.44	73.81	73.62	-1.63	-1.82	Mehap	Mehap	179.00	233.10	23.33	0.00	0.03	9.99	4.64	5.67
144	Sungai Jeroan	500	563.34	69.71	75.74	73.66	73.49	-2.08	-2.25	Mehap	Mehap	149.00	280.80	23.30	0.00	0.03	12.05	5.26	6.43
145	Sungai Jeroan	504	563.34	69.93	76.38	73.38	73.62	-3.00	-2.76	Mehap	Mehap	295.00	216.70	21.79	0.00	0.03	9.94	4.62	5.65
146	Sungai Jeroan	508	563.34	70.14	76.92	73.34	73.43	-3.58	-3.49	Mehap	Mehap	202.00	257.40	24.25	0.00	0.03	10.61	4.83	5.90
147	Sungai Jeroan	512	563.34	70.22	77.05	74.52	73.63	-2.53	-3.42	Mehap	Mehap	191.00	306.20	30.57	0.00	0.03	10.02	4.65	5.68
148	Sungai Jeroan	516	563.34	70.34	77.25	75.22	73.85	-2.03	-3.40	Mehap	Mehap	309.00	260.40	22.91	0.00	0.03	11.37	5.06	6.18
149	Sungai Jeroan	520	563.34	70.47	77.30	73.65	74.08	-3.65	-3.22	Mehap	Mehap	35.00	271.40	22.25	0.00	0.03	12.20	5.30	6.48
150	Sungai Jeroan	522	563.34	70.51	77.48	73.73	74.22	-3.75	-3.26	Mehap	Mehap	256.00	278.30	22.12	0.00	0.03	12.58	5.41	6.61

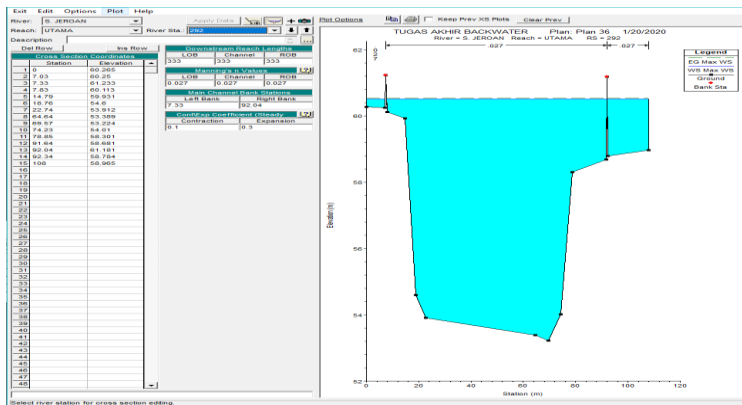
(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4.74** Lanjutan Hasil Perhitungan Profil Muka Air Sungai Jeroan Q 25 th dengan debit sungai Madiun banjir

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q Eksisting (m <sup>3</sup> /dk)	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Beda Tinggi (m)		Keterangan		Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	L Kenirangan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m) Jari-Jari Hidrolis	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
151	Sungai Jeroan	526	563.34	70.72	77.61	73.09	74.28	-4.52	-3.33	Mehap	Mehap	202.00	343.90	20.61	0.00	0.03	16.69	6.53	7.98
152	Sungai Jeroan	527	563.34	70.88	77.62	73.03	74.59	-4.59	-3.03	Mehap	Mehap	38.00	382.70	22.11	0.00	0.03	17.31	6.69	8.18
153	Sungai Jeroan	530	563.34	70.94	77.67	73.19	74.47	-4.48	-3.20	Mehap	Mehap	206.00	339.30	22.26	0.00	0.03	15.24	6.15	7.52
154	Sungai Jeroan	533	563.34	70.96	77.72	73.58	76.51	-4.14	-1.21	Mehap	Mehap	149.00	400.30	19.86	0.00	0.03	20.16	7.41	9.06
155	Sungai Jeroan	536	563.34	71.12	77.78	73.10	75.84	-4.68	-1.94	Mehap	Mehap	208.00	248.40	22.49	0.00	0.03	11.04	4.96	6.06
156	Sungai Jeroan	539	563.34	71.69	77.83	75.67	75.52	-2.16	-2.31	Mehap	Mehap	195.00	181.20	22.78	0.00	0.03	7.95	3.98	4.87
157	Sungai Jeroan	542	563.34	72.70	78.02	76.09	76.47	-1.93	-1.55	Mehap	Mehap	251.00	165.90	22.04	0.00	0.03	7.53	3.84	4.70
158	Sungai Jeroan	545	563.34	72.96	78.39	76.75	76.43	-1.64	-1.96	Mehap	Mehap	194.00	168.90	23.45	0.00	0.03	7.20	3.73	4.56
159	Sungai Jeroan	548	563.34	73.02	79.11	76.62	77.04	-2.49	-2.07	Mehap	Mehap	192.00	274.30	22.28	0.00	0.03	12.31	5.33	6.52
160	Sungai Jeroan	551	563.34	73.28	79.27	76.90	77.10	-2.37	-2.17	Mehap	Mehap	160.50	225.30	22.31	0.00	0.03	10.10	4.67	5.71
161	Sungai Jeroan	555	563.34	73.60	79.38	77.07	77.52	-2.31	-1.86	Mehap	Mehap	215.00	151.80	29.08	0.00	0.03	5.22	3.01	3.68
162	Sungai Jeroan	559	563.34	73.91	80.02	77.30	79.45	-2.72	-0.57	Mehap	Mehap	202.00	139.90	28.03	0.00	0.03	4.99	2.92	3.57
163	Sungai Jeroan	562	563.34	74.12	80.32	79.21	79.83	-1.11	-0.49	Mehap	Mehap	125.00	155.20	23.30	0.00	0.03	6.66	3.54	4.33
164	Sungai Jeroan	564	563.34	74.27	80.55	79.43	80.22	-1.12	-0.33	Mehap	Mehap	68.00	304.40	24.48	0.00	0.03	12.43	5.37	6.56
165	Sungai Jeroan	565	563.34	74.38	80.59	79.33	79.72	-1.26	-0.87	Mehap	Mehap	30.00	271.00	25.42	0.00	0.03	10.66	4.84	5.92
166	Sungai Jeroan	569	563.34	74.38	81.21	79.31	79.40	-1.90	-1.81	Mehap	Mehap	227.00	340.10	24.38	0.00	0.03	13.95	5.79	7.08
167	Sungai Jeroan	574	563.34	74.54	81.58	78.73	79.33	-2.85	-2.25	Mehap	Mehap	192.00	400.40	23.62	0.00	0.03	16.95	6.60	8.07
168	Sungai Jeroan	579	563.34	74.81	82.02	78.74	83.27	-3.28	1.25	Mehap	Tidak Mehap	263.00	252.70	32.38	0.00	0.03	7.80	3.93	4.81
169	Sungai Jeroan	584	563.34	75.09	82.24	78.63	79.64	-3.61	-2.60	Mehap	Mehap	354.00	380.70	24.30	0.00	0.03	15.67	6.26	7.65
170	Sungai Jeroan	589	563.34	75.36	82.30	79.20	79.39	-3.10	-2.91	Mehap	Mehap	243.00	388.20	23.13	0.00	0.03	16.78	6.56	8.01
171	Sungai Jeroan	594	563.34	75.75	82.62	80.30	80.82	-2.32	-1.80	Mehap	Mehap	211.00	143.60	20.29	0.00	0.03	7.08	3.69	4.51
172	Sungai Jeroan	597	563.34	76.03	83.25	80.72	80.33	-2.53	-2.92	Mehap	Mehap	106.00	251.80	24.32	0.00	0.03	10.35	4.75	5.81
173	Sungai Jeroan	599	563.34	76.03	83.33	80.53	80.25	-2.80	-3.08	Mehap	Mehap	87.00	264.30	25.02	0.00	0.03	10.56	4.81	5.89
174	Sungai Jeroan	601	563.34	76.04	83.40	80.54	80.12	-2.86	-3.28	Mehap	Mehap	66.00	279.60	30.75	0.00	0.03	9.09	4.36	5.33
175	Sungai Jeroan	603	563.34	76.09	83.47	80.40	80.23	-3.07	-3.24	Mehap	Mehap	76.00	297.50	24.04	0.00	0.03	12.38	5.35	6.54
176	Sungai Jeroan	605	563.34	76.18	83.70	80.49	80.72	-3.21	-2.98	Mehap	Mehap	102.00	274.00	23.76	0.00	0.03	11.53	5.10	6.24
177	Sungai Jeroan	607	563.34	76.22	83.73	80.50	80.46	-3.23	-3.27	Mehap	Mehap	110.00	296.60	25.69	0.00	0.03	11.55	5.11	6.25
178	Sungai Jeroan	609	563.34	76.29	83.82	80.57	80.33	-3.25	-3.49	Mehap	Mehap	103.00	301.80	25.36	0.00	0.03	11.90	5.21	6.37
179	Sungai Jeroan	611	563.34	76.31	83.94	80.78	81.52	-3.16	-2.42	Mehap	Mehap	97.00	231.10	24.87	0.00	0.03	9.29	4.42	5.40
180	Sungai Jeroan	613	563.34	76.39	84.15	80.92	82.07	-3.23	-2.08	Mehap	Mehap	132.00	195.40	25.58	0.00	0.03	7.64	3.88	4.74
181	Sungai Jeroan	615	563.34	76.41	84.47	82.34	82.34	-2.13	-2.13	Mehap	Mehap	63.00	107.20	22.40	0.00	0.03	4.79	2.84	3.47

(Sumber : Hasil analisis)

Berdasarkan hasil analisa hidrolika dengan bantuan software HecRas maka dapat diketahui bahwa pada kejadian debit banjir Q 25 th, kapasitas Sungai Jeroan pada ruas-ruas tertentu masih terdapat luapan dan menjadi genangan. Salah satu penyebab terjadinya genangan banjir terdapat bangunan pengendali banjir yang sudah rusak seperti pada STA J 292 terletak di Desa Sumber bening, bentuk kerusakan seperti gambar berikut



**Gambar 4. 26** Cross Section Sungai Jeroan STA 292  
(Sumber : Hasil analisis)

### 4.5.3 Analisa Hidraulika dengan Bangunan Pengendalian Banjir

Posisi atau wilayah banjir pada situasi genangan sungai Jeroan terjadi pada cross section J.424 – J.615 berada di daerah hulu yaitu di desa Kedungmaron – desa Summersari, menggenangi beberapa area permukiman dan persawahan, kemudian pada cross section J.368 – J.408 di daerah tengah yaitu desa Purworejo - desa Kedungmaron, dan juga genangan terjadi pada cross section J.0 – J.152 (tetapi hanya beberapa penampang sungai yang tidak mampu menampung), dimana pada bagian ini sudah terdapat bangunan pengendali banjir, namun masih belum bisa menampung debit rencana Q 25 tahun, akibatnya genangan terjadi pada wilayah tersebut, tepatnya di desa Mojomanis – desa Kedungjati, banjir menggenangi pemukiman penduduk.

NO	Penampang Eksisting	Jenis Perbaikan	STA	Rencana Penampang Melintang
1	Tidak Memiliki Bangunan Pengaturan Sungai	Merencanakan Tanggul	J-376 - J-615	
2	Memiliki Tanggul di Sisi Kanan dan Kiri	Meninggikan tanggul disisi kanan	J.-2, J.42 - J.68, J.92, J.100, J.102, J.125, J.164 - J.185	
3	Memiliki Tanggul di Sisi Kanan dan Kiri	Meninggikan tanggul disisi kiri	J.-2 - J.1, J.25, J.33, J.60, J.80, J.92 - J.100, J.177 - J.185	
4	Memiliki Parapet	Merencanakan Parapet	J.189 - J.204, J.220, J.296, J.356, J.360	

**Gambar 4. 27** Penanganan di Cross Section Sungai Jeroan  
(Sumber : Hasil analisis)

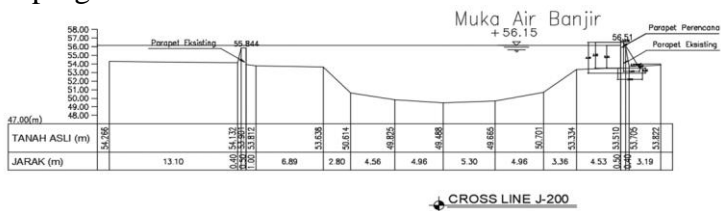
Dengan hasil analisa hidraulika pada kondisi eksisting ini dapat diketahui lokasi-lokasi genangan yang terjadi di sepanjang sungai Jeroan, sehingga perlu direncanakan bangunan pengendali banjir khususnya di titik-titik rawan banjir yang diketahui dari hasil analisa hidraulika diatas. Dari hasil analisa desain bangunan



