



**APLIKASI HEC RAS UNTUK ANALISA DAN PENANGANAN  
BANJIR DI SUNGAI MUJUR KECAMATAN TEMPEH LOR  
KABUPATEN LUMAJANG**

**SKRIPSI**

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI SUMBER  
DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



**CHALID JUL ALIF  
NIM. 115060400111012**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**





**LEMBAR PENGESAHAN**  
**APLIKASI HEC RAS UNTUK ANALISA DAN PENANGANAN**  
**BANJIR DI SUNGAI MUJUR KECAMATAN TEMPEH LOR**  
**KABUPATEN LUMAJANG**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik (S.T.)

Disusun Oleh :

**CHALID JUL ALIF**  
**NIM. 115060400111012**



Skripsi initelah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal

Mengetahui,  
Ketua Jurusan/Ketua Program Studi

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, ST., MT.  
NIP. 19610131 198609 2 001

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, ST., MT.  
NIP. 19610131 198609 2 001



## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SubhanahuWata'ala, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan seminar usulan skripsi yang berjudul **“APLIKASI HEC RAS UNTUK ANALISA DAN PENANGANAN BANJIR DI SUNGAI MUJUR KECAMATAN TEMPEH LOR KABUPATEN LUMAJANG”** dengan baik.

Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat yang harus ditempuh mahasiswa Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Dengan kesungguhan serta rasa rendah hati, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku dan saudara saya yang sangat membantu dalam segala hal, doa, dan motivasi bagi saya.
2. Ibu Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS. selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan dalam penyelesaian laporan usulan skripsi ini.
3. Bpk Dr. Very Dermawan, ST, MT. , Bpk Dr. Ery Suhartanto, ST, MT. Dan Bpk. Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT. selaku dosen penguji yang telah berkenan menguji skripsi ini
4. Teman-teman Jurusan Pengairan 2011 yang tidak ada hentinya memberikan support dan semangat sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun sudah berupaya semaksimal mungkin, tetapi masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, Juli 2018

Penyusun





**DAFTAR ISI****KATA PENGANTAR**..... i**DAFTAR ISI**..... iii**DAFTAR TABEL**..... vii**DAFTAR GAMBAR**..... ix**DAFTAR LAMPIRAN**..... xi**RINGKASAN**..... xii**SUMMARY**..... xiii**BAB I PENDAHULUAN**..... 1

## 1.1. Latar Belakang..... 1

## 1.2. Identifikasi Masalah..... 1

## 1.3. Batasan Masalah..... 2

## 1.4. Rumusan Masalah..... 2

## 1.5. Tujuan Dan Manfaat..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**..... 5

## 2.1. Definisi Banjir..... 5

## 2.2. Penyebab Banjir..... 5

## 2.3. Analisa Hidrologi..... 6

## 2.3.2. Uji Abnormalitas..... 6

## 2.3.3. Uji Konsistensi Data..... 7

## 2.3.3.1. Metode Kurva Massa Ganda..... 8

2.3.3.2. Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sum*)..... 8

## 2.3.4. Curah Hujan Rerata Daerah..... 9

## 2.3.5. Analisa Distribusi Curah Hujan..... 9

## 2.3.5.1. Distribusi Gumbel..... 9

## 2.3.5.2. Distribusi Log Pearson..... 11

## 2.3.6. Uji Kesesuaian Distribusi..... 11

## 2.3.6.1. Uji Smirnov-Kolmogorov..... 12

## 2.3.6.2. Uji Chi Square..... 12

## 2.3.7. Curah Hujan Jam-jaman..... 13

## 2.3.8. Debit Banjir Rancangan..... 14





ii		
2.4. Software Hec-RAS	16	
2.4.1. Tampilan Laayar Utama	16	
2.4.2. Pembuatan File Project	16	
2.4.3. Geometri Saluran	17	
2.4.4. Penampang Melintang	18	
2.4.5. Menginterpolasi Penampang Melintang	19	
2.4.6. Peniruan Hidrolika	20	
2.4.7. Perhitungan Hidrolika	21	
2.4.8. Presentasi Hasil Hitungan	23	
2.5. Alternatif Penanggulangan Banjir dengan Tanggul	26	
2.5.1. Bagian Tanggul	27	
2.5.2. Tinggi Jagaan	27	
2.5.3. Lebar Mercu Tanggul	28	
2.5.4. Kemiringan Lereng Tanggul	28	
2.5.5. Bahan Tanah untuk Urugan	29	
2.5.6. Stabilita Lereng	32	
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	33	
3.1. Lokasi Daerah Studi	35	
3.2. Kondisi Daerah Studi	34	
3.2.1. Topografi	34	
3.2.2. Keadaan Iklim	34	
3.2.3. Hidrologi	34	
3.3. Sistematika Pengerjaan Studi	34	
3.3.1. Metode Pengumpulan Data	34	
3.3.2. Tahapan Pengerjaan Studi	35	
3.3.3. Langkah – Langkah Pengerjaan Studi	40	
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	41	
4.1. Analisa Hidrologi	41	
4.1.1. Uji Abnormalitas	41	
4.1.2. Uji Konsistensi Data Metode RAPS	46	
4.1.3. Kurva Massa Ganda (Double Mass Curve)	53	
4.1.4. Analisa Curah Hujan	57	













## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Koefisien pengaliran.....	13
Tabel 2.2. Tinggi Jagaan Standar Tanggul.....	39
Tabel 2.3. Lebar Standar Mercu Tanggul.....	40
Tabel 4.1. Tabel Nilai $Q/(n^{0.5})$ dan $R/(n^{0.5})$ .....	39
Tabel 4.2. Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Besuksat.....	39
Tabel 4.3. Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Kertosari.....	41
Tabel 4.4. Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Wonorenggo.....	42
Tabel 4.5. Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Pasirian.....	44
Tabel 4.6. Data Hujan Tahunan Pada Setiap Stasiun Hujan.....	45
Tabel 4.7. Data Kumulatif Hujan Tahunan Stasiun Besuksat dan Stasiun Pembanding.....	45
Tabel 4.8. Data Kumulatif Hujan Tahunan Stasiun Kertosari dan Stasiun Pembanding.....	46
Tabel 4.9. Data Kumulatif Hujan Tahunan Stasiun Wonorenggo dan Stasiun Pembanding.....	46
Tabel 4.10. Data Kumulatif Hujan Tahunan Stasiun Pasirian dan Stasiun Pembanding.....	47
Tabel 4.11. Tabel Hujan Maksimum Daerah Tahunan dengan Metode Rata – Rata Hitung.....	49
Tabel 4.12. Tabel Hujan Maksimum Daerah Tahunan dengan Metode Rata – Rata Hitung.....	50
Tabel 4.13. Metode Log Pearson Tipe III.....	50
Tabel 4.14. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Tipe III.....	51
Tabel 4.15. Pengujian Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III dengan Uji Smirnov -Kolmogorov.....	52
Tabel 4.16. Tabel $\Delta$ kritis Smirnof Kolmogorof.....	53
Tabel 4.17. Tabel Perhitungan Hasil Uji.....	53
Tabel 4.18. Data Perhitungan Uji Chi Square Untuk Distribusi Log Pearson III Metode Hujan Daerah Rata-rata Hitung.....	54
Tabel 4.19. Perhitungan Batas Kelas.....	54
Tabel 4.20. Perhitungan Chi Square.....	55
Tabel 4.21. Koefisien Pengaliran Sungai Mujur.....	56
Tabel 4.22. Perhitungan Rasio Hujan Jam-jaman.....	57





vi	
Tabel 4.23. Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Dengan Metode Mononobe.....	59
Tabel 4.24. Karakteristik Sungai.....	60
Tabel 4.25. Waktu Lengkung Hidrograf Nakayasu.....	61
Tabel 4.26. Ordinat Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu.....	61
Tabel 4.27. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu.....	63
Tabel 4.28. Keterangan Pada HEC-RAS.....	66
Tabel 4.29. Rekapitulasi Titik yang Mengalami Banjir Pada Q banjir.....	74
Tabel 4.30. Nilai Koordinat Garis Freatik pada tanggul patok A26.....	78
Tabel 4.31. Nilai Koordinat Garis Freatik pada tanggul patok A28.....	80
Tabel 4.32. Tabel Perhitungan Stabilitas Kondisi Kosong patok A26.....	83
Tabel 4.33. Tabel Perhitungan Stabilitas Kondisi Kosong patok A28.....	84
Tabel 4.34. Tabel Perhitungan Stabilitas Kondisi Banjir patok A26.....	85
Tabel 4.35. Tabel Perhitungan Stabilitas Kondisi Banjir patok A28.....	86





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tampilan Layar Utama .....	17
Gambar 2.2. Layar <i>New Project</i> .....	17
Gambar 2.3. Tampilan Layar <i>Geometric Data Editor</i> .....	18
Gambar 2.4. Layar Editor Penampang Mrlintang .....	19
Gambar 2.5. Tampilan isian data pada pemnampang melintang .....	20
Gambar 2.6. Interpolasi Penampang Melintang .....	21
Gambar 2.7. Layar Editor Data Aliran .....	22
Gambar 2.8. Layar Perhitungan aliran Permanen .....	23
Gambar 2.9. Profil Muka Air Hasil Hitungan Pada Sebuah Penampang Melintang .....	24
Gambar 2.10. Tampilan Profil muka Air Sepanjang alur .....	25
Gambar 2.11. Profil Kecepatan Aliran Hasil hitungan .....	26
Gambar 2.12. Tabel Hasil Hitungan pada Sebuah Penampang/ <i>Profile</i> .....	27
Gambar 2.13. Tabel Hitungan Sepanjang Alur .....	27
Gambar 2.14. Tampilan <i>Extensions</i> Pada <i>Software Arc-View GIS</i> .....	28
Gambar 2.15. Tampilan Arc-View GIS setelah Proses Ekstensi .....	29
Gambar 2.16. Tampilan menu preRAS .....	29
Gambar 2.17. Tampilan menu PostRAS .....	30
Gambar 2.18. Tampilan Menu GeoRAS_ Util .....	30
Gambar 2.19. Tampilan Menu Pemberian Nama <i>Centerline</i> .....	32
Gambar 2.20. Tampilan Layar Menu <i>Theme Setup</i> .....	34
Gambar 2.21. Layar <i>Theme Setup</i> pada postRAS .....	36
Gambar 2.22. Nama Bagian Tanggul .....	39
Gambar 2.23. Beberapa Penampang Tanggul Sungai di Jepang .....	40
Gambar 2.24. Beberapa Penampang Tanggul Sungai di Indonesia .....	41
Gambar 3.1. Peta Administrasi Kabupaten Lumajang .....	33
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengerjaan Studi .....	36
Gambar 4.1. Grafik Sebaran Uji Konsistensi Stasiun Besuksat .....	45
Gambar 4.2. Grafik Sebaran Uji Konsistensi Stasiun Kertosari .....	46
Gambar 4.3. Grafik Sebaran Uji Konsistensi Stasiun Wonorenggo .....	47
Gambar 4.4. Grafik Sebaran Uji Konsistensi Stasiun Pasirian .....	47
Gambar 4.5. Pola Distribusi Hujan (Mononobe) .....	58



Gambar 4.6.	Rasio Distribusi Hujan (Mononobe).....	58
Gambar 4.7.	Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu DAS Mujur .....	52
Gambar 4.8.	Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu DAS Mujur Kala Ulang 25 tahun.....	65
Gambar 4.9.	Tampilan Layar Utama HEC-RAS.....	65
Gambar 4.10.	Layar Tampilan memulai <i>Project</i> baru.....	66
Gambar 4.11.	Layar Geometric Data .....	67
Gambar 4.12.	Layar Tampilan <i>Cross Section</i> .....	68
Gambar 4.13.	Hasil Potongan Melintang Sungai Mujur.....	69
Gambar 4.14.	Tampilan Layar Penyimpanan Geometry Data .....	69
Gambar 4.15.	Tampilan Layar Geometry Data Telah Tersimpan.....	70
Gambar 4.16.	Pengisian Nilai Debit pada Steady Flow Data .....	70
Gambar 4.17.	Pengisian Data pada Reach Boundary Condition.....	70
Gambar 4.18.	Pilihan Flow Regime pada Steady Flow Analysis .....	71
Gambar 4.19.	Layar Komputasi Steady Flow Analysis.....	71
Gambar 4.20.	Hasil Analisis Potongan Memanjang Sungai Mujur Menggunakan Q25 .....	72
Gambar 4.21.	Hasil Analisis Potongan Memanjang Sungai Mujur Menggunakan Q25.....	72
Gambar 4.22.	Hasil Analisis Potongan Melintang Patok A24 Sungai Mujur.....	73
Gambar 4.23.	Hasil Analisis Potongan Melintang Patok A23 Sungai Mujur.....	73
Gambar 4.24.	Hasil Analisis Potongan Melintang Patok A21 Sungai Mujur.....	73
Gambar 4.25.	Hasil Analisis Potongan Melintang Patok A19 Sungai Mujur.....	74
Gambar 4.26.	Desain Rencana Tanggul Sungai Mujur Patok A26.....	75
Gambar 4.27.	Kondisi Sungai Mujur setelah Adanya Tanggul .....	75
Gambar 4.28.	Patok A29 setelah Adanya Tanggul .....	76
Gambar 4.29.	Patok A27 setelah Adanya Tanggul .....	76
Gambar 4.30.	Patok A26 setelah Adanya Tanggul .....	76
Gambar 4.31.	Dimensi Tanggul untuk Formasi Garis Depresi Metode Casagrande patok A26.....	77
Gambar 4.32.	Garis Formasi Depresai berdasarkan Koordinat Freatik patok A26 .....	79
Gambar 4.33.	Dimensi Tanggul untuk Formasi Garis Depresi Metode Casagrande patok A28.....	79
Gambar 4.34.	Garis Formasi Depresai berdasarkan Koordinat Freatik patok A28.....	80
Gambar 4.35.	Penggambaran Lingkaran Bidang Longsor Tanggul patok A26.....	82
Gambar 4.36.	Penggambaran Lingkaran Bidang Longsor Tanggul patok A28.....	82











## RINGKASAN

**CHALID JUL ALIF.** Aplikasi HEC-RAS untuk Analisa dan Penanganan Banjir di Sungai Mujur, Tempeh Lor, Kabupaten Lumajang. Dosen Pembimbing :Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.

Salah satu permasalahan yang terjadi pada Sungai Mujur adalah banjir. Hal ini dikarenakan Sungai Mujur merupakan hilir sungai yang berhulu di Gunung Semeru. Akibat erupsi yang sering terjadi pada Gunung Semeru menyebabkan beberapa material yang turun bersama hujan melewati Sungai Mujur merusak penampang sungai, yang apabila pada saat hujan besar sungai tidak dapat lagi menampung air yang ada. Banjir dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan sekitar sungai.

Studi ini bertujuan melihat bagaimana kondisi eksisting Sungai Mujur pada debit banjir  $Q_{25}$  tahun. Selain itu melihat titik mana saja yang mengalami luapan/banjir yang dianalisa menggunakan program Hec-RAS. Upaya penanganan banjir di Sungai Mujur berupa normalisasi dan pembuatan tanggul.

Upaya penanganan banjir berupa tanggul selain untuk mengatasi banjir tahunan, juga di desain untukantisipasi banjir pada kala ulang 25 tahun. Untuk mengetahui tanggul yang direncanakan aman, maka dilakukan analisa perhitungan kestabilan lereng. Dalam studi ini analisa kestabilan lereng dilakukan menggunakan metode *Fellenius* dan program *Geo-Slope*.

Dengan adanya upaya penanganan banjir berupa pembuatan tanggul setinggi muka air, kemiringan lereng 1:2 dan hasil *running* program HEC-RAS, dapat diketahui Sungai Mujur dapat menampung banjir kala ulang 25 tahun sebesar  $461,400 \text{ m}^3/\text{dtk}$ .

Kata Kunci : Penanganan Banjir, HEC-RAS, Tanggul, Stabilitas Lereng.





## SUMMARY

**CHALID JUL ALIF.** *HEC RAS Application for Flood Analysis and Handling in Mujur River, Tempeh Lor Village, Lumajang District. Academic Supervisor :Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.*

*One of the problems occurred on Mujur River is flooding. This is because Mujur River is a river that flowing on downstream at Mount Semeru. Due to the eruptions often occur on Mount Semeru caused some material to come down along the river flow when rainfall, ruined the Mujur River cross section, that was when at the time of heavy rain the river can no longer hold waterflow. Flooding can cause damage to the environment around the river.*

*This study aims to look at how the existing conditions of Mujur River on the flood discharge  $Q_{25}$  years. In addition to see the point where experience overflow/flood that analyzed using the Hec-RAS program. The effort of handling a flood on the Mujur River is form of normalization and making of embankment.*

*The efforts of flood handling in the form of embankment in addition to addressing the annual flood, also designed in anticipation of a flood for a flood discharge 25 years. To know that embankment planned is safe, then done the analysis calculation of slopes stability. In this study the slope stability analysis is carried out using Fellenius methods and Geo-Slope program.*

*With the effort of floods handling in the form of the making of embankment as high as water level, 1:2 slopes, and the results of running the Hec-RAS program, Mujur River can accommodate 25 years flood discharge return period of  $461.400 \text{ m}^3/\text{sec}$ .*

*Keywords: Flood Handling, Hec-Ras, Embankment, Slopes Stability*





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Banjir merupakan hasil dari luapan air sungai yang tidak dapat tertampung oleh sungai. Permasalahan banjir ini sudah menjadi hal yang biasa dan sering terjadi di Indonesia. Banyak hal yang dapat menyebabkan banjir, secara umum dibagi menjadi 2 faktor yakni faktor alami dan faktor akibat ulah tangan manusia. Penumpukan sampah di sungai, pemukiman di bantaran sungai dan masih banyak lainnya merupakan hasil ulah tangan manusia yang menyebabkan banjir.

Selain hal di atas ada juga faktor alamiah, perubahan penampang sungai dan juga pendangkalan dasar sungai akibat endapan sedimen merupakan salah satu faktor alamiah penyebab luapan banjir dari sungai. Material letusan gunung berapi yang mengendap di dasar sungai dapat menyebabkan pendangkalan dasar sungai, akibatnya penampang sungai tidak dapat menampung lagi air hujan yang masuk ke sungai. Hal ini pulalah yang dapat menyebabkan luapan banjir.

Gunung Semeru merupakan salah satu gunung paling aktif di Indonesia. Gunung Semeru ini berada di wilayah administratif Kabupaten Malang dan Kabupaten Lumajang. Letusan-letusan gunung Semeru pada umumnya berlangsung singkat dan relatif kecil, namun bekerja terus menerus. Material hasil letusan yang menumpuk di lereng gunung suatu saat akan longsor turun ke bawah. Pada akhirnya material ini akan terbawa oleh air hujan dan turun ke sungai, menjadi sedimen-sedimen yang akan terus menerus mengendap di dasar sungai. Hal ini menyebabkan terjadinya pendangkalan dasar sungai akibat endapan yang menumpuk. Salah satu sungai yang terdampak dengan hal tersebut adalah sungai Mujur di Desa Tempeh Tengah, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang.

### 1.2. Identifikasi Masalah

Sungai Mujur merupakan salah satu sungai yang berada di lereng gunung Semeru. Dengan adanya aktifitas letusan-letusan kecil gunung Semeru yang kerap kali terjadi, menyebabkan sungai ini terdampak dengan material letusan yang melewati sungai ini.



Akibatnya terjadi kerusakan penampang sungai akibat endapan material letusan.

Akibat penampang sungai yang tidak lagi mampu menhahan air hujan yang masuk ke sungai menyebabkan luapan banjir. Salah satu kejadian banjir yang pernah terjadi akibat intensitas hujan yang cukup tinggi selama 2 jam di hulu sungai mujur mengakibatkan banjir di hilir sungai (pojokpitu.com, 18/10/2010). Pada agustus 1909 banjir yang melanda kawasan lereng gunung semeru mengakibatkan korban 208 orang meninggal, 1.454 rumah rusak, dan 9.372 hektar sawah dan tegalan tertimbun lahar dingin (Kompas.com, 28/01/2011).

Apabila banjir yang terjadi terus dibiarkan akan membahayakan terhadap lingkungan sekitar sungai. Oleh karena itu perlu di adakan kajian mengenai aliran dan tinggi genangan menggunakan aplikasi HEC- RAS, dikarenakan penggunaan aplikasi dinilai lebih efisien dan memberikan kemudahan dalam penghitungan data. Selain itu diperlukan pula alternatif tindakan yang dilakukan untuk pengendalian banjir pada sungai ini.

### 1.3. Batasan Masalah

Ada beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan dalam kajian pengendalian banjir di sungai Mujur ini, yaitu:

1. Lokasi studi adalah Sungai Mujur di Desa Tempeh Lor, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang.
2. Hanya menganalisa tinggi muka air yang terjadi pada sungai.
3. Analisa profil aliran dan tinggi muka air menggunakan bantuan *software* Hec-RAS.
4. Alternatif penanganan banjir berupa pembuatan tanggul dan normalisasi sungai.
5. Tidak membahas dampak maupun pengendalian akibat sedimen.
6. Tidak membahas analisa ekonomi.

### 1.4. Rumusan Masalah

Dari beberapa batasan di atas dapat dirumuskan beberapa hal dalam kajian ini, sebagai berikut:

1. Berapakah besar debit sungai Mujur pada kala ulang 25 tahun ( $Q_{25th}$ )?
2. Bagaimanakah tinggi muka air pada sungai dengan *software* HEC-RAS?
3. Bagaimana alternatif penanganan banjir pada sungai Mujur?
4. Bagaimana kondisi sungai setelah dilakukan penanganan pada sungai?





### 1.5. Tujuan Dan Manfaat

Dengan adanya kajian ini sesuai dengan yang telah dirumuskan di atas, tujuan dari studi ini dapat di jabarkan sebagai berikut:

1. Menentukan besar debit yang terjadi pada sungai mujur pada kala ulang 25 tahun ( $Q_{25th}$ );
2. Mendapatkan nilai dan gambaran seberapa tinggi muka air tertinggi yang terjadi pada aplikasi HEC-RAS.
3. Menentukan alternatif penanganan yang sesuai yakni berupa normalisasi dan pembuatan tanggul di sungai.

Sedangkan manfaat dari kajian ini adalah dapat memberikan alternatif pengendalian banjir pada sungai Mujur bagi instansi terkait. Selain itu penulis mengharapkan mendapatkan tambahan ilmu pengetahuan mengenai *software-software* terkait yang digunakan dalam bidang keteknikan pengairan, terutama *software* HEC-RAS.









## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Definisi Banjir

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan (MSN Dictionary, 2006;28). Banjir diakibatkan oleh volume air di suatu badan air seperti sungai atau danau yang meluap atau menjebol bendungan sehingga air keluar dari bantaran alaminya.

Ukuran danau atau badan air terus berubah-ubah sesuai perubahan curah hujan, namun banjir yang terjadi tidak besar, kecuali jika air mencapai daerah yang dimanfaatkan oleh manusia seperti, sawah, pedesaan, perkotaan atau pemukiman lainnya. Banjir juga dapat terjadi di sungai, ketika alirannya melebihi kapasitas saluran air. Ada beberapa istilah dalam penyebutan banjir, antara lain:

1. Banjir Air, adalah banjir yang biasa terjadi akibat meluapnya air di saluran air sehingga air naik menggenangi daratan.
2. Banjir Bandang, adalah banjir yang mengangkut air dan lumpur. Banjir tersebut biasanya terjadi di area pegunungan dikarenakan tanah yang longsor akibat terbawa air hujan ke dataran yang lebih rendah. Banjir ini memiliki daya rusak yang cukup tinggi karena biasanya menghanyutkan bebatuan atau pepohonan yang cukup besar.
3. Banjir lumpur, adalah banjir yang mirip banjir bandang akan tetapi lumpur tersebut keluar dari dalam tanah dan menggenangi daratan.
4. Banjir Air Pasang Laut, adalah banjir yang disebabkan oleh pasangannya air laut. Biasanya banjir ini terjadi di daerah muara sungai.

#### 2.2. Penyebab Banjir

Dari definisi banjir diatas dapat dilihat bahwa ada beberapa faktor dan penyebab yang mengakibatkan banjir, penyebab banjir antara lain:

1. Penyumbatan aliran sungai dan selokan akibat sampah merupakan salah satu penyebab banjir paling umum di Indonesia. Masyarakat beranggapan bahwa membuang sampah di selokan atau sungai merupakan cara paling mudah untuk menghilangkan sampah, akan tetapi mereka tidak menyadari dampak yang akan ditimbulkan akibat perilaku tersebut.





6

2. Pendirian rumah di sepanjang bantaran sungai menyebabkan berkurangnya lebar sungai yang dapat mengakibatkan sirkulasi air yang tidak optimal.

3. Daerah resapan air yang mulai berkurang akibat dari pembangunan kota, pembuatan jalan raya yang menggunakan aspal menyebabkan air tidak dapat terserap ke dalam tanah, hal ini menyebabkan genangan-genangan air akan muncul apabila hujan turun. Ditambah lagi dengan pembukaan lahan baru yang mengurangi hutan yang notabene sebagai lahan serapan utama menyebabkan air tidak dapat meresap sempurna ke dalam tanah.

4. Erosi dan sedimentasi di DAS berpengaruh terhadap pengurangan kapasitas penampang sungai, sehingga timbul genangan dan banjir di sungai.

5. Air pasang laut yang dapat memperlambat aliran sungai ke laut. Sehingga pada waktu banjir atau curah hujan cukup tinggi yang bersamaan dengan naiknya muka air laut akan menyebabkan aliran balik (*backwater*).

### 2.3. Analisa Hidrologi

Dalam perencanaan atau kajian mengenai keteknikan pengairan mutlak diperlukan analisa hidrologi. Maksud dari analisis hidrologi pada studi ini adalah untuk mendapatkan debit maksimum pada sungai.

#### 2.3.1. Uji Abnormalitas

Sebelum prosedur analisa hidrologi terlebih dahulu data yang telah didapatkan perlu diuji dengan uji abnormalitas. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji Inlier-Outlier, di mana data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah (XL) dan ambang atas (XH) akan dihilangkan.

Rumus untuk mencari kedua ambang tersebut adalah sebagai berikut:

$$XH = \text{Exp.} (X_{\text{rerata}} + K_n \cdot S)$$

$$XL = \text{Exp.} (X_{\text{rerata}} - K_n \cdot S)$$

dengan:

$$XH = \text{nilai ambang atas}$$

$$XL = \text{nilai ambang bawah}$$

$$X_{\text{rerata}} = \text{nilai rata-rata}$$

$$S = \text{simpangan baku dari logaritma terhadap data}$$

$$K_n = \text{besaran yang tergantung pada jumlah sampel data}$$

$$N = \text{jumlah sampel data}$$





### 2.3.2. Uji Konsistensi Data

Data yang diperlukan untuk analisa sebaiknya tidak mengandung kesalahan, apalagi dalam sebuah prosedur penggunaan aplikasi keteknikan data harus benar-benar valid agar proses aplikasi biasa berjalan lancar. Oleh karena itu, sebelum data hujan ini dipakai terlebih dahulu harus melewati pengujian untuk kekonstitenan data tersebut.

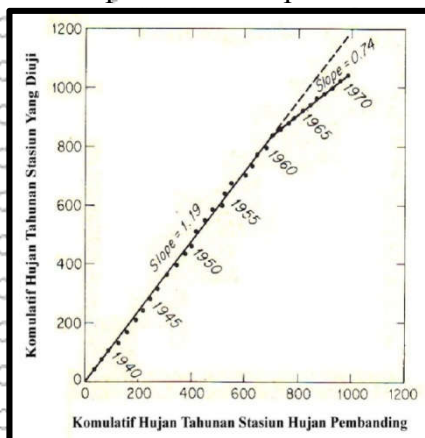
Metode yang digunakan ada beberapa macam, salah satunya adalah metode kurva massa ganda dan metode statistik RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*).

#### 2.3.2.1. Metode Kurva Massa Ganda

Kurva masa ganda menguji konsistensi hasil-hasil pengukuran data hujan pada suatu stasiun dan membandingkan akumulasi tahunannya atau hujan musimannya dengan nilai terakumulasi dari hujan yang bersamaan untuk kumpulan stasiun yang mengelilinginya (Hidrologi Untuk Insinyur, 1986).

Prosedur untuk analisa kurva massa ganda sesuai dengan yang digunakan oleh "U.S. Enviromental Data Service" adalah sebagai berikut:

1. Menghitung hujan tahunan untuk masing-masing stasiun.
2. Menghitung rerata hujan tahunan untuk stasiun pembanding
3. Menghitung komulatif hujan tahunan untuk yang akan diuji.
4. Menghitung komulatif hujan tahunan untuk stasiun pembanding.
5. Melakukan penggambaran dalam bentuk diagram pencar (*scatter diagram*) antara stasiun yang akan diuji dan stasiun pembanding, stasiun yang diuji pada sumbu Y dan stasiun pembanding pada sumbu X. (Gambar 2.1)
6. Melakukan analisa terhadap konsistensi data hujan dengan cara membuat garis lurus pada diagram pencar dan melakukan analisa menentukan apakah ada perubahan slope atau tidak pada garis lurus yang dibuat.



Gambar 2.1 Diagram Kurva Massa Ganda

Sumber: Soewarno (1995,p.28)





8

Pengujian dengan metode ini akan memberikan hasil yang baik, jika dalam suatu DAS terdapat banyak stasiun hujan, karena dengan jumlah stasiun hujan yang banyak akan memberikan nilai rerata hujan tahunan pada stasiun pembanding secara baik. Oleh karena itu untuk melakukan analisa minimal terdapat 3 stasiun atau lebih, jika hanya terdapat 2 stasiun maka data yang ada dianggap sudah konsisten.