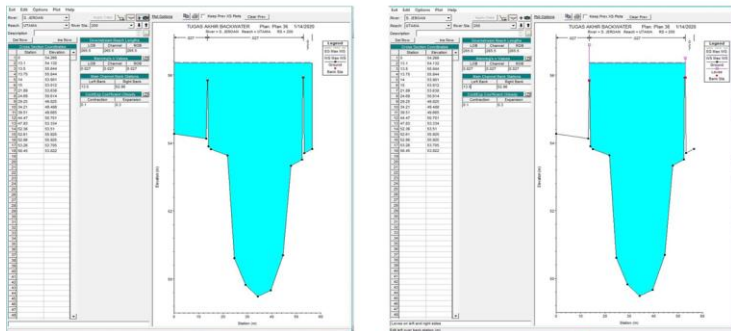
pengendali banjir di Kali jeroan ditentukan desain yang akan dibangun di sepanjang kali jeroan ini berupa :

- Tanggul
- Parapet

Berdasar kan hasil desain diatas, maka desain tersebut disimulasikan dengan penampang melintang sungai dan dirunning menggunakan bantuan software Hecras. Berikut hasil input desain bangunan pengendali pada program Hecras



CROSS LINE J-200



**Gambar 4. 28** Penanganan diCross Section Sungai Jeroan STA 200

Hasil running hidraulika dengan desain bangunan seperti Parapet dan Tanggul untuk pengendali banjir menunjukkan genangan yang terjadi dapat diatasi, sehingga desa rawan banjir seperti disebutkan sebelumnya, menjadi desa yang aman terhadap bahaya banjir

Tabel 4. 75 Perhitungan Profil Muka Air Banjir Sungai Jeroan Q 25 tahun setelah Penanganan

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)				Elevasi Perencanaan Tanggul (m)				Jarak Sahuran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luns Basah	P (m) Keliling Basah	h Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2/3</sup> (m) Jari-Jari Hidrolis	V (m <sup>3</sup> /dk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Keterangan		Keterangan		Keterangan		Keterangan									
						Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
1	Sungai Jeroan	-2	577.78	46.74	50.05	53.05	54.01	Tidak Meakup	Tidak Meakup	53.05	54.01	Tidak Meakup	Tidak Meakup	0.00	107.00	66.22	0.00	0.03	1.62	1.97	2.41
2	Sungai Jeroan	0	577.78	46.78	51.09	53.65	56.17	Tidak Meakup	Tidak Meakup	53.65	56.17	Tidak Meakup	Tidak Meakup	123.00	100.70	58.63	0.00	0.03	1.72	2.13	2.60
3	Sungai Jeroan	1	577.78	46.78	52.45	53.54	56.13	Tidak Meakup	Tidak Meakup	53.54	56.13	Tidak Meakup	Tidak Meakup	50.50	171.10	84.20	0.00	0.03	2.03	2.15	2.63
4	Sungai Jeroan	2	577.78	46.95	52.84	56.81	56.25	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.81	56.25	Tidak Meakup	Tidak Meakup	43.50	228.20	122.41	0.00	0.03	1.86	2.08	2.54
5	Sungai Jeroan	3	577.78	47.06	52.92	56.83	56.33	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.83	56.33	Tidak Meakup	Tidak Meakup	47.00	222.90	108.45	0.00	0.03	2.06	1.97	2.41
6	Sungai Jeroan	4	577.78	47.12	53.04	56.20	56.29	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.20	56.29	Tidak Meakup	Tidak Meakup	46.00	212.30	106.52	0.00	0.03	1.99	1.85	2.26
7	Sungai Jeroan	5	577.78	47.12	53.26	56.12	56.29	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.12	56.29	Tidak Meakup	Tidak Meakup	47.50	223.40	111.07	0.00	0.03	2.01	1.85	2.26
8	Sungai Jeroan	7	577.78	47.19	53.40	55.94	56.30	Tidak Meakup	Tidak Meakup	55.94	56.30	Tidak Meakup	Tidak Meakup	76.50	229.30	107.77	0.00	0.03	2.13	1.87	2.29
9	Sungai Jeroan	8	577.78	47.24	53.41	56.38	56.33	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.38	56.33	Tidak Meakup	Tidak Meakup	43.00	184.60	109.06	0.00	0.03	1.69	1.92	2.35
10	Sungai Jeroan	9	577.78	47.26	53.84	56.29	56.18	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.29	56.18	Tidak Meakup	Tidak Meakup	48.00	269.50	101.66	0.00	0.03	2.65	1.89	2.31
11	Sungai Jeroan	10	577.78	47.26	53.98	56.31	56.21	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.31	56.21	Tidak Meakup	Tidak Meakup	38.50	295.40	104.85	0.00	0.03	2.82	1.94	2.37
12	Sungai Jeroan	11	577.78	47.28	54.05	56.37	56.17	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.37	56.17	Tidak Meakup	Tidak Meakup	42.00	315.90	109.70	0.00	0.03	2.88	1.98	2.42
13	Sungai Jeroan	12	577.78	47.28	54.13	56.17	56.12	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.17	56.12	Tidak Meakup	Tidak Meakup	41.50	375.80	112.92	0.00	0.03	3.33	1.97	2.41
14	Sungai Jeroan	13	577.78	47.28	54.19	56.12	56.09	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.12	56.09	Tidak Meakup	Tidak Meakup	40.50	350.20	112.56	0.00	0.03	3.11	2.06	2.52
15	Sungai Jeroan	15	577.78	47.28	54.22	56.04	55.94	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.04	55.94	Tidak Meakup	Tidak Meakup	99.50	278.00	112.21	0.00	0.03	2.48	1.69	2.07
16	Sungai Jeroan	17	577.78	47.29	54.50	56.17	55.99	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.17	55.99	Tidak Meakup	Tidak Meakup	86.00	356.60	115.13	0.00	0.03	3.10	1.98	2.42
17	Sungai Jeroan	19	577.78	47.29	54.63	56.11	55.94	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.11	55.94	Tidak Meakup	Tidak Meakup	120.00	412.10	125.63	0.00	0.03	3.28	1.93	2.36
18	Sungai Jeroan	21	577.78	47.32	54.74	56.05	56.07	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.05	56.07	Tidak Meakup	Tidak Meakup	157.50	496.50	132.45	0.00	0.03	3.75	2.15	2.63
19	Sungai Jeroan	23	577.78	47.33	54.78	56.00	56.12	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.00	56.12	Tidak Meakup	Tidak Meakup	172.00	444.80	111.86	0.00	0.03	3.98	2.07	2.53
20	Sungai Jeroan	25	577.78	47.33	54.82	55.62	56.27	Tidak Meakup	Tidak Meakup	55.62	56.27	Tidak Meakup	Tidak Meakup	139.00	415.10	123.62	0.00	0.03	3.36	2.15	2.63
21	Sungai Jeroan	27	577.78	47.36	54.88	56.10	56.14	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.10	56.14	Tidak Meakup	Tidak Meakup	106.00	427.60	111.19	0.00	0.03	3.85	2.07	2.53
22	Sungai Jeroan	29	577.78	47.39	54.92	56.11	56.09	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.11	56.09	Tidak Meakup	Tidak Meakup	102.50	427.20	115.27	0.00	0.03	3.71	2.18	2.67
23	Sungai Jeroan	31	577.78	47.48	54.96	56.02	56.11	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.02	56.11	Tidak Meakup	Tidak Meakup	93.50	425.00	107.16	0.00	0.03	3.97	2.31	2.82
24	Sungai Jeroan	33	577.78	47.55	55.00	55.74	56.17	Tidak Meakup	Tidak Meakup	55.74	56.17	Tidak Meakup	Tidak Meakup	95.00	409.90	108.22	0.00	0.03	3.79	2.28	2.79
25	Sungai Jeroan	35	577.78	47.56	55.05	56.00	55.94	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.00	55.94	Tidak Meakup	Tidak Meakup	99.50	437.30	110.17	0.00	0.03	3.97	2.18	2.67
26	Sungai Jeroan	37	577.78	47.58	55.11	56.01	55.84	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.01	55.84	Tidak Meakup	Tidak Meakup	100.50	476.60	127.02	0.00	0.03	3.75	2.21	2.70
27	Sungai Jeroan	39	577.78	47.59	55.16	56.05	55.94	Tidak Meakup	Tidak Meakup	56.05	55.94	Tidak Meakup	Tidak Meakup	55.00	493.40	134.71	0.00	0.03	3.66	2.11	2.58
28	Sungai Jeroan	40	577.78	47.68	55.22	55.99	56.09	Tidak Meakup	Tidak Meakup	55.99	56.09	Tidak Meakup	Tidak Meakup	91.50	562.70	128.64	0.00	0.03	4.37	2.18	2.67
29	Sungai Jeroan	42	577.78	47.83	55.23	55.90	55.72	Tidak Meakup	Tidak Meakup	55.90	55.72	Tidak Meakup	Tidak Meakup	117.50	495.40	114.02	0.00	0.03	4.34	2.28	2.79
30	Sungai Jeroan	44	577.78	47.83	55.28	55.82	55.61	Tidak Meakup	Tidak Meakup	55.82	55.61	Tidak Meakup	Tidak Meakup	95.00	620.20	110.10	0.00	0.03	5.63	1.99	2.43

(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 76** Lanjutan Perhitungan Profil Muka Air Banjir Sungai Jeroan Q 25 tahun setelah Penanganan