### 2.3.2.2. Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sum*)

Pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari tiap stasiun yang digunakan, yaitu pengujian dengan kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya, lebih jelas lagi dapat dilihat pada rumus, nilai static Q dan R,

$$Q = \max |S_k| \text{ untuk } 0 \leq k \leq n \quad (2-1)$$

$$R = \max S_k - \min S_k \quad (2-2)$$

Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Data hujan diurutkan berdasarkan tahun.
2. Menghitung rata-rata data hujan.
3. Menghitung nilai  $S_k^*$ , yaitu tiap data hujan dikurangi data hujan rata-rata.
4. Menghitung nilai absolut dari  $S_k^*$ .
5. Menghitung jumlah kumulatif  $Dy^2$ , yaitu  $(S_k^*)^2$  dibagi jumlah data.
6. Menghitung jumlah kumulatif  $Dy^2$ .
7. Menghitung  $Dy$ , yaitu akar dari  $Dy^2$ .
8. Menghitung nilai  $S_k^{**}$ , yaitu  $S_k^*$  dibagi  $Dy$ .
9. Menghitung nilai absolute dari  $S_k^{**}$ .
10. Menentukan nilai  $S_k^{**} \max$ .
11. Menentukan nilai  $S_k^{**} \min$ .
12. Menghitung nilai  $Q/\sqrt{n}$ .
13. Menghitung nilai  $R/\sqrt{n}$ .

Dengan melihat nilai statistik diatas maka dapat dicari nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$ . Hasil yang di dapat dibandingkan dengan nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$  syarta, jika lebih kecil maka data masih dalam btasan konsisten.

### 2.3.2. Curah Hujan Rerata Daerah

Untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir diperlukan data curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah, yaitu curah hujan yang diambil dari





beberapa titik pengukuran di daerah yang bersangkutan dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 1980,p.27).

Beberapa metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata daerah maksimum, antara lain:

### 1. Metode Rerata Aritmatik

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana. Tebal hujan dihitung dengan rumus :

$$H_r = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n}{N} \quad (2-3)$$

dengan:

$H_r$  = tebal hujan rerata DAS (mm)

$H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$  = tebal hujan di pos 1, 2, 3, ..., n (mm)

n = banyaknya pos penakar hujan

Metode ini hanya disarankan untuk kondisi DAS dengan topografi datar (*flat topography*) dengan jumlah pos hujan cukup banyak dan lokasinya tersebar merata (*uniformly distributed*) pada lokasi yang terwakili. Apabila persyaratan itu tidak terpenuhi, maka metode ini memberikan hasil perhitungan yang tidak akurat.

### 2. Metode Poligon Theissen

Di dalam metode ini terdapat suatu anggapan bahwa setiap pos hujan dapat mewakili tebal hujan dari suatu daerah dengan luasan tertentu. Luasan tertentu adalah luas daerah yang dibatasi garis tegak lurus yang melalului dan membagi menjadi dua bagian yang sama dari setiap garis yang menghubungkan dua pos hujan yang berdekatan, sehingga bila digambar pada setiap pos hujan akan terletak di dalam suatu polygon. Tebal hujan pada DAS dapat dihitung dengan rumus:

$$H_r = \frac{A_1 \cdot H_1 + A_2 \cdot H_2 + A_3 \cdot H_3 + \dots + A_n \cdot H_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2-4)$$

dengan:

$H_r$  = tebal hujan rerata DAS (mm)

$H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$  = tebal hujan di pos 1, 2, 3, ..., n (mm)

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = Luas polygon untuk pos hujan 1, 2, 3, ..., n (km<sup>2</sup>)

n = banyaknya pos penakar hujan

### 3. Metode Isohyet

Metode ini dianggap lebih teliti dibanding dengan metode Rerata Aritmatik dan metode Poligon Theissen. Penggambaran garis isohyet dari suatu DAS harus



memperhatikan faktor topografi dan faktor lainnya yang mempengaruhi sebaran hujan. Kelemahan dari metode ini adalah faktor subyektifitas dari penggambaran peta isohyet dapat mempengaruhi ketelitian dari hasil perhitungan. Persamaan untuk menghitung tebal hujan rerata adalah dengan menggunakan metode jarak tengah

$$H_r = \frac{0,5(H_1+H_2) \cdot A_1 + 0,5(H_2+H_3) \cdot A_2 + \dots + 0,5(H_{n-1}+H_n) \cdot A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \quad (2-5)$$

dengan :

H = besarnya curah hujan (mm)

A = Luas pengaruh stasiun hujan

### 2.3.3. Analisa Distribusi Curah Hujan

Yang dimaksud dengan curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Dalam perhitungan distribusi curah hujan rancangan dapat dihitung dengan beberapa metode, antara lain:

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log Pearson Type III
4. Distribusi Gumbel

#### 2.3.3.1. Distribusi Gumbel

Tujuan teori statistik nilai ekstrim adalah untuk menganalisis hasil pengamatan nilai – nilai ekstrim tersebut untuk memperkirakan nilai ekstrim berikutnya.

Gumbel menggunakan teori nilai ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret nilai – nilai ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , dengan sampel – sampel yang sama besar, dan  $X$  merupakan variabel berdistribusi eksponensial, maka probabilitas kumulatifnya  $P$ , pada sembarang nilai diantara  $n$  buah nilai  $X_n$  akan lebih kecil dari nilai  $X$  tertentu (dengan waktu balik  $Tr$ ) mendekati:

$$P(X) = e^{-e^{-a(x-b)}} \quad (2-6)$$

Waktu balik merupakan nilai rata – rata banyaknya tahun karena  $X_n$  merupakan data debit maksimum dalam tahun, dengan suatu variate disamai atau dilampaui oleh suatu nilai sebanyak satu kali. Jika interval antara 2 buah pengamatan konstan, maka waktu baliknya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Tr(X) = \frac{1}{1-P(X)} \quad (2-7)$$

Ahli-ahli teknik sangat berkepentingan dengan persoalan – persoalan pengendalian banjir sehingga lebih mementingkan waktu balik  $Tr(X)$  daripada probabilitas





P(X), untuk itu rumus di atas di ubah menjadi:

$$Y_t = \ln \left[ \ln \frac{Tr(X)-1}{Tr(X)} \right] \tag{2-8}$$

Faktor frekuensi K untuk distribusi Gumbel ditulis dengan rumus berikut:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \tag{2-9}$$

dengan:

Y<sub>t</sub> = reduced variate

Y<sub>n</sub> = reduced mean yang tergantung dari besarnya sampel n

S<sub>n</sub> = reduced standar deviation, yang tergantung pada besarnya sampel n

Kemudian untuk menghitung nilai ekstrim digunakan rumus Chow:

$$X = \bar{X} + s \times K \tag{2-10}$$

dengan:

X = harga nilai ekstrim

$\bar{X}$  = harga rerata sampel

s = simpangan baku sampel

K = faktor frekwensi

### 2.3.3.2. Distribusi Log Pearson III

Dalam studi kali ini menggunakan analisa distribusi Log Pearson Tipe III karena metode ini dapat dipakai untuk semua sebaran data tanpa harus memenuhi syarat koefisien skewness (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck) tertentu, dan dapat diterima dalam uji

kesesuaian distribusi, dengan rumus-rumus yang digunakan:

Secara garis besar prosedur dari distribusi Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut (Soemarto, 1995, p.153):

1. Mengubah data curah hujan rerata harian maksimum sebanyak n buah kedalam bentuk logaritma.
2. Menghitung harga rerata logaritma dengan rumus :

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \tag{2-11}$$

3. Menghitung simpangan baku dengan rumus :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \tag{2-12}$$



4. Menghitung koefisien kemiringan dengan rumus :

$$C_s = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_1^3} \quad (2-13)$$

5. Menghitung logaritma curah hujan rancangan dengan kala ulangnya :

$$\log X = \log \bar{X} + G \cdot S_a \quad (2-14)$$

G merupakan nilai yang didapatkan dari tabel distribusi Log Pearson tipe II yang menghubungkan nilai  $C_s$ ,  $T_r$ , dan  $P(\%)$ . Distribusi u kumulatif akan tergambar sebagai garis lurus pada kertas log-normal jika koefisien asimetri  $C_s = 0$ .

### 2.3.4. Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian kesesuaian terhadap curah hujan ini dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran akan distribusi yang digunakan. Untuk mengadakan uji ini terlebih dahulu dilakukan plotting data pengamatan pada kertas probabilitas Log Pearson tipe III.

Plotting dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Data curah hujan maksimum diurutkan dari besar ke kecil
2. Hitung probabilitasnya dengan menggunakan rumus *Weibull* (Subarkah, 1980, p.111):

$$P = \frac{m}{(n+1)} \quad (2-15)$$

3. Plotting data hujan ( $X_i$ ) dengan probabilitas ( $P$ )

Dalam studi ini, untuk keperluan analisa uji kesesuaian distribusi dipakai dua metode statistik, yaitu Uji Chi-Square dan Uji Smirnov-Kolmogorov.

#### 2.3.4.1. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal antara distribusi empiris dan distribusi teoritis. Dari plotting data hujan pada kertas distribusi Log Pearson dapat dihitung besarnya penyimpangan secara horizontal antara data teoritis dan data pengamatan, dengan:

$$\Delta_{\text{maks}} = [S_n - P_x] \quad (2-16)$$

dengan:

$\Delta_{\text{maks}}$  = selisih data probabilitas teoritis dan empiris

$S_n$  = peluang teoritis



$P_x$  = peluang empiris

Penyimpangan tersebut kemudian dibandingkan dengan penyimpangan kritis yang masih diijinkan. Apabila  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ , maka pemilihan metode frekuensi tersebut dapat diterapkan untuk data yang ada.

#### 2.3.4.2. Uji Chi Square

Pengujian ini sam dengan pengujian Smirnov-Kolmogorov, dilakukan untuk menguji simpangan secara vertikal dan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis. Perhitungan dengan menggunakan persamaan:

$$X^2_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^k (EF - OF)^2}{EF} \quad (2-17)$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan rumus:

$$k = 1 + 3,22 \log n \quad (2-18)$$

$$Dk = k + (P + 1) \quad (2-19)$$

dengan:

OF = nilai yang diamati

EF = nilai yang diharapkan

k = jumlah kelas distribusi

n = banyaknya data

Dk = derajat kebebasan

P = banyaknya parameter sebaran Chi-Square

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$ , harga  $X^2_{cr}$  dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya (*level significant*).

#### 2.3.5. Curah Hujan Jam-Jaman

Hujan netto adalah bagian total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct runoff*), yang terdiri dari limpasan permukaan dan limpasan bawah permukaan. Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu (*linier and time invariant process*), maka hujan netto  $R_n$  dinyatakan sebagai berikut :

$$R_{netto} = C \cdot R \quad (2-20)$$

dengan:

$R_{netto}$  = hujan netto



$C$  = koefisien pengaliran

$R$  = intensitas curah hujan

Koefisien pengaliran adalah suatu pengubah yang tergantung pada keadaan daerah pengaliran dan karakteristik hujan pada suatu daerah. Namun  $C$  (koefisien pengaliran) adalah variabel yang sulit diperkirakan berdasarkan perkembangan tata guna lahan. Untuk rencana pembangunan embung, maka koefisien pengaliran biasanya 0,8 atau lebih. Beberapa petunjuk untuk mendapatkan koefisien pengaliran tersebut dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2.1. Koefisien pengaliran

Kondisi Daerah Pengaliran dan sungai	$C$
Daerah pegunungan curam	0,75-0,90
Perbukitan	0,70-0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50-0,75
Tanah dataran yang ditanami	0,45-0,60
Persawahan yang diairi	0,70-0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75-0,85
Sungai kecil di dataran	0,45-0,75
Sungai besar yang lebih dari setengahnya berupa daratan	0,50-0,75

Sumber: Sosrodarsono (1980,p.145)

### 2.3.6. Debit Banjir Rancangan

Debit Banjir rancangan adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang tertentu. Dalam hal ini biasanya digunakan hidrograf-hidrograf sintetik yang telah dikembangkan di Negara-negara lain, diman parameter-parameternya harus disesuaikan terlebih dahulu dengan karakteristik daerah pengaliran yang ditinjau. Beberapa karakteristik parameter daerah yang perlu diperhatikan, diantaranya :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
3. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
4. Luas daerah aliran sungai
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
6. Koefisien pengaliran

Dalam studi ini perhitungan debit banjir rancangan menggunakan Metode *Nakayasu* dengan  $Q_{25}$  th untuk perencanaan. Persamaan umum hidrograf satuan sintetik *Nakayasu* adalah sebagai berikut:

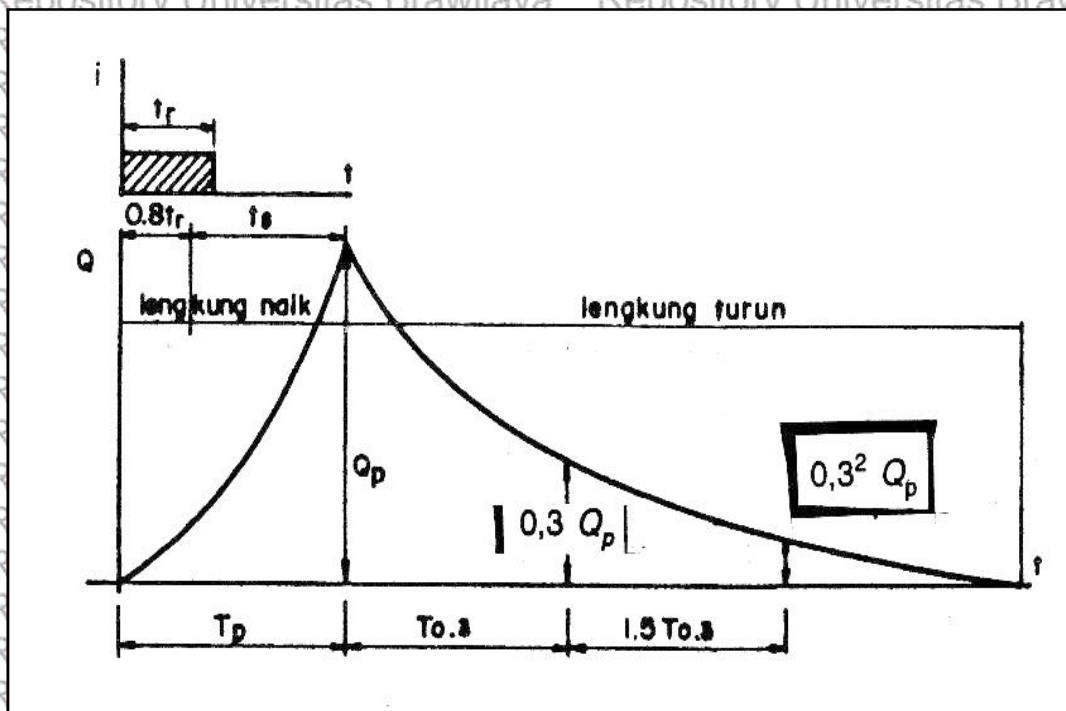






c. Selang nilai  $\cong (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3 \frac{(t - T_p + 0,5 T_{0,3})}{2,0 T_{0,3}} \quad (2-27)$$



Gambar 2.2. Unit Hidrograf Nakayasu

Sumber: Sosrodarsono (1980,p.155)

#### 2.4. Software HEC-RAS

Salah satu divisi dalam *Institute for Water Resource (IWR)*, yakni *Hydrological Engineering Center (HEC)*, meluncurkan sebuah aplikasi baru yang dapat membantu dalam permodelan aliran air di sungai, yaitu *River Analysis System (RAS)*. Atau biasa juga disebut dengan HEC-RAS.

HEC-RAS merupakan sebuah aplikasi untuk memodelkan aliran air di sungai, yang dapat memodelkan aliran permanen maupun tidak permanen (*steady and unsteady flow*). Dalam aplikasi HEC-RAS terdapat empat komponen untuk dalam satu dimensi:

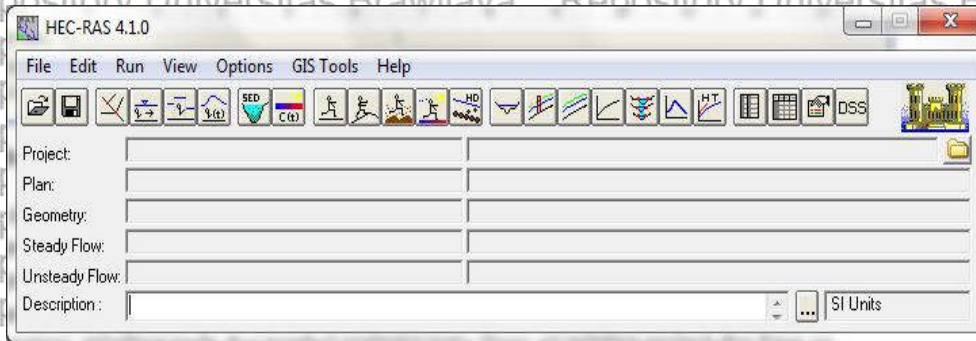
1. Hitungan profil muka air aliran permanen
2. Simulasi aliran tak permanen
3. Hitunga transport sedimen
4. Hitungan kualitas air

HEC-RAS merupaka program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interference*, analisis hidraulik, manajemen, dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan.



### 2.4.1. Tampilan Layar Utama

Pada umumnya pada saat memulai suatu program aplikasi akan muncul layar utama, Begitu pula pada aplikasi ini akan muncul layar utama, yang terdiri atas beberapa menu. Pada bagian menu terdapat : *File, Edit, Run, View, Option, dan Help*. Menu-menu ini hamper sama dengan pada umumnya software aplikasi, terdapat sub-sub menu yang dapat diakses oleh pengguna, seperti dalam menu *File* terdapat opsi/submenu *New Project*.



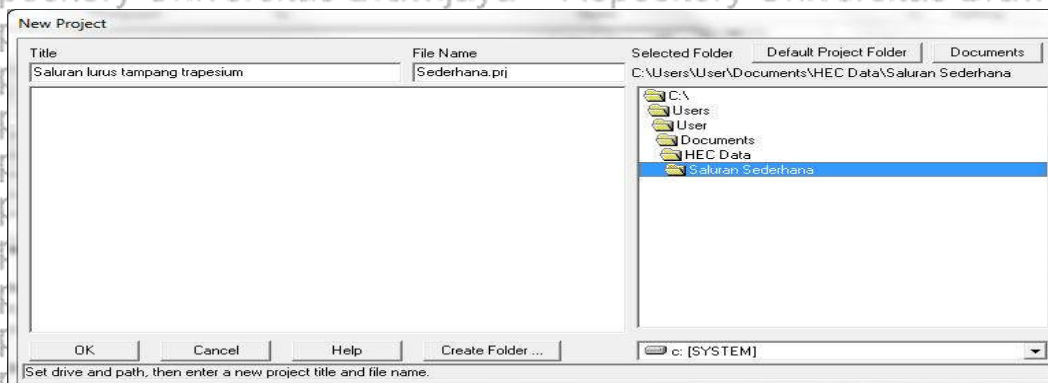
Gambar 2.3. Tampilan Layar Utama

### 2.4.2. Pembuatan File Project

Untuk memulai analisa menggunakan HEC-RAS ada beberapa langkah untuk memulai. Pertama adalah membuat *file project* Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Pilih menu **File-New Project**.
2. Klik opsi **Default Project Folder** pada posisi kanan atas, klik opsi **Create Folder** di bagian bawah, isikan nama *folder* sesuai keinginan.
3. Tuliskan judul project sesuai dengan keinginan pada tempat yang telah disediakan di bawah **Title**.
4. Ubahlah nama *file project* sesuai dengan keinginan di tempat yang telah disediakan.

Lalu klik **OK**. Layar konfirmasi akan muncul. Klik **OK** sekali lagi pada layar konfirmasi.



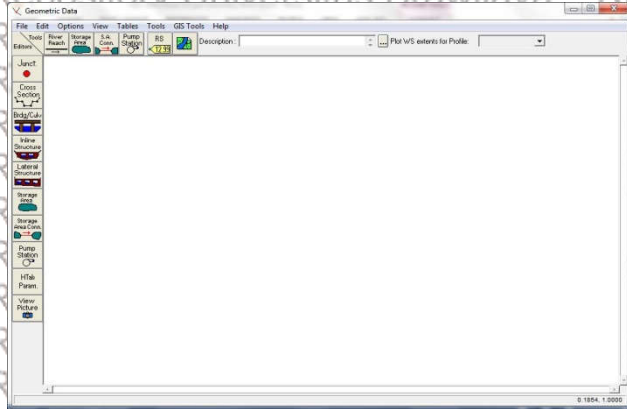
Gambar 2.4. Layar *New Project*



### 2.4.3. Geometri Saluran

Pada aplikasi HEC-RAS parameter geometri yang dibutuhkan adalah alur, tampang melintang dan memanjang, kekasaran dasar (angka Manning), serta kehilangan energi pada perubahan penampang. Selain itu aplikasi HEC-RAS juga membutuhkan geometri struktur hidraulik di sepanjang saluran. Untuk langkah-langkah penuruan geometri saluran adlah sebagai berikut:

1. Pilihlah menu **Edit Geometric Data** atau dengan mengklik menu **Edit-Enter Geometric Data**.



Gambar 2.5. Tampilan Layar *Geometric Data Editor*

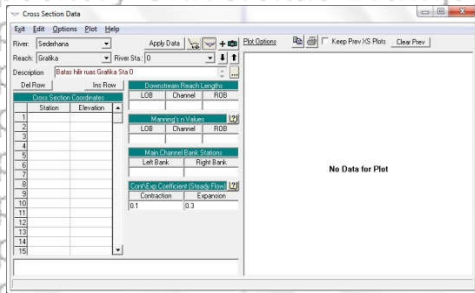
2. Buat skema saluran pada menu **River Reach** dengan meng-klikkan titik-titik sepanjang alur saluran pada layar editor data geometri. Alur saluran harus dibuat dari hulu ke hilir, tidak boleh terbalik.
3. Setelah langkah di atas, pada layar editor dat geometri tampak sebuah denah alur saluran yang memiliki satu ruas. Pada umumnya skema alur dibuat dengan bantuan peta situasi alur sungai sebagai latar belakang pada layar editor data geometri. Untuk menyisipkan peta situasi alur saluran dengan meng-klik tombol **Add-Edit Background pictures for the schematic**.

### 2.4.4. Penampang Melintang

Selanjutnya adalah penuruan geometri penampang saluran, dengan memasukkan data tampang melintang saluran, berikut adalah tahapannya:

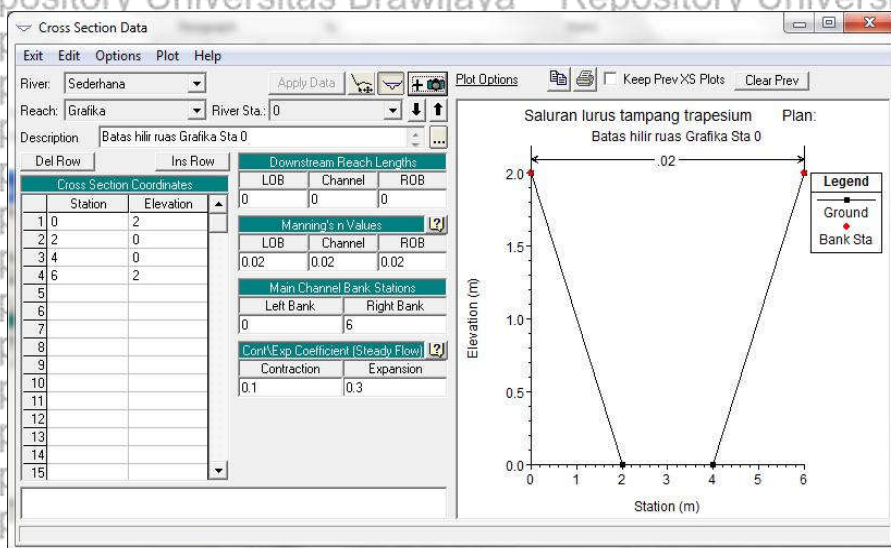
1. Klik menu **Cross Section** untuk menampilkan layar editor tampang melintang
2. Input data tampang melintang, berurutan mulai dari ujung hilir sampai ke ujung hulu, dengan memilih menu **Options-Add New Cross Section**. Setiap tampang diidentifikasi sebagai **River Sta** yang diberi nomor urut, dimulai dari hilir dan bertambah besar ke arah hulu.
3. Pada kolom isian **Description**, berilah keterangan mengenai tampang melintang tersebut.





Gambar 2.6. Layar Editor Penampang Melintang

4. Selanjutnya adalah menuliskan koordinat titik-titik tampang lintang,urut dari titik paling kiri ke kanan, **Station** adalah jarak titik diukur dari kiri ke kanan dan **elevation** adalah elevasi titik tersebut.
5. Data selanjutnya adalah koefisien kekasaran dasar, **Manning's n Values** adalah 0,02 untuk semua bagian tampang.
6. Selanjutnya adalah mengisi **Main Channel Bank Station**, adalah titik batas antara **LOB** dan **Channel**.
7. Pada bagian bawah isian dapat diisi catatan atau informasi tambahan berkenaan dengan tampang ini.
8. Tekan Tombol **Apply Data** untuk menyimpan data, pada sisikanan akan secara otomatis ditampilkan gambar tampang lintang sesuai data yang diisikan.



Gambar 2.7. Tampilan Isian Data pada Penampang Melintang

9. Dikarenakan pada contoh kali ini seluruh ruas memiliki tampang yang sama maka ruas tersebut cukup diwakili oleh data dua tampang pada ujung kedua ruas.
10. Pada kolom sian **Description**, diisi dengan mengenai tampang lintang yaitu "Batas hulu ruas".
11. Isikan jarak tampang ruas hulu "1000" ke tampang sebelah hilirnya.

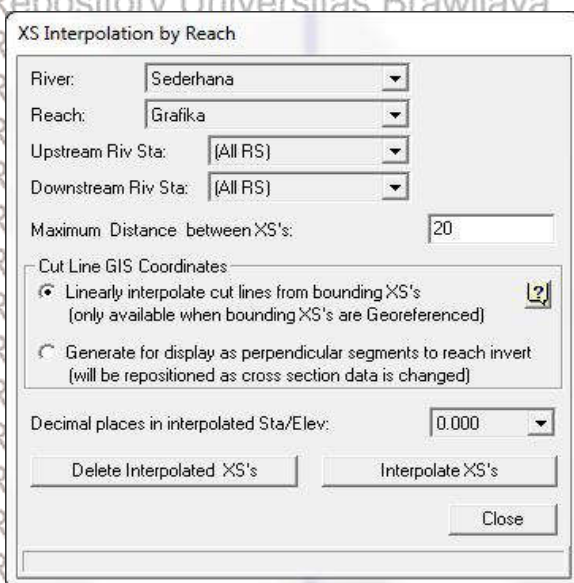


12. Sama pada tahap pengisian koefisien kekasaran dasar pada tampang bagian hulu, lalu tekan tombol **Apply Data**.

#### 2.4.5. Menginterpolasi Penampang Melintang

Dari segi geometri pada ruas saluran sederhana ini cukup diwakilkan oleh data penampang melintang pada kedua ujung sisi saluran tersebut. Namun data ini tidak cukup untuk kebutuhan perhitungan analisa pada sebuah penelitsn. Seperti halnya dalam perhitungan profil muka air, maka dari itu diperlukan sejumlah tmabhana tampang lintang yang memiliki selang jarak antar tampang yang cukup dekat. Untuk itu diperlukan interpolasi antara kedua ujung penampang melintang di ujung kedua ruas saluran tersebut. Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan interpolasi penampang melintang:

1. Pilih menu **Tools-XS Interpolation-Within a Reach...** pada layar editor data geometri.
2. Pada kolom isian **Maximum Distance between XS's**, isikan angka "20" yang berarti jarak antar penampang melintang adalah 20 m
3. Tekan tombol **interpolate XS's**.
4. Lalu tekan tombol **Close**.



Gambar 2.8. Interpolasi Penampang Melintang

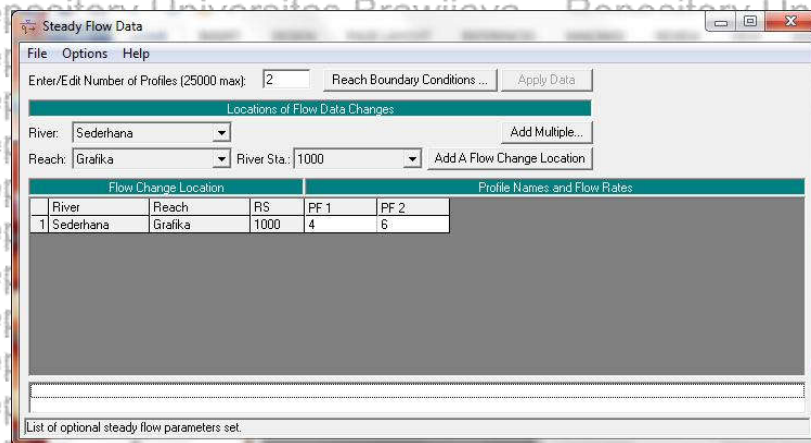
5. Pada gambar alur saluran muncul beberapa *River sta* baru, yang bertanda bintang (\*) yang menandai bahwa itu adlah hasil dari interpolasi.
6. Jangan lupa untuk menyimpan hasil data geometri dengan memolih menu **File-Save Geometry Data**. Kemudian keluar dari editor data geometri dengan memilih menu **File-Exit Geometry Data Editor**.



#### 2.4.6. Peniruan Hidrolika

Langkah-langkah untuk memasukkan data aliran dan batas syarat adalah sebagai berikut:

1. Tekan menu **Edit-Steady Flow Data...** untuk mengaktifkan layar editor data aliran, atau bisa juga diakses melalui menu **Edit-Enter Steady Flow Data**.
2. Dikarenakan ada dua profil muka air yang akan dihitung, maka pada kolom isian **Enter/Edit Number of Profiles** diisi dengan angka "2", lalu tekan **Enter**.
3. Selanjutnya masukkan data debit di bats hulu "4" pada **PF1** dan "6" pada **PF2**, satuan yang digunakan adalah  $m^3/s$ .



Gambar 2.9. Layar Editor Data Aliran

4. Tekan tombol **Reach Boundary Conditions**, dengan posisi kursor pada **Downstream**. Klik tombol **Known W.S.**, isikan elevasi muka air "1" untuk setiap besaran debit. Klik Tombol **OK**, pada isian **Downstream** telah muncul **Known WS**. Tekan **OK** untuk kembali ke layar editor.
5. Klik tombol **Apply Data** dan simpan data aliran permanen ke dalam disk dengan memilih menu **File-Save Flow Data**.

#### 2.4.7. Perhitungan Hidrolika

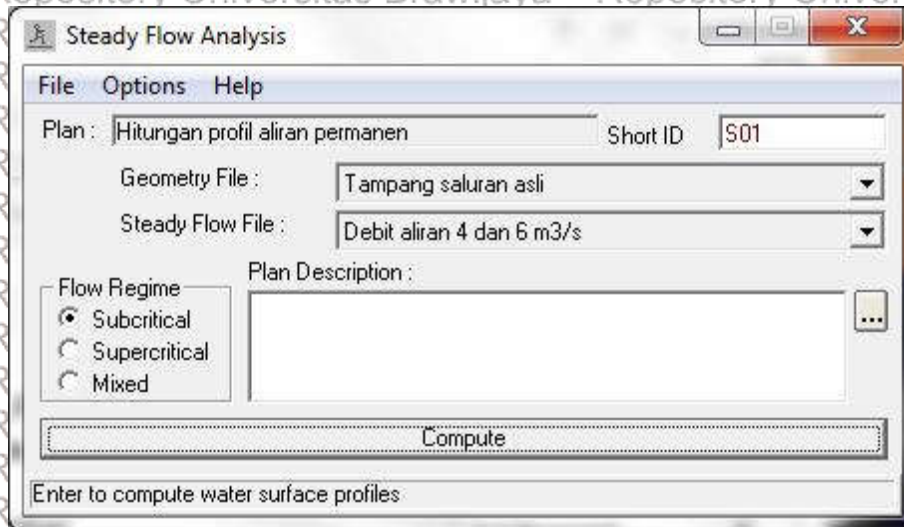
Me-run program HEC-RAS adalah istilah untuk melakukan perhitungan hidrolika pada program ini, sebenarnya istilah ini kurang benar dikarenakan dari awal menyalakan program ini bisa disebut dengan me-run program. Berikut adalah tahap-tahap melakukan perhitungan hidrolika pada program HEC-RAS :

1. Buka layar perhitungan aliran dengan menekan menu **Run – Steady Flow Analysis** atau klik tombol **Perform a Steady Flow Analysis**.
2. Pilih menu **File – New Plan** untuk membuat **File Plan** baru dan isikan pada **Title** "Perhitungan profil aliran pemanen" sebagai judul plan.

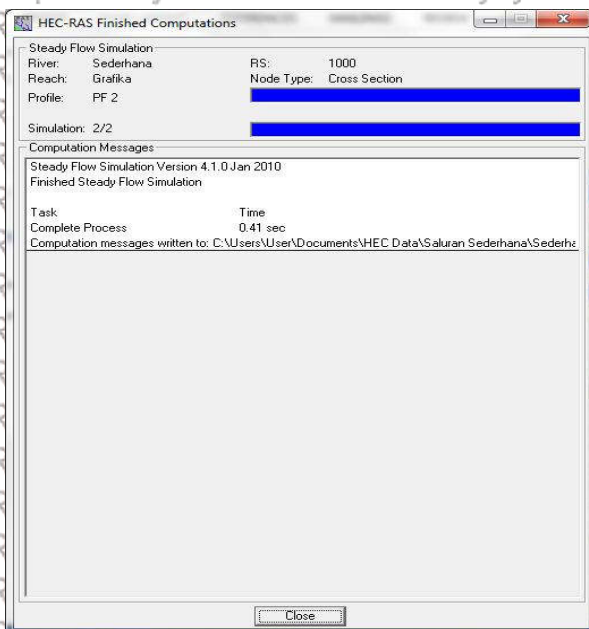


3. Tampilan layar perhitungan hidrolika aliran permanen akan tampak seperti dibawah ini.

4. Aktifkan modul perhitungan hidrolika dengan menekan tombol **Compute**. Program HEC-RAS akan melakukan perhitungan secara otomatis sesuai dengan data peniruan hidrolika yang telah diisikan pada langkah sebelumnya. Saat analisa selesai akan tampak layar seperti di bawah ini.



Gambar 2.10. Layar Perhitungan aliran Permanen



Gambar 2.11. Layar Hitungan saat Selesai

1. Setelah perhitungan selesai tekan tombol **Close**, tutup pula layar **Steady Flow Analysis** dengan memilih menu **File – Exit** atau menekan tombol silang (X) di pojok kanan atas layar. Kembali pada layar utama HEC-RAS.

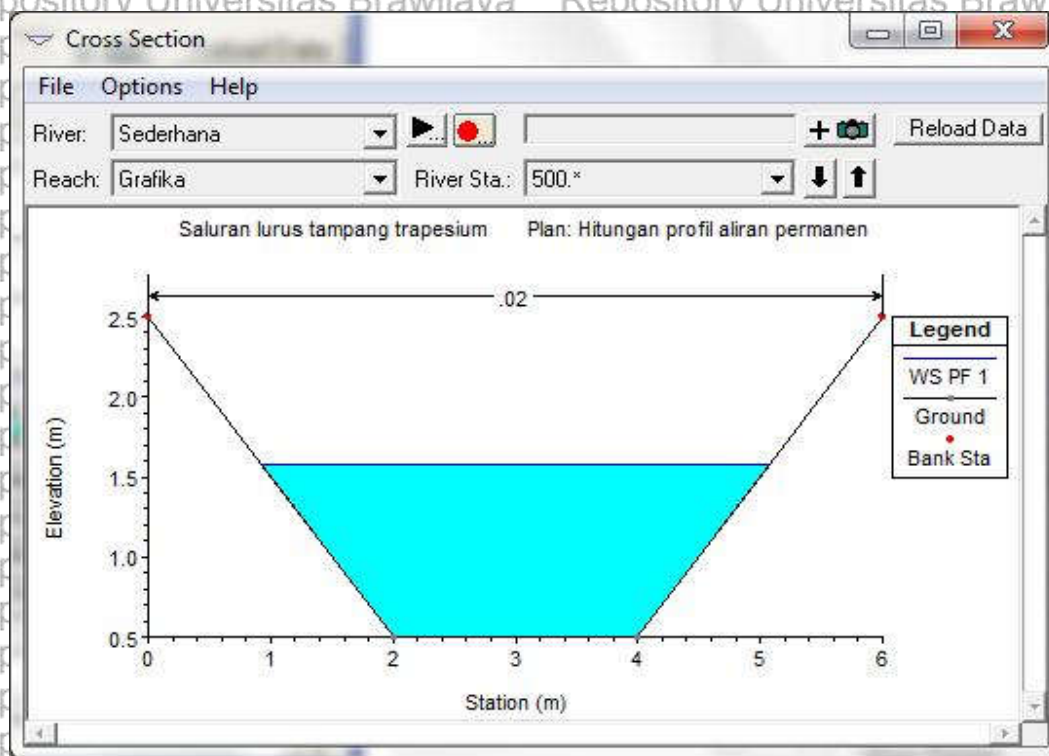


#### 2.4.8. Presentasi Hasil Hitungan

Hasil hitungan dalam program HEC-RAS ditampilkan dalam bentuk grafik atau tabel, presentasi dalam bentuk tabel ini dipakai untuk menampilkan penampang lintang di suatu *River Reach*, penampang memmnajang, kurva ukur debit, gambar persektif alur, atau hidrograf. Berikut adalah langkah-langkah untuk presentasi hasil hitungan dengan beberapa opsi jenis tampilan.

##### A. Presentasi Perhitungan pada Penampang Melintang

1. Pilih menu **View – Cross-Sections...** atau dengan menekan tombol **View Cross Sections** untuk memunculkan layar grafik penampang melintang seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.12. Profil Muka Air Hasil Hitungan Pada Sebuah Penampang Melintang

2. Pada layar *Cross Section* pilihlah titik penampang yang ingin ditampilkan dengan mengklik anak panah ke bawah untuk berpindah ke *river station* hilir begitu pula sebaliknya untuk pindah ke *river station* hulu.
3. *User* dapat mengatur tampilan layar *Cross Section* yang tersedia dalam menu **Option**; antara lain profil, variable (muka air, kedalaman kritis, garis energy, dsb), judul gambar, label, ukuran karakter, dsb.
4. Grafik dan tabel hasil dari perhitungan pada program HEC-RAS dapat disimpan untuk disisipkan ke dalam program aplikasi prosesor dokumen, missal MSWord,

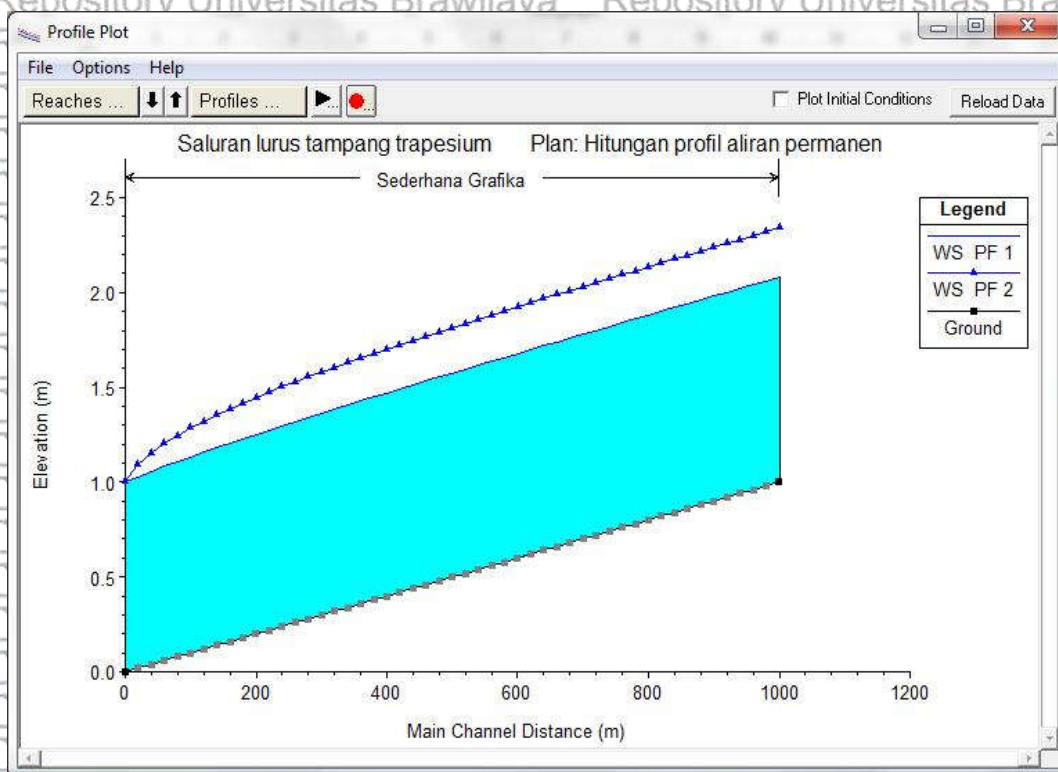


dengan cara pilih menu **File – Copy Plot to Clipboard**. Pada MSWord pilih menu **Edit – Paste** untuk menyisipkan grafik.

### B. Presentasi Hasil Hitungan Profil Muka Air di Sepanjang Alur

Untuk menampilkan hasil grafik hitungan profil muka air pada sepanjang alur langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Tekan menu **View – Water Surface Profiles...** atau dengan mengklik tombol **View cross sections**.
2. *User* dapat menentukan profil yang ingin ditampilkan, dengan mengklik tombol **Profiles...** dan mengaktifkan *profile* yang diinginkan.
3. Tampilan grafik juga dapat diubah sesuai dengan keinginan melalui menu **Options**.



Gambar 2.13. Tampilan Profil Muka Air Sepanjang Alur

### C. Presentasi Hasil Hitungan Profil Variabel Aliran

Langkah-langkah untuk menampilkan hasil hitungan profil variable adalah sebagai berikut:

1. Pilih menu **View – General Profile Plot...** atau bisa juga dengan mengklik tombol **View General Profile Plot** untuk memunculkan grafik profil kecepatan aliran di sepanjang alur.
2. Untuk mengaktifkan *profile* yang diinginkan dapat dilakukan dengan menekan tombol **Profiles...**







4. Selain memunculkan tabel hasil hitungan pada sebuah penampang, dapat juga menampilkan tabel hasil hitungan pada seluruh alur (*long sections*) dengan memilih menu **View – Profile Summary Table ...** atau dengan mengklik tombol **View summary output tables by profile**.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crt W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Ve (r)
Grafika	1000	PF 1	4.00	1.00	2.08		2.16	0.001004	
Grafika	1000	PF 2	6.00	1.00	2.34		2.43	0.001014	
Grafika	980.2	PF 1	4.00	0.98	2.06		2.14	0.001003	
Grafika	980.2	PF 2	6.00	0.98	2.32		2.41	0.001015	
Grafika	980.2	PF 1	4.00	0.96	2.04		2.12	0.001004	

Gambar 2.16. Tabel Hitungan Sepanjang Alur

5. Pengaturan tabel dapat dilakukan dengan memilih menu **Options – Profiles ...**, tabel juga dapat disalin ke dalam bentuk *clipboard* dengan memilih menu **File – Copy to Clipboard**.

## 2.5. Alternatif Penanggulangan Banjir dengan Tanggul

Tanggul adalah semacam tembok miring baik buatan maupun alami yang berfungsi untuk mengatur muka air, biasanya dibangun sepanjang alur sungai dan terbuat dari tanah. Beberapa tanggul butan pada umumnya difungsikan untuk mencegah banjir di dataran yang dilindunginya, namun bagaimanapun tanggul juga mengukung aliran air yang menyebabkan aliran lebih cepat dan muka air yang lebih tinggi.

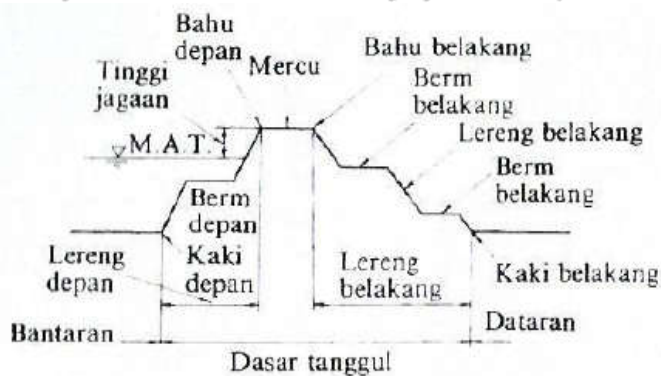
Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah, karena tanggul merupakan bangunan menerus yang sangat panjang serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar. Kecuali tanah, kiranya amatlah sukar untuk memperoleh bahan urugan untuk pembangunan tanggul dan bahan tanah dapat diperoleh dari hasil galian kanan-kiri trase rencana tanggul atau bahkan dapat diperoleh dari hasil pekerjaan normalisasi sungai, berupa galian pelebaran alur sungai, yang biasanya dilaksanakan bersamaan dengan pembangunan tanggul. Selain itu tanah merupakan bahan yang mudah penggarapannya dan setelah menjadi tanggul sangat mudah pula menyesuaikan diri dengan lapisan tanah pondasi yang mendukungnya serta mudah pula menyesuaikan



dengan kemungkinan penurunan yang tidak rata, sehingga perbaikan yang disebabkan oleh penurunan tersebut mudah dikerjakan. Selanjutnya tanah merupakan bahan bangunan yang stabil dan tidak akan rusak selama puluhan, bahkan ratusan tahun. Apabila di beberapa tempat terjadi kerusakan tanggul, perbaikannya sangat mudah dan cepat menggunakan tanah yang tersedia di sekitar lokasi kerusakan.

### 2.5.1. Bagian Tanggul

Bentuk standar dan nama bagian tanggul adalah seperti yang tertera pada gambar berikut (Sosrodarsono, 1994:87)



Gambar 2.17. Nama Bagian Tanggul

### 2.5.2. Tinggi Jagaan

Kenaikan muka air dapat berubah sewaktu-waktu, hal ini bisa disebabkan bermacam-macam factor, seperti ombak, gelombang, loncatan hidrolis pada saat terjadi banjir dan lain sebagainya. Hal ini dapat membahayakan tanggul, lebih utama tanggul urugan tanah yang rawan terhadap limpasan. Oleh karena itu perlu diberikan tinggi jagaan untuk mencegah dampak limpasan akibat kenaikan muka air secara tiba-tiba. Selain itu tinggi tanggul sangat penting untuk menjamin keamanan petugas inspeksi, dikarenakan mercu tanggul biasanya difungsikan pula sebagai jalan inspeksi. Berikut adalah tabel tinggi jagaan standar untuk tanggul.

Tabel 2.2. Tinggi Jagaan Standar Tanggul

Debit banjir rencana ( $m^3/dt$ )	Tinggi Jagaan (m)
$< 200$	0,6
200 – 500	0,8
500 – 2000	1
2000 – 5000	1,2
5000 – 10.000	1,5
$> 10.000$	2



### 2.5.3. Lebar Mercu Tanggul

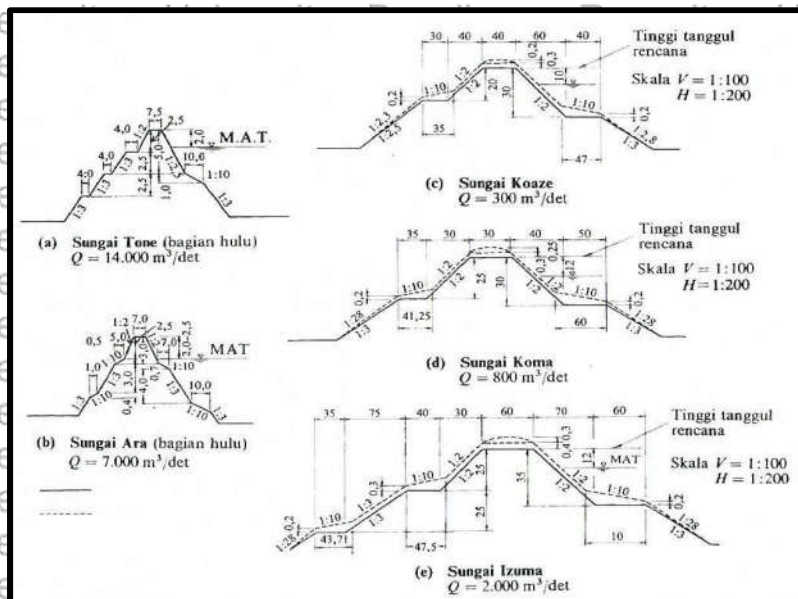
Lebar tanggul merupakan salah satu hal yang tidak dapat diabaikan perencanaannya, hal ini berkaitan dengan stabilitas bendungan terhadap konstruksinya dan juga jalan inspeksi maupun logistik. Berikut adalah lebar standar untuk lebar mercu pada tanggul.

Tabel 2.3. Lebar Standar Mercu Tanggul

Debit banjir rencana ( $m^3/dt$ )	Lebar Mercu (m)
< 500	3
500 – 2000	4
2000 – 5000	5
5000 – 10.000	6
> 10.000	7

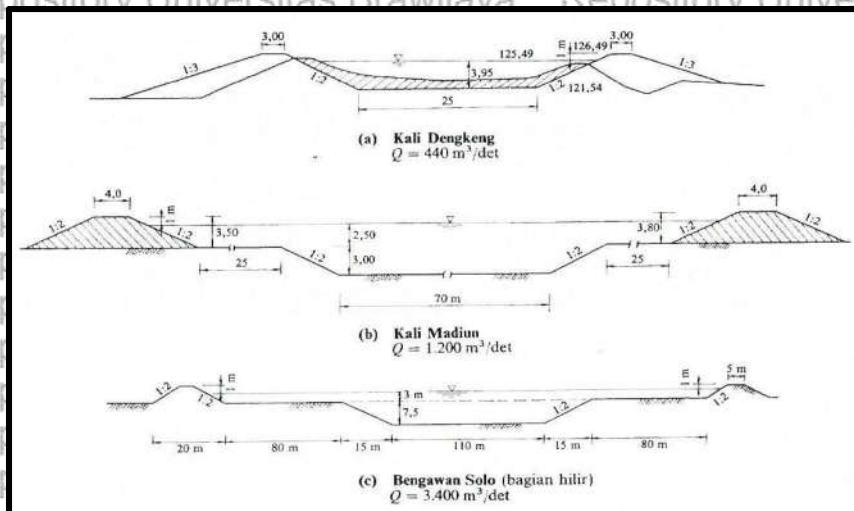
### 2.5.4. Kemiringan Lereng Tanggul

Penentuan kemiringan lereng tanggul merupakan tahapan yang paling penting dalam perencanaan tanggul dan sangat erat kaitannya dengan infiltrasi air dalam tubuh tanggul serta kekarakteristika mekanika tanah tubuh tanggul tersebut. Kemiringan karena lereng tanggul urugan tanah di Jepang biasanya lebih kecil dari 1:2, kecuali untuk tanggul-tanggul yang lebih rendah dari 0,6 m. Beberapa contoh bentuk-bentuk penampang lintang tanggul-tanggul di Jepang dan di Indonesia seperti yang tertera pada gambar berikut:



Gambar 2.17. Beberapa Penampang Tanggul Sungai di Jepang





Gambar 2.18. Beberapa Penampang Tanggul Sungai di Indonesia

### 2.5.5. Bahan Tanah untuk Urugan

Bahan utama untuk pembangunan tanggul adalah tanah dan karakteristik bahan tanah tersebut merupakan faktor penting dalam penentuan bentuk penampang lintang tanggul. Pada hakikatnya tanah yang baik untuk tanggul adalah bahan tanah yang mempunyai sifat-sifat antara lain kekedapannya tinggi, nilai kohesinya tinggi, dalam keadaan jenuh air sudut geser dalamnya cukup tinggi, pekat dan angka porinya rendah. Memperhatikan hal-hal tersebut diatas, maka tanah yang terdiri dari campuran pasir dan lempung dengan proporsi lebih kurang sepertiga bagian pasir dan lebih kurang dua per tiga bagian lempung, merupakan bahan tanggul yang cukup memadai, ditinjau dari segi baik mekanika tanah maupun pelaksanaan pembangunannya.

Bahan yang sangat cocok untuk pembangunan tanggul adalah tanah dengan karakteristik sebagai berikut:

- 1) Dalam keadaan jenuh air mampu bertahan terhadap gelincir dan longsor.
- 2) Pada waktu banjir yang lama tidak rembes atau bocor.
- 3) Penggalan, transportasi dan pematatannya mudah.
- 4) Tidak terjadi retak-retak yang membahayakan kestabilan tubuh tanggul.
- 5) Bebas dari bahan-bahan organis, seperti akar-akaran, pohon-pohonan dan rumput-rumputan.

Kekurangan atau kelebihan dari setiap bahan tanah untuk urugan tanggul sebelumnya haruslah dianalisa secara teliti dengan mempertimbangkan hal-hal yang penting antara lain kekedapannya dan kemudian pengerjaannya.



Akan tetapi amatlah sukar untuk memperoleh bahan tanah dengan kualitas yang baik untuk tanggul yang sangat panjang dari lokasi yang berlainan yang berdekatan dengan trase tanggul yang akan dibangun. Sedangkan pengambilannya dari lokasi yang sama, tetapi jaraknya jauh akan meningkatkan biaya transportasinya. Jadi tidaklah dapat dihindarkan pengambilan bahan tanah dari lokasi di sekitar tanggul, walaupun dengan resiko kualitasnya kurang memenuhi persyaratan. Dalam keadaan demikian biasanya bahan yang kurang baik dipergunakan untuk urugan bagian dalam tubuh tanggul, sedangkan untuk bagian luarnya dipergunakan bahan yang lebih baik kualitasnya. Di Jepang ketebalan lapisan luar tanggul semacam ini  $\pm 30$  cm, akan tetapi pengalaman menunjukkan bahwa lebih baik apabila diambil ketebalan antara 1,0 sampai 1,5 m. Selanjutnya lanau atau lempung yang tinggi kadar airnya, haruslah dikeringkan dahulu atau dicampurkan dengan pasir yang lebih kering sebelum bahan-bahan tersebut digunakan sebagai bahan urugan tanggul.

### 2.5.6. Stabilitas Lereng

Fellenius (1927) menganggap gaya yang bekerja disisi kiri kanan sembarang irisan mempunyai resultan nol arah tegak lurus bidang longsor.

$$F_s = \frac{\text{Jumlah momen tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen berat massa tanah yang longsor}} \quad (2-27)$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah  $R \sin \theta$ , maka momen dari massa tanah yang akan longsor adalah:

$$\sum M_d = R \sum W_i \sin \theta_i \quad (2-28)$$

dengan:

$R_n$  = jari-jari lingkaran bidang longsor = jumlah irisan

$W_i$  = berat massa tanah irisan ke- $i$

$\theta_i$  = sudut antara jari-jari lingkaran dengan garis kerja massa tanah

Momen penahan longsor adalah;

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \tan \phi) \quad (2-29)$$

Sehingga persamaan menjadi;

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + N_i \tan \phi}{\sum W_i \sin \theta_i} \quad (2-30)$$

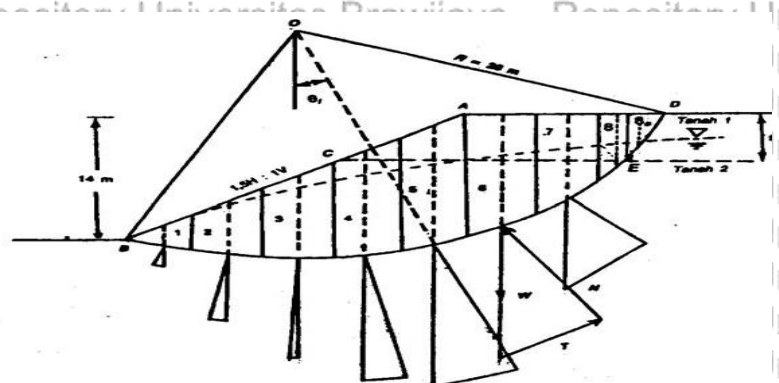


Bila terdapat air pada lereng, akibat pengaruh tekanan air pori persamaan menjadi:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n c a_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \phi}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \quad (2-31)$$

dengan:

- F : faktor aman
- C : Kohesi (kN/m<sup>2</sup>)
- φ : sudut gesek dalam tanah (°)
- W<sub>i</sub> : berat irisan tanah ke-i (kN)
- A<sub>i</sub> : lengkungan irisan ke-I (m)
- u<sub>i</sub> : tekanan air pori ke-i (kN)
- θ<sub>i</sub> : sudut antara jari – jari lengkung dengan garis kerja massa tanah



Gambar 2.19. Contoh Irisan Pada Lereng

Sumber: Hardiatmo (2010:447)

Jika terdapat gaya-gaya selain berat tanahnya sendiri, seperti beban bangunan diatas lereng, maka momen akibat beban ini diperhitungkankk sebagai M<sub>d</sub>.

Metode fellenius menghasilkan faktor aman yang lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Besarnya nilai kesalahan dapat tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besarnya tekanan air pori. Walaupun analisis ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahan analisis masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat dari lingkaran. Cara ini telah banyak digunakan dalam praktek, karena cara hitungan sederhana dan kesalahan hitungan yang dihasilkan pada sisi yang aman. Nilai faktor aman yaitu :

$$F < 1,07 \quad (\text{lereng labil, sering terjadi longsor})$$









## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Daerah Studi

Kabupaten Lumajang memiliki luas 1790,90 Km<sup>2</sup>, yang terletak antara 112°53' - 113°23' Bujur Timur dan 7° 54' - 8°23' Lintang Selatan. Kabupaten ini memiliki batas administratif antara lain:

1. Sebelah Utara : Kabupaten Probolinggo
2. Sebelah Timur : Kabupaten Jember
3. Sebelah Selatan : Samudera Indonesia
4. Sebelah Barat : Kabupaten Malang

Wilayah administratif yang berada dibawah naungan Kabupaten Lumajang terdiri atas 21 kecamatan, yang kemudian dibagi menjadi 197 desa dengan 7 kelurahan. Adapun lokasi studi ini berada di Sungai Mujur, yang berada di Desa Tempeh Tengah, Kecamatan Tempeh. Kecamatan Tempeh merupakan salah satu bagian wilayah administratif di Kabupaten Lumajang. Sungai Mujur ini berada pada posisi 8°06'56" Lintang Selatan dan 113°01'26" Bujur Timur



Gambar 3.1. Peta Administrasi Kabupaten Lumajang



### 3.2. Kondisi Daerah Studi

#### 3.2.1. Topografi

Kabupaten Lumajang merupakan salah satu kabupaten yang terletak di kawasan Tapal Kuda Provinsi Jawa Timur. Di bagian barat, yakni di perbatasan dengan Kabupaten Malang dan Kabupaten Probolinggo, terdapat rangkaian Pegunungan Bromo-Tengger-Semeru, dengan puncaknya Gunung Semeru (3.676 m) dan Gunung Bromo (2.392m). Gunung semeru merupakan gunung tertinggi di Pulau Jawa

Bagian Timur Laut merupakan ujung barat Pegunungan Iyang. Sedangkan bagian selatan merupakan daerah datar, dengan sedikit wilayah berbukit hingga bergunung di sebelah barat. Ketinggian daerah Kabupaten Lumajang bervariasi dari 0-3.676 mdpl, dengan daerah yang terluas adalah pada ketinggian 100-500 m dari permukaan laut, yakni seluas 63.405,50 Ha yang merupakan 35,40% dari wilayah Kabupaten Lumajang. Wilayah pada ketinggian 0-25 mdpl merupakan wilayah tersempit di Lumayang, yakni hanya sebesar 19.722, 45 Ha atau 11,01 dari keseluruhan wilayah Kabupaten Lumajang.