NO	NAMA SUNGAI	STA SUNGAI	Q25 (m <sup>3</sup> /dtk) Debit Rencana	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air Banjir (m)	Elevasi Tanggul (m)		Elevasi Perencanaan Tanggul (m)				Keterangan				Jarak Saluran (m)	A (m <sup>2</sup> ) Luas Basah	P (m) Keliling Basah	l Kemiringan Dasar	n Koefisien Manning	R (m) Jari-Jari Hidrolis	R <sup>2</sup> (%) Jari-Jari Hidrolis	V (m/dtk <sup>2</sup> ) Kecepatan Aliran
						Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan	Kiri	Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan	Tanggul Kiri	Tanggul Kanan								
31	Sungai Jeroan	48	577.78	47.85	55.28	56.25	55.52	Tidak Meluap	Tidak Meluap	56.25	55.52	Tidak Meluap	Tidak Meluap	205.00	410.10	100.21	0.00	0.03	4.09	2.15	2.63		
32	Sungai Jeroan	52	577.78	47.85	55.30	56.07	55.40	Tidak Meluap	<b>Tidak Meluap</b>	56.07	56.30	Tidak Meluap	Tidak Meluap	204.00	469.70	121.75	0.00	0.03	3.86	2.08	2.54		
33	Sungai Jeroan	56	577.78	47.86	55.35	56.00	55.08	Tidak Meluap	<b>Meluap</b>	56.00	56.35	Tidak Meluap	Tidak Meluap	193.00	540.90	124.78	0.00	0.03	4.33	2.22	2.71		
34	Sungai Jeroan	60	577.78	47.87	55.40	55.21	54.98	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	56.40	56.40	Tidak Meluap	Tidak Meluap	225.50	700.90	139.15	0.00	0.03	5.04	2.48	3.03		
35	Sungai Jeroan	64	577.78	47.92	55.45	56.22	55.21	Tidak Meluap	<b>Meluap</b>	56.22	56.45	Tidak Meluap	Tidak Meluap	208.00	619.40	137.17	0.00	0.03	4.52	2.33	2.85		
36	Sungai Jeroan	68	577.78	47.93	55.45	55.83	55.41	Tidak Meluap	<b>Meluap</b>	55.83	56.45	Tidak Meluap	Tidak Meluap	209.00	460.30	91.11	0.00	0.03	5.05	2.24	2.74		
37	Sungai Jeroan	72	577.78	47.93	55.46	56.13	56.13	Tidak Meluap	Tidak Meluap	56.13	56.13	Tidak Meluap	Tidak Meluap	184.00	195.50	63.91	0.00	0.03	3.06	2.15	2.63		
38	Sungai Jeroan	76	577.78	47.94	55.73	55.93	55.96	<b>Tidak Meluap</b>	Tidak Meluap	56.73	55.96	Tidak Meluap	Tidak Meluap	201.50	363.10	70.32	0.00	0.03	5.16	2.09	2.56		
39	Sungai Jeroan	80	577.78	47.95	55.81	55.78	56.09	<b>Meluap</b>	Tidak Meluap	56.81	56.09	Tidak Meluap	Tidak Meluap	195.00	383.00	69.38	0.00	0.03	5.52	2.14	2.62		
40	Sungai Jeroan	85	577.78	47.96	55.81	56.48	56.48	Tidak Meluap	Tidak Meluap	56.48	56.48	Tidak Meluap	Tidak Meluap	261.50	271.30	61.42	0.00	0.03	4.42	2.31	2.82		
41	Sungai Jeroan	89	577.78	47.98	55.86	56.03	56.11	<b>Tidak Meluap</b>	Tidak Meluap	56.86	56.11	Tidak Meluap	Tidak Meluap	192.00	259.10	56.54	0.00	0.03	4.58	1.95	2.38		
42	Sungai Jeroan	92	577.78	48.00	56.02	55.81	55.83	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.02	57.02	Tidak Meluap	Tidak Meluap	132.50	274.20	59.92	0.00	0.03	4.58	1.95	2.38		
43	Sungai Jeroan	95	577.78	48.05	56.22	55.80	55.94	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.22	57.22	Tidak Meluap	Tidak Meluap	131.00	326.60	55.10	0.00	0.03	5.93	2.31	2.82		
44	Sungai Jeroan	100	577.78	48.12	56.26	55.57	55.84	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.26	57.26	Tidak Meluap	Tidak Meluap	296.50	332.50	63.81	0.00	0.03	5.21	2.34	2.86		
45	Sungai Jeroan	105	577.78	48.12	56.32	55.90	55.84	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.32	57.32	Tidak Meluap	Tidak Meluap	154.00	336.90	54.20	0.00	0.03	6.22	2.36	2.89		
46	Sungai Jeroan	109	577.78	48.16	56.38	56.04	55.93	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.38	57.38	Tidak Meluap	Tidak Meluap	185.50	386.10	58.61	0.00	0.03	6.59	2.35	2.87		
47	Sungai Jeroan	112	577.78	48.17	56.44	55.91	56.03	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.44	57.44	Tidak Meluap	Tidak Meluap	94.00	494.80	78.53	0.00	0.03	6.30	2.42	2.96		
48	Sungai Jeroan	116	577.78	48.24	56.45	55.91	56.03	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.45	57.45	Tidak Meluap	Tidak Meluap	90.00	363.10	55.48	0.00	0.03	6.54	2.29	2.80		
49	Sungai Jeroan	121	577.78	48.27	56.48	56.01	55.98	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.48	57.48	Tidak Meluap	Tidak Meluap	241.00	399.50	63.05	0.00	0.03	6.34	2.36	2.89		
50	Sungai Jeroan	125	577.78	48.31	56.50	55.87	55.84	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.50	57.50	Tidak Meluap	Tidak Meluap	55.50	324.70	48.60	0.00	0.03	6.68	2.25	2.75		
51	Sungai Jeroan	128	577.78	48.33	56.61	56.46	56.14	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.61	57.61	Tidak Meluap	Tidak Meluap	203.00	387.30	62.41	0.00	0.03	6.21	2.31	2.82		
52	Sungai Jeroan	133	577.78	48.37	56.66	57.41	56.27	Tidak Meluap	<b>Meluap</b>	57.41	57.66	Tidak Meluap	Tidak Meluap	202.00	345.90	63.10	0.00	0.03	5.48	2.26	2.76		
53	Sungai Jeroan	137	577.78	48.40	56.74	57.72	56.43	Tidak Meluap	<b>Meluap</b>	57.72	57.74	Tidak Meluap	Tidak Meluap	299.00	359.90	64.10	0.00	0.03	5.61	2.39	2.92		
54	Sungai Jeroan	141	577.78	48.43	56.79	57.96	56.50	Tidak Meluap	<b>Meluap</b>	57.96	57.79	Tidak Meluap	Tidak Meluap	255.00	351.10	125.41	0.00	0.03	2.80	2.40	2.93		
55	Sungai Jeroan	145	577.78	48.48	56.84	57.46	57.04	Tidak Meluap	<b>Tidak Meluap</b>	57.46	57.84	Tidak Meluap	Tidak Meluap	258.50	370.50	59.51	0.00	0.03	6.23	2.42	2.96		
56	Sungai Jeroan	149	577.78	48.54	56.92	57.71	56.93	Tidak Meluap	<b>Tidak Meluap</b>	57.71	57.92	Tidak Meluap	Tidak Meluap	145.00	385.70	69.73	0.00	0.03	5.53	2.33	2.85		
57	Sungai Jeroan	152	577.78	48.56	56.96	57.64	56.75	Tidak Meluap	<b>Meluap</b>	57.64	57.96	Tidak Meluap	Tidak Meluap	107.00	414.10	67.86	0.00	0.03	6.10	2.34	2.86		
58	Sungai Jeroan	156	577.78	48.63	56.99	57.14	56.83	<b>Tidak Meluap</b>	<b>Meluap</b>	57.99	57.99	Tidak Meluap	Tidak Meluap	209.00	389.60	73.48	0.00	0.03	5.30	2.20	2.69		
59	Sungai Jeroan	160	577.78	48.67	57.06	57.38	56.79	Tidak Meluap	<b>Meluap</b>	57.38	58.06	Tidak Meluap	Tidak Meluap	158.50	435.00	69.77	0.00	0.03	6.23	2.38	2.91		
60	Sungai Jeroan	164	577.78	49.01	57.09	56.44	55.85	<b>Meluap</b>	<b>Meluap</b>	58.09	58.09	Tidak Meluap	Tidak Meluap	240.50	401.00	57.22	0.00	0.03	7.01	2.46	3.01		

(Sumber : Hasil analisis)

### 4.6 Perhitungan Stabilitas Tanggul dan Parapet

Analisa perhitungan manual menggunakan 2 metode dengan menggunakan lengkungan lingkaran sebagai permukaan bidang longsor percobaan. Tanah yang berada di atas bidang longsor percobaan dibagi dalam beberapa irisan tegak. Metode yang digunakan yaitu Metode Fellenius (*Ordinary Method Of Slice*), Metode Bishop Disederhanakan (*Simplified Bishop Method*) dan Metode Irisan (*Method Of Slice*).

Perhitungan manual berpatokan pada hasil analisa dari *Software Geo Slope/ W 2012*. Dan dalam perhitungan penampang lereng dibagi dalam 10 segmen, pada metode manual gambar dari penampang yang di analisa adalah sebagai beriku :

**Tabel 4. 81** Kisaran Faktor Keamanan ( SF )  
**Hubungan faktor keamanan lereng dan intensitas longsor (Bowles, 1989)**

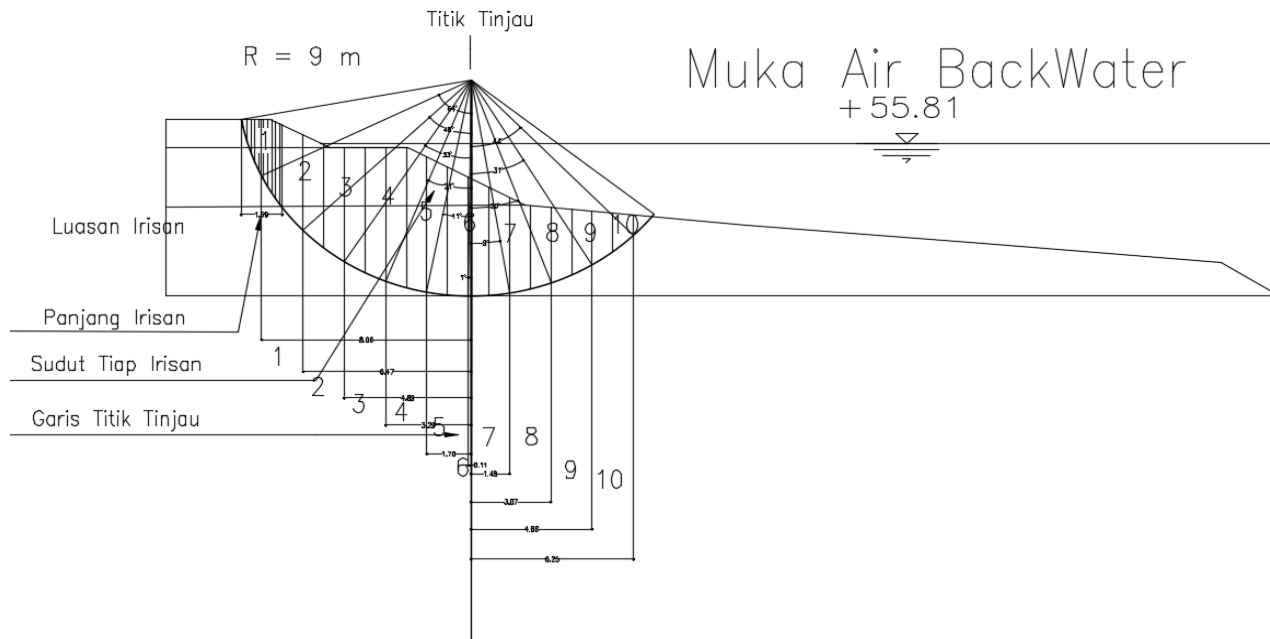
Nilai Faktor Keamanan	Kejadian / Intensitas Longsor
$F < 1,07$	Longsor terjadi biasa / sering (lereng Labil)
$1,07 < F < 1,25$	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
$F > 1,25$	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

(Sumber :Bowles,1989)

**Tabel 4. 82** Hasil data tanah

MCU MUJO GEOTEKNIKA UTAMA Geotechnical Engineering & Soil Mechanics Laboratory Services		SUMMARY OF LABORATORY TEST DATA FOR PROJECT PENGENDALIAN BANJIR - MADIUN																		
BORE HOLE	DEPTH (m)	USCS	GS	Determination Unit weight of dry density & moisture content					Atterberg limits			Particle Size Distribution Analysis (ASTM D 422)				Consolidation		Triaxial UU		
				w <sub>n</sub> %	γ <sub>n</sub> kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>d</sub> kN/m <sup>3</sup>	void ratio	Porosity	IP	WL %	WP %	IP %	GRAVEL %	SAND %	SILT %	CLAY %	Cv	Cc	σ <sub>1</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>3</sub> kN/m <sup>2</sup>
BH - 01	5.50 - 6.00	CL	2.6648	15.82	1.899	1.540	0.630	0.38	67.44	36.23	21.74	14.49	15.81	39.75	13.79	30.65	0.00254	0.121	0.217	19.444
BH - 01	9.50 - 10.00	CH	2.5996	59.85	1.569	0.981	1.650	0.62	94.34	106.41	31.57	74.84	0.00	29.78	24.69	72.53	0.00156	0.545	0.325	6.812
BH - 02	5.50 - 6.00	MH	2.6853	38.19	1.696	1.227	1.190	0.54	86.35	63.29	34.41	26.86	0.42	43.05	20.65	35.88	0.00211	0.324	0.119	14.698
BH - 02	9.50 - 10.00	CH	2.5969	47.14	1.631	1.169	1.320	0.57	91.41	109.42	31.34	78.68	0.00	3.93	18.87	77.29	0.00643	0.433	0.827	11.843
BH - 03	1.50 - 2.00	CL	2.6906	17.60	1.804	1.534	0.750	0.43	62.79	45.36	23.62	21.74	0.00	47.35	17.35	35.30	0.00291	0.151	0.436	15.746
BH - 04	1.50 - 2.00	CH	2.6358	29.89	1.787	1.375	0.820	0.48	86.14	88.55	29.02	58.83	0.00	5.52	39.89	55.59	0.00307	0.236	1.492	14.371
BD - 1	4.50 - 5.00	CH	2.6274	46.99	1.691	1.199	1.190	0.54	90.41	97.37	30.50	66.67	0.00	1.82	31.97	66.21	0.00647	0.368	0.705	10.941
BD - 2	4.50 - 5.00	CH	2.6354	38.52	1.914	1.432	1.100	0.53	89.36	99.31	33.09	87.62	0.00	14.01	29.76	56.70	0.00166	0.362	0.411	9.264
BD - 3	4.50 - 5.00	CH	2.6309	31.90	1.718	1.302	1.020	0.50	89.26	90.48	29.42	61.06	0.00	5.26	35.71	59.03	0.00187	0.282	0.348	7.844
BD - 4	4.50 - 5.00	CH	2.6674	40.56	1.695	1.206	1.210	0.55	89.23	87.44	29.41	58.03	12.07	12.03	19.96	55.94	0.00186	0.346	0.314	9.365
BD - 5	4.50 - 5.00	CL	2.7190	29.45	1.749	1.351	1.010	0.50	79.08	41.25	22.37	18.88	0.00	50.50	17.84	31.46	0.00260	0.241	0.127	15.439
BD - 6	4.50 - 5.00	CL	2.6868	27.63	1.711	1.340	1.000	0.50	73.91	38.41	21.73	16.68	8.62	48.08	15.26	29.84	0.00642	0.233	0.112	17.270
BD - 7	3.50 - 4.00	CH	2.6462	36.57	1.801	1.319	1.010	0.50	61.15	79.28	28.47	50.81	3.81	17.51	32.14	46.54	0.00343	0.325	1.716	15.616
BD - 8	4.50 - 5.00	CH	2.6314	36.84	1.728	1.263	1.080	0.52	89.42	77.20	27.77	49.43	0.00	16.48	36.01	47.51	0.00201	0.337	0.457	10.626
BD - 9	4.50 - 5.00	CH	2.6522	25.33	1.898	1.483	0.780	0.44	85.16	74.27	27.38	46.89	0.00	36.38	25.31	46.31	0.00380	0.239	1.512	16.353
BD - 10	1.10 - 1.60	SP	2.6716	29.02	1.815	1.407	0.900	0.47	66.28	72.55	28.43	44.12	4.22	29.99	21.20	47.70	0.00281	0.244	1.273	18.264

(Sumber :Dinas Balai Besar Bengawan Sungai Solo)



**Gambar 4. 30** Bagian Irisan Penampang Analisa Longsoran Metode Manual  
(Sumber : Hasil analisis)

#### 4.6.1 Perhitungan Stabilitas Metode Fellenius (Ordinary Method Of Slice) pada penampang Crosssection STA 25 Sungai Jeroan