Tabel 3.1. Luas Wilayah Lumajang Berdasarkan Ketinggian (Ha)

Kecamatan District	Ketinggian Tempat High Level						Jumlah
	0 - 25 m	25 - 100 m	100 - 500 m	500-1000 m	1000 - 2000 m	> 2000 m	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
010 Tempursari	2,914.98	2,059.74	4,941.24	619.04	0	0	10,535.00
020 Pronojiwo	0	0	1,119.65	8,918.34	3,405.61	705.40	14,149.00
030 Candipuro	123.51	287.90	9,289.05	4,240.29	368.65	0	14,309.40
040 Pasirian	1,549.90	3,997.18	7,291.92	0	0	0	12,839.00
050 Tempeh	1,047.64	4,054.29	2,219.07	0	0	0	7,321.00
060 Lumajang	0	2,847.15	0	0	0	0	2,847.15
061 Sumpusoko	0	2,038.34	869.01	0	0	0	2,907.35
070 Tekung	200.08	2,587.92	0	0	0	0	2,788.00
080 Kunir	2,008.08	3,321.92	0	0	0	0	5,330.00
090 Yosowilangun	7,213.40	30.60	0	0	0	0	7,244.00
100 Rowokangkung	3,514.20	2,373.80	0	0	0	0	5,888.00
110 Jatiroto	1,150.11	4,218.89	0	0	0	0	5,369.00
120 Randuagung	0	3,819.49	5,572.76	0	0	0	9,392.25
130 Sukodono	0	2,880.86	0	0	0	0	2,880.86
140 Padang	0	1,318.75	4,064.39	0	0	0	5,383.14
150 Pasrujambe	0	0	3,150.20	4,200.75	5,646.25	3,250.25	16,247.45
160 Senduro	0	0	2,540.00	5,225.10	6,390.80	2,933.75	17,089.65
170 Gucialit	0	0	3,193.73	3,367.81	3,617.71	0	10,179.25
180 Kedungjajang	0	2,764.03	3,428.02	405.75	15.20	0	6,613.00
190 Klakah	0	0	6,956.02	1,473.11	312.87	0	8,742.00
200 Ranuyoso	0	0	8,474.09	2,111.41	450.00	0	11,035.50
<b>Jumlah</b>	<b>19,721.90</b>	<b>38,600.86</b>	<b>63,109.15</b>	<b>30,561.60</b>	<b>20,207.09</b>	<b>6,889.40</b>	<b>179,090.00</b>

Sumber: Kabupaten Lumajang Dalam Angka 2012

#### 3.2.2. Keadaan Iklim

Kabupaten Lumajang beriklim tropis. Berdasarkan klasifikasi curah hujan Schmidt dan Ferguson sebagian wilayah Lumajang termasuk tipe C<sub>1</sub> yang bersifat agak



basah, dan sebagian lainnya bertipe D. Bulan-bulan kering dengan jumlah curah hujan kurang dari 100 mm perbulan, terjadi pada bulan-bulan Juli, Agustus dan September. Sementara bulan-bulan lainnya adalah bulan basah. Jumlah curah hujan tahunan berkisar antara 1.500-2.500 mm.

Temperatur sebagian besar wilayah berkisar antara 24°C-32°C, sedangkan di kawasan pegunungan dapat mencapai suhu 5°C, terutama di daerah lereng Gunung Semeru.

Tabel 3.2. Kondisi Klimatologi Kabupaten Lumajang Tahun 2011

No.	Bulan Month	Termometer Thermometre		Psychrometer Standar Standart Psychrometer		Hujan Rain	
		Tertinggi Maximum	Terendah Minimum	Bola Kering Dry Ball	Bola Basah Wet Ball	Biasa Common	Otomatis Automatic
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Januari	34.4	25.2	28.3	27	51.6	51.6
2	Pebruari	33.8	24.8	27.8	26.6	54.2	54.2
3	Maret	34.2	24	27.2	26.6	48.4	48.4
4	April	34.4	24	27.9	26.9	77.2	77.2
5	Mei	34.2	23.8	29	27.4	110.2	110.2
6	Juni	34.4	23	27.2	26.8	9	9
7	Juli	33.2	23.6	26	25.4	3.4	3.4
8	Agustus	32.4	31	26.2	24.8	0	0
9	September	32.4	22.6	26.3	25.8	0	0
10	Oktober	37	24.2	29	28.8	73.4	73.4
11	Nopember	34	24	29.2	28.6	33.4	33.4
12	Desember	33.8	23.8	29	28.6	25.8	25.8

Sumber: Kabupaten Lumajang Dalam Angka 2012

### 3.2.3. Kondisi Geologi

Formasi geologi terdiri dari beberapa macam yaitu kuartar (Q), Mesozoikum (Mz), batuan beku dalam ultra basa (Pdt), Miosen bawah (L Mi), Sekis hablur (Pr), Mio Pliosen (Mi Pi), batuan beku dalam basa (Gb), Paleogen (Pg), batuan beku dalam asam kapur (K Gr). Ditinjau dari segi batuan pembentuk struktur geologi wilayah, kawasan perencanaan terdiri dari jenis batuan Old Kwartar Vulkanik, Young Kwartar Vulkanik dan Alluvium. Pada umumnya Kabupaten Lumajang disusun oleh formasi batuan Alluvium (68.005,87 Ha) yang mencapai 38% dan terkecil Miosen Sedimentary 8% dari luas wilayah.



Berdasarkan peta geologi yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Geologi dan Pertambangan tahun 1977, di Kabupaten Lumajang terdapat 4 (empat) peristiwa geologi yaitu Kuartar Tua, Kuartar Muda, Halosen dan Miosen. Hasil gunung api kuartar Muda maupun Tua (vulkanik) merupakan batuan pembentuk tanah yang paling luas terdapat di Kabupaten Lumajang sebesar 71,76% dari luas wilayah. Batuan pembentuk lain yang cukup luas adalah Aluvium yaitu 21,06% dan fasies sedimen merupakan areal yang paling sedikit yaitu 7,18%. Dilihat dari penyebaran letak batuan yang dibentuk pada zaman Kuartar hamper seluruhnya berada pada daerah yang berlereng lebih 2% dan pada ketinggian antara 100 m sampai lebih dari 1000 m. Sejalan dengan keadaan tersebut batuan yang dibentuk pada zaman Miosen (Miosen sedimentary) menyebar pada daerah datar maupun berlereng, tetapi dengan ketinggian kurang dari 1000m dan terbanyak pada daerah 100-500m dpl. Sedangkan batuan yang dibentuk pada zaman Halocen (alluvium) terdapat pada daerah berlereng 0-2% dengan ketinggian kurang dari 100 m dpl.

Daerah Kabupaten Lumajang disusun secara geologi oleh batuan-batuan dari Formasi Mandalika (Formasi Wuni, Tuf Argopuro), Batuanl Gunung api Jembangan (Tengger, Semeru dan Lamongan), endapan rawa, dan alluvium. Secara stratigrafi formasi Mandalika merupakan satuan tertua di wilayah ini yang diperkirakan berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal menempati sebagian kecil wilayah Kabupaten Lumajang bagian Barat Daya. Wilayah ini juga terdiri atas batuan piroklastik dan lava bersusunan andesitic balsatik yang umumnya telah terpropilitkan.

Tidak selaras diatas batuan gunung api tua ini diendapkan Formasi Wuni berumur Miosen Tengah yang bercirikan perselingan breksi, lava, breksi tufa, breksi lahar, dan tufa pasiran yang tersebar di sebagian kecil daerah bagian Barat Daya. Kedua formasi diatas ditutupi oleh satuan-satuan stratigrafi berumur Plistosen yang disusun oleh Tuf Argopuro di bagian Timur, hasil kegiatan gunung api Jembangan, Tengger dan Semeru di bagian Utara dan tengah, serta hasil kegiatan gunung api Lamongan di bagian Timur Laut. Endapan rawa diendapkan di bagian Selatan wilayah Kecamatan Pronojiwo sementara alluvium menempati bagian datran di sebelah Timur wilayah Kabupaten Lumajang.

#### **3.2.4. Tata Guna Lahan**

Tata guna lahan di Kabupaten Lumajang ini cukup beragam, mulai untuk sawah teknis, sawah sederhana, permukiman, perkebunan, hutan rakyat, hutan negara, hingga tanah tambak, dengan tingkat proporsi yang beragam pula (selengkapnya lihat di grafis).





## 1. Lahan Sawah.

- a. Irigasi Teknis : 21.772 Ha
- b. Irigasi Setengah Teknis : 7.595 Ha
- c. Irigasi Sederhana : 4.691 Ha
- d. Irigasi desa no/PU : 1.607 Ha
- e. Tadah hujan : 333 Ha
- f. Pasang surut : - Ha
- g. Lebak : - Ha

## 2. Lahan Kering.

- a. Tegak/kebun : 55.931 Ha
- b. Ladang/huma : 0 Ha
- c. Perkebunan : 16.316 Ha
- d. Ditanami Pohon/Hutan Rakyat : 4.255 Ha
- e. Tambak : 53 Ha
- f. Kolam/Tebat/Empang : 74 Ha
- g. Penggembalaan Padang Rumput : 4 Ha
- h. Sementara Tidak Diusahakan : 148 Ha
- i. Lain-lain (Pekarangan yang Ditanam Pertanian) : 7.729 Ha

## 3. Lahan Lainnya.

- a. Rumah,bangunan dan halaman sekitarnya : 13.336 Ha
- b. Hutan Negara : 28.947 Ha
- c. Rawa-Rawa (Yang Tidak Ditanam) : 146 Ha
- d. Lainnya (Jalan,Sungai,Danau,Lahan Tandus) : 19.101 Ha

Total wilayah provinsi (jumlah lahan sawah dan lahan bukan sawah) : 179.090 Ha

Dari data tersebut,tampak hasil utama daerah Lumajang adalah pertanian dan perkebunan,selain itu juga memanfaatkan hasil hutan yang ada. Padi dan palawija merupakan hasil andalan,demikian juga tebu dan pabrik gula Jatiroto sebagai pusat pengolahannya dapat diandalkan sebagai penghasil utama bagi daerah Lumajang.



### 3.3. Sistematika Pengerjaan Studi

#### 3.3.1. Metode Pengumpulan Data

Pada sebuah kajian pada umumnya dibutuhkan beberapa data tertentu untuk menunjang analisa kajian tersebut. Untuk mendapatkan maksud dan tujuan pada kajian ini maka, diperlukan data-data yang mendukung, baik itu data primer atau data sekunder. Data Primer adalah data yang didapat langsung melalui pengukuran di lapangan atau dari instansi terkait, sedangkan data sekunder adalah data pendukung seperti dari hasil wawancara dengan warga atau petugas terkait. Secara umum data yang diperlukan pada kajian ini adalah:

1. Data Hidrologi

Data Curah Hujan harian selama 10 tahun dari tahun 2007-2016 yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas

2. Data Penampang Sungai

Data penampang memanjang dan melintang sungai yang digunakan untuk analisa pengaliran debit sungai didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas

3. Peta-peta Pendukung

#### 3.3.2. Tahapan Pengerjaan Studi

Untuk menyelesaikan studi ini diperlukan tahapan-tahapan proses pengerjaan, dengan mengacu pada data-data yang tersedia. Tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menguji konsistensi data hujan yang didapatkan.

2. Melakukan perhitungan curah hujan rerata daerah maksimum.

3. Menghitung curah hujan rancangan dengan menggunakan distribusi.

4. Melakukan uji hipotesa distribusi dengan uji kesesuaian distribusi dengan metode *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov*.

5. Menentukan nilai koefisien pengaliran.

6. Menghitung hujan efektif jam-jaman.

7. Menghitung debit banjir rancangan kala ulangan dengan metode HSS nakayasu.

8. Input data debit, data *cross section* dan *long section* pada program HEC-RAS.

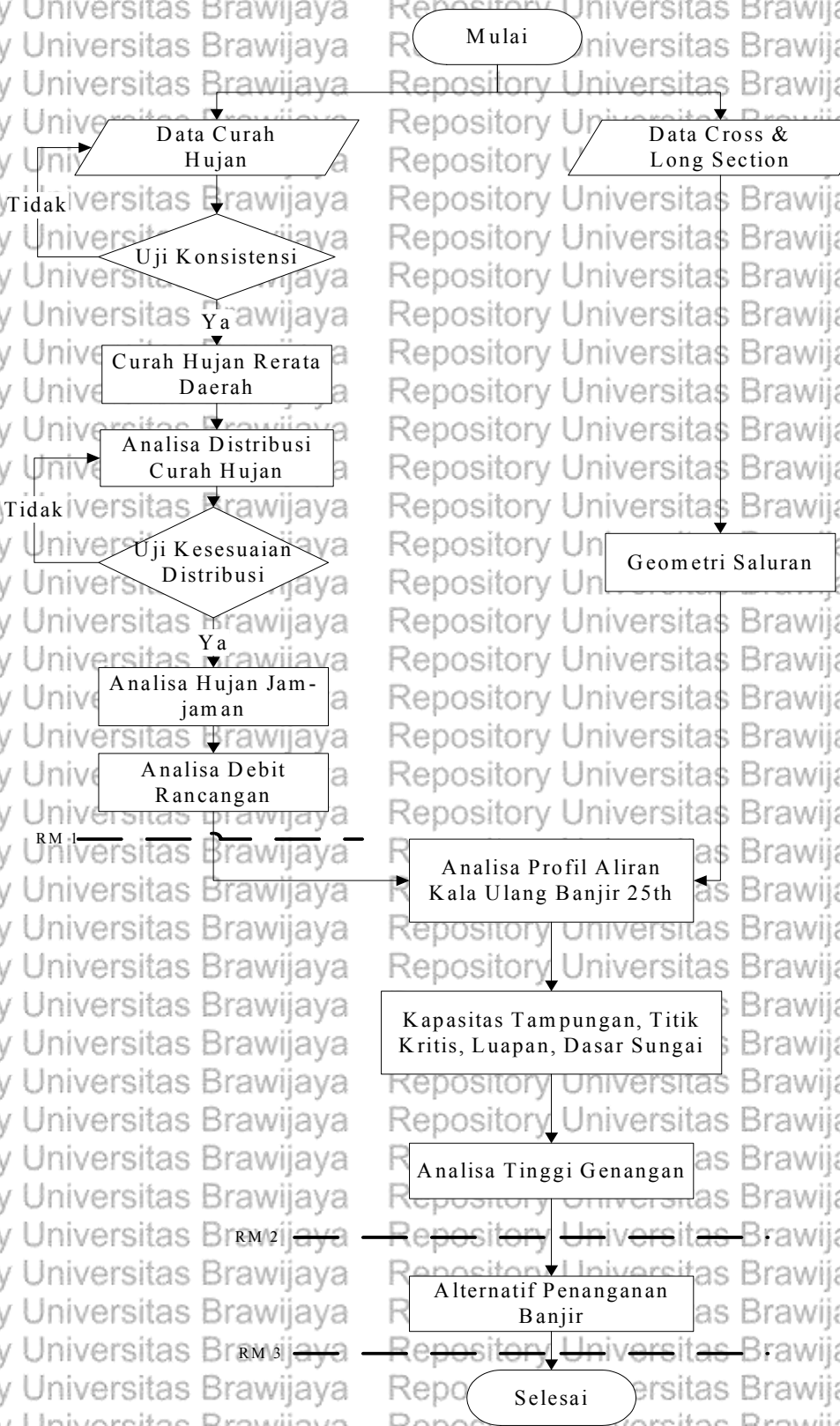
9. Menganalisa profil aliran menggunakan bantuan program HEC-RAS.

10. Melakukan analisa luas dan kedalaman genangan, untuk menghasilkan pemetaan daerah banjir.

11. Melakukan analisa alternatif pengendalian banjir.



3.3.3. Langkah-Langkah Pengerjaan Studi



Gambar 3.2. Diagram alir pengerjaan studi









## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dilakukan untuk mendapatkan debit banjir rancangan yang terjadi di Sungai Mujur, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang. Hasil perhitungan debit banjir rancangan tersebut nantinya akan digunakan sebagai input data perhitungan profil aliran dalam program HEC-RAS. Untuk mendukung perhitungan debit banjir rancangan tersebut maka dilakukan analisa curah hujan terlebih dahulu.

Data hujan yang dipergunakan dalam kajian ini adalah data hujan yang berasal dari 4 stasiun hujan di sekitar DAS Mujur, yaitu stasiun hujan Besuk Sat, stasiun hujan Wonorenggo, stasiun hujan Kertosari dan, stasiun hujan Pasirian yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas selama 10 tahun dari tahun 2007 – 2016.

##### 4.1.1. Uji Abnormalitas

Data yang didapatkan harus diuji abnormalitasnya apakah data yang didapat sudah tepat atau terlalu menyimpang, oleh karena itu perlu diuji dengan uji outlier. Outlier adalah data dengan nilai jauh berada di antara data-data yang lain, keberadaan outlier biasanya mengganggu pemilihan jenis distribusi untuk suatu sampel data. Untuk menghitung nilai  $y_H$  dan  $y_L$  diperlukan nilai  $Kn$ . Untuk perhitungan pada setiap stasiun adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Harga  $Kn$  untuk pemeriksaan outlier

Jumlah Data		Jumlah Data		Jumlah Data		Jumlah Data	
	$Kn$		$Kn$		$Kn$		$Kn$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.468	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.681	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.717	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.618	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129





Lanjutan Tabel 4.1. Harga Kn untuk pemeriksaan outlier

Jumlah Data	Jumlah Kn	Jumlah Data	Jumlah Kn	Jumlah Data	Jumlah Kn
23	2.448	37	2.650	55	2.804

Sumber: Ven Te Chow (1988, p.404)

Data yang digunakan berjumlah 10 tahun maka berdasarkan Tabel Van Te Chow, nilai Kn adalah 2,036 dan berikut adalah perhitungan setiap stasiun

Tabel 4.2. Perhitungan Uji Outlier Data Stasiun Besuksat

No.	Tahun	Curah Hujan Maks (mm/hari)	Log R
1	2015	51	1.708
2	2013	65	1.813
3	2014	75	1.875
4	2016	85	1.929
5	2008	96	1.982
6	2007	104	2.017
7	2010	105	2.021
8	2012	110	2.041
9	2011	142	2.152
10	2009	197	2.294
Jumlah		1030	19.834
Rerata		103	1.983
Sd		0.167	
Cs		0.234	
Kn		2.036	
Nilai Ambang Atas (XH)		210.561	
Nilai Ambang Bawah (XL)		43.989	

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk Perhitungan ambang bawah dan ambang atas adalah sebagai berikut:

- Nilai ambang atas (y<sub>H</sub>)

$$y_H = \bar{y} + Kn \cdot sd$$

$$= 1,983 + 2,036 \times 0,167$$

$$= 2,323$$

$$X_H = (10)^{2,323}$$

$$= 210,561$$

- Nilai ambang bawah (y<sub>L</sub>)

$$y_L = \bar{y} - Kn \cdot sd$$

$$= 1,983 - 2,036 \times 0,167$$





$$= 1,643$$

$$X_L = (10)^{1,643}$$

$$= 43,989$$

Dari perhitungan di atas didapatkan batas bawah adalah 43.989 mm dan batas atas adalah 210,561 mm, dan data yang didapatkan tidak ada yang melewati batas, maka stasiun dapat diterima.

Tabel 4.3. Perhitungan Uji Outlier Data Stasiun Kertosari

No.	Tahun	Curah Hujan Maks (mm/hari)	Log R
1	2015	50	1.699
2	2016	58	1.763
3	2007	80	1.903
4	2009	80	1.903
5	2012	90	1.954
6	2014	90	1.954
7	2013	105	2.021
8	2011	125	2.097
9	2008	150	2.176
10	2010	165	2.217
Jumlah		993	19,689
Rerata		99.3	1.969
Sd		0.166	
Cs		-0.073	
Kn		2.036	
Nilai Ambang Atas (XH)		202.702	
Nilai Ambang Bawah (XL)		42.745	

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk Perhitungan ambang bawah dan ambang atas adalah sebagai berikut:

- Nilai ambang atas ( $y_H$ )

$$y_H = \bar{y} + Kn \cdot sd$$

$$= 1,969 + 2,036 \times 0,166$$

$$= 2,307$$

$$X_H = (10)^{2,307}$$

$$= 202,702$$

- Nilai ambang bawah ( $y_L$ )

$$y_L = \bar{y} - Kn \cdot sd$$

$$= 1,969 - 2,036 \times 0,166$$

$$= 1,631$$



$$X_L = (10)^{1,631} \\ = 42,745$$

Dari perhitungan di atas didapatkan batas bawah adalah 42,745 mm dan batas atas adalah 202,702 mm, dan data yang didapatkan tidak ada yang melewati batas, maka stasiun dapat diterima.

Tabel 4.4. Perhitungan Uji Outlier Data Stasiun Wonorenggo

No.	Tahun	Curah Hujan Maks (mm/hari)	Log R
1	2012	120	2,079
2	2016	130	2,114
3	2015	150	2,176
4	2007	171	2,233
5	2008	197	2,294
6	2011	210	2,322
7	2013	215	2,332
8	2014	215	2,332
9	2009	247	2,393
10	2010	275	2,439
Jumlah		1930	22,716
Rerata		193	2,272
Sd		0,118	
Cs		-0,410	
Kn		2,036	
Nilai Ambang Atas (X <sub>H</sub> )		325,291	
Nilai Ambang Bawah (X <sub>L</sub> )		107,371	

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk Perhitungan ambang bawah dan ambang atas adalah sebagai berikut:

- Nilai ambang atas (y<sub>H</sub>)

$$y_H = y + Kn \cdot sd$$

$$= 2,272 + 2,036 \times 0,118$$

$$= 2,512$$

$$X_H = (10)^{2,512}$$

$$= 325,291$$

- Nilai ambang bawah (y<sub>L</sub>)

$$y_L = y - Kn \cdot sd$$

$$= 2,272 - 2,036 \times 0,118$$

$$= 2,031$$

$$X_L = (10)^{2,031}$$



$= 107,371$

Dari perhitungan di atas didapatkan batas bawah adalah 107,371 mm dan batas atas adalah 325,291 mm, dan data yang didapatkan tidak ada yang melewati batas, maka stasiun dapat diterima.

Tabel 4.5. Perhitungan Uji Outlier Data Stasiun Pasirian

No.	Tahun	Curah Hujan Maks (mm/hari)	Log R
1	2012	113	2.053
2	2016	115	2.061
3	2015	130	2.114
4	2007	140	2.146
5	2008	140	2.146
6	2011	150	2.176
7	2013	155	2.190
8	2014	165	2.217
9	2009	200	2.301
10	2010	210	2.322
Jumlah		1518	21.727
Rerata		151.8	2.173
Sd		0.090	
Cs		0.418	
Kn		2.036	
Nilai Ambang Atas (XH)		226.943	
Nilai Ambang Bawah (XL)		97.613	

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk Perhitungan ambang bawah dan ambang atas adalah sebagai berikut:

- Nilai ambang atas ( $y_H$ )

$$y_H = \bar{y} + Kn \cdot sd$$

$$= 2,173 + 2,036 \times 0,090$$

$$= 2,356$$

$$X_H = (10)^{2,356}$$

$$= 226,943$$

- Nilai ambang bawah ( $y_L$ )

$$y_L = \bar{y} - Kn \cdot sd$$

$$= 2,173 - 2,036 \times 0,090$$

$$= 1,990$$

$$X_L = (10)^{1,990}$$

$$= 97,613$$



Dari perhitungan di atas didapatkan batas bawah adalah 97,613 mm dan batas atas adalah 226,943 mm, dan data yang didapatkan tidak ada yang melewati batas, maka stasiun dapat diterima.

#### 4.1.2. Uji Konsistensi Data Metode RAPS

Data hujan tiap stasiun selama 10 tahun harus diuji konsistensi terlebih dahulu dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Metode ini digunakan sebagai salah satu pengujian terhadap data yang tersedia, adapun stasiun pengamatan hujan dari DAS Mujur adalah 4 stasiun hujan Besuk Sat, stasiun hujan Wonorengo, stasiun hujan Kertosari dan, stasiun hujan Pasirian.

Metode RAPS merupakan pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri (uji homogenitas), yaitu pengujian komulatif penyimpangan terhadap rata-rata dibagi dengan akar komulatif penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya (Harto, 1993:59). Berikut langkah pengerjaan metode RAPS pada Stasiun Cimanggu.

- Jumlah data hujan (n) = 10
- Simpangan mutlak  $Sk^*$  = curah hujan (tahun 2007) – rerata curah hujan  
 $= 104 - 103,0$   
 $= 1,00$
- $Dy^2 = \frac{(Sk^*)^2}{n}$   
 $= \frac{(1)^2}{10}$   
 $= 0,10$
- Simpangan rata-rata (Dy) =  $(\sum Dy^2)^{0,5}$   
 $= (1571,60)^{0,5}$   
 $= 39,643$
- Nilai konsistensi data [ $Sk^{**}$ ] =  $\frac{Sk^*}{Dy}$   
 $= \frac{1}{39,643}$   
 $= 0,025$   
 $= 0,025$  (absolut)
- Dari nilai [ $Sk^{**}$ ] untuk tiap tahun diambil nilai  $Sk^{**}$  maksimum dan  $Sk^{**}$  minimum untuk menghitung Q dan R, berikut merupakan nilai  $Sk^{**}$  maksimum dan  $Sk^{**}$  minimum.  
 $Sk^{**}$  maksimum = 2,371



Sk\*\* minimum = -1,312

Nilai statistik Q untuk  $0 \leq K \leq n = [Sk^{**} \text{ maksimum}]$

= 2,371

Nilai statistik R =  $[Sk^{**} \text{ maksimum}] - [Sk^{**} \text{ minimum}]$

= 2,371 - (-1,312)

= 3,683

Nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$

$Q/(n^{0.5}) = \frac{2,371}{10^{0.5}}$

= 0,750 < 1,29 (**diterima**)

$R/(n^{0.5}) = \frac{3,683}{10^{0.5}}$

= 1,165 < 1,38 (**diterima**)

Setelah didapat nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$ , maka bisa dilihat apakah data yang digunakan layak atau tidak. Caranya adalah dengan melihat tabel nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$ . Jika nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  perhitungan kurang dari  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  tabel, maka data dinyatakan layak digunakan (konsisten). Dari perhitungan di atas dapat dilihat bahwa data Stasiun Cimanggu sudah memenuhi persyaratan uji konsistensi metode RAPS. Tabel nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  bisa dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.6. Tabel Nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$

n	Q/(n <sup>0.5</sup> )			R/(n <sup>0.5</sup> )		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	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 Harto Br, (1983,p.60)

Untuk perhitungan uji konsistensi Stasiun Besuksat selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.7.



Tabel 4.7. Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Besuksat

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Sk*	Dy <sup>2</sup>	Sk**	[Sk**]
1	2007	104	1,000	0,100	0,025	0,025
2	2008	96	-7,000	4,900	-0,177	0,177
3	2009	197	94,000	883,600	2,371	2,371
4	2010	105	2,000	0,400	0,050	0,050
5	2011	142	39,000	152,100	0,984	0,984
6	2012	110	7,000	4,900	0,177	0,177
7	2013	65	-38,000	144,400	-0,959	0,959
8	2014	75	-28,000	78,400	-0,706	0,706
9	2015	51	-52,000	270,400	-1,312	1,312
10	2016	85	-18,000	32,400	-0,454	0,454
Σ		1030,0		1571,600		
Ȳ		103,0				

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya, berikut langkah pengerjaan metode RAPS pada Stasiun Kertosari:

- Jumlah data hujan (n) = 10

- Simpangan mutlak Sk\* = curah hujan (tahun 2007) – rerata curah hujan

= 80 – 99,30

= -19,30

- Dy<sup>2</sup> =  $\frac{(Sk)^2}{n}$

=  $\frac{(-19,300)^2}{10}$

= 37,249

- Simpangan rata-rata (Dy) =  $(\sum Dy^2)^{0,5}$

=  $(11261,49)^{0,5}$

= 35,517

- Nilai konsistensi data [Sk\*\*] =  $\frac{Sk^*}{Dy}$

=  $\frac{-19,30}{35,517}$

= -0,543

- Dari nilai [Sk\*\*] untuk tiap tahun diambil nilai Sk\*\* maksimum dan Sk\*\* minimum

untuk menghitung Q dan R, berikut merupakan nilai Sk\*\* maksimum dan Sk\*\*

minimum.

Sk\*\* maksimum = 1,746



$$Sk^{**} \text{ minimum} = -1,492$$

$$\text{Nilai statistik } Q \text{ untuk } 0 \leq K \leq n = [Sk^{**} \text{ maksimum}]$$

$$= 1,746$$

$$\text{Nilai statistik } R = [Sk^{**} \text{ maksimum}] - [Sk^{**} \text{ minimum}]$$

$$= 1,746 - (-1,492)$$

$$= 3,238$$

$$\text{Nilai } Q/(n^{0,5}) \text{ dan } R/(n^{0,5})$$

$$Q/(n^{0,5}) = \frac{1,746}{10^{0,5}}$$

$$= 0,552 \leq 1,29 \text{ (diterima)}$$

$$R/(n^{0,5}) = \frac{3,238}{10^{0,5}}$$

$$= 1,024 < 1,38 \text{ (diterima)}$$

Setelah didapat nilai  $Q/(n^{0,5})$  dan  $R/(n^{0,5})$ , maka bisa dilihat apakah data yang digunakan layak atau tidak. Caranya adalah dengan melihat tabel nilai  $Q/(n^{0,5})$  dan  $R/(n^{0,5})$ . Jika nilai  $Q/(n^{0,5})$  dan  $R/(n^{0,5})$  perhitungan kurang dari  $Q/(n^{0,5})$  dan  $R/(n^{0,5})$  tabel, maka data dinyatakan layak digunakan (konsisten). Dari perhitungan di atas dapat dilihat bahwa data Stasiun Kertosari sudah memenuhi persyaratan uji konsistensi metode RAPS. Untuk perhitungan uji konsistensi Stasiun Kertosari selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.8. Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Kertosari

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Sk*	Dy <sup>2</sup>	Sk**	[Sk**]
1	2007	80	-19,300	37,249	-0,543	0,543
2	2008	150	47,000	220,900	1,323	1,323
3	2009	80	-23,000	52,900	-0,648	0,648
4	2010	165	62,000	384,400	1,746	1,746
5	2011	125	22,000	48,400	0,619	0,619
6	2012	90	-13,000	16,900	-0,366	0,366
7	2013	105	2,000	0,400	0,056	0,056
8	2014	90	-13,000	16,900	-0,366	0,366
9	2015	50	-53,000	280,900	-1,492	1,492
10	2016	58	-45,000	202,500	-1,267	1,267
Σ		993,0		1261,449		
ȳ		99,3				

Sumber: Hasil Perhitungan



Selanjutnya, berikut langkah pengerjaan metode RAPS pada Stasiun Wonorengo.

$$- \text{Jumlah data hujan (n)} = 10$$

$$- \text{Simpangan mutlak } Sk^* = \text{curah hujan (tahun 2007)} - \text{rerata curah hujan} \\ = 171,193$$

$$= -22,00$$

$$- Dy^2 = \frac{(Sk^*)^2}{n}$$

$$= \frac{(-22,00)^2}{10} \\ = 48,400$$

$$- \text{Simpangan rata-rata (Dy)} = (\sum Dy^2)^{0,5} \\ = (2254,40)^{0,5}$$

$$= 47,481$$

$$- \text{Nilai konsistensi data } [Sk^{**}] = \frac{Sk^*}{Dy}$$

$$= \frac{-22,00}{47,481}$$

$$= -0,463$$

Dari nilai  $[Sk^{**}]$  untuk tiap tahun diambil nilai  $Sk^{**}$  maksimum dan  $Sk^{**}$  minimum untuk menghitung Q dan R, berikut merupakan nilai  $Sk^{**}$  maksimum dan  $Sk^{**}$  minimum.

$$Sk^{**} \text{ maksimum} = 1,727$$

$$Sk^{**} \text{ minimum} = -1,537$$

$$- \text{Nilai statistik Q untuk } 0 \leq K \leq n = [Sk^{**} \text{ maksimum}]$$

$$= 1,727$$

$$- \text{Nilai statistik R} = [Sk^{**} \text{ maksimum}] - [Sk^{**} \text{ minimum}]$$

$$= 1,727 - (-1,537)$$

$$= 3,264$$

$$- \text{Nilai } Q/(n^{0,5}) \text{ dan } R/(n^{0,5})$$

$$Q/(n^{0,5}) = \frac{1,727}{10^{0,5}} \\ = 0,546 < 1,29 \text{ (diterima)}$$

$$R/(n^{0,5}) = \frac{3,264}{10^{0,5}} \\ = 1,032 < 1,38 \text{ (diterima)}$$





Setelah didapat nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$ , maka bisa dilihat apakah data yang digunakan layak atau tidak. Caranya adalah dengan melihat tabel nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$ . Jika nilai  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  perhitungan kurang dari  $Q/(n^{0.5})$  dan  $R/(n^{0.5})$  tabel, maka data dinyatakan layak digunakan (konsisten). Dari perhitungan di atas dapat dilihat bahwa data Stasiun Wonorengo sudah memenuhi persyaratan uji konsistensi metode RAPS. Untuk perhitungan uji konsistensi Stasiun Wonorengo selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.9. Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Wonorengo

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Sk*	Dy <sup>2</sup>	Sk**	[Sk**]
1	2007	171	-22,000	48,400	-0,463	0,463
2	2008	197	4,000	1,600	0,084	0,084
3	2009	247	54,000	291,600	1,137	1,137
4	2010	275	82,000	672,400	1,727	1,727
5	2011	210	17,000	28,900	0,358	0,358
6	2012	120	-73,000	532,900	-1,537	1,537
7	2013	215	22,000	48,400	0,463	0,463
8	2014	215	22,000	48,400	0,463	0,463
9	2015	150	-43,000	184,900	-0,906	0,906
10	2016	130	-63,000	396,900	-1,327	1,327
Σ		1930,0		2254,400		
Ȳ		193,0				

Sumber: Hasil Perhitungan  
Selanjutnya, berikut langkah pengerjaan metode RAPS pada Stasiun Pasirian.

- Jumlah data hujan (n) = 10

- Simpangan mutlak Sk\* = curah hujan (tahun 2007) – rerata curah hujan

$$= 200 - 151,8$$

$$= 48,20$$

-  $Dy^2 = \frac{(Sk)^2}{n}$

$$= \frac{(48,20)^2}{10}$$

$$= 232,324$$

- Simpangan rata-rata (Dy) =  $(\sum Dy^2)^{0.5}$

$$= (951,160)^{0.5}$$

$$= 30,841$$

- Nilai konsistensi data [Sk\*\*] =  $\frac{Sk^*}{Dy}$







Lanjutan Tabel 4.10. Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Pasirian

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Sk*	Dy2	Sk**	[Sk**]
7	2013	155	3,200	1,024	0,104	0,104
8	2014	210	58,200	338,724	1,887	1,887
9	2015	115	-36,800	135,424	-1,193	1,193
10	2016	140	-11,800	13,924	-0,383	0,383
$\Sigma$		1518,0		951,160		
$\bar{Y}$		151,8				

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan uji konsistensi dengan metode RAPS, seluruh stasiun yang diuji yakni stasiun Besuksat, Kertosari, Wonorengo, dan Pasirian memenuhi persyaratan untuk kelayakan konsistensi data. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa data hujan dari keseluruhan stasiun dapat digunakan untuk perhitungan debit banjir rancangan.

#### 4.1.3. Kurva Massa Ganda (*Double Mass Curve*)

Pengujian menggunakan analisa kurva massa ganda (*Double Mass Curve*) bertujuan untuk melihat apakah data-data hujan yang didapat sudah konsisiten atau belum sehingga data-data ini dapat digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan. Dalam studi ini analisa kurva massa gnada adalah salah satu metode pengujian sebagai pembanding dengan metode lain. Adapun tahapan perhitungan yang dilakukan pada analisa ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung hujan tahunan pada setiap stasiun hujan, dapat dilihat pada tabel 4.6. berikut ini.

Tabel 4.11. Data Hujan Tahunan Pada Setiap Stasiun Hujan

Tahun	Hujan Tahunan			
	St. Besuksat	St. Kertosari	St. Wonorengo	St. Candipuro
2016	85	58	130	140
2015	51	50	150	115
2014	75	90	215	210
2013	65	105	215	155
2012	110	90	120	113
2011	142	125	210	165
2010	105	165	275	150
2009	197	80	247	140
2008	96	150	197	130
2007	104	80	171	200

Sumber: Hasil Perhitungan

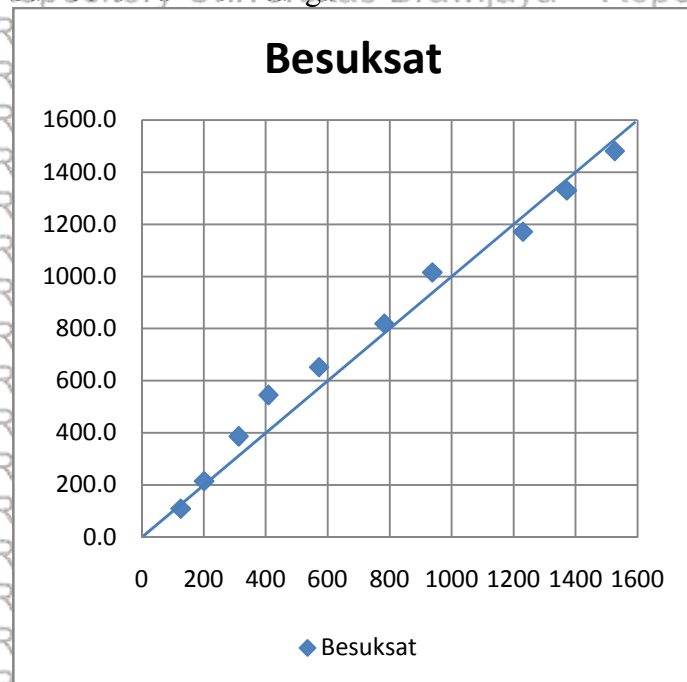
2. Menghitung rerata hujan stasiun pembanding.
3. Menghitung komulatif stasiun hujan dan komulatif stasiun pembanding, seperti yang ditampilkan pada tabel-tabel berikut ini.



Tabel 4.12. Data Kumulatif Hujan Tahunan Stasiun Besuksat dan Stasiun Pemanding

Tahun	Hujan Tahunan	
	St. Besuksat	St. Sekitar
2016	85	109.3
2015	136	214.3
2014	211	386.0
2013	276	544.3
2012	386	652.0
2011	528	818.7
2010	633	1015.3
2009	830	1171.0
2008	926	1330.0
2007	1030	1480.3

Sumber: Hail Perhitungan



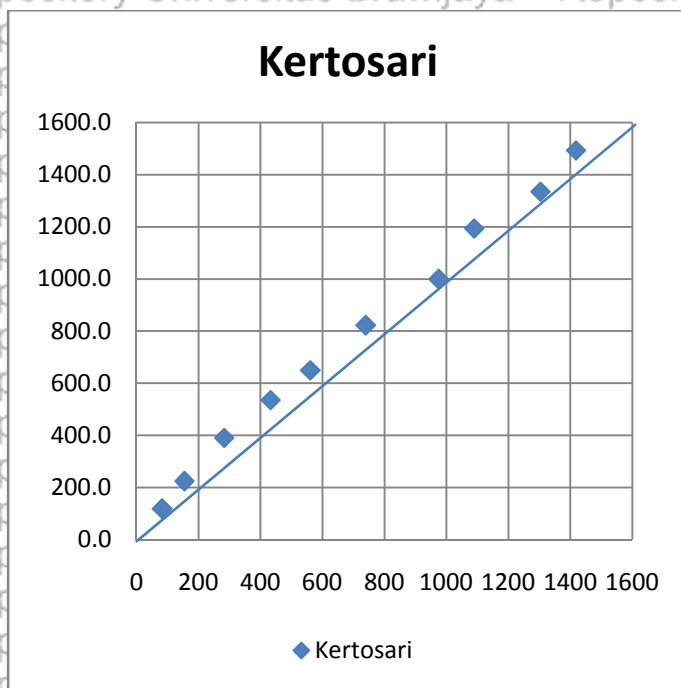
Gambar 4.1. Grafik Sebaran Uji Konsistensi Stasiun Besuksat

Tabel 4.13. Data Kumulatif Hujan Tahunan Stasiun Kertosari dan Stasiun Pemanding

Tahun	Hujan Tahunan	
	St. Kertosari	St. Sekitar
2016	58	118.3
2015	108	223.7
2014	198	390.3
2013	303	535.3
2012	393	649.7
2011	518	822.0
2010	683	998.7
2009	763	1193.3
2008	913	1334.3
2007	993	1492.7

Sumber: Hail Perhitungan





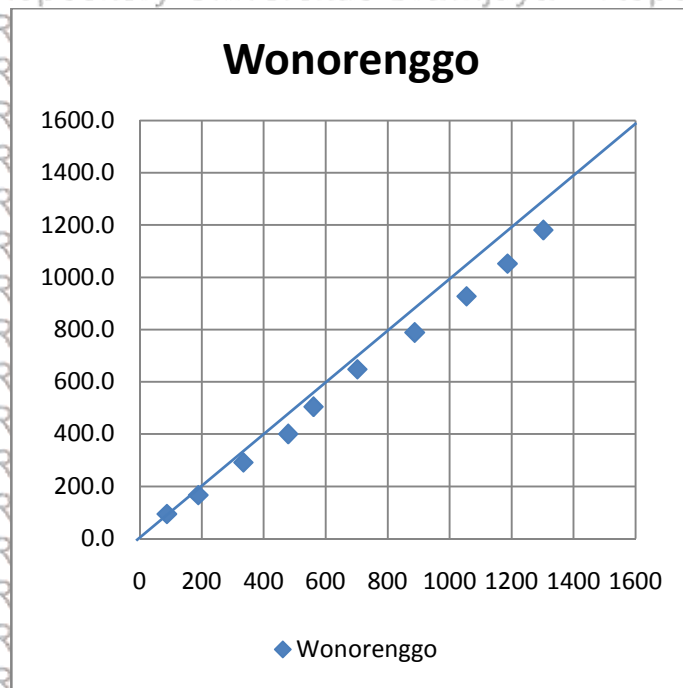
Gambar 4.2. Grafik Sebaran Uji Konsistensi Stasiun Kertosari

Tabel 4.14. Data Komulatif Hujan Tahunan Stasiun Wonorenggo dan Stasiun Pemanding

Tahun	Hujan Tahunan	
	St. Wonorenggo	St. Sekitar
2016	130	94.3
2015	280	166.3
2014	495	291.3
2013	710	399.7
2012	830	504.0
2011	1040	648.0
2010	1315	788.0
2009	1562	927.0
2008	1759	1052.3
2007	1930	1180.3

Sumber : Hasil Perhitungan





Gambar 4.3. Grafik Sebaran Uji Konsistensi Stasiun wonorengo

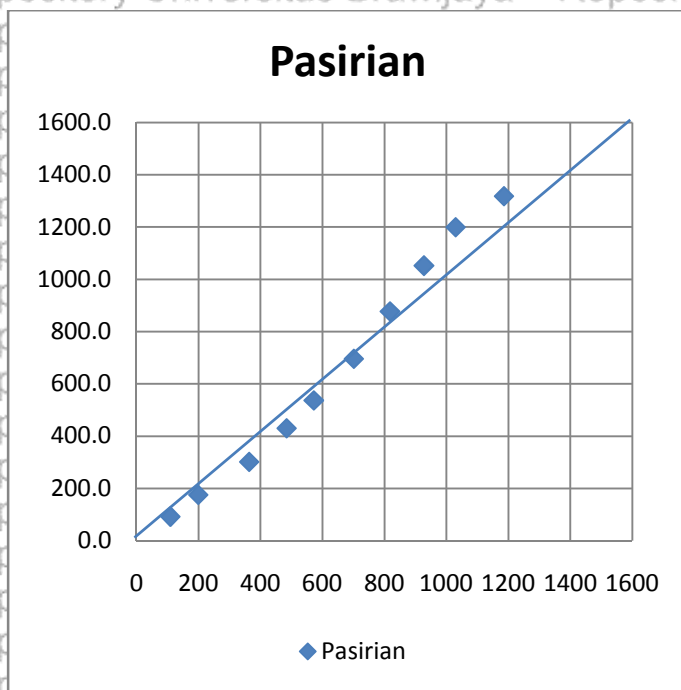
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.15. Data Kumulatif Hujan Tahunan Stasiun Pasirian dan Stasiun Pembanding

Tahun	Hujan Tahunan	
	St. Pasirian	St. Sekitar
2016	140	91.0
2015	255	174.7
2014	465	301.3
2013	620	429.7
2012	733	536.3
2011	898	695.3
2010	1048	877.0
2009	1188	1051.7
2008	1318	1199.3
2007	1518	1317.7

Sumber : Hasil Perhitungan





Gambar 4.4. Grafik Sebaran Uji Konsistensi Stasiun Pasirian

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Dapat dilihat dari grafik-grafik sebaran uji konsistensi stasiun hujan di atas, tidak mengalami penyimpangan data yang cukup besar. Dengan demikian kesimpulan dari data hujan yang didapat sudah **konsisten**, dan data hujan ini dapat dipakai dalam perhitungan banjir rancangan.

Dari 2 jenis analisa konsistensi data hujan dia atas yakni, uji konsistensi data RAPS dan uji konsistensi kurva massa ganda, keduanya menyimpulkan bahwasannya data hujan yang didapat **diterima/konsisten**, sehingga data-data tersebut dapat digunakan dalam perhitungan.

#### 4.1.4. Analisa Curah Hujan

##### 4.1.4.1. Curah Hujan Rerata Daerah

Data hujan yang didapat dari stasiun pengukur hujan adalah berupa data hujan di suatu titik tertentu, sedangkan untuk keperluan analisa yang diperlukan adalah data curah hujan harian daerah maksimum tahunan. Pada analisis curah hujan ini digunakan metode aritmatik atau rerata aljabar.

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di dalam area tersebut.

Untuk menentukan curah hujan baru dengan metode rata-rata hitung (*arithmetic mean*) dipergunakan persamaan:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n}$$



Keterangan:  $\bar{d}$  = tinggi curah hujan rata-rata daerah (mm)  
 $n$  = banyaknya stasiun

Cara ini akan memberikan hasil yang lebih akurat jika pos-pos penakarannya ditempatkan secara merata di area tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pospenakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh area. Dalam metode aritmatik yang diperhitungkan hanya curah hujan yang terdapat dalam batas DAS.

Tabel 4.16. Tabel Hujan Maksimum Daerah Tahunan dengan Metode Rata – Rata Hitung

No	Tahun	Tanggal/Bulan	Curah Hujan Maksimum (mm)				Rerata Hujan Max (mm)	Curah Hujan Max (mm)
			Besuk	Kerto	Wono	Pasir		
1	2007	20-Mar	104	50	36	25	53,75	72,5
		20-Feb	0	80	31	97	52	
		11-Nop	0	7	171	5	45,75	
		27-Des	45	45	0	200	72,5	
2	2008	19-Mei	96	0	0	0	24	84
		13-Des	22	150	104	60	84	
		27-Feb	37	65	197	5	76	
		26-Feb	4	55	0	130	47,25	
3	2009	16-Sep	197	55	247	8	126,75	126,75
		25-Okt	0	80	7	0	21,75	
		16-Sep	197	55	247	8	126,75	
		20-Nop	25	5	0	140	42,5	
4	2010	21-Agust	105	50	260	50	116,25	116,25
		29-Okt	20	165	200	20	101,25	
		06-Sep	70	23	275	55	105,75	
		08-Jan	10	25	77	150	65,5	
5	2011	09-Nop	142	20	0	0	40,5	62,5
		28-Jan	3	125	0	100	57	
		17-Jul	0	0	210	0	52,5	
		07-Nop	30	55	0	165	62,5	
6	2012	08-Jan	110	25	0	5	35	79,5
		13-Jan	28	90	0	45	40,75	
		18-Jan	2	10	120	20	38	
		01-Jan	45	90	70	113	79,5	
7	2013	10-Mar	65	0	180	8	63,25	90,25
		06-Jan	20	105	190	46	90,25	
		18-Nop	0	0	215	28	60,75	
		04-Apr	7	35	0	155	49,25	
8	2014	14-Jul	75	55	215	12	89,25	100
		24-Jan	10	90	70	42	53	
		14-Jul	75	55	215	12	89,25	
		05-Jan	10	35	145	210	100	



Lanjutan Tabel 4.16. Tabel Hujan Maksimum Daerah Tahunan dengan Metode Rata – Rata Hitung

No	Tahun	Tanggal/Bulan	Curah Hujan Maksimum (mm)				Rerata Hujan Max (mm)	Curah Hujan Max (mm)
			Besuk	Kerto	Wono	Pasir		
9	2015	27-Feb	51	0	15	0	16,5	53
		12-Mar	0	50	0	0	12,5	
		12-Mei	41	20	150	1	53	
		10-Feb	10	0	0	115	31,25	
10	2016	11-Jul	85	7	3	0	23,75	66,5
		15-Sep	8	58	130	4	50	
		15-Sep	8	58	130	4	50	
		12-Nop	5	39	82	140	66,5	

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.17. Tabel Hujan Maksimum Daerah Tahunan dengan Metode Rata – Rata Hitung

No	Tahun	Hujan Maksimum (mm)
1	2007	72,5
2	2008	84,0
3	2009	126,75
4	2010	116,25
5	2011	62,5
6	2012	79,5
7	2013	90,25
8	2014	100,00
9	2015	53,00
10	2016	66,50

Sumber: Hasil perhitungan

#### 4.1.4.2. Curah Hujan Rancangan

Curah Hujan Rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi dalam suatu daerah pada periode ulang tertentu yang dipakai sebagai dasar untuk perhitungan perencanaan ukuran suatu bangunan.

##### 4.1.4.2.1. Metode Log Pearson Tipe III

Untuk Perhitungan curah hujan rancangan ini dipakai metode Log Pearson Tipe III, dengan alasan bahwa metode ini dapat digunakan untuk semua jenis sebaran data karena tidak ada ketentuan mengenai besarnya harga parameter statistic  $C_s$  dan  $C_k$ . Disebut Log Pearson Tipe III karena memperhitungkan tiga parameter yaitu :

1. Harga rata-rata (*mean*)
2. Simpangan Baku (standar deviasi)
3. Koefisien Kepencengan (*skewness*)



Tabel 4.18. Metode Log Pearson Tipe III

No.	Tahun	CH. Maksimum Tahunan (mm)	Log X	(Log X - Log Xrerata)	(Log X - Log Xrerata) <sup>2</sup>	(Log X - Log Xrerata) <sup>3</sup>
1	2009	126,8	2,103	0,188	0,035	0,00662
2	2010	116,3	2,065	0,150	0,023	0,00339
3	2014	100,0	2,000	0,085	0,007	0,00061
4	2013	90,3	1,955	0,040	0,002	0,00007
5	2008	84,0	1,924	0,009	0,000	0,00000
6	2012	79,5	1,900	-0,015	0,000	0,00000
7	2007	72,5	1,860	-0,055	0,003	-0,00016
8	2016	66,5	1,823	-0,092	0,009	-0,00079
9	2011	62,5	1,796	-0,119	0,014	-0,00170
10	2009	53,0	1,724	-0,191	0,036	-0,00696
Jumlah		851,25	19,152	0,000	0,129	-0,00108
Rerata		85,13	1,915	0,000	0,013	-0,00011
Standar Deviasi				0,120		
Cs				0,087		

Sumber: Hasil Perhitungan

Tahapan untuk menghitung curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Tipe III sebagai berikut :

1. Mengurutkan curah hujan maksimum rerata dari yang paling besar sampai dengan yang terkecil dan mengubah curah hujan harian maksimum ke dalam bentuk logaritma.

2. Menghitung nilai logaritma rata-rata :

$$\overline{\text{Log}X_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} = 2,103$$

3. Menghitung standar deviasinya (simpangan baku) :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} = 0,120$$

4. Menghitung koefisien kepercengan :

$$C_s = n \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S_d^3} = 0,087$$

5. Hitung logaritma curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu :

Kala ulang 25 tahun:





$$\text{Log}X_t = \overline{\text{Log}X} + G.S.d$$

$$\text{Log}X_t = 2,103 + (1,792 \times 0,120) = 2,130$$

#### 6. Menghitung antilog dari $X_t$

$$\text{Antilog } 2,130 = 134,833$$

Jadi, curah hujan rancangan 25 tahun ( $X_{25}$  tahun) adalah 134,833 mm

Berikut adalah besarnya curah hujan rancangan berdasarkan kala ulangnya.

Tabel 4.19. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Tipe III

Tr	Pr %	X Rerata	Si	Cs	G (Tabel)	X rancangan Log X	X
1,25	80	1,915	0,120	0,087	-0,878	1,810	64,565
2	50	1,915	0,120	0,087	0,020	1,918	82,717
5	20	1,915	0,120	0,087	0,835	2,015	103,557
10	10	1,915	0,120	0,087	1,298	2,071	117,664
25	4	1,915	0,120	0,087	1,792	2,130	134,833
50	2	1,915	0,120	0,087	2,117	2,169	147,511
100	1	1,915	0,120	0,087	2,414	2,204	160,104
200	0,5	1,915	0,120	0,087	2,689	2,237	172,683
1000	0,1	1,915	0,120	0,087	3,260	2,306	202,162

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.5. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

##### 4.1.5.1. Metode Smirnov Kolmogorov Terhadap Log Pearson Tipe III

Pemeriksaan uji kesesuaian ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui :

1. Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis
2. Kebenaran hipotesa diterima atau ditolak.

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

1. Mengurutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan juga besarnya peluang dari masing-masing data tersebut,
2. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya),
3. Dari kedua nilai peluang ditentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis,
4. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov Test), bisa ditentukan harga  $\Delta_{cr}$ .



Tabel 4.20. Pengujian Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III dengan Uji Smirnov -Kolmogorov

No	R Maksimum (mm)	Log X	Sn(X)	G	Pr	Px	Px-Sn	
1	126,75	2,103	0,091	1,567	5,904	0,941	0,850	
2	116,25	2,065	0,182	1,254	10,946	0,891	0,709	
3	100	2,000	0,273	0,708	24,666	0,753	0,481	
4	90,25	1,955	0,364	0,336	38,363	0,616	0,253	
5	84	1,924	0,455	0,076	47,945	0,521	0,066	
6	79,5	1,900	0,545	-0,124	54,803	0,452	0,093	
7	72,5	1,860	0,636	-0,458	65,964	0,340	0,296	
8	66,5	1,823	0,727	-0,771	76,424	0,236	0,492	
9	62,5	1,796	0,818	-0,996	83,025	0,170	0,648	
10	53	1,724	0,909	-1,594	94,897	0,051	0,858	
Rerata		1,915	0,500	0,000	50,294	0,497	0,475	
Standar Deviasi			0,120	Dmax				0,858
Cs			0,087					

Sumber : Hasil Perhitungan

## Uji Parameter

Dari tabel nilai  $\Delta$  kritis untuk uji smirnof kolmogorof (dengan nilai  $n=10$ )

$$\Delta_{cr} \alpha = 5\% = 0,409$$

$$\Delta_{cr} \alpha = 1\% = 0,486$$

Tabel 4.21. Tabel  $\Delta$  kritis Smirnof Kolmogorof

Ukuran Sampel (n)	20%	15%	10%	5%	1%
1	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
2	0,648	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,829
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,734
5	0,446	0,474	0,510	0,563	0,669
6	0,410	0,436	0,470	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,332	0,342	0,368	0,409	0,486
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,391
17	0,258	0,266	0,286	0,318	0,38
18	0,250	0,259	0,278	0,309	0,37
19	0,244	0,252	0,272	0,301	0,361
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,352



Lanjutan Tabel 4.21. Tabel  $\Delta$  kritis Smirnof Kolmogorof

Ukuran Sampel (n)	20%	15%	10%	5%	1%
Rumus Asimtotik	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber : Lily Montarcih L,(2010)

Tabel 4.22. Hasil Uji Smirnov Kolmogorof Terhadap Distribusi Log Pearson-III untuk Metode Hujan Daerah Rata-rata Hitung

No	a (%)	D kritis	D maks	Keterangan
1	0,01	0,486	0,858	D maks > D cr diterima
2	0,05	0,409	0,858	D maks > D cr diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.5.2. Metode Chi-Square Terhadap Log Pearson Tipe III

Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan empiris pada sumbu vertikal yang merupakan data curah hujan rancangan. Uji Chi-Square dikatakan berhasil jika  $X^2$  hitung <  $X^2$  kritis.

Tabel 4.23. Data Perhitungan Uji Chi Square Untuk Distribusi Log Pearson III Metode Hujan Daerah Rata-rata Hitung

No.	Tahun	Tinggi Hujan (R)	log R	(Log R - Log R <sub>rerata</sub> ) <sup>2</sup>	(Log R - Log R <sub>rerata</sub> ) <sup>3</sup>
1	2009	126,8	2,103	0,0353	0,00662
2	2010	116,3	2,065	0,0226	0,00339
3	2014	100,0	2,000	0,0072	0,00061
4	2013	90,3	1,955	0,0016	0,00007
5	2008	84,0	1,924	0,0001	0,00000
6	2012	79,5	1,900	0,0002	0,00000
7	2007	72,5	1,860	0,0030	-0,00016
8	2016	66,5	1,823	0,0085	-0,00079
9	2011	62,5	1,796	0,0142	-0,00170
10	2015	53,0	1,724	0,0364	-0,00696
Jumlah		851,250	19,152	0,129	0,00108
Rerata		85,125	1,915		
Standart Deviasi				0,120	
C <sub>s</sub>				0,087	

Sumber : Hasil Perhitungan

Menghitung jumlah kelas dengan rumus :

$$K = 1 + 3,22 \log n$$

$$= 1 + 3,22 \log (10)$$

$$= 4,32 = 4$$

Batas kelas = 100% : K



Tabel 4.24. Perhitungan Batas Kelas

No	Pr	Log xrt	cs	G	S	logX	X(mm)
1	75	1,9152	0,087	-0,730	0,120	1,828	67,248
2	50	1,9152	0,087	0,015	0,120	1,917	82,594
3	25	1,9152	0,087	0,700	0,120	1,999	99,771

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan:

G = koefisien frekuensi Log Pearson III

Sd = standar deviasi

Log X = Log X rerata + K · Sd

Parameter Uji Distribusi :

Derajat bebas (n) = K - h - 1 ; h = 2

= 1

Expected Frequency (Ef) = n / K

= 2,5

Tabel 4.25. Perhitungan Chi Square

No	Batas Kelas	Jumlah Data		
		Expected Frequency (Ef)	Observed Frequency (Of)	$\frac{Ef - Of}{Of} \times 2$
1	0,00 - 67,248	2,500	3,000	0,500 0,083
2	67,248 - 82,594	2,500	2,000	0,500 0,125
3	82,594 - 99,771	2,500	2,000	0,500 0,125
4	99,771 -	2,500	3,000	0,500 0,083
	Jumlah	10,000	10,000	0,417

Sumber : Hasil Perhitungan

Kesimpulan :

Untuk  $\alpha = 5\%$  diperoleh nilai  $x^2_{tabel} : 3,841$  sedangkan nilai  $x^2_{hitung} : 0,417$ Sehingga  $x^2_{hitung} < x^2_{tabel}$  maka **Hipotesa Log Pearson Diterima.**Untuk  $\alpha = 1\%$  diperoleh nilai  $x^2_{tabel} : 6,635$  Sedangkan nilai  $x^2_{hitung} : 0,417$ .Sehingga  $x^2_{hitung} < x^2_{tabel}$  maka **Hipotesa Log Pearson Diterima.**

Dari tabel di atas, data yang digunakan dalam perhitungan selanjutnya adalah metode Log Pearson Type III karena memiliki nilai hujan rancangan yang dapat diterima oleh uji kesesuaian, selain daripada itu untuk cs maupun ck merupakan variabel yang bebas.



#### 4.1.6. Analisa Debit Banjir Rancangan

##### 4.1.6.1. Koefisien Pengaliran

Angka koefisien pengaliran merupakan indikator apakah suatu DAS telah mengalami gangguan. Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi limpasan. Koefisien pengaliran didasarkan dengan suatu pertimbangan bahwa koefisien tersebut sangat tergantung pada faktor-faktor fisik. Beberapa nilai koefisien pengaliran yang diambil dari beberapa literatur akan ditampilkan dalam halaman lampiran.

Dari tabel-tabel koefisien pengaliran yang didapat dan disesuaikan dengan kondisi dengan tata guna lahan di DAS Mujur, dapat ditentukan nilai C Sungai Mujur berdasarkan tata guna lahannya. Apabila tata guna lahan suatu daerah termasuk campuran, maka nilai tetapan C harus diberi bobot (*weighted*) untuk memperoleh nilai rata-rata tertimbang (Asdak, 1995):

$$C_{\text{tertimbang}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot C_i}{A_i}}{A_1}$$

$$= \frac{7503,843}{20750,577}$$

$$= 0,362$$

Tabel 4.26. Koefisien Pengaliran Sungai Mujur

Tata Guna Lahan	C	A (ha)	C*A
Sawah Irigasi	0,45	5125,182	2306,332
Sawah Tadah hujan	0,40	834,990	333,996
Perkebunan	0,30	2026,681	608,004
Ladang	0,40	2750,502	1100,201
Hutan	0,25	4500,494	1125,124
Semak Belukar	0,25	3633,159	908,290
Cadas	0,95	205,845	195,553
Padang Rumput	0,30	296,086	88,826
Perairan	0,90	372,788	335,509
Pemukiman	0,50	1003,463	501,732
Pasir	0,20	1,387	0,277
<b>Total</b>		<b>20750,577</b>	<b>7503,843</b>
<b>Koefisien Pengaliran</b>			<b>0,362</b>

Sumber : Hasil perhitungan



#### 4.1.6.2. Distribusi Hujan Jam - Jaman

Berdasarkan hasil pengamatan data sebaran hujan di Indonesia, hujan terpusat tidak lebih dari 7 jam, maka dalam perhitungan ini diasumsikan hujan terpusat maksimum adalah 6 jam sehari. Sebaran hujan jam-jaman dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe.