**Tabel 4. 83** Perhitungan Metode Fellenius

No. Pias	Panjang Irisan (b)	TINGGI IRISAN (h)	Luas Irisan (A)	Sudut Tiap Irisan ( $\alpha$ ) ( $^{\circ}$ )	Radians	Sin $\alpha$	Cos $\alpha$	Berat Irisan ( $b \times h \times \gamma$ ) (Wt)	Wt * Sin $\alpha$	Wt * Cos $\alpha$	Safety Factor
1	1.59	2.39	3.47	64	1.117	0.899	0.438	63.01	56.63	27.6	2.04
2	1.59	3.87	6.27	46	0.803	0.719	0.695	102.02	73.39	70.9	1.68
3	1.59	4.37	7.51	33	0.576	0.545	0.839	115.20	62.74	96.6	2.05
4	1.59	5.13	8.82	21	0.367	0.358	0.934	135.24	48.46	126.3	2.77
5	1.59	5.56	8.94	11	0.192	0.191	0.982	146.57	27.97	143.9	4.92
6	1.59	4.87	7.85	1	0.017	0.017	1.000	128.38	2.24	128.4	60.14
7	1.59	3.9	6.32	9	0.157	0.156	0.988	102.81	16.08	101.5	8.06
8	1.59	2.78	4.97	20	0.349	0.342	0.940	73.29	25.07	68.9	4.92
9	1.59	1.86	3.5	31	0.541	0.515	0.857	49.03	25.25	42.0	4.67
10	1.59	0.49	1.29	44	0.768	0.695	0.719	12.92	8.97	9.3	12.45
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>15.900</b>								346.81	815.34	3.62

(Sumber : Hasil analisis)

SF	=	$\frac{\text{Kohesi} * \Sigma L + \Sigma W . \text{Cos } \alpha * \tan \phi}{\Sigma W . \text{Sin } \alpha}$	
SF	=	$\frac{1099.262}{346.81}$	$+ \frac{157.616}{346.81}$
SF	=	3.62	< 1.25 Aman

Melihat hasil dari perhitungan tabel 5.6 analisa dari metode fellenius (*ordinary method of slice*) yang bertujuan mencari nilai keamanan (*safety factor*) sebuah lereng.

1. Pada no irisan 1 s/d no irisan 10 nilai SF yang terjadi > 1,25 maka pada no irisan tersebut gerakan tanah sangat jarang terjadi.

Pada perhitungan faktor keamanan nilai keseluruhan segmen adalah > 1,25 yaitu 3,62 dengan kata lain lereng tersebut akan mengalami pergerakan gerakan tanah sangat jarang terjadi.

#### 4.6.2 Perhitungan Stabilitas Analisa Irisan (*Method Of Slice*) pada penampang *Crosssection* STA 25 Sungai Jeroan

**Tabel 4. 84** Perhitungan Metode Analisa Irisan

Irisan No	L. Irisan (m <sup>2</sup> )	$\gamma$ Tanah	bn	Wn	$\alpha_n$ (deg/°)	Sin $\alpha$	Cos $\alpha$	$\Delta$ Ln (m)	Wn *	Wn * Cos	SF
		lb	Panjang Irisan (m)						Sin $\alpha$	$\alpha$	
a	b	c	d	e = b * c	f	g	h	i = d / h	j = e * g	k = e * h	l = ((i*C)+(k * tan
1	3.47	16.58	2.39	57.53	64.0	0.899	0.438	5.452	51.710	25.221	1.8424
2	6.27	16.58	3.87	103.96	46.0	0.719	0.695	5.571	74.780	72.214	1.4219
3	7.51	16.58	4.37	124.52	33.0	0.545	0.839	5.211	67.816	104.428	1.5716
4	8.82	16.58	5.13	146.24	21.0	0.358	0.934	5.495	52.406	136.523	2.2420
5	8.94	16.58	5.56	148.23	11.0	0.191	0.982	5.664	28.283	145.502	4.3148
6	7.85	16.58	4.87	130.15	1.0	0.017	1.000	4.871	2.271	130.133	46.6263
7	6.32	16.58	3.9	104.79	9.0	0.156	0.988	3.949	16.392	103.496	5.2143
8	4.97	16.58	2.78	82.40	20.0	0.342	0.940	2.958	28.183	77.433	2.2715
9	3.50	16.58	1.86	58.03	31.0	0.515	0.857	2.170	29.888	49.741	1.5255
10	1.29	16.58	0.49	21.39	44.0	0.695	0.719	0.681	14.857	15.385	0.9603
<b>JUMLAH</b>								42.022	366.587	860.076	

(Sumber : Hasil analisis)



SF	=	$\frac{\Sigma (\text{Jumlah } i * \text{Kohesi}) + \Sigma (\text{Jumlah } K * \tan \phi)}{\Sigma J}$
SF	=	$\frac{2905.208 + 166.247}{366.59}$
SF	=	8.37851 < 1.25 Aman

Melihat hasil dari perhitungan tabel 5.6 analisa dari metode fellenius (*ordinary method of slice*) yang bertujuan mencari nilai keamanan (*safety factor*) sebuah lereng.

2. Pada no irisan 1 s/d no irisan 10 nilai SF yang terjadi > 1,25 maka pada no irisan tersebut gerakan tanah sangat jarang terjadi.

Pada perhitungan faktor keamanan nilai keseluruhan segmen adalah > 1,25 yaitu 8,37851 dengan kata lain lereng tersebut akan mengalami pergerakan gerakan tanah sangat jarang terjadi.

**Tabel 4. 85** Rekap Safety Factor (Faktor Keamanan)

Irisan No	Luas Irisan (m <sup>2</sup> )	Safety Factor (SF)/ Faktor Keamanan Metode	
		Fellenius	Irisan
		a	b
1	3.47	2.04	1.84
2	6.27	1.68	1.42
3	7.51	2.05	1.57
4	8.82	2.77	2.24
5	8.94	4.92	4.31
6	7.85	60.14	46.63
7	6.32	8.06	5.21
8	4.97	4.92	2.27
9	3.50	4.67	1.53
10	1.29	12.45	0.96
		1.68	0.96

(Sumber : Hasil Analisa)

Melihat hasil nilai safety factor (faktor keamanan) dari perhitungan manual dengan menggunakan 2 metode, maka didapatkan hasil SF seluruh segmen sebagai berikut:

1. Metode Fellenius

$$SF = 3,6241$$

Dikarenakan  $SF > 1,25$  maka lereng mengalami pergerakan gerakan tanah sangat jarang terjadi kelogsoran.

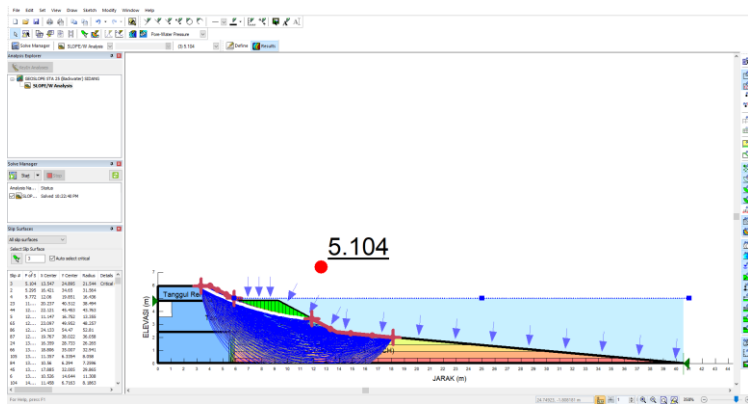
2. Metode Irisan

$$SF = 8,37851$$

Dikarenakan  $SF > 1,25$  maka lereng mengalami pergerakan gerakan tanah sangat jarang terjadi kelogsoran

### 4.6.3 Perhitungan Stabilitas *Geo Slope/ W 2012*

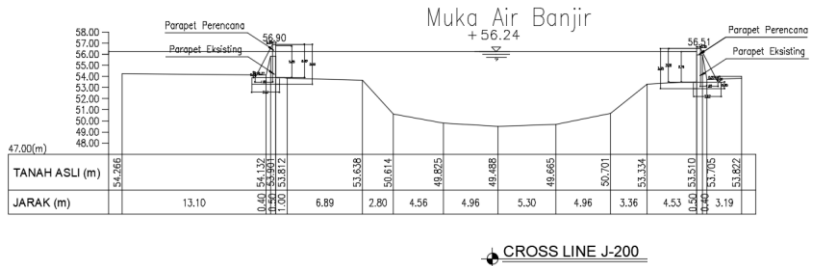
Hasil output dar *Geo Slope/ W 2012* berupa gambar ilustrasi dari bentuk longsor yang akan terjadi.



**Gambar 4. 31** Safety Factor - Critical Point  
(Sumber : Hasil Analisa *Geo Slope/ W 2012*)

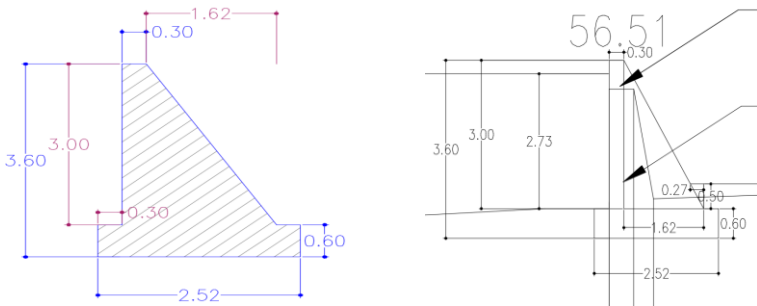
Hasil dari analisa bantuan *software Geo Slope/ W 2012* menunjukkan akan terjadinya longsor seperti terlihat pada Gambar 5.3, dengan mengacu pada *critical point* dengan nilai *safety factor* adalah 5,132.

### 4.6.4 Perhitungan Stabilitas Parapet



**Gambar 4. 32** Perencanaan Penanggulangan menggunakan parapet (Sumber : Hasil Analisa)

Ukuran Dimensi parapet :