Contoh perhitungan :

$$t = 6 \text{ jam}$$

$$T = 1 \text{ jam}$$

$$R_t = R_{24}/t \cdot (t/T)^{(2/3)}$$

$$= R_{24}/6 \cdot (6/1)^{(2/3)}$$

$$= 0,5503 \cdot R_{24}$$

Perhitungan distribusi hujan pada setiap jam kejadian hujan terhadap curah hujan efektif dalam 1 hari, dengan  $R_t$  = prosentase intensitas:

- $T = 1 \text{ jam}$

$$R_1 = (1 \times 0,5503R_{24}) - ((1-1) \times R_0)$$

$$= 0,5503R_{24} - 0$$

$$= 0,5503 \times 100\% = 55,0321\%$$

- $T = 2 \text{ jam}$

$$R_2 = (2 \times 0,3467R_{24}) - ((2-1) \times 0,5503R_{24})$$

$$= 0,6934R_{24} - 0,5503R_{24}$$

$$= 0,1430 \times 100\% = 14,304\%$$

- $T = 3 \text{ jam}$

$$R_3 = (3 \times 0,2646R_{24}) - ((3-1) \times 0,3467R_{24})$$

$$= 0,7937R_{24} - 0,6934R_{24}$$

$$= 0,1003 \times 100\% = 10,0339\%$$

- $T = 4 \text{ jam}$

$$R_4 = (4 \times 0,2184R_{24}) - ((4-1) \times 0,2646R_{24})$$

$$= 0,8736R_{24} - 0,7937R_{24}$$

$$= 0,0799 \times 100\% = 7,988\%$$

- $T = 5 \text{ jam}$

$$R_5 = (5 \times 0,1882R_{24}) - ((5-1) \times 0,2184R_{24})$$

$$= 0,941R_{24} - 0,8736R_{24}$$

$$= 0,0675 \times 100\% = 6,7456\%$$

- $T = 6 \text{ jam}$

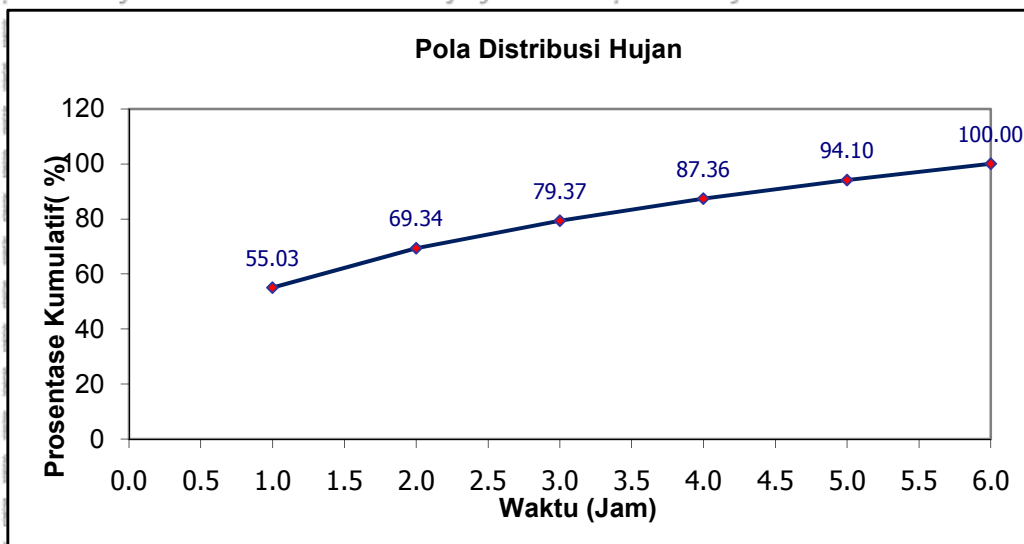


$$\begin{aligned}
 R_6 &= (6 \times 0.1667R_{24}) - ((6-1) \times 0.1882R_{24}) \\
 &= R_{24} - 0.941R_{24} \\
 &= 0.059 \times 100\% = 5,8964 \%
 \end{aligned}$$

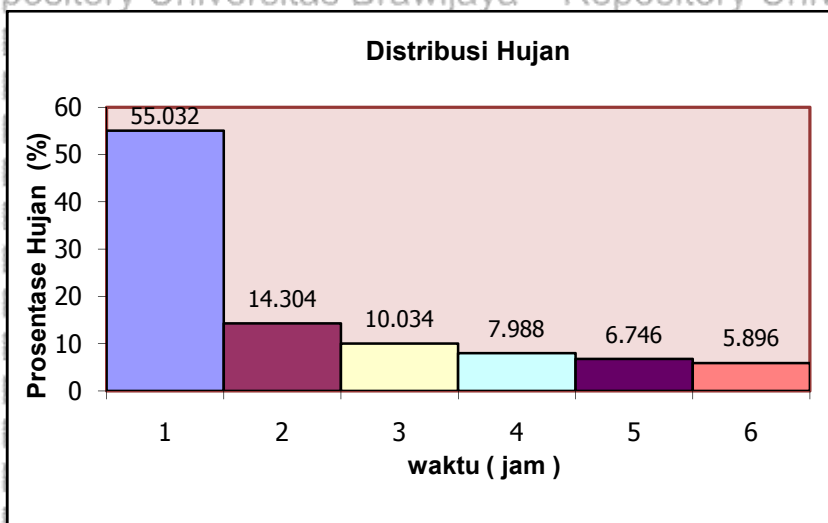
Tabel 4.27. Perhitungan Rasio Hujan Jam-jaman

Jam ke- (t)	Distribusi hujan 1 jam-an	Curah hujan jam ke-	Rasio (%)	Kumulatif [%]
1	0.550	R <sub>24</sub>	55.032	55.032
2	0.347	R <sub>24</sub>	14.304	69.336
3	0.265	R <sub>24</sub>	10.034	79.370
4	0.218	R <sub>24</sub>	7.988	87.358
5	0.188	R <sub>24</sub>	6.746	94.104
6	0.167	R <sub>24</sub>	5.896	100.000
<b>Jumlah</b>		1.000	100	

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.5. Pola Distribusi Hujan (Mononobe)



Grafik 4.6. Rasio Distribusi Hujan (Mononobe)



#### 4.1.6.2.1. Curah hujan netto jam - jaman

Setelah didapatkan rasio hujan jam – jaman maka kemudian dapat dihitung besarnya curah hujan netto jam – jaman.

Contoh perhitungan kala ulang 25 tahun.

Curah hujan rancangan 25 tahun= 152,440 mm

Koefisien pengaliran = 0,362

Curah hujan netto jam ke 1 (R1) = Curah hujan rancangan x koefisien pengaliran x nisbah  

$$= 152,440 \times 0,362 \times \frac{55,032}{100}$$

$$= 30,368 \text{ mm}$$

Curah hujan efektif =  $\sum$  curah hujan netto  

$$= 48,116 + 12,506 + 8,773 + 6,984 + 5,898 + 5,115$$

$$= 87,432 \text{ mm/hari}$$

Tabel 4.28. Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Dengan Metode Mononobe

No	Jam Ke	Nisbah %	Hujan Jam-Jaman	
			25th	50th
1	1,000	55,032	30,368	33,858
2	2,000	14,304	7,893	8,800
3	3,000	10,034	5,537	6,173
4	4,000	7,988	4,408	4,915
5	5,000	6,746	3,722	4,150
6	6,000	5,896	3,254	3,628
Curah Hujan Rancangan			152,440	169,955
Koefisien pengaliran			0,362	0,362
Hujan Efektif			55,183	61,524

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.7. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Pada kajian ini debit banjir rancangan dihitung dengan menggunakan metode hidrograf sintetis Nakayasu dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

a. Metode Nakayasu adalah metode yang paling umum digunakan untuk menghitung banjir rancangan pada sungai – sungai di Pulau Jawa

b. Dengan menggunakan metode ini maka kita dapat melihat hubungan curah hujan terhadap air larian dalam unit hidrograf

c. Dengan pertimbangan di lokasi daerah studi tidak terdapat stasiun duga tinggi air otomatis atau AWLR (*Automatic Water Level Recorder*), maka perhitungan hidrograf satuan dihitung secara teoritis dengan rumus hidrograf satuan sintetis Nakayasu

Dalam kajian ini, luas DAS yang digunakan pada perhitungan debit banjir rancangan adalah luas DAS pada daerah inlet sungai yang ditinjau saja.



Berikut ini merupakan contoh perhitungan banjir rancangan dengan hidrograf satuan

sinetik metode Nakayasu pada DAS Mujur :

$$\text{Luas DAS } A' = 208,31 \text{ km}^2 \text{ (data BBWS Brantas)}$$

$$\text{Panjang sungai} = 34 \text{ km (data BBWS Brantas)}$$

$$\text{Panjang sungai semua orde} = 125 \text{ km}$$

$$\text{Kerapatan jaringan sungai (D)} = \text{Panjang sungai semua orde} / \text{Luas DAS}$$

$$= 125 : 208,31$$

$$= 0,6$$

$$\text{Baseflow (Q}_b) = 0,475I(A^{0,6444})(D^{0,943})$$

$$= 0,475I(208,31^{0,6444})(0,6^{0,943})$$

$$= 9,157 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 4.29. Karakteristik Sungai

No.	Karakteristik	Nilai
1	Luas DAS (A)	208,31
2	Panjang Sungai Utama (L)	34
3	Parameter (a)	1,818
4	Koef. Pengaliran (K)	0,362
5	Hujan Satuan (Ro)	1,000

Sumber: Hasil Perhitungan

Time lag,  $t_g$  (Sungai dengan panjang alur  $L > 15$  km), didapatkan:

$$T_g = 0,4 + (0,058 \times L)$$

$$= 0,4 + (0,058 \times 16,950)$$

$$= 1,383 \text{ Jam}$$

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

$$= 0,75 \times 1,383$$

$$= 1,037 \text{ Jam}$$

$$T_p = T_g + (0,8 \times T_r)$$

$$= 1,383 + (0,8 \times 1,037)$$

$$= 2,213 \text{ Jam} \sim 3 \text{ jam}$$

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

$$= 3,5 \times 1,383$$

$$= 4,841 \text{ Jam} \sim 4 \text{ jam}$$

$$0,5 \cdot T_{0,3} = 0,5 \times 4,841$$

$$= 2,420 \text{ jam} \sim 2 \text{ jam}$$

$$1,5 \cdot T_{0,3} = 1,5 \times 4,841$$





70

$$= 7,261 \text{ jam} \sim 7 \text{ jam}$$

$$2 \cdot T_{0.3} = 2 \times 4,841$$

$$= 9,682 \text{ jam} \sim 10 \text{ jam}$$

$$Q_p = \frac{AR_o}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})}$$

$$= \frac{79,51 \times 1}{3.6(0.3 \times 2,213 + 4,841)}$$

$$= 4,012 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk lengkung waktu hidrograf Nakayasu dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.30. Waktu Lengkung Hidrograf Nakayasu

Karakteristik	Notasi	Persamaan	Awal	Akhir		
			Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
Lengkung Naik	Qa	$Q_p \cdot (t/T_p)^{2.4}$	0	0	$T_p$	3
Lengkung Turun Tahap 1	Qd1	$Q_p \cdot 0,3^{[(t-T_p)/T_{0.3}]}$	$T_p$	3	$T_p + T_{0.3}$	7
Lengkung Turun Tahap 2	Qd2	$Q_p \cdot 0,3^{[(t-T_p+0,5T_{0.3})/1,5T_{0.3}]}$	$T_p + T_{0.3}$	7	$T_p + T_{0.3} + 1,5T_{0.3}$	14
Lengkung Turun Tahap 3	Qd3	$Q_p \cdot 0,3^{[(t-T_p+1,5T_{0.3})/2T_{0.3}]}$	$T_p + T_{0.3} + 1,5T_{0.3}$	14	~	~

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.31. Ordinat Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

T (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt/mm)	Keterangan
0.00	0.000	
1.00	0.432	
2.00	2.280	Qa
3.00	6.032	
4.00	10.606	Tp
5.00	7.579	
6.00	5.735	
7.00	4.339	Qd1
8.00	3.283	
9.00	2.698	
10.00	2.240	
11.00	1.860	
12.00	1.544	Qd2
13.00	1.282	
14.00	1.065	
15.00	0.884	
16.00	0.784	
17.00	0.682	Qd3

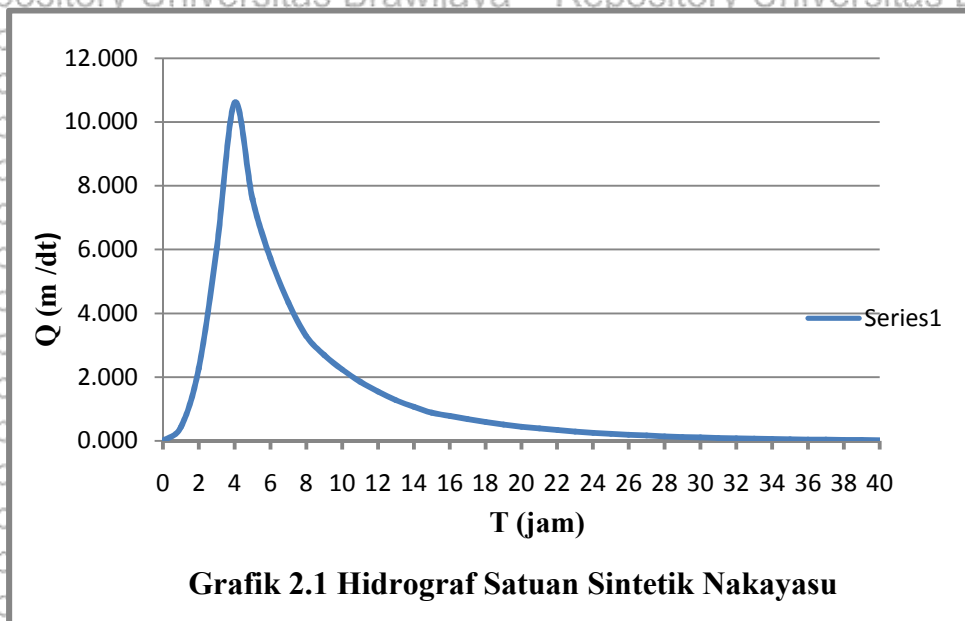




Lanjutan Tabel 4.31. Ordinat Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

T (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt/mm)	Keterangan
18.00	0.593	
19.00	0.516	
20.00	0.449	
21.00	0.390	
22.00	0.340	
23.00	0.295	
24.00	0.257	
25.00	0.223	
26.00	0.194	
27.00	0.169	
28.00	0.147	
29.00	0.128	
30.00	0.111	
31.00	0.097	
32.00	0.084	
33.00	0.073	
34.00	0.064	
35.00	0.055	
36.00	0.048	
37.00	0.042	
38.00	0.036	
39.00	0.032	
40.00	0.028	

Sumber : Hasil perhitungan



Grafik 2.1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Gambar 4.7. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu DAS Mujur



Tabel 4.32. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

No.	Waktu	t/Tp	(t - Tp)	(t-Tp)/T0,3	(t - Tp + 0,5. T0,3)/ 1,5 T0,3	(t - Tp + 1,5. T0,3)/ 2 T0,3	UH	Keterangan
1	0.00	0.00	-3.80	-0.88	-0.25	0.31	0.000	
2	1.00	0.26	-2.80	-0.65	-0.10	0.43	0.432	
3	2.00	0.53	-1.80	-0.42	0.06	0.54	2.280	Qa
4	3.00	0.79	-0.80	-0.18	0.21	0.66	6.032	
5	4.00	1.05	0.20	0.05	0.36	0.77	10.606	Qp
6	5.00	1.32	1.20	0.28	0.52	0.89	7.579	
7	6.00	1.58	2.20	0.51	0.67	1.01	5.735	
8	7.00	1.84	3.20	0.74	0.83	1.12	4.339	Qd 1
9	8.00	2.11	4.20	0.97	0.98	1.24	3.283	
10	9.00	2.37	5.20	1.21	1.14	1.35	2.484	
11	10.00	2.63	6.20	1.44	1.29	1.47	1.879	
12	11.00	2.90	7.20	1.67	1.45	1.58	1.360	
13	12.00	3.16	8.20	1.90	1.60	1.70	1.036	Qd 2
14	13.00	3.43	9.20	2.13	1.75	1.82	0.791	
15	14.00	3.69	10.20	2.36	1.91	1.93	0.606	
16	15.00	3.95	11.20	2.60	2.06	2.05	0.461	
17	16.00	4.22	12.20	2.83	2.22	2.16	0.344	
18	17.00	4.48	13.20	3.06	2.37	2.28	0.256	
19	18.00	4.74	14.20	3.29	2.53	2.40	0.192	
20	19.00	5.01	15.20	3.52	2.68	2.51	0.144	
21	20.00	5.27	16.20	3.75	2.84	2.63	0.108	
22	21.00	5.53	17.20	3.99	2.99	2.74	0.082	
23	22.00	5.80	18.20	4.22	3.14	2.86	0.062	
24	23.00	6.06	19.20	4.45	3.30	2.97	0.048	
25	24.00	6.32	20.20	4.68	3.45	3.09	0.036	
26	25.00	6.59	21.20	4.91	3.61	3.21	0.028	
27	26.00	6.85	22.20	5.14	3.76	3.32	0.021	
28	27.00	7.11	23.20	5.38	3.92	3.44	0.016	
29	28.00	7.38	24.20	5.61	4.07	3.55	0.012	
30	29.00	7.64	25.20	5.84	4.23	3.67	0.009	
31	30.00	7.90	26.20	6.07	4.38	3.79	0.007	
32	31.00	8.17	27.20	6.30	4.53	3.90	0.005	
33	32.00	8.43	28.20	6.53	4.69	4.02	0.004	Qd 3
34	33.00	8.70	29.20	6.77	4.84	4.13	0.003	
35	34.00	8.96	30.20	7.00	5.00	4.25	0.002	
36	35.00	9.22	31.20	7.23	5.15	4.36	0.001	
37	36.00	9.49	32.20	7.46	5.31	4.48	0.001	
38	37.00	9.75	33.20	7.69	5.46	4.60	0.001	
39	38.00	10.01	34.20	7.92	5.62	4.71	0.001	
40	39.00	10.28	35.20	8.15	5.77	4.83	0.001	
41	40.00	10.54	36.20	8.39	5.92	4.94	0.001	
42	41.00	10.80	37.20	8.62	6.08	5.06	0.001	
43	42.00	11.07	38.20	8.85	6.23	5.17	0.001	
44	43.00	11.33	39.20	9.08	6.39	5.29	0.001	
45	44.00	11.59	40.20	9.31	6.54	5.41	0.001	
46	45.00	11.86	41.20	9.54	6.70	5.52	0.001	
47	46.00	12.12	42.20	9.78	6.85	5.64	0.001	
48	47.00	12.38	43.20	10.01	7.01	5.75	0.001	
49	48.00	12.65	44.20	10.24	7.16	5.87	0.001	

Sumber: Hasil perhitungan



Untuk perhitungan analisa penanganan banjir di sungai Mujur digunakan  $Q_{25}$  tahun berdasarkan pada Peraturan Menteri PUPR no 28 tahun 2015, disebutkan bahwa untuk analisa pengendalian banjir di sungai debit yang digunakan adalah antara 20-50 tahun. Dalam studi ini direncanakan menggunakan debit banjir 25 tahun agar bangunan yang dihasilkan tidak terlalu besar.

Tabel 4.33. Perhitungan Hidrograf Debit Banjir Rancangan ( $Q_{25}$ )-Metode Nakayasu

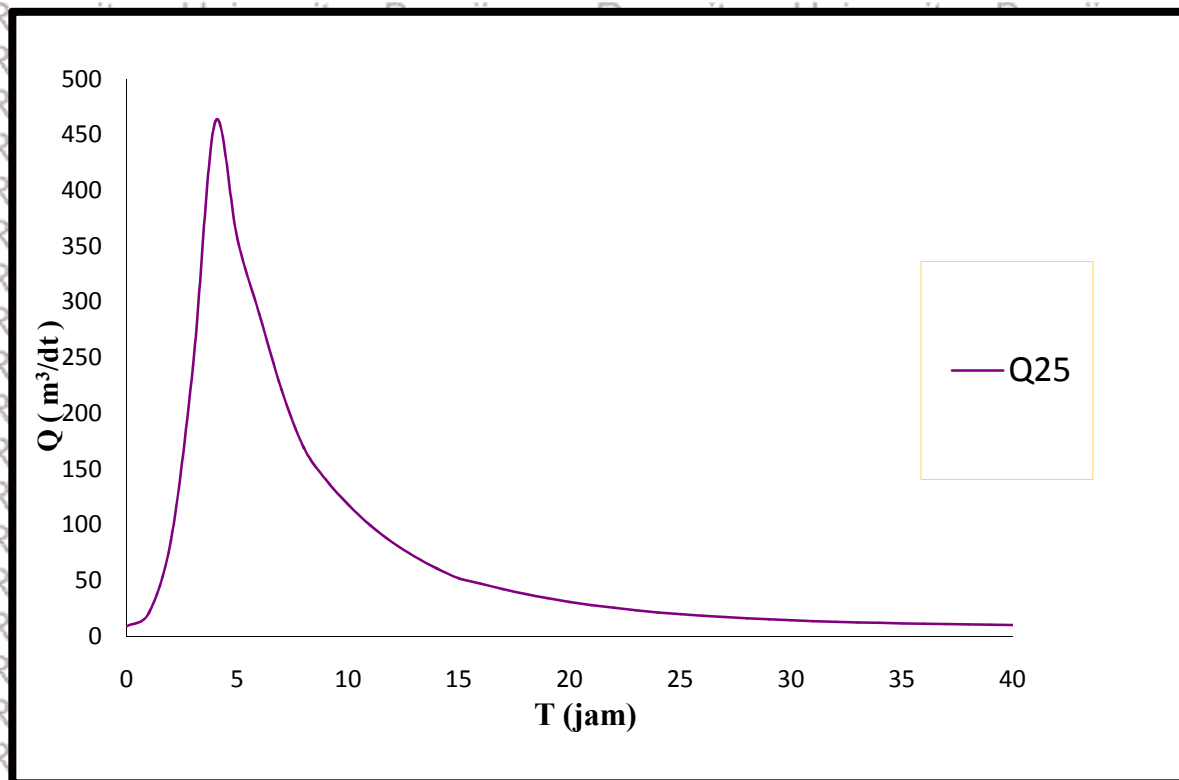
T	U(t,1)	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow	Q
		$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$		
	$m^3/det/mm$	26.861	6.982	4.898	3.899	3.292	2.878	$m^3/det$	$m^3/det$
0.0	0.000							9.157	9.157
1.0	0.432	11.602						9.157	20.759
2.0	2.280	61.234	15.916					9.157	86.308
3.0	6.032	162.037	42.117	29.544				9.157	242.855
4.0	10.606	284.896	74.050	51.945	41.353			9.157	461.401
5.0	7.579	203.592	52.918	37.121	29.552	24.955		9.157	357.295
6.0	5.735	154.043	40.039	28.086	22.360	18.882	16.505	9.157	289.071
7.0	4.339	116.553	30.294	21.251	16.918	14.286	12.488	9.157	220.947
8.0	3.283	88.186	22.922	16.079	12.800	10.809	9.449	9.157	169.403
9.0	2.698	72.464	18.835	13.212	10.518	8.882	7.764	9.157	140.833
10.0	2.240	60.170	15.639	10.971	8.734	7.375	6.447	9.157	118.493
11.0	1.860	49.961	12.986	9.109	7.252	6.124	5.353	9.157	99.942
12.0	1.544	41.484	10.783	7.564	6.022	5.085	4.445	9.157	84.539
13.0	1.282	34.446	8.953	6.280	5.000	4.222	3.691	9.157	71.750
14.0	1.065	28.602	7.434	5.215	4.152	3.506	3.065	9.157	61.130
15.0	0.884	23.749	6.173	4.330	3.447	2.911	2.545	9.157	52.312
16.0	0.784	21.057	5.473	3.839	3.057	2.581	2.256	9.157	47.421
17.0	0.682	18.317	4.761	3.340	2.659	2.245	1.963	9.157	42.441
18.0	0.593	15.933	4.141	2.905	2.313	1.953	1.707	9.157	38.109
19.0	0.516	13.859	3.602	2.527	2.012	1.699	1.485	9.157	34.340
20.0	0.449	12.055	3.133	2.198	1.750	1.478	1.292	9.157	31.062
21.0	0.390	10.486	2.726	1.912	1.522	1.285	1.124	9.157	28.211
22.0	0.340	9.121	2.371	1.663	1.324	1.118	0.977	9.157	25.731
23.0	0.295	7.934	2.062	1.447	1.152	0.972	0.850	9.157	23.574
24.0	0.257	6.901	1.794	1.258	1.002	0.846	0.739	9.157	21.697
25.0	0.223	6.003	1.560	1.095	0.871	0.736	0.643	9.157	20.065
26.0	0.194	5.222	1.357	0.952	0.758	0.640	0.559	9.157	18.645
27.0	0.169	4.542	1.181	0.828	0.659	0.557	0.487	9.157	17.410
28.0	0.147	3.951	1.027	0.720	0.573	0.484	0.423	9.157	16.336
29.0	0.128	3.437	0.893	0.627	0.499	0.421	0.368	9.157	15.402
30.0	0.111	2.989	0.777	0.545	0.434	0.366	0.320	9.157	14.589
31.0	0.097	2.600	0.676	0.474	0.377	0.319	0.279	9.157	13.882



Lanjutan Tabel 4.33. Perhitungan Hidrograf Debit Banjir Rancangan ( $Q_{25}$ ) Metode Nakayasu

T	U(t,1) m <sup>3</sup> /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m <sup>3</sup> /det	Q m <sup>3</sup> /det
		R <sub>1</sub> 26.861	R <sub>2</sub> 6.982	R <sub>3</sub> 4.898	R <sub>4</sub> 3.899	R <sub>5</sub> 3.292	R <sub>6</sub> 2.878		
32.0	0.084	2.262	0.588	0.412	0.328	0.277	0.242	9.157	13.267
33.0	0.073	1.967	0.511	0.359	0.286	0.241	0.211	9.157	12.732
34.0	0.064	1.711	0.445	0.312	0.248	0.210	0.183	9.157	12.267
35.0	0.055	1.489	0.387	0.271	0.216	0.182	0.159	9.157	11.862
36.0	0.048	1.295	0.337	0.236	0.188	0.159	0.139	9.157	11.510
37.0	0.042	1.126	0.293	0.205	0.163	0.138	0.121	9.157	11.204
38.0	0.036	0.980	0.255	0.179	0.142	0.120	0.105	9.157	10.937
39.0	0.032	0.852	0.221	0.155	0.124	0.104	0.091	9.157	10.706
40.0	0.028	0.741	0.193	0.135	0.108	0.091	0.079	9.157	10.504

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.8. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu DAS Mujur Kala Ulang 25 tahun

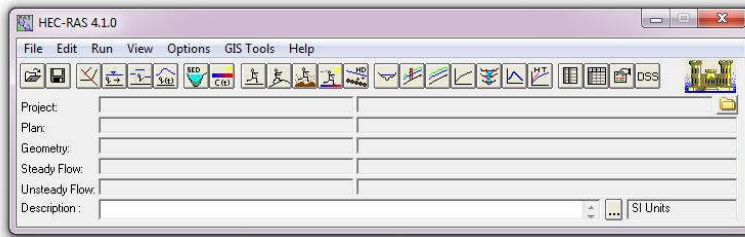
## 4.2. HEC-RAS v.4.1.0

### 4.2.1. Memulai Pekerjaan

Pertama yang harus dilakukan dalam pengerjaan studi ini adalah pembuatan penampang melintang Sungai Ciraja. Langkah-langkah pengerjaan dalam aplikasi HEC-RAS adalah sebagai berikut:

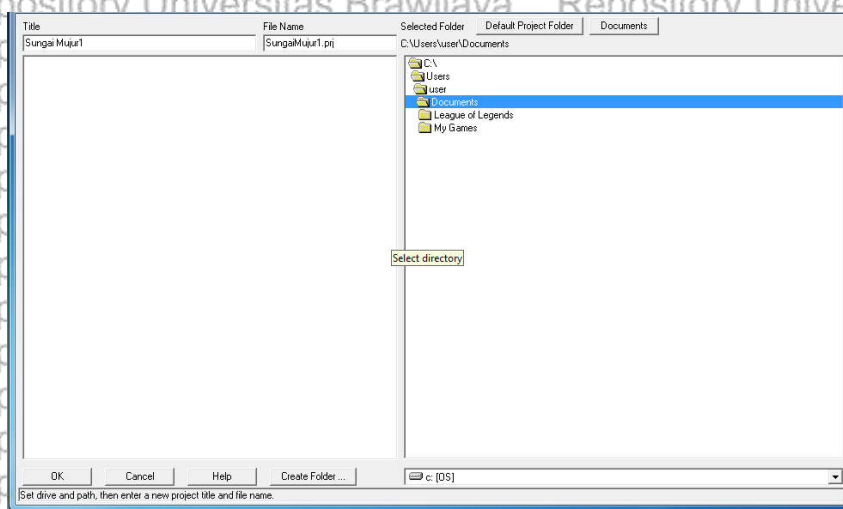
1. Membuka aplikasi HEC-RAS, akan tampil layar pada gambar 4.24.





Gambar 4.9. Tampilan Layar Utama HEC-RAS

- Membuat *project* baru dengan nama “Sungai Mujur” karena data *cross section* adalah menggunakan data melintang Sungai Mujur, dengan cara pilih menu **File-New Project** dan isikan judul dengan nama tersebut, simpan pada *directory* yang diinginkan dan tekan OK.