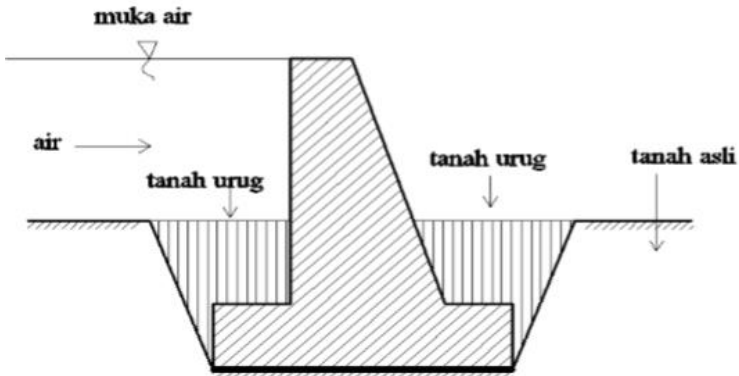


**Gambar 4. 33** Dimensi parapet (Sumber : Hasil Analisa)

**Tabel 4. 85** Hasil data tanah

BORE HOLE		DEPTH (m)	USCS	GS	Determination Unit weight of dry density & moisture content										Atterberg limits			Particle Size Distribution Analysis (ASTM D 422)					Consolidation		Triaxial U/LI	
NO	DEPTH (m)	USCS	GS	w <sub>n</sub> %	T <sub>1</sub> Mg/m <sup>3</sup>	T <sub>2</sub> Mg/m <sup>3</sup>	void ratio	Porosity	σ <sub>r</sub>	w <sub>L</sub> %	w <sub>P</sub> %	IP	GRAVEL %	SAND %	SILT %	CLAY %	C <sub>v</sub> %	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	e <sub>max</sub>	e <sub>min</sub>	σ <sub>1</sub> kg/cm <sup>2</sup>	σ <sub>3</sub> kg/cm <sup>2</sup>			
BH - 01	5.00 - 6.00	CL	2.6648	15.82	1.899	1.640	0.630	0.38	67.44	36.23	21.74	14.49	16.81	39.75	13.79	30.65	0.00254	0.121	0.217	19.444						
BH - 01	9.50 - 10.00	CH	2.5996	59.85	1.959	0.981	1.650	0.62	94.34	106.41	31.57	74.84	0.00	2.78	24.69	72.23	0.00156	0.545	0.325	6.912						
BH - 02	5.50 - 6.00	MH	2.6823	26.19	1.696	1.227	1.190	0.54	66.35	33.29	34.41	26.88	0.42	43.05	20.65	35.98	0.00211	0.324	0.119	14.606						
BH - 02	9.50 - 10.00	CH	2.5869	47.14	1.631	1.108	1.330	0.57	91.41	109.42	31.34	78.08	0.00	3.93	18.87	77.20	0.00243	0.433	0.827	11.543						
BH - 03	1.50 - 2.00	CL	2.6906	17.60	1.804	1.534	0.750	0.43	62.79	45.36	23.62	21.74	0.00	47.35	17.35	35.30	0.00291	0.151	0.436	15.746						
BH - 04	1.50 - 2.00	CH	2.6368	29.99	1.787	1.375	0.600	0.48	66.14	68.36	29.62	66.93	0.00	5.32	36.89	55.59	0.00207	0.236	1.462	14.371						
BD - 1	4.50 - 5.00	CH	2.6274	40.59	1.691	1.199	1.190	0.54	90.41	97.37	30.36	66.87	0.00	1.82	31.97	66.21	0.00247	0.368	0.705	10.841						
BD - 2	4.50 - 5.00	CH	2.6354	38.02	1.714	1.242	1.120	0.53	89.26	86.21	28.59	57.62	0.00	14.51	29.79	55.70	0.00195	0.352	0.411	8.256						
BD - 3	4.50 - 5.00	CH	2.6309	31.00	1.718	1.302	1.020	0.52	89.26	95.48	29.42	61.00	0.00	5.26	35.71	59.03	0.00187	0.282	0.348	7.814						
BD - 4	4.50 - 5.00	CH	2.6674	40.56	1.695	1.206	1.210	0.55	89.29	87.44	29.41	59.03	12.07	12.03	19.96	69.94	0.00166	0.346	0.314	9.305						
BD - 5	4.50 - 5.00	CL	2.7190	29.45	1.749	1.351	1.010	0.50	79.08	41.25	22.37	18.88	0.00	60.90	17.84	31.46	0.00250	0.241	0.127	15.439						
BD - 6	4.50 - 5.00	CL	2.6858	27.63	1.711	1.340	1.000	0.50	73.91	38.41	21.73	16.68	9.62	48.28	13.26	29.84	0.00242	0.233	0.112	13.770						
BD - 7	3.50 - 4.00	CH	2.6462	36.57	1.801	1.319	1.010	0.50	61.5	79.26	28.47	50.81	3.81	17.51	32.14	46.54	0.00243	0.265	1.716	15.816						
BD - 8	4.50 - 5.00	CH	2.6314	36.84	1.728	1.263	1.080	0.52	89.42	72.20	27.77	49.43	0.00	16.48	36.01	47.51	0.00201	0.337	0.457	10.636						
BD - 9	4.50 - 5.00	CH	2.6522	25.33	1.658	1.483	0.790	0.44	85.16	74.27	27.38	46.89	0.00	26.38	25.31	48.31	0.00390	0.239	1.512	18.933						
BD - 10	1.10 - 1.60	SP	2.6716	29.02	1.815	1.407	0.900	0.47	86.28	72.55	28.43	44.12	4.22	26.88	21.20	47.70	0.00281	0.244	1.273	19.526						

(Sumber :Dinas Balai Besar Bengawan Sungai Solo)



**Gambar 4. 34** Gambaran kondisi parapet  
(Sumber : Hasil Analisa)

Menghitung stabilitas penggeseran dan penggulingan masing – masing ruas pada parapet sungai Grindulu, Untuk mempermudah perhitungan stabilitas penggulingan dan stabilitas penggeseran maka data yang belum ada dihitung terlebih dahulu.

Data tersebut adalah :

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 1. Angka pori $e$                          | = 0,55                     |
| 2. Berat spesifik tanah $G_s$              | = 2,6674                   |
| 3. Berat Volume tanah kering $\gamma_d$    | = 16,882 kN/m <sup>3</sup> |
| 4. Kadar air tanah asli $w$                | = 40,56 % = 0,4056         |
| 5. Berat Volume tanah jenuh $\gamma_{sat}$ | = 20,363 kN/m <sup>3</sup> |
| 6. Berat Volume tanah basah $\gamma_b$     | = 23,729 kN/m <sup>3</sup> |
| 7. Berat volume tanah apung $\gamma'$      | = 10,553 kN/m <sup>3</sup> |
| 8. Berat volume batu $\gamma_{batu}$       | = 22 kN/m <sup>3</sup>     |
| 9. Berat volume air $\gamma_w$             | = 9,81 kN/m <sup>3</sup>   |
| 10. Kohesi tanah $c$                       | = 30,803 kN/m <sup>2</sup> |

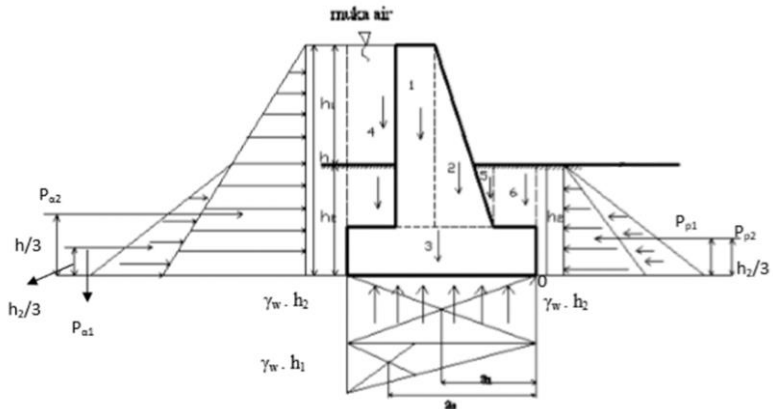
Menurut KP-02 perencanaan bendung 1986, kohesi tidak diperhitungkan

$$w. \phi = 9,365^\circ$$

Analisis dinding penahan banjir ( parapet ) dihitung setiap titiknya, diambil salah satu titik untuk mewakili perhitungan.

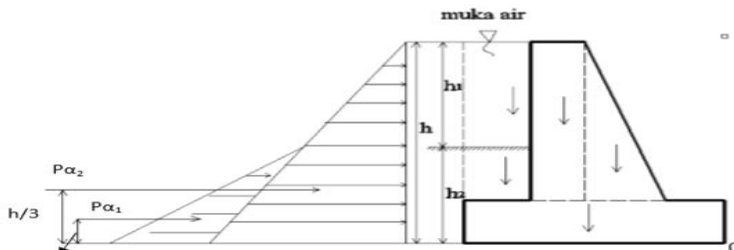
STA 200

- a. B = 2,520 m
- b. H = 3,6 m
- c. h 1 = 2,73 m
- d. h 2 = 0,6 m
- e. h 2' = 0,73 m



**Gambar 4. 35** Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Banjir  
(Sumber : Hasil Analisa)

### 1. Perhitungan tekanan tanah aktif



**Gambar 4. 36** Tekanan Tanah Aktif  
(Sumber : Hasil Analisa)

Tekanan aktif tanah dihitung menggunakan rumus dibawah ini, maka didapatkan perhitungan koefisien tekanan aktif ( $K_a$ ).

$$\begin{aligned}
 K_a &= \text{tg}^2 (45^\circ - \phi/2) \\
 &= 0,7201
 \end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan aktif (  $K\alpha$  ) diketahui, maka dengan menggunakan rumus dibawah ini, didapatkan nilai tekanan tanah aktif (  $P\alpha_1$  ).

$$\begin{aligned} P\alpha_1 &= 0,5 \times \gamma' \times h_1^2 \times K\alpha \\ &= 0,5 \times 10,55 \times 0,36 \times 0,72 \\ &= 1,3679 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan momen untuk tekanan tanah aktif adalah mengkalikan tekanan tanah aktif (  $P_{tanah}$  ) dengan titik tangkap gaya pada tekanan tanah aktif, yaitu  $H/3$  dari dasar dinding.

Tinggi tanah adalah 0,6 m, maka :

$$\begin{aligned} M\alpha_1 &= P\alpha_2 \times 1/3 \times h_1 \\ &= P\alpha_2 \times 1/3 \times 0,6 \\ &= 0,3742 \text{ kNm} \end{aligned}$$

## 2. Tekanan hidrostatik aktif

Gaya tekan air atau gaya hidrostatik adalah gaya horizontal akibat air dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan.

$$\begin{aligned} P\alpha_2 &= 0,5 \times \gamma_w \times h^2 \\ &= 0,5 \times 9,81 \times 12,96 \\ &= 63,5688 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada tekanan hidrostatik adalah mengkalikan tekanan hidrostatik dengan titik tangkap gaya air, yaitu  $H/3$  dari tinggi air aktif.

Tinggi air adalah 1,34 m, maka

Momen aktif

$$\begin{aligned} M\alpha_2 &= P\alpha_1 \times 1/3 \times h \\ &= 63,569 \times 1/3 \times 2,73 \\ &= 57,8476 \text{ kNm} \end{aligned}$$

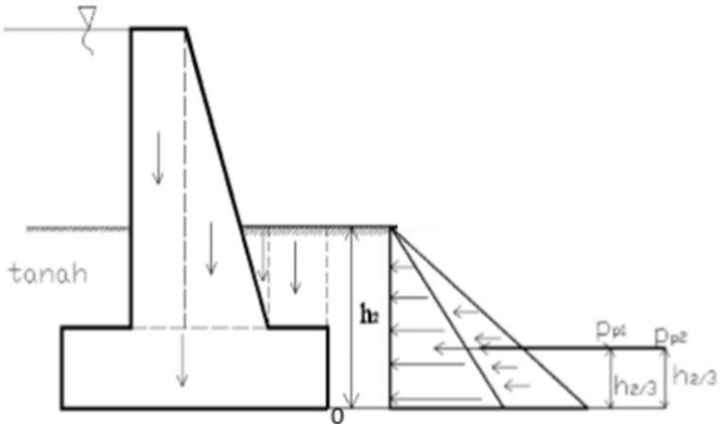
Jumlah tekanan aktif yang bekerja

$$\begin{aligned} \Sigma P\alpha &= P\alpha_1 + P\alpha_2 \\ &= 1,3679 + 63,5688 \\ &= 64,9367 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah momen aktif yang bekerja

$$\begin{aligned} \Sigma M\alpha &= M\alpha_1 + M\alpha_2 \\ &= 0,3742 + 57,8476 \\ &= 58,2218 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan tekanan tanah pasif



**Gambar 4. 37** Tekanan Tanah Pasif  
(Sumber : Hasil Analisa)

Tekanan tanah pasif adalah tanah yang bekerja berlawanan dengan tekanan tanah aktif yang berfungsi untuk menahan dan menjaga kestabilan parapet. Dengan menggunakan rumus dibawah ini, didapatkan nilai koefisien tekanan tanah pasif.

$$\begin{aligned} K_p &= \text{tg}^2 (45^\circ + \phi/2) \\ &= 1,3887 \end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan pasif (  $K_p$  ) diketahui, maka dengan menggunakan rumus dibawah ini, didapatkan nilai tekanan tanah pasif (  $P_{p1}$  ).

$$\begin{aligned} P_{p1} &= 0,5 \times \gamma b \times h^2 \times K_p \\ &= 0,5 \times 16,8821 \times 0,6889 \times 1,3887 \\ &= 8,0753 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan momen untuk tekanan tanah aktif adalah mengkalikan tekanan tanah pasif (  $P_{p1}$  ) dengan titik tangkap gaya pada tekanan tanah aktif, yaitu  $H/3$  dari dasar dinding. Tinggi tanah adalah 0,83 m, maka :

Momen pasif

$$\begin{aligned} M_{p1} &= P_{p1} \times 1/3 \times h^2 \\ &= 8,075 \times 1/3 \times 0,73 \\ &= 2,2342 \text{ kNm} \end{aligned}$$



#### 4. Tekanan hidrostatik pasif

Gaya tekan air atau gaya hidrostatik adalah gaya horizontal akibat air dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Tekanan hidrostatik pasif bekerja untuk menahan tekanan hidrostatik aktif.

$$\begin{aligned} Pp2 &= 0,5 \times \gamma_w \times h^2 \\ &= 0,5 \times 9,81 \times 0,6889 \\ &= 3,3791 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada tekanan hidrostatik adalah mengkalikan tekanan hidrostatik dengan titik tangkap gaya air, yaitu  $H/3$  dari tinggi air pasif.

Tinggi tanah adalah 0,73 m, maka :

Momen pasif

$$\begin{aligned} Mp2 &= Pp2 \times 1/3 \times h \\ &= 2,614 \times 1/3 \times 0,73 \\ &= 0,8222 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan pasif yang bekerja

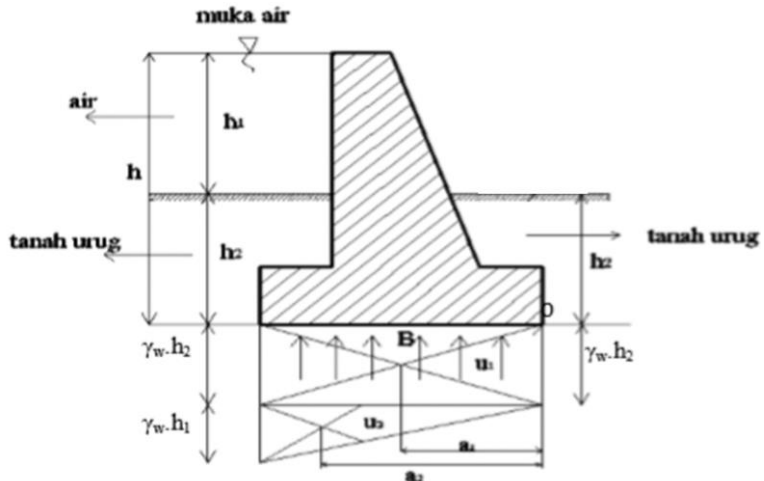
$$\begin{aligned} \Sigma Pp &= Pp1 + Pp2 \\ &= 8,0753 + 3,3791 \\ &= 11,4544 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah momen pasif yang bekerja

$$\begin{aligned} \Sigma Mp &= Mp1 + Mp2 \\ &= 2,2342 + 0,8222 \\ &= 3,0564 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### 5. Menghitung gaya uplift

Pada konstruksi konstruksi di daerah yang tergenang air atau muka air yang tinggi, maka akan terjadi adanya tekanan angkat yang mengurangi angka keamanan. Tekanan air mempengaruhi gaya vertikal dan menyebabkan tahanan terhadap guling semakin kecil, sehingga penyebab guling semakin tinggi.



**Gambar 4. 38** Gaya Uplift  
(Sumber : Hasil Analisa)

Gaya uplift yang bekerja pada bangunan ada 2 pias, yaitu :  
Pias 1 ( U1 ) perhitunganya adalah mengkalikan lebar bangunan ( B ) dengan tinggi air pada tanah ( h2 ) dan dikalikan berat jenis air (  $\gamma_w$  ).

$$\begin{aligned} \mathbf{U1} &= \mathbf{B \times h2 \times \gamma_w} \\ &= 2,520 \times 0,715 \times 9,81 \\ &= 17,6757 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja adalah perkalian antara U1 dengan lengan momen( 0,5 B ) yang ukur dari titik penggulingan, yaitu :

$$\begin{aligned} \mathbf{Mu1} &= \mathbf{U1 \times 0,5 B} \\ &= 17,6757 \times 0,5 \times 2,520 \\ &= 22,2713 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pias 2 ( U2 ) perhitunganya adalah mengkalikan setengah lebar bangunan ( 0,5xB ) dengan tinggi air ( h1 ) dan dikalikan berat jenis air (  $\gamma_w$  ).

$$\begin{aligned} \mathbf{U2} &= \mathbf{0,5 \times B \times h1 \times \gamma_w} \\ &= 0,5 \times 2,520 \times 2,73 \times 9,81 \\ &= 33,7444 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja adalah mengkalikan  $U_1$  dengan lengan momen (  $0,5 B$  ) yang ukur dari titik penggulingan, yaitu :

$$\begin{aligned} \mathbf{Mu_2} &= \mathbf{U_2 \times 2/3 B} \\ &= 33,7444 \times 2/3 \times 2,520 \\ &= 56,6907 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jumlah gaya uplift yang bekerja

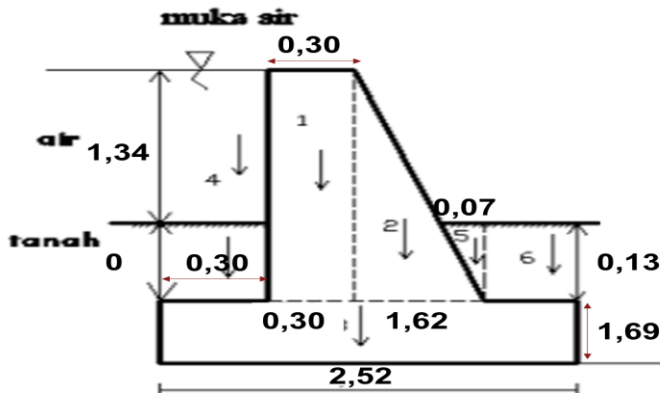
$$\begin{aligned} \Sigma U &= \mathbf{U_1 + U_2} \\ &= 17,6757 + 33,7444 \\ &= 51,4201 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah momen uplift yang bekerja

$$\begin{aligned} \Sigma \mathbf{Mu} &= \mathbf{Mu_1 + Mu_2} \\ &= 22,2713 + 56,6907 \\ &= 78,9620 \text{ kNm} \end{aligned}$$

## 6. Berat Bangunan

Berat bangunan dihitung berdasarkan bahan yang dipakai dalam pembangunan parafet tersebut. Berat bangunan ini ini menggunakan ketetapan untuk berat volume pasangan batu yaitu  $22 \text{ kN/m}^3$ , sedangkan berat bangunan itu sendiri adalah perkalian antara luas pias dengan berat volume batu.



**Gambar 4.39** Tubuh Parafet  
(Sumber : Hasil Analisa)

Berat sendiri konstruksi

- |    |                                       |              |
|----|---------------------------------------|--------------|
| 1. | 2,73 x 0,30 x 22                      | = 18,018 kN  |
| 2. | 0,5 x 1,62 x 3 x 22                   | = 53,46 kN   |
| 3. | 0,6 x 2,520 x 22                      | = 33,26 kN   |
| 4. | 2,73 x 0,3 x 9,81 + 0 x 0,3 x 20,3630 | = 8,034 kN   |
| 5. | 0,5 x 0,13 x 0,23 x 23,729            | = 0,354 kN   |
| 6. | 0,23 x 0,3 x 23,729                   | = 1,637 kN   |
|    | $\Sigma W$                            | = 114,768 kN |

Dalam perhitungan berat bangunan sendiri, berat tekan air sudah dimasukkan dalam perhitungan. diketahui berat bangunan parafet dan momen terhadap titik guling parafet. Berat sendiri bangunan yang dihitung berdasarkan pias atau titik gaya setelah dijumlahkan diketahui berat sendiri adalah  $\Sigma W = 114,768$  kN dan momen yang telah dihitung adalah  $\Sigma M = 78,9620$  kNm

## 7. Faktor keamanan terhadap geser dan guling

a. Cek stabilitas terhadap penggeseran

Bangunan parafet dikatakan aman apabila angka keamanan lebih dari 1,25 dan dikatakan bergeser apabila angka keamanan kurang dari 1,25 ( factor aman yang disyaratkan ).

Bergesernya bangunan dipengaruhi oleh besarnya gaya tahan atau gaya vertical yang berbanding dengan gaya geser atau gaya horizontal. Gaya vertikal meliputi berat sendiri (  $\Sigma W$  ) dan tekanan keatas (  $\Sigma U$  ), sedangkan gaya horizontal adalah tekanan aktif (  $\Sigma P\alpha$  ) dan tekanan pasif (  $\Sigma Pp$  ). Koefisien gesek (  $f$  ) adalah gesek antara tanah dasar dan dasar fondasi. Diambil 0,35 ( kp-06 parameter bangunan, 1986 ).

Diketahui :

$\Sigma P\alpha$	= 64,9367 kN	
$\Sigma Pp$	= 11,4544 kN	
$\Sigma W$	= 114,768 kN	
$\Sigma U$	= 51,4201 kN	
$\Sigma(V)$	= $\Sigma W + \Sigma U$	= 166,189 kN
$\Sigma(H)$	= $\Sigma P\alpha + \Sigma Pp$	= 76,3910 kN
$f$	= koefisien gesek	= 0,75

**Tabel 2.3** Harga-harga perkiraan untuk koefisien gesekan  
(KP-02 perencanaan bendung, 1986)

Bahan	<i>F</i>
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 – 0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,50
Pasir	0,40
Lempung	0,30

Rumus yang digunakan

$$SF = f \times \Sigma(V) / \Sigma(H) > 1,25 \text{ (factor aman yang disyaratkan)}$$

$$SF = 124,6414284 / 76,3910 > 1,25$$

$$= 1,631624 > 1,25 \text{ ( aman )}$$



## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. + Debit banjir rencana 25 tahun yang dihasilkan diSungai Madiun diperkirakan sebesar 3.284,49 m<sup>3</sup>/s  
+ Debit banjir rencana 25 tahun yang dihasilkan diSungai Jeroan diperkirakan sebesar 563,34 m<sup>3</sup>/s
2. Dengan adanya debit banjir rencana 25 tahun diSungai Madiun dan Sungai Jeroan menyebabkan terjadinya *Back water* di hilir Sungai Jeroan, sepanjang 8.934 meter dengan Muka air setinggi +55,96 m
3. Oleh sebab itu adanya terjadinya *back water* dan debit banjir rencana 25 tahun menyebabkan kapasitas penampang Sungai Jeroan mengalami meluapkan sungai yang menyebabkan banjir disekitar area sungai. Maka diperlukan bangunan Penanggulangan banjir akibat *Back Water* dan banjir rencana 25 tahun menggunakan bangunan tanggul dan Parapet dengan desain masing masing dibawah ini
  - Tanggul
    - a. Lebar = 4 m
    - b. Tinggi = 1 m
    - c. Kemiringan = 1:2
    - d. Lebar Teras = 3 m
    - e. Panjang Tanggul
      - Bagian Hilir
        - Sisi Kanan = 4,14 km
        - Sisi Kiri = 2,49 km
      - Bagian Hulu
        - Sisi Kanan = 10,54 km
        - Sisi Kir = 10,46 km

- Parapet
  - a. H = 3,6 m
  - b. D = 0,6 m
  - c. Panjang Parapet
    - Bagian Tengah
      - Sisi Kanan = 1,59 km
      - Sisi Kiri = 2,2 km

## 5.2 Saran

Dari uraian diatas, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan

1. Dari Tugas Akhir ini tidak membahas Rembesan Tanggul dan Sedimen yang mengendap pada kedua Sungai
2. Hanya menggunakan perhitungan Debit Hidrologi dari HSS Nakayasu dan Rasional yang kedepannya bisa di bandingkan HSS Nakayasu dengan Gamma I atau ITB I maupun II
3. Menurut WMO peletakan Stasiun penakar hujan saat ini di DAS Madiun belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan WMO, oleh sebab itu diperlukan perencanaan jaringan stasiun penakar hujan menggunakan Kagan – Rodda agar letak stasiun penakar hujan efektif untuk penjelasannya dapat dilihat di BAB VI Rekomendasi



## **BAB VI REKOMENDASI**

### **6.1 Perencanaan Jaringan Stasiun Penakar Hujan Kagan-Rodda**

#### **6.1.1 Kerapatan Jaringan Stasiun penakar Hujan**

Kerapatan jaringan adalah jumlah stasiun tiap satuan luas didalam wilayah sungai. Semakin besar variasi hujan semakin banyak jumlah stasiun yang diperlukan, seperti misalnya didaerah pegunungan. Data hujan merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan kualitas dan ketepatan perencanaan sumber daya air. Data hujan yang memiliki kesalahan yang minimum merupakan salah satu komponen penentu dalam hitungan selanjutnya. Dalam praktik setiap negara mempunyai cara tertentu dalam pengembangan jaringan stasiun penakar hujan. Pada dasarnya terdapat empat persoalan yang perlu dijawab yaitu : bagaimana pengukuran akan dilakukan, berapa banyak tempat yang akan diukur, dimana tempat yang akan diukur dan berapa jaringan tetap atau sementara (Sri Harto, 1993).

Untuk mendapatkan besaran hujan yang dapat dipakai sebagai masukan dalam analisis debit dari wilayah sungai yang ditinjau diperlukan stasiun pengukur curah hujan yang memenuhi persyaratan baik jumlah maupun penyebarannya. Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization*) memberikan pedoman kerapatan jaringan minimum di beberapa daerah seperti dalam Tabel 4.23.

**Tabel 4. 23** Kerapatan Jaringan Stasiun Penakar Hujan menurut WMO

NO	Type	Luas Daerah (km <sup>2</sup> ) per satu Pos	
		Konisi Normal	Kondisi Sulit
1	Daerah dataran tropis mediteran dan sedang	600 - 900	3000 - 9000
2	Daerah pegunungan tropis mediteran dan sedang	100 - 350	1000 - 5000
3	Daerah kepulauan kecil bergunung dengan curah hujan bervariasi	140 - 300	
4	Daerah arid dan kutub	1500 - 1000	

Sumber : Linsley, 1986

Menurut WMO Kerapatan Jaringan Stasiun penakar Hujan di DAS Madiun termasuk kategori Kondisi normal dengan type Daerah Pegunungan tropis mediteran dan sedang dan kerapatan jaringan di DAS Madiun minimum luas daerah 100 – 350 km<sup>2</sup>, maka dari pedoman tersebut posisi Stasiun curah hujan harus direposisi, dihilangkan atau ditambahkan.