Gambar 4.10. Layar Tampilan memulai *Project* baru

- Akan muncul penjelasan mengenai satuan yang digunakan dalam penggunaan program, dalam hal ini tetap menggunakan satuan SI / *SI Units*, tekan **OK**.
- Sehingga akan muncul data baru dari tampilan awal HEC-RAS.

#### 4.2.2. Pembuatan Alur Sungai Mujur

Sebelum masuk pada pembuatan alur sungai, berikut adalah deskripsi dari keterangan-keterangan yang ada di HEC-RAS.

Tabel 4.34. Keterangan Pada HEC-RAS

Keterangan	Deskripsi
<i>River</i>	Nama sungai yang dibuat
<i>Reach</i>	Nama bagian sungai yang dibuat
<i>River Sta</i>	Nama <i>Cross Section</i> yang ditinjau
<i>Description</i>	Deskripsi <i>Cross Section</i> yang ditinjau
<i>Cross Section Coordinates</i>	Koordinat penampang melintang sungai
<i>Station</i>	Sumbu X penampang melintang yang ditinjau
<i>Elevation</i>	Sumbu Y penampang melintang yang ditinjau
<i>Downstream Reach</i>	Jarak <i>Reach</i> dengan penampang melintang

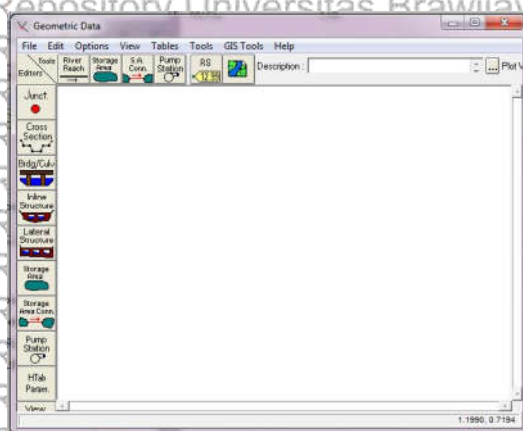


Lanjutan Tabel 4.34. Keterangan Pada HEC-RAS

Keterangan	Deskripsi
<i>Lengths:</i>	selanjutnya pada bagian hilir sungai
<i>LOB (Left Over Bank)</i>	Jarak antar bantaran kiri sungai
<i>Channel</i>	Jarak antar dasar sungai
<i>ROB (Right Over Bank)</i>	Jarak antar bantaran kanan sungai
<i>Manning's Value:</i>	Nilai koefisien Manning pada bagian sungai
<i>LOB (Left Over Bank)</i>	Bagian bantaran kiri sungai
<i>Channel</i>	Bagian dasar sungai
<i>ROB (Right Over Bank)</i>	Bagian bantaran kanan sungai
<i>Main Channel Bank</i>	Titik batas antara LOB dengan <i>Channel</i> serta ROB
<i>Stations</i>	dengan <i>Channel</i>
<i>Left Bank</i>	Batas bagian kiri bantaran sungai
<i>Right Bank</i>	Batas bagian kanan bantaran sungai
<i>Cont Exp Coefficient</i> (Steady Flow)	Nilai koefisien kontraksi/ekspansi pada aliran tetap sungai
<i>Contraction</i>	Nilai kontraksi
<i>Expansion</i>	Nilai ekspansi

Langkah selanjutnya pada pembuatan alur Sungai Mujur mulai dari patok A29 adalah sebagai berikut:

1. Untuk membuat data geometri baru pada layar utama HEC-RAS pilih **Edit-Geometric Data** maka akan muncul layar seperti padagambar 4.28.

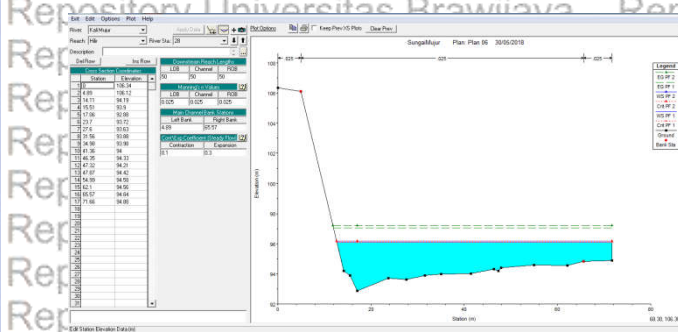


Gambar 4.11. Layar Geometric Data

2. Untuk membuat sungai baru, dalam hal ini disebut *river* maka pilih menu **River Reach** nomor 2 dari kiri untuk toolbar di sisi atas di bawah menu toolbar. Untuk menggambar alur Sungai Ciraja pilih menu **River Reach**, *icon* pensil akan muncul, dan dilakukan penggambaran sket Sungai Ciraja dengan meng-klik titik pada hulu menuju ke hilir sesuai dengan kondisi alur sungai. Penggambaran sket dilakukan dari hulu ke hilir untuk mendapatkan arah aliran air dari hulu menuju ke hilir. Penggambaran akan direpresentasikan seperti pada gambar 4.29. Untuk penamaan *River* adalah “Sungai Mujur” dan *Reach* adalah Hilir”.
3. Untuk memasukkan data potongan melintang Sungai Ciraja adalah dengan menekan



**Icon Cross Section** pada pilihan menu bagian kiri nomor 2 dari atas. Maka akan muncul kotak dialog seperti pada gambar 4.30.



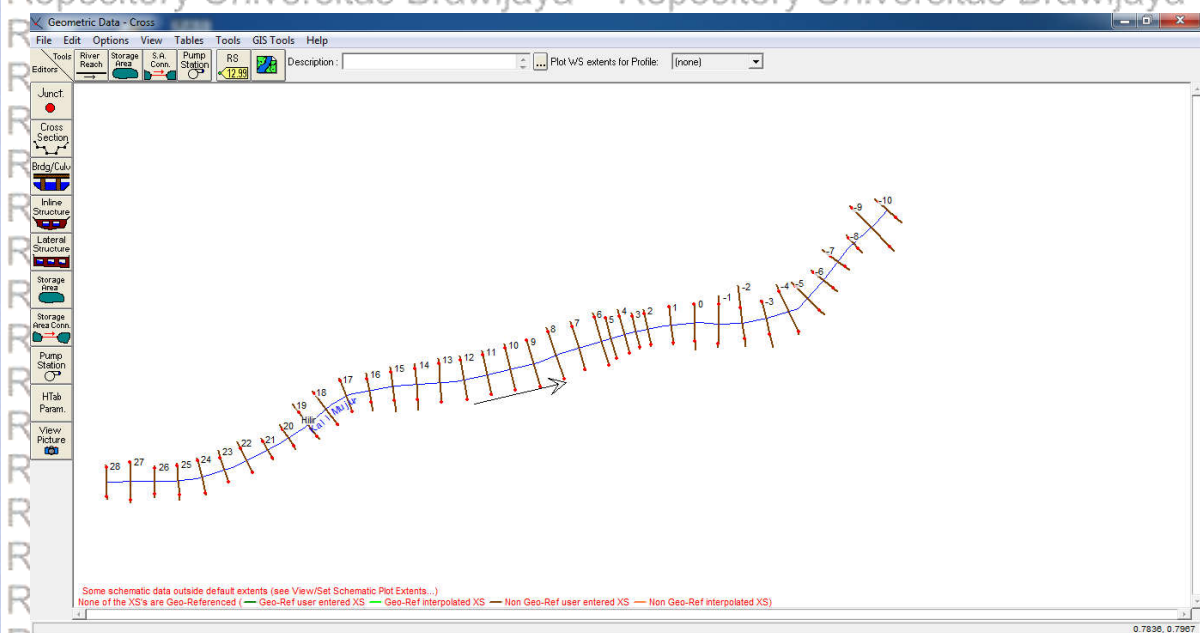
Gambar 4.12. Layar Tampilan *Cross Section*

4. Pada layar *Cross Section Data* untuk memasukkan *reach* pertama adalah dengan memilih menu **Open-Add a new Cross Section**. Maka akan muncul pemilihan nama untuk penampang melintang tersebut. Penamaan setiap penampang melintang pada HEC-RAS disebut dengan *River Sta*. Sehingga penamaan diisi dengan 29<sup>o</sup> untuk menunjukkan potongan melintang pertama pada Sungai Mujur.

5. Pengisian data geometri dilakukan dari **Hilir ke Hulu** tetapi untuk penamaannya dapat menggunakan nama sembarang. Sebagai contoh dilakukan pengisian data geometri untuk 29. Pada contoh pengisian data penampang melintang di P0 / *river sta* 0, downstream reach lengths diisi dengan "0" dikarenakan P0 merupakan hilir sungai Ciraja sehingga jarak antar *river sta* adalah 0 m. Dikarenakan lapisan dasar sungai adalah tanah maka *Manning's Value* pada bagian LOB, Channel, dan ROB diisi 0.025. Pada kolom *Main Channel Bank Stations*, *Left Bank* diisi dengan 50.9 dikarenakan bantaran kiri sungai berakhir pada koordinat sumbu X 4,89 m dan *Right Bank* diisi dengan 65,57 dikarenakan bantaran kanan sungai berakhir pada koordinat 86.96 m. Untuk koefisien kontraksi dan ekspansi dibiarkan sesuai *default* HEC-RAS. Setelah selesai mengisi semua data tekan **Apply Data**, maka tampilan sket potongan melintang pada *river sta* 1 akan ditampilkan seperti pada gambar.

6. Setelah pengisian penampang melintang seluruh patok selesai maka hasil dari seluruh *input* data potongan melintang Sungai Mujur terlihat pada gambar 4.33.





Gambar 4.13. Hasil Potongan Melintang Sungai Mujur

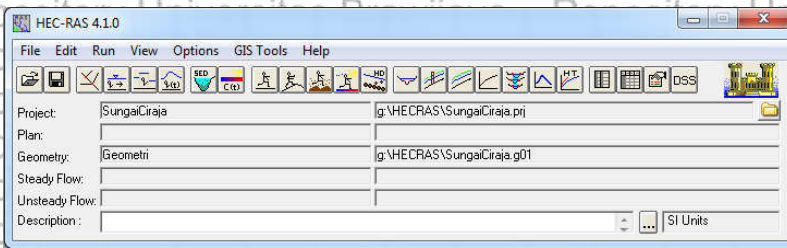
7. Selain potongan melintang, potongan memanjang dari Sungai Ciraja dapat dilihat dengan cara klik **View–Water Surface Profile**, seperti ditampilkan pada gambar
8. Kemudian simpan geometri data yang sudah dibuat dengan cara memilih menu **File–Save Geometry Data**. Isikan judul dengan “geometri” dan pilih *directory data* untuk menyimpan data geometri. Pastikan lokasi *directory* hasil geometri data sama dengan lokasi penyimpanan *project* (.prj) pada awal pembuatan *project* HEC-RAS kemudian tekan **OK**. Layar penyimpanan akan seperti pada gambar 4.35. Format data geometri yang telah dibuat adalah berekstensi (.g\*). Tanda “\*” berarti nomor geometri yang telah dibuat. Dalam hal ini nomor geometri adalah 1 karena data geometri yang digunakan hanya berasal dari 1 sumber data.



Gambar 4.14. Tampilan Layar Penyimpanan Geometry Data

9. Setelah data geometri disimpan, pada kolom geometry di layar utama HEC-RAS akan tertera data geometri yang telah dibuat seperti pada gambar 4.36.



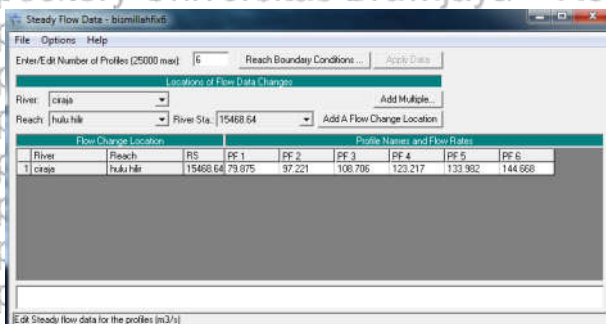


Gambar 4.15. Tampilan Layar Geometry Data Telah Tersimpan

#### 4.2.3. Pengisian Data Debit Sungai Mujur

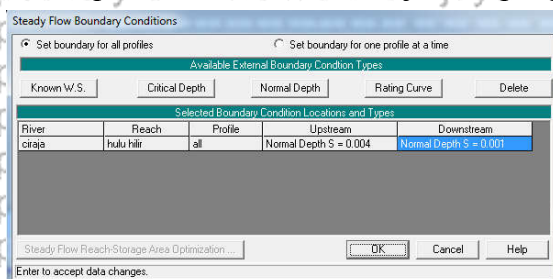
Untuk pengisian data debit dilakukan menggunakan data debit hasil perhitungan Gumbel yaitu menggunakan  $Q_{25}$ , dan  $Q_{50}$ . Langkah-langkah untuk memasukkan data debit adalah sebagai berikut:

1. Pilih **Edit – Steady Flow Data**
2. Pada isian **Enter/Edit Number of Profiles** diisi angka 3 untuk menandakan pemakaian jumlah debit, maka akan muncul PF 1, PF 2, PF 3, PF 4, PF 5, dan PF 6 pada kolom **Profile Names and Flow Rates**.
3. Pada PF 1 diisi nilai debit  $Q_{25}$ , PF 2 untuk  $Q_{50}$ , maka gambar 4.43. menunjukkan pengisian data debit.



Gambar 4.16. Pengisian Nilai Debit pada Steady Flow Data

4. Pada batas kondisi aliran *Steady Flow*, di studi ini menggunakan *normal depth* atau *slope*. Gambar 4.44. menunjukkan pengisian data pada **Reach Boundary Conditions**.



Gambar 4.17. Pengisian Data pada Reach Boundary Condition

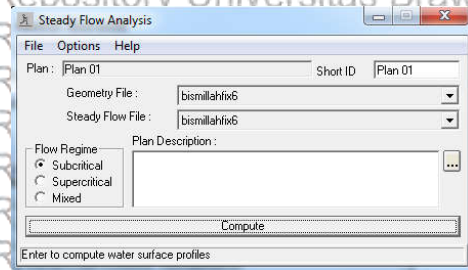
5. Setelah pengisian data debit selesai, tutup jendela. Dan ketika menuju jendela *SteadyFlow Data*, klik **Apply Data**.
6. Kemudian simpan hasil pengisian data debit dengan cara klik **File–SaveFlow Data**.



#### 4.2.4. Analisis Hidrolika Sungai Mujur dengan Program HEC-RAS

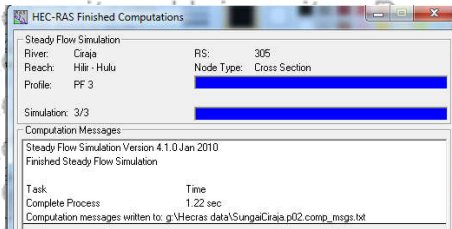
Langkah-langkah untuk melakukan analisa hidraulik adalah sebagai berikut:

1. Klik tombol **Run–Steady Flow Analysis**.
2. Pada kolom **Flow Regime** pilih **Subcritical** seperti pada gambar 4.45.



Gambar 4.18. Pilihan Flow Regime pada Steady Flow Analysis

3. Maka hasil komputasi akan terlihat seperti gambar 4.46.

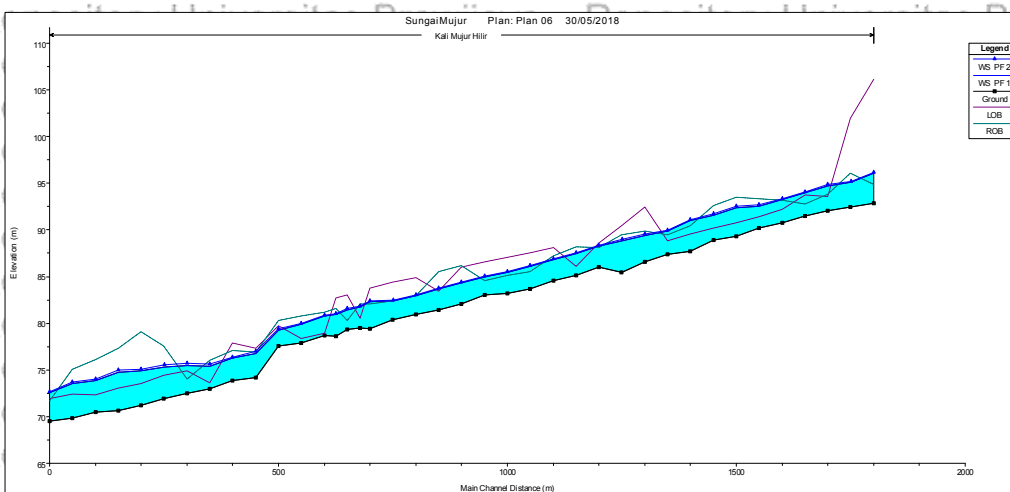


Gambar 4.19. Layar Komputasi Steady Flow Analysis

4. Jika komputasi sudah berhasil, klik *Close* dan simpan hasil komputasi dengan **File–Save Plan**.

##### 4.2.4.1. Hasil Potongan Memanjang Sungai Mujur

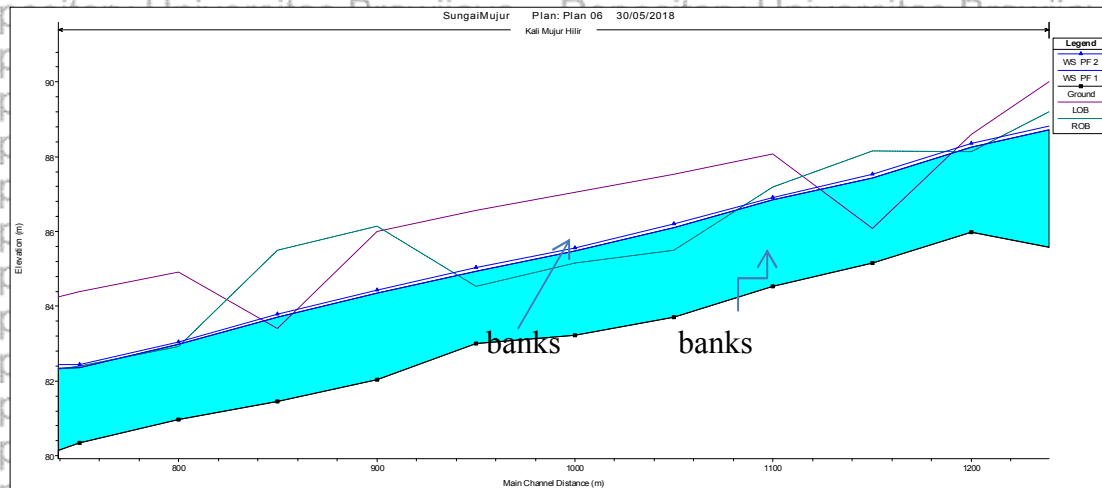
Pada hasil analisa dapat ditampilkan hasil analisa berupa *long section* Sungai Ciraja setelah *running*. Berikut adalah hasil analisa potongan memanjang hitungan hidraulik dengan debit  $Q_{25}$ , dan  $Q_{50}$ .



Gambar 4.20. Hasil Analisis Potongan Memanjang Sungai Mujur Menggunakan  $Q_{25}$

Untuk memperjelas presentasi, maka akan ditampilkan perbesaran dari potongan memanjang Sungai Mujur pada beberapa patok.



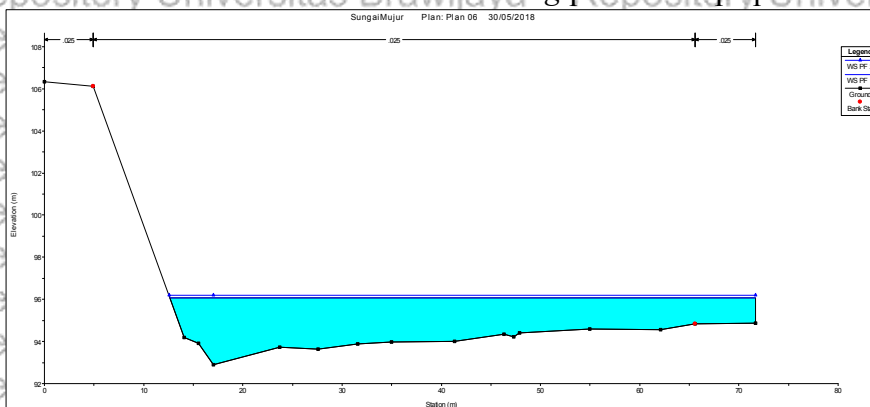


Gambar 4.21. Hasil Analisis Potongan Memanjang Sungai Mujur Menggunakan  $Q_{25}$

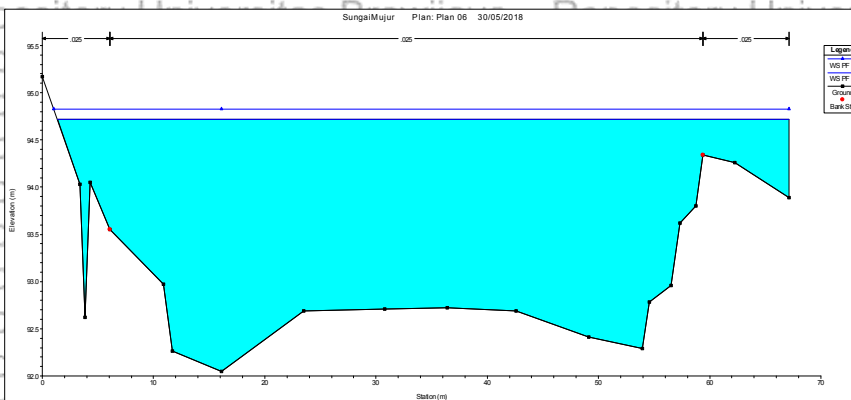
Pada potongan memanjang di atas, bisa kita lihat bahwa di sebagian besar ruas sungai, tinggi air melebihi tinggi bantaran sungai atau *banks* yang ditandai dengan arah panah. Oleh karena itu diperlukan tindakan pengendalian banjir pada sebagian besar patok.

**4.2.4.2. Hasil Potongan Melintang Sungai Mujur**

Dari hasil analisis menggunakan beberapa nilai debit, maka HEC-RAS dapat menampilkan hasil hitungan hidraulik dengan cara **View – Cross Section**. Berikut adalah hasil analisis *cross section* setelah *running* pada beberapa patok dengan debit  $Q_{25}$

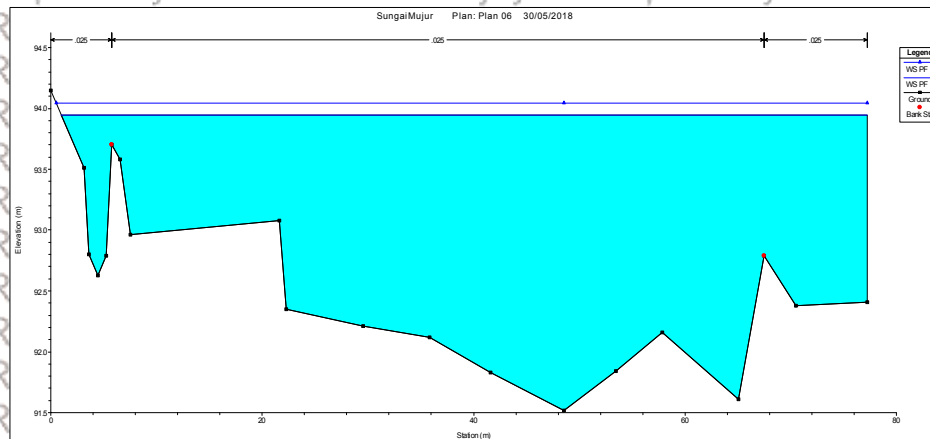


Gambar 4.22. Hasil Analisis Potongan Melintang Patok A28 Sungai Mujur



Gambar 4.23. Hasil Analisis Potongan Melintang Patok A26 Sungai Mujur





Gambar 4.24. Hasil Analisis Potongan Melintang Patok A25 Sungai Mujur

Pada potongan melintang di atas, bisa kita lihat bahwa air meluap melebihi salah satu tinggi bantaran sungai yaitu di sebelah kiri maupun kanan. Oleh karena itu diperlukan tindakan pengendalian banjir. Berikut adalah rekapitulasi titik-titik patok yang meluber/banjir,

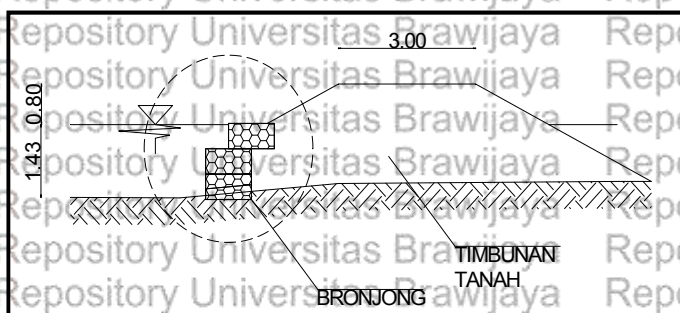
Tabel 4.35. Rekapitulasi Titik yang Mengalami Banjir Pada Q banjir

Tanggul	Titik Patok
Tanggul Kanan	A28, A27, A26, A21, A20, A14, A13, A12, A6, A5,
Tanggul Kiri	A27, A26, A25, A24, A23, A22, A21, A20, A16, A6,

### 4.3. Tindakan Pengendalian Banjir Sungai Mujur

Dari hasil analisa yang dilakukan dapat dilihat bahwa beberapa daerah di sepanjang alur sungai mujur terjadi luapan yang merupakan daerah rawan banjir. Dalam studi ini analisa penanganan dilakukan untuk mengatasi banjir dan juga sebagai pengaman pada banjir pada kala ulang 25 tahun, untuk itu perlu dilakukan normalisasi dan pembuatan tanggul untuk mengatasi banjir yang lebih tinggi.

Tanggul sungai direncanakan dengan kemiringan tanggul 1:2 dengan tinggi jagaan adalah 0,8 m. Dikarenakan rencana pembuatan tanggul berupa timbunan tanah, sebagai perkuatan dari tanggul dibangun pula struktur bronjong pada tanggul. Untuk rencana tanggul dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.25. Detail Tanggul dengan Perkuatan Bronjong

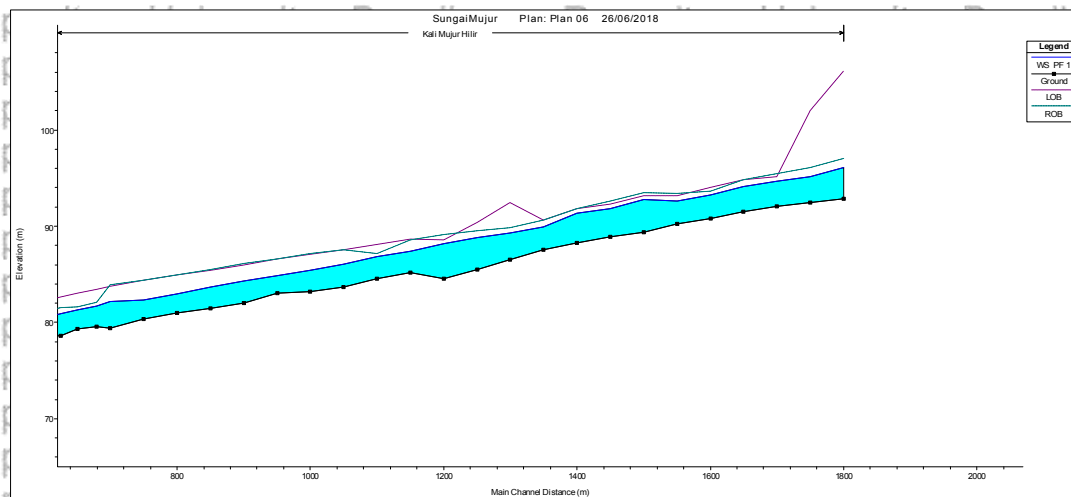


Dengan Detail Bronjong Sebagai berikut:

Tabel 4.36. Detail Bahan Bronjong

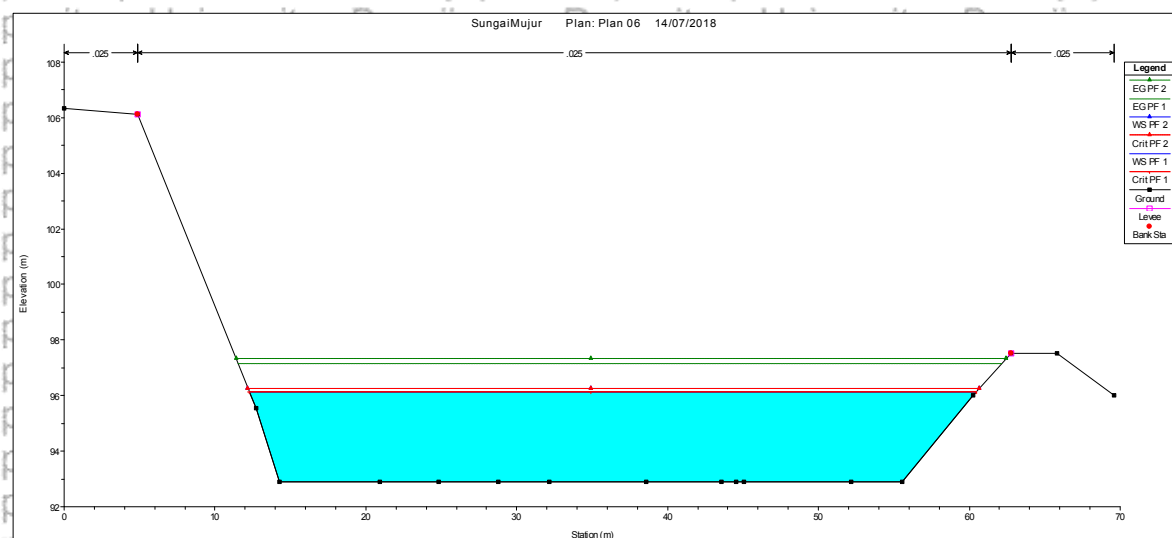
Parameter	Satuan	Nilai
Ø batu kali	cm	15-30
Bentuk bronjong (I)	m <sup>3</sup>	2 x 1 x 0,5
γ batu kali	kN/m <sup>3</sup>	25
γsat batu kali	kN/m <sup>3</sup>	25,672

Setelah dilakukan rencana penanganan banjir berupa normalisasi dan tanggul pada sungai Mujur, selanjutnya adalah dilakukan *running*/analisa pada program HEC-RAS, dengan debit banjir pada kala ulang 25 tahun. Berikut adalah hasil analisa pad program HEC-RAS.