**Tabel 4. 24** Luasan Daerah Pengaruh di DAS Madiun

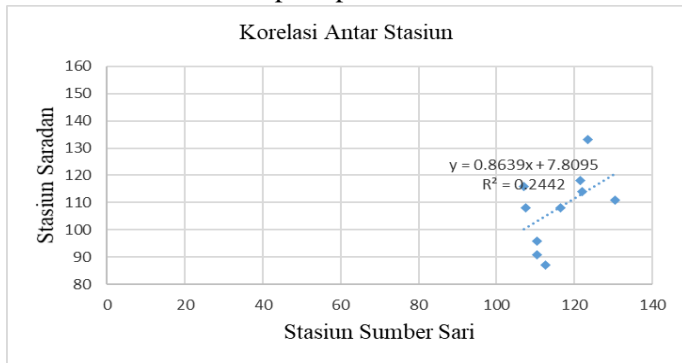
NO	NAMA STASIUN	Luas Daerah Pengaruh Per Pos Hujan				Keterangan
		X	Koordinat		Luas (Km <sup>2</sup> )	
			Y			
1	STASIUN NGAWI	549240.05151	9181487.85123		83.494	Tidak Memenuhi
2	STASIUN SOOKO	573862.35325	9125680.77072		228.074	Memenuhi
3	STASIUN BANGUNSARI	552295.37537	9129933.60573		560.716	Tidak Memenuhi
4	STASIUN WDK NOTOPURO	576341.47212	9172719.17793		116.366	Memenuhi
5	STASIUN NGRAMBE	546504.72031	9171496.64501		335.075	Memenuhi
6	STASIUN SLAHUNG	545774.79605	9113368.46631		348.634	Memenuhi
7	STASIUN NGBEL	569724.01941	9137185.23182		411.161	Tidak Memenuhi
8	STASIUN JEJERUK	534762.92972	9153011.30134		742.669	Tidak Memenuhi
9	STASIUN REJO	565729.89307	9166930.57003		112.175	Memenuhi
10	STASIUN WATES	576253.19242	9158789.09808		202.182	Memenuhi
11	STASIUN BALEREJO	566698.17338	9165060.85382		155.503	Memenuhi
12	STASIUN CARUBAN	572071.73202	9165627.99344		42.550	Tidak Memenuhi
13	STASIUN SARADAN	579098.38884	9164986.77561		51.793	Tidak Memenuhi
14	STASIUN SUMBERSARI	576268.40398	9168363.34409		29.018	Tidak Memenuhi
15	STASIUN KEDUNGREJO	569711.38586	9173690.98741		168.118	Memenuhi

(Sumber : Hasil analisis)

Dari tabel 4.24 terdapat Luas daerah yang terpengaruh oleh stasiun curah hujan di DAS Madiun yang tidak memenuhi standart dari WMO, maka perlu dilakukan Perencanaan Jaringan Stasiun Penakar Hujan .

### 6.1.2 Kofisien Korelasi dan Jarak antar stasiun

Dengan jaringan stasiun penakar hujan yang tersedia dapat di cari nilai korelasi antar stasiun penakar hujan dan jarak antar stasiun tersebut, korelasi di lakukan untuk bulan-bulan yang di kedua stasiun terjadi hujan dan jarak antar stasiun. Nilai korelasi dapat dicari dengan membuat grafik regresi hubungan antara data curah hujan bulanan antara kedua stasiun seperti pada Gambar 4.4 berikut.



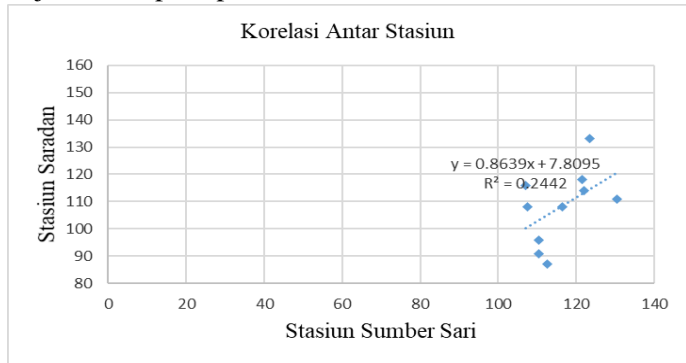
**Gambar 4. 4** Salah Satu Contoh Hasil Korelasi antar Stasiun di DAS Madiun  
(Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 25** Hasil Rekap Korelasi antar Stasiun di DAS Madiun

KORELASI															
Pos hujan	Ngawi	Soko	Bangsari	Waduk Notopuro	Ngrambe	Slahung	Ngebel	Jejeruk	Puleh Rejo	Wates	Balerejo	Caruban	Saradan	Kedung Rejo	
Ngawi	1	0.7569	0.1802	0.0444	0.0021	0.0065	0.0217	0.0139	0.0109	0.0407	0.057	0.0156	0.0126	0.007	0.0317
Soko		1	0.0124	0.0318	0.0327	0.0207	0.0177	0.0039	0.0012	0.0387	0.0619	0.0478	0.0384	0.003	0.0131
Bangsari			1	0.8065	0.6378	0.6636	0.6558	0.5343	0.3324	0.2197	0.2059	0.156	0.1301	0.2447	0.1961
Waduk Notopuro				1	0.8589	0.2046	0.581	0.417	0.432	0.3784	0.4304	0.2677	0.2553	0.382	0.3512
Ngrambe					1	0.4355	0.2005	0.055	0.0575	0.0965	0.0473	0.0292	0.0414	0.1339	0.0913
Slahung						1	0.6593	0.667	0.417	0.3031	0.2088	0.3421	0.2912	0.2796	0.2361
Ngebel							1	0.2858	0.0968	0.0201	0.0111	0.0013	0.0091	0.000002	0.005
Jejeruk								1	0.7148	0.6697	0.5534	0.698	0.5103	0.399	0.337
Puleh Rejo									1	0.7632	0.6604	0.7304	0.6915	0.7141	0.6859
Wates										1	0.7493	0.3866	0.2281	0.0235	0.0505
Balerejo											1	0.1618	0.1883	0.1334	0.1801
Caruban												1	0.7392	0.5997	0.3657
Saradan													1	0.4595	0.6061
Sumber Sari														1	0.4526
Kedung Rejo															1

(Sumber : Hasil analisis)

Untuk nilai jarak didapat dengan membuat menghubungkan stasiun curah hujan dengan stasiun curah hujan lain seperti pada Gambar 4.5 berikut.



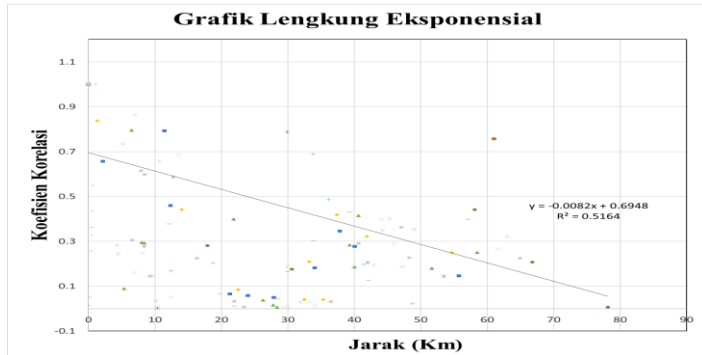
**Gambar 4. 5** Salah Satu Contoh Hasil Jarak antar Stasiun di DAS Madiun (Sumber : Hasil analisis)

**Tabel 4. 26** Hasil Rekap Jarak antar Stasiun di DAS Madiun

Pos hujan	JARAK														
	Ngawi	Soko	Bangsari	Wotuk Notopuro	Ngrambe	Sialung	Ngebel	Jejeruk	Puleh Rejo	Wates	Balerejo	Caruban	Saradan	Sumber Sari	Kedung Rejo
Ngawi	0	61.038	51.667	28.517	10.373	78.222	48.729	31.906	21.954	35.327	23.981	27.806	34.092	30.002	21.937
Soko	61.038	0	21.814	47.246	53.444	30.615	12.352	47.712	42.124	33.215	40.065	39.993	39.829	42.932	48.305
Bangsari	51.667	21.814	0	49.04	41.975	17.904	18.733	29.063	39.283	37.359	37.862	40.64	44.112	45.289	47.089
Wotuk Notopuro	28.517	47.246	49.04	0	29.926	66.839	36.149	46.004	12.14	14.055	12.367	8.404	8.199	4.318	6.63
Ngrambe	10.373	53.444	41.975	29.926	0	58.159	41.404	21.831	19.792	32.456	21.271	26.289	33.323	29.997	23.445
Sialung	78.222	30.615	17.904	66.839	58.159	0	33.826	41.186	57.178	54.085	55.765	58.453	61.561	63.003	64.992
Ngebel	48.729	12.352	18.733	36.149	41.404	33.826	0	38.32	29.957	22.464	27.945	28.405	29.385	31.903	36.491
Jejeruk	31.906	47.712	39.283	46.004	21.831	41.186	38.32	0	33.893	41.879	34.095	39.308	45.956	44.271	7.052
Puleh Rejo	21.954	42.124	39.283	12.14	19.792	57.178	29.957	33.893	0	1.339	2.154	6.497	13.568	10.694	7.992
Wates	35.327	33.215	37.359	14.055	32.456	54.085	22.464	41.879	1.339	0	11.463	8.032	6.963	9.737	16.358
Balerejo	23.981	40.065	37.862	12.367	21.271	55.765	27.945	34.095	2.154	11.463	0	5.371	12.486	10.177	9.235
Caruban	27.806	39.993	40.64	8.404	26.289	58.453	28.405	39.308	6.497	8.032	5.371	0	7.107	5.137	8.491
Saradan	34.092	39.829	44.112	8.199	33.323	61.561	29.385	45.956	13.568	6.963	12.486	7.107	0	4.431	12.754
Sumber Sari	30.002	42.932	45.289	4.318	29.997	63.003	31.903	44.271	10.694	9.737	10.177	5.137	4.431	0	8.375
Kedung Rejo	21.937	48.305	47.089	6.63	23.445	64.992	36.491	40.655	7.992	16.358	9.235	8.491	12.754	8.375	0

(Sumber : Hasil analisis)

Dari hasil korelasi antar stasiun kemudian dihitung parameter Kagan dengan membuat persamaan eksponensial antara jarak stasiun dan korelasi stasiun penakar hujan seperti pada Gambar 4.6 berikut



**Gambar 4. 6** Grafik Ekspensial  
(Sumber : Hasil analisis)

Berdasarkan persamaan regresi eksponensial  $y = -0,0082x + 0,6948$  yang dipadankan dengan persamaan dasar Kagan maka diperoleh nilai koefisien korelasi  $r(o)$  sebesar 0,5164 dan diperoleh jarak  $d(o) = 21,32$  Km .

### 6.1.3 Koefisien Variasi (Cv)

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

**Tabel 4. 27** Hasil Rekap di DAS Madiun

Tahun	1. Stasiun Hujan Ngawi	2. Stasiun Hujan Sooko	3. Stasiun Hujan Bangunsari	4. Stasiun Hujan Wdk Notopuro	5. Stasiun Hujan Ngranbe	6. Stasiun Hujan Sialang	7. Stasiun Hujan Ngebel	8. Stasiun Hujan Jejenk	9. Stasiun Hujan Paleh Rejo	10. Stasiun Hujan Wates	11. Stasiun Hujan Bakrejo	12. Stasiun Hujan Candan	13. Stasiun Hujan Saradan	14. Stasiun Hujan Sumber Sari	15. Stasiun Hujan Kedung Rejo
2008	116	120	110	93	94	96	113	125	106	106	112	100	133	114	97
2009	96	89	91,442478	129	87	88	123	90	95	87	97	75	111	150	67
2010	98	90	129	108	76	77	120	125	115	93	83	95	108	125	73
2011	116	93	90	93	81	108	124	106	125	87	82	118	114	130	68
2012	73	83	112	69	94	101	96	124	85	76	72	127	118	125	48
2013	110	92	83	52	76	90	112	90	60	91	87	62	91	130	46
2014	88	90	112	98	106	93	107	95	146	85	106	100	96	125	63
2015	98	104	90	110	97	68	101	115	80	106	98	75	87	138	58
2016	81	90	89	105	120	83	125	90	93	78	87	78	108	107	67
2017	100	83	88	107	95	69	90	86	115	102	98	96	116	98	80
Rata-rata	97,6	93,4	99,444248	96,4	92,6	87,3	111,1	104,6	101,9	91,1	92,2	92,6	108,2	124,2	66,7
Rata-rata <sup>2</sup>	9325,76	8723,56	9889,1534	9292,96	8574,76	7621,29	12343,21	9336,66	10383,61	8299,21	8500,84	8574,76	11707,24	15425,64	4448,89

(Sumber : Hasil analisis)

Melalui nilai standar deviasi dan hasil rata-ratanya diperoleh nilai koefisien variasi hujan sebesar Cv, seperti perhitungan berikut ini :

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

$$Cv = \frac{100 \times 6,91016}{97,2896} = 7,1026$$

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

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{15}{15-1} (97,289^2 - (9509,836)^2)\right)} = 6,91016$$

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

$$\hat{p} = \frac{1.459,344}{15} = 97,2896 \text{ mm}$$

#### 6.1.4 Tingkat kesalahan Z1, Z2, Panjang sisi segi tiga Kagan L

Selanjutnya berdasarkan nilai koefisien variasi (Cv) = 7,1026 dan nilai korelasi r(o)= 0,5164 dan jarak d(o) = 21,32 Km, luas Das 3.585,254 Km<sup>2</sup> maka dapat dihitung:

1. Tingkat kesalahan perataan Z1,
2. Tingkat kesalahan interpolasi Z2,
3. Dihitung panjang sisi segitiga Kagan L

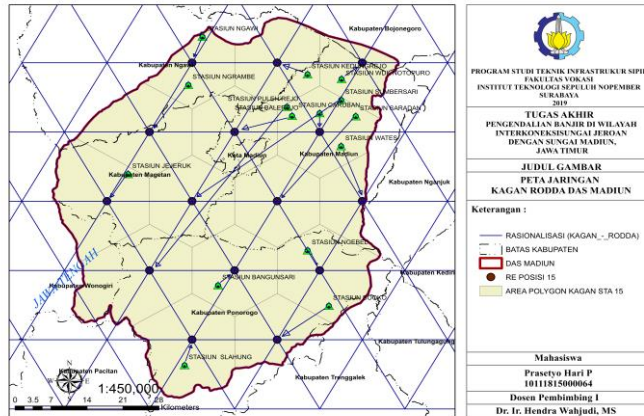
Perhitungan Tingkat kesalahan perataan Z1, kesalahan interpolasi Z2 dan panjang sisi segitiga Kagan L seperti pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 4. 28** Perhitungan Tingkat Kesalahan (Z1), (Z2), serta Panjang Sisi Kagan L

Tabel Perhitungan (Z1 dan Z2)							
n	Cv	r(0)	A (Km <sup>2</sup> )	d(0)	Z1 (%)	Z2 (%)	L (km)
1	7.10	0.5164	3585.25	21.32	7.55	6.80	64.07
2	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.99	5.92	45.30
3	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.54	5.49	36.99
4	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.34	5.21	32.03
5	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.23	5.01	28.65
6	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.16	4.86	26.16
7	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.11	4.74	24.22
8	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.08	4.65	22.65
9	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.06	4.56	21.36
10	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.04	4.49	20.26
11	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.03	4.43	19.32
12	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.02	4.37	18.49
13	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.01	4.32	17.77
14	7.10	0.5164	3585.25	21.32	5.002	4.28	17.12
15	7.10	0.5164	3585.25	21.32	4.996	4.24	16.54

(Sumber : Hasil analisis)

Dari tabel diatas, dapat diketahui jumlah stasiun penakar hujan yang terpilih berdasarkan tingkat kesalahan peralatan  $Z1 < 5\%$  yaitu 15 buah stasiun penakar hujan. Setelah didapatkan jumlah stasiun terpilih, maka dapat dihitung panjang sisi jaring segitiga Kagan-Rodda yaitu :



**Gambar 6. 1** Peta Jaringan Stasiun Penakar Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda

(Sumber : Hasil analisis)

Setelah dari Rasionalisasi Stasiun maka dibuat Polygon

**Tabel 4. 29** Lanjutan Hasil Rekap di DAS Madiun

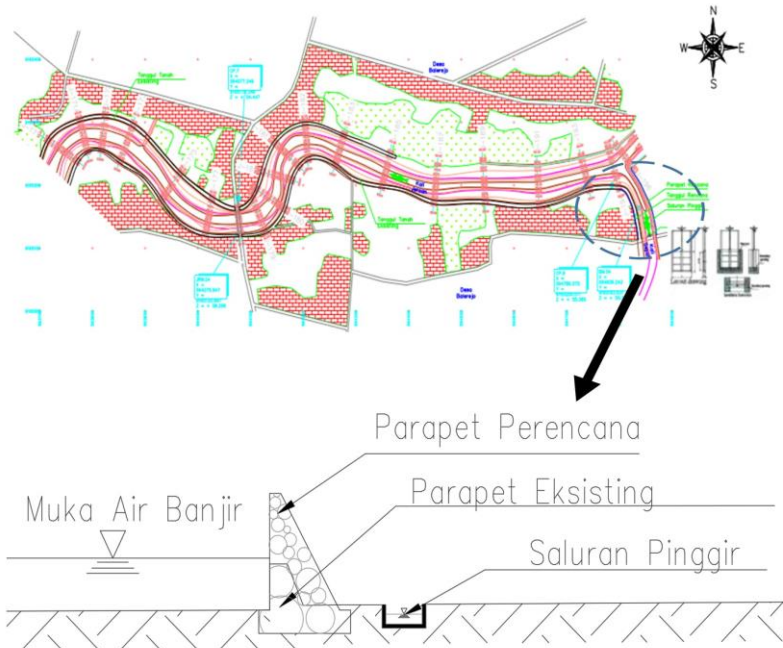
NO	NAMA STASIUN	Koordinat		Luas (Km <sup>2</sup> )	Keterangan
		X	Y		
1	STASIUN NGAWI	549240.05151	9181487.85123	171.791	Memenuhi
2	STASIUN SOOKO	573862.35325	9125680.77072	180.725	Memenuhi
3	STASIUN BANGUNSARI	552295.37537	9129933.60573	237.993	Memenuhi
4	STASIUN WDK NOTOPURO	576341.47212	9172719.17793	159.987	Memenuhi
5	STASIUN NGRAMBE	546504.72031	9171496.64501	276.785	Memenuhi
6	STASIUN SLAHUNG	545774.79605	9113368.46631	299.529	Memenuhi
7	STASIUN NGEHEL	569724.01941	9137185.23182	269.014	Memenuhi
8	STASIUN JEJERUK	534762.92972	9153011.30134	317.486	Memenuhi
9	STASIUN PULEH REJO	565729.89307	9166930.57003	337.719	Memenuhi
10	STASIUN WATES	576253.19242	9158789.09808	133.253	Memenuhi
11	STASIUN BALEREJO	566698.17338	9165060.85382	237.993	Memenuhi
12	STASIUN CARUBAN	572071.73202	9165627.99344	254.911	Memenuhi
13	STASIUN SARADAN	579098.38884	9164986.77561	237.993	Memenuhi
14	STASIUN SUMBERSARI	576268.40398	9168363.34409	237.993	Memenuhi
15	STASIUN KEDUNGREJO	569711.38586	9173690.98741	235.813	Memenuhi

(Sumber : Hasil analisis)

Dari hasil tabel diatas didapat luas yang berpengaruh dan sesuai dengan pedoman WMO. Selanjutnya perhitungan hidrologi memakai data kondisi Posisi Stasiun Hujan Eksisting.

## 6.2 Tinjauan sistem drainase terhadap bangunan parapet

### 6.2.1 Alur peninjauan sistem drainase di luar bangunan parapet (kawasan sawah, jalan, penduduk, tanah kosong, makam)



**Gambar 6.2** Alur peninjauan  
(Sumber : Hasil Analisa)

Disaat bagian dalam sungai kondisi banjir dari analisa penanggulangan pembahasan diatas menggunakan bangunan pengendalian berupa parapet maka kawasan yang berada di tepi bantaran luar sungai saat sungai dengan debit banjir tertentu masih aman (bebas banjir) tetapi disaat hujan tiba kawasan tersebut yang mempunyai saluran drainase tidak bisa dialirkan langsung ke sungai karena terhalang oleh bangunan pengendalian



berupa parapet, Oleh sebab itu diperlukan alur aliran saluran drainase akibat adanya bangunan parapet.

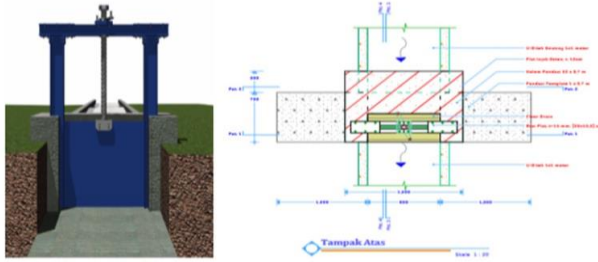
Disini saya merencanakan dengan membuat saluran drainase (saluran pinggir) lagi di bagian samping bangunan parapet dengan ukuran kedalaman 0,5 m x 1 m. yang nanti saluran tersebut nanti hubungkan / aliran dari saluran rencana dibuang keanak sungai yang terhubung dengan induk sungai jeroan.



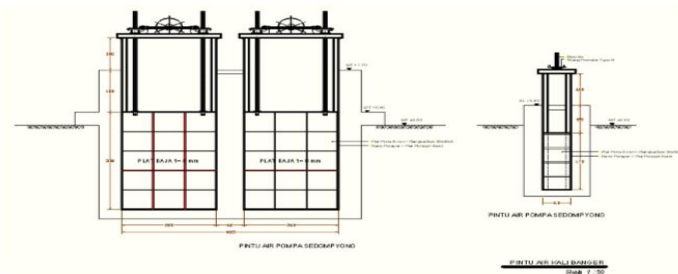
**Gambar 6.3** Desain disaluran pinggir sebelah parapet  
(Sumber : Hasil Analisa)

Yang nantinya saluran pinggir ini akan menampung air yang masuk dikawasan pemukiman agar tidak ada genangan air (banjir).

Setelah saluran pinggir menampung air di kawasan pemukiman dll nantinya dibagian aliran dari saluran pinggir ini akan dibuang keanak sungai yang terhubung dengan induk sungai jeroan dan dibuat pintu air 1 buah (untuk saluran pinggir) dan untuk anak sungai dari sungai jeroan dibuat pintu air kapasitas besar minimal 2 buah (untuk anakan sungai Jeroan), dengan desain yang saya rencanakan seperti berikut.



**Gambar 6.3** Desain pintu air untuk disalurkan pinggir  
(Sumber : Hasil Analisa)



**Gambar 6.3** Desain pintu air untuk anakan sungai  
(Sumber : Hasil Analisa)

Fungsi dari bangunan tambahan berupa pintu air ini untuk mengendalikan banjir, jadi apabila di sungai Jeroan mengalami debit banjir kala ulang tertentu dan menyebabkan backwater di anakan sungai jeroan masih tidak menyebabkan banjir dikawasan pemukiman yang tinggal di bantaran luar sungai karena aliran air anakan sungai jeroan yang seharusnya menuju ke induk sungai jeroan tertahan / ditahan oleh bangunan pengendalian banjir berupa Pintu air, setelah muka air banjir di Sungai Jeroan mengalami penurunan diwaktu tertentu maka pintu air yang diletakkan di anakan sungai jeroan dibuka



**Gambar 6.4** Gambaran bentuk  
(Sumber : Internet,GoogleMap)



### DAFTAR PUSTAKA

- Hadisusanto, Nugroho. 2010. Aplikasi Hidrologi. Malang
- Canonica, Lucio. 2013. Memahami Fondasi Edisi Revisi. Bandung : CV Angkasa
- Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. 2019. Data Teknis. Sungai Jeroan dan Madiun provinsi Jawa Timur.
- Bowles, J.E. 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Jakarta: Erlangga.
- Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. Permen PUPR no 4 Lampiran 5d. Jakarta
- Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. 2010. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah sungai Bengawan solo.
- Herman. 2010. Bahan Ajar – Mekanika Teknik II.
- Robydiansah. “Kajian Ulang Stabilitas Geser dan Guling Parafet di sungai grindulu kabupaten Pacitan”. Proyek Akhir, Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta, 2012.
- Hidayah, Susi. “Analisa Faktor Keamanan (Safety Factor) Stabilitas Lereng Menggunakan Geo Slope/ w 2012”. Tugas Akhir, Majalengka : Universitas Majalengka, 2015.
- Junaidi Rahmad, 2015, “Kajian Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan Pada WS Parigi-Poso Sulawesi Tengah Dengan Metode Kagan Rodda Dan Krigging”. Malang: Universitas Brawijaya Malang
- Sri Harto Br. 1993. *Analisa Hidrologi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

- Ranesa Lalu Sigar.,Limantara Montarcih Lily.,Harisuseno Donny.,2015, “*Analisis Rasionalisasi JaringanPos Hujan Untuk Kalibrasi hidrograf Pada DAS Babak Kabupaten Lombok Tengah*”. Malang : Universitas Brawijaya Malang
- Rodhita Muhammad., Limantara Montarcih Lyli., Darmawan Very., 2012,”*Rasionalisasi Jaringan Penakar Hujan Di DAS KedungSoko Kabupaten Nganjuk*”. Malang: Universitas Brawijaya Malang
- Dermawan Very., Hoesein Abdul Aziz.,Firmansyah Wahyu., 2015, “*Analisa Metode KaganRodda Terhadap Analisa Hujan RataRata Dalam Menentukan Debit Banjir Rancangan Dan Pola Sebaran Stasiun Hujan Di Sub DAS Amprong*”. Malang : Universitas Brawijaya
- Harto Br, Sri. 1998. *Optimasi Kerapatan Jaringan Stasiun Hidrologi*. Yogyakarta : PAU Ilmu Teknik UGM.
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*, Surabaya : Usaha Nasional Soetopo,
- Widandi. 1997 *Diktat Perkuliahan Statistik Terapan*, Malang Soedarsono, Suyono, Takeda. Ken.1983. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT.Pradnya Paramita.
- Chay Asdak. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta

## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Prasetyo Hari Purwanto dilahirkan di Surabaya, 28 Oktober 1997, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai dari SD di Manukan Kulon V, Surabaya kemudian lanjut ke SMP Negeri 2 Surabaya, lalu ke SMA Negeri 9 Surabaya . Setelah lulus

SMA tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan kuliah dan diterima di Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS dengan jenjang D III pada tahun 2015 dengan NRP 10111500000064 dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis memutuskan melanjutkan Studi Program D-IV Lanjut Jejang di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV – ITS.

Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Penulis mengambil bidang studi Bangunan Keairan. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan yang diadakan di Jurusan dan di luar kampus