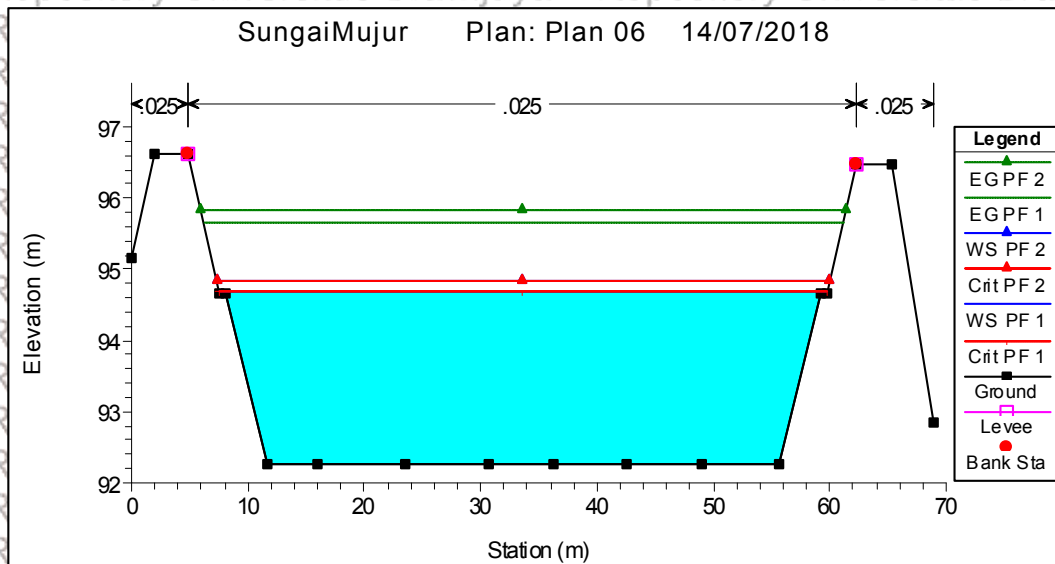
Gambar 4.26. Kondisi Sungai Mujur setelah Adanya Tanggul

Berikut adalah penampang melintang kondisi sungai setelah adanya penanganan menggunakan tanggul

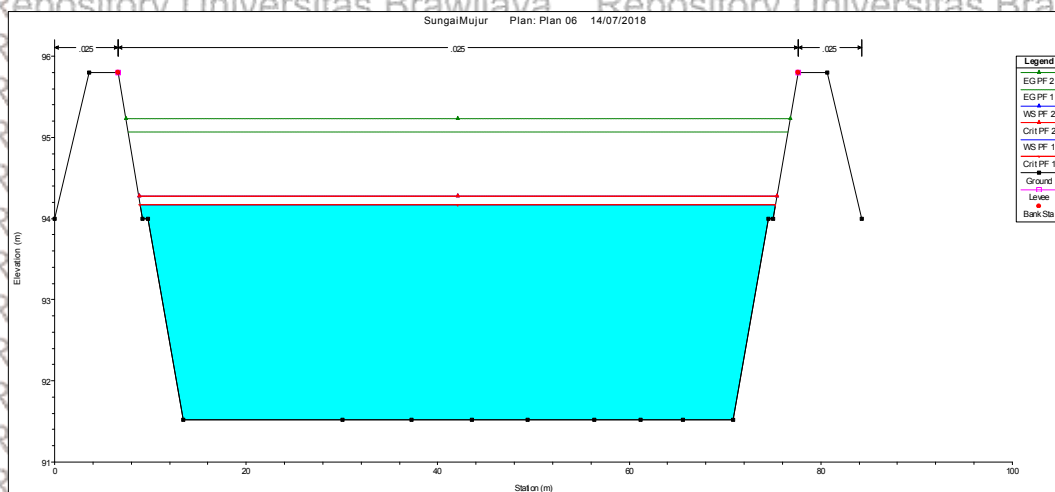


Gambar 4.27. Patok A28 setelah Adanya Tanggul





Gambar 4.28. Patok A26 setelah Adanya Tanggul



Gambar 4.29. Patok A25 setelah Adanya Tanggul

Dapat dilihat dari analisa yang telah dilakukan, penanganan banjir pada sungai Mujur menggunakan tanggul dapat dinyatakan berhasil dikarenakan sudah tidak terjadi luapan setelah adanya bangunan tanggul. Untuk selanjutnya dapat dilakukan analisa stabilitas tanggul untuk mengetahui apakah tanggul yang direncanakan sudah aman terhadap kelongsoran.

#### 4.4. Stabilitas Tanggul Sungai Mujur

Pada analisa stabilitas bangunan prosedur yang dilakukan adalah melakukan analisa garis formasi depresi, yang bertujuan melihat bagaimana nantinya air yang merembes pada tubuh tanggul. Dilanjutkan dengan melakukan analisa kestabilan tanggul menggunakan metode irisan *Fellenius* agar dapat dilihat apakah tanggul yang direncanakan sudah aman atau tidak aman.



Pada analisa penanganan banjir pada subbab sebelumnya dapat dilihat bahwa dimensi tanggul memiliki ukuran yang berbeda, namun tidak terlalu berbeda jauh. Hal ini bisa terjadi dikarenakan melihat perbedaan profil sungai di setiap patok. Dari uraian ini dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat 2 macam dimensi tanggul, selanjutnya untuk perhitungan stabilitas tanggul diambil 2 titik patok sebagai contoh, perhitungan untuk kemaman tanggul, yakni tanggul pada patok A28 dan patok A26. Berikut adalah data- data yang digunakan dalam nalisa stabilitas bangunan.

#### 4.4.1. Analisa Stabilitas Metode Potongan *Fellenius*

Analisa dilakukan dengan menggunakan metode irisan bidang luncur bundar *Fellenius*, dengan data tanah sebagai berikut:

Tanah yang digunakan dari lokasi sekitar adalah pasir berlanau berlempung cokelat dengan atribut sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Tanah } (\gamma) = 16,887 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Berat Jenis Jenuh } (\gamma_{\text{sat}}) = 19,603 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Sudut Geser } (\phi) = 29,67^\circ$$

$$\text{Angka Kohesi } (C) = 0,45$$

$$\text{Berat Jenis Batu } (\gamma) = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Berat Jenuh Batu } (\gamma_{\text{sat}}) = 25,672 \text{ kN/m}^3$$

Dan berikut merupakan contoh perhitungan stabilitas menggunakan metode *Fellenius*:

1. Menentukan jari-jari lingkaran bidang longsor, sehingga tepi bagian lingkaran mengenai ujung pondasi bangunan. Pada penggambaran yang dilakukan didapatkan

$$R = 6,12 \text{ m}$$

2. Membagi bidang longsor menjadi beberapa bagi menjadi bagian yang sama lebar.

Untuk pias 1 didapatkan bahwa,

$$A = 0,84 \text{ m}^2$$

$$W = A \cdot \gamma = 0,84 \times 16,887$$

$$= 4,388 \text{ kN/m}$$

3. Menentukan sudut yang dibentuk oleh jari-jari bidang longsor ( $\alpha$ ) dengan arah gaya

berat masing masing pias. Untuk pias 1 didapatkan bahwa  $\alpha = -25,63^\circ$

4. Menghitung momen yang menyebabkan geser pada bidang longsor tanggul, untuk pias 1 perhitungan sebagai berikut,

$$T = W \cdot \sin \alpha$$

$$= 4,388 \times \sin -25,36^\circ$$



$$= -1,898$$

5. Menghitung momen yang menahan bidang longsor pada tanggul untuk pias 1 perhitungan sebagai berikut,

$$N' = N \cdot \tan \phi$$

$$N = W \cdot \cos \alpha = 4,388 \times \cos 25,36^\circ \\ = 3,956 \text{ kN/m}$$

$\tan \phi$  adalah tangen sudut geser dalam tergantung dari jenis bahan timbunan,  $\phi = 29,67^\circ$ .

$$N' = 3,956 \times \tan 29,67^\circ \\ = 2,013 \text{ kN/m}$$

6. Menghitung angka kohesi pada tiap-tiap pias, pada pias 1 perhitungannya adalah sebagai berikut;

$C = 0,45 \text{ ton/m}^2$ , sedangkan  $b$  adalah lebar masing-masing pias.

$$C' = C \cdot l$$

$$= C \cdot \frac{b}{\cos \alpha} \\ = 0,45 \times \frac{0,69}{\cos (-25,36^\circ)} \\ = 0,344 \text{ ton/m}$$

7. Perhitungan di atas diulang sampai semua pias yang membentuk bidang longsor dihitug, selanjutnya mencari nilai faktor keamanan ( $SF$ ), jika  $W \cos \alpha = N$  dan  $W \sin \alpha = T$ , maka ;

$$SF = \frac{\sum \{C \cdot l + (N - U - N_e) \cdot \tan \phi\}}{\sum T}$$

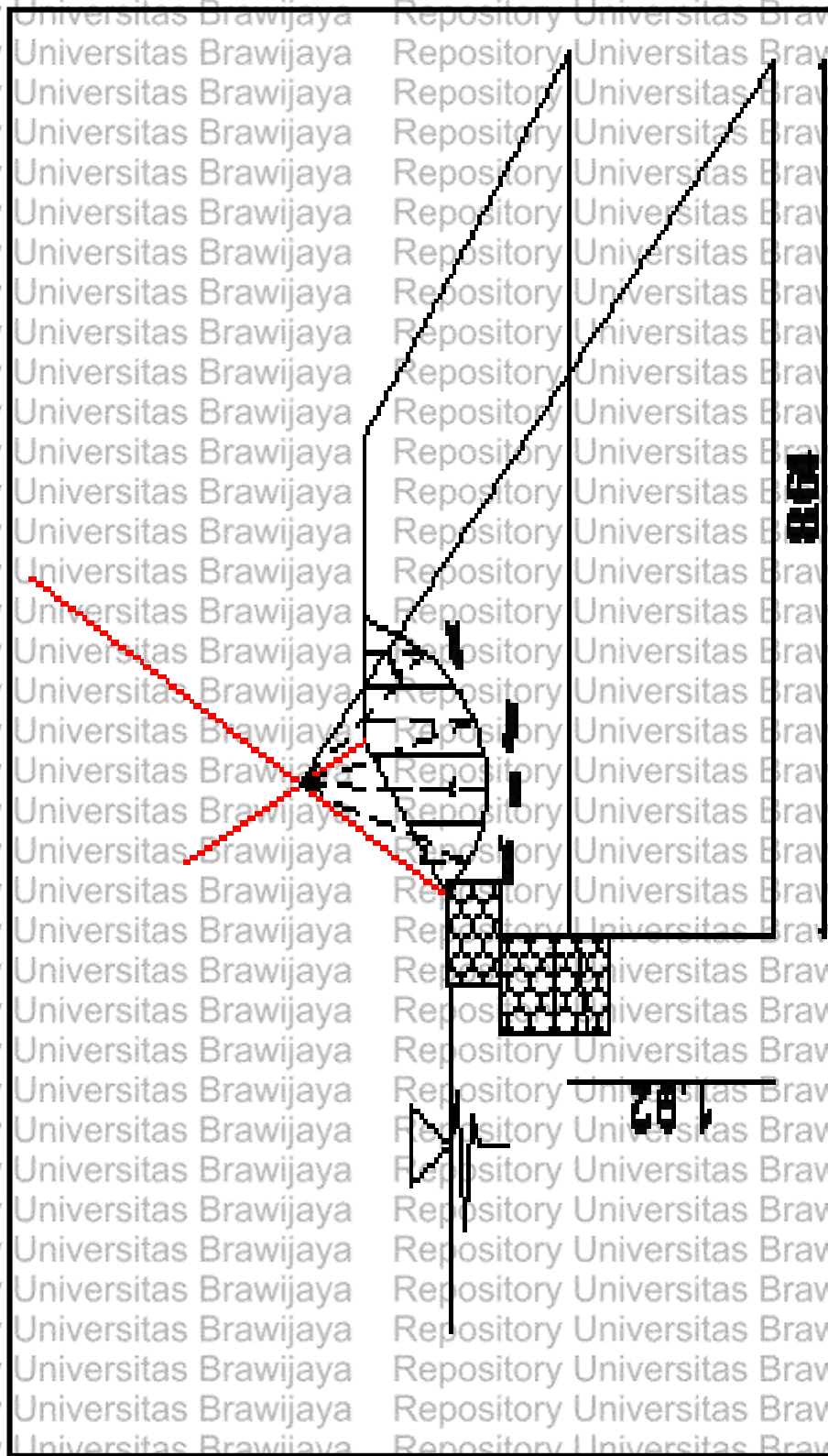
Nilai  $U$  muncul ketika tanggul menampung air pada kondisi banjir, nilai  $N_e$  dan  $T_e$  muncul ketika kondisi gempa. Pada Perhitungan ini kondisinya adalah kosong dan normal, sehingga;

$$SF = \frac{\sum \{C \cdot l + N \cdot \tan \phi\}}{\sum T} \\ = \frac{16,39}{6,189} \\ = 2,898$$

Selengkapnya perhitungan stabilitas dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut ini.







Gambar 4.30. Penggambaran Lingkaran Bidang Longsor





Tabel 4.37 Tabel Perhitungan Stabilitas Kondisi Kosong patok A28

No	Zona	Luas(m <sup>2</sup> )	$\gamma_d(t/m^3)$	$W_d(t/m)$	$\alpha(^{\circ})$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	T	N	tan	N'	C	b	C'	C'+N x tan	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	
1	Timbunan Tanah	0.260	16.877	4.388	-25.63	-0.433	0.902	-1.898	3.956	0.509	2.013	0.45	0.69	0.344	2.357	
2	Timbunan Tanah	0.612	16.877	10.329	-1.65	-0.029	1.000	-0.297	10.325	0.509	5.254	0.45	0.69	0.311	5.564	
3	Timbunan Tanah	0.679	16.877	11.460	20.9	0.357	0.934	4.088	10.706	0.509	5.448	0.45	0.69	0.332	5.780	
4	Timbunan Tanah	0.343	16.877	5.789	47.92	0.742	0.670	4.297	3.880	0.509	1.974	0.45	0.69	0.463	2.437	
Jumlah								6.189								16.139

Sumber : Hasil Perhitungan

Angka SF = 2,607

Keterangan:

1. Nomor irisan bidang longsor 9. [5] . [7]
2. Jenis material tiap pias (data) 10. [5] . [8]
3. Luas tiap pias (data) 11. Tan sudut geser dalam
4. Berat isit tanah jenuh menurut zona (data) 12. [10] . [11]
5. [3] . [4] 13. Angka kohesi (data)
6. Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran ke pias (data) 14. Lebar tiap pias (data)
7. Sin [6] 15. [13] . {[14]/[8]}
8. Cos[6] 16. [15] + [10] . [11]



Tabel 4.38. Tabel Perhitungan Stabilitas Kondisi Banjir patok A28

No	Zona	Atot	ysat	Wtot	$\alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	T	N	hw	U	$\tan$	(N-u) Tan	l	C'	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
1	Timbunan Tanah	0.260	19.604	5.097	-25.630	-0.433	0.902	-2.205	4.596	1.12	0.857	0.608	2.273	0.765	0.344	2.617
2	Timbunan Tanah	0.612	19.604	11.998	-1.650	-0.029	1.000	-0.345	11.993	1.12	0.773	0.608	6.822	0.690	0.311	7.132
3	Timbunan Tanah	0.679	19.604	13.311	20.900	0.357	0.934	4.749	12.435	1.12	0.827	0.608	7.058	0.739	0.332	7.390
4	Timbunan Tanah	0.343	19.604	6.724	47.920	0.742	0.670	4.991	4.506	1.12	1.153	0.608	2.039	1.030	0.463	2.502
Jumlah								7.189					18.191		1.451	19.642

Sumber : Hasil Perhitungan

Angka SF = 2,732

Keterangan :

1. Nomor irisan bidang longsor (data) 9. [5] - [7]
2. Jenis material tiap pias (data) 10. [5] - [8]
3. Luas tiap pias (data) 11. Tinggi Muka Air Banjir
4. Berat isi tanah jenuh menurut zona (data) 12. Tekanan Uplift ( $\gamma_w \cdot [11] \cdot [15]$ )
5. [4] · [3] 13. Tangen sudut geser dalam
6. Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran ke pias (data) 14.  $\{[10]-[12]\} \cdot [13]$
7. Sin [6] 15.  $b/[13]$
8. Cos[6] 16. C [15]



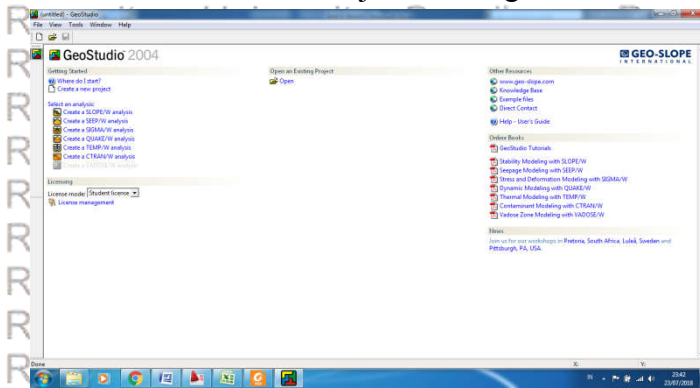
Angka keamanan (SF) dihitung hanya pada kondisi kosong dan kondisi banjir, hal ini dikarenakan pada kondisi harian muka air sangat kecil (hasil pengamatan lapangan) dan hasil analisa dari program HEC-RAS hanya menghasilkan muka air banjir pada kala ulang 25 tahun.

Dilihat dari hasil perhitungan di atas, untuk angka keamanan dapat disimpulkan bahwa angka kemaan masih diatas angka keamanan minimal yakni 1,25.

#### 4.4.2. Analisa Stabilitas Menggunakan program *Geo-Slope*

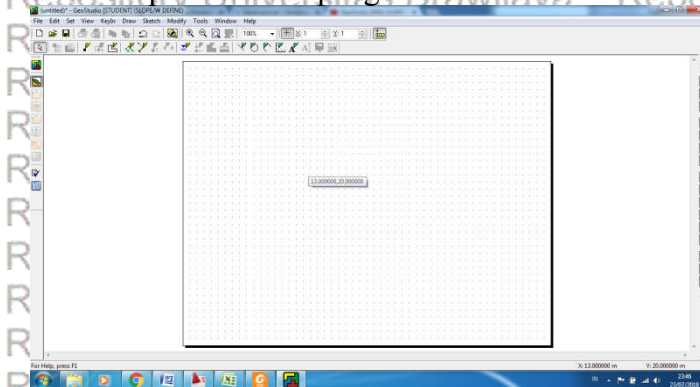
Analisa selanjutnya adalah penggunaan program *Geo-Slope* untuk mengetahui bagaimana kondisi tanggul, dikarenakan perhitungan stabilitas hanya dengan satu analisa belum dapat dipastikan keakuratannya. Program *Geo-Slope* yang digunakan adalah salah satu analisa pada aplikasi *Geo-Studio* 2004. Berikut adalah langkah pengerjaan dan hasil dari analisa program *Geo-Slope*:

1. Memulai lembar kerja baru dengan memilih *SLOPE/W analysis*.



Gambar 4.31. Memulai Lembar Kerja Baru

2. Melakukan pengaturan untuk halaman, *grid*, skala dan satuan, berikut adalah tampilan setelah pengaturan tersebut.

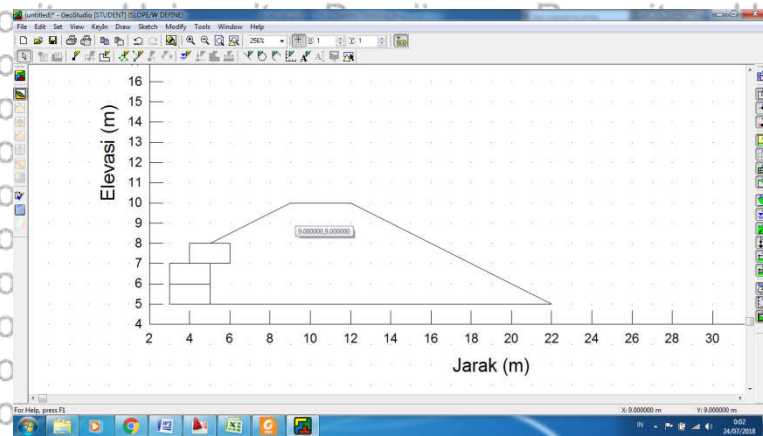


Gambar 4.32. Lembar Kerja Baru

3. Melakukan penggambaran koordinat untuk melakukan penggambaran bidang yang akan dianalisa.

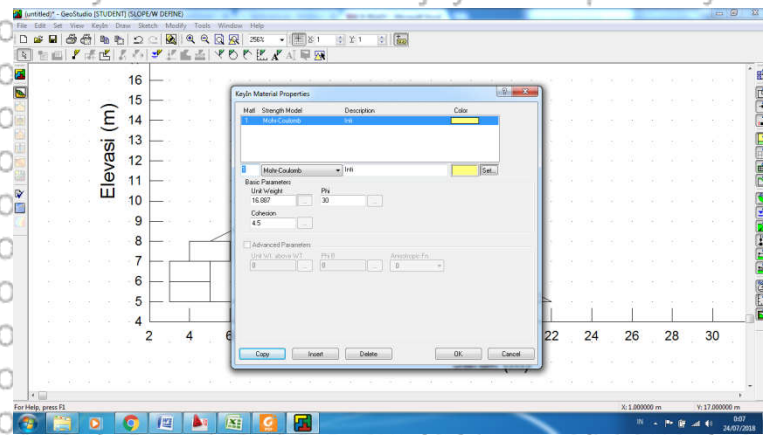


4. Melakukan penggambaran bidang yang akan dianalisa



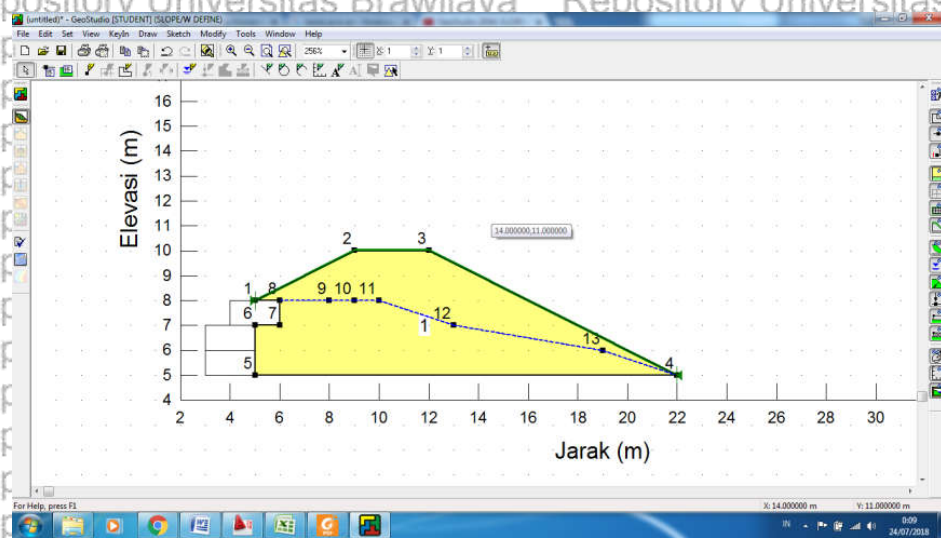
Gambar 4.33. Penggambaran Bidang Analisa

5. Memasukkan data atribut material yang digunakan.



Gambar 4.34. Pengisian atribut material

6. Memasukkan data atribut yang telah diisi kedalam bidang yang dianalisa.

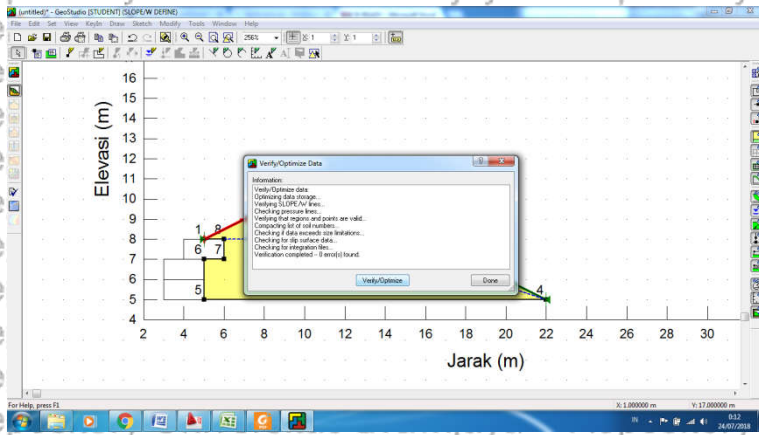


Gambar 4.35. Pengisian Material ke dalam Bidang

7. Melakukan verifikasi/optimasi.

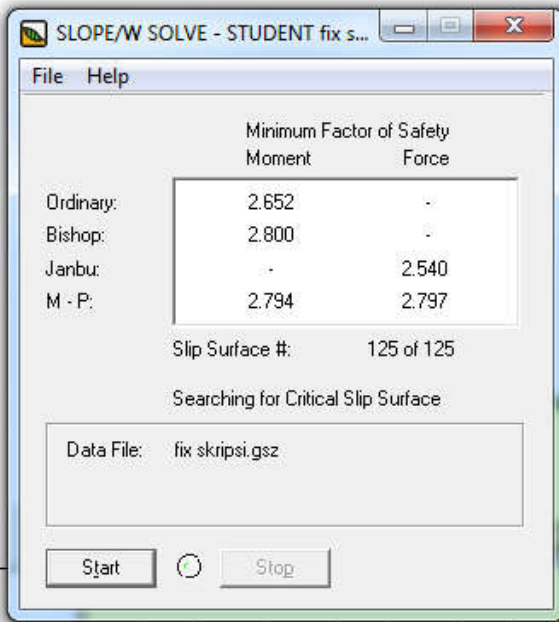






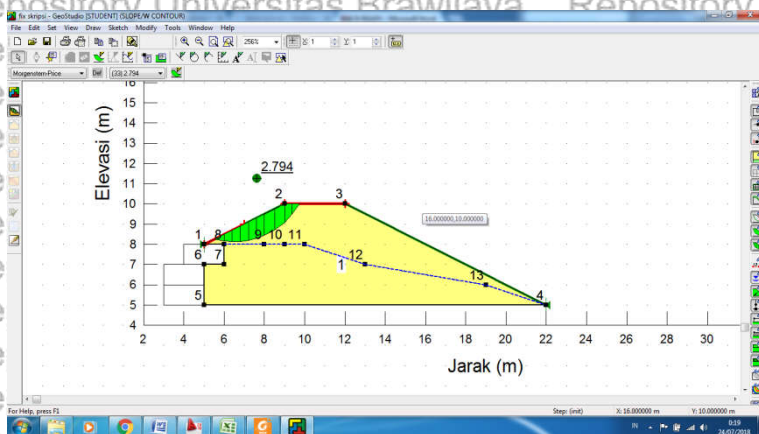
Gambar 4.36. Proses *verify/optimize*

8. Hasil angka kemandan pada beberapa metode.



Gambar 4.37. Angka Keamanan beberapa metode

9. Tampilan Hasil analisa dari program Geo-Slope



Gambar 4.38. Hasil Akhir Analisa















## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan beberapa hal, sebagai berikut :

1. Besarnya debit sungai mujur pada kala ulang 25 tahun adalah sebesar  $461,400\text{m}^3/\text{dtk}$ .
2. Pada hasil *running* program aplikasi Hec-RAS dapat dilihat luapan pada beberapa titik sungai dikarenakan profil sungai yang tidak dapat menampung debit kala ulang 25 tahun sebesar  $461,400\text{m}^3/\text{dtk}$ .
3. Melihat adanya luapan pada beberapa titik sungai perlu adanya penanganan, pada kasus ini dilakukan penanganan berupa pembuatan tanggul di kanan dan kiri badan sungai.
4. Setelah adanya pembuatan tanggul di kanan dan kiri badan sungai, maka sungai mujur sudah dapat menampung debit banjir  $Q_{25}$  tahun sebesar  $461,400\text{m}^3/\text{dtk}$ .

#### 5.2. Saran

Selain beberapa kesimpulan di atas, beberapa saran yang dapat dikemukakan dalam studi ini adalah;

1. Selain alternatif penanganan banjir di atas perlu juga diperhatikan mengenai upaya perlindungan dan pemeliharaan kawasan sungai.
2. Perlunya keakuratan dan kelengkapan data antara lain, data mekanika tanah dan data *cross section* sehingga analisa aliran pada program Hec-RAS dapat dilakukan secara komprehensif dalam suatu sistem
3. Perlunya pemahaman dan lebih lanjut tentang program Hec-RAS mengingat akan banyaknya kemudahan dan kelebihan pada program Hec-RAS yang tidak dapat tersampaikan pada studi ini.







## DAFTAR PUSTAKA

- Army Corps of Engineers California. 2010. *User's Manual HEC-RAS 4.1*. U.S. Army Corps of Engineers. California.
- Army Corps of Engineers. 2002. *User's Manual HEC-GeoRAS 3.1*. U.S. Army Corps of Engineers. California.
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajahmada University Press.
- BR, Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Budiyanto, Eko. 2002. *Sistem Informasi Geografis Menggunakan ArcView GIS*. Yogyakarta: Andi.
- Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2016. *Panduan Penulisan Skripsi*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Istiarto. 2014. *HEC-RAS Dasar Simple Geometry River*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Limantara, L.M. 2010. *Hidrologi Praktis*. Lubuk Agung, Bandung.
- Limantara, L.M. dan Soetopo, W. 2009. *Statistika Terapan*. CV. Citra. Malang.
- Linsley, R. K, Joseph, B.F. 1986. *Teknik Sumberdaya Air*. Terjemahan Djoko Sasongko, Bandung: Erlangga.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan no. 28 tahun 2015
- Soemarto, C.D. 1995. *Hidrologi Teknik*. Edisi kedua. Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono. 1980. *Hidrologi Untuk Pengairan*, Jakarta: P.T. Pradanya Paramita.













**FOTO KONDISI EXISTING TANGGUL SUNGAI**







### KONDISI TEPI SUNGAI YANG BELUM TERTANGGUL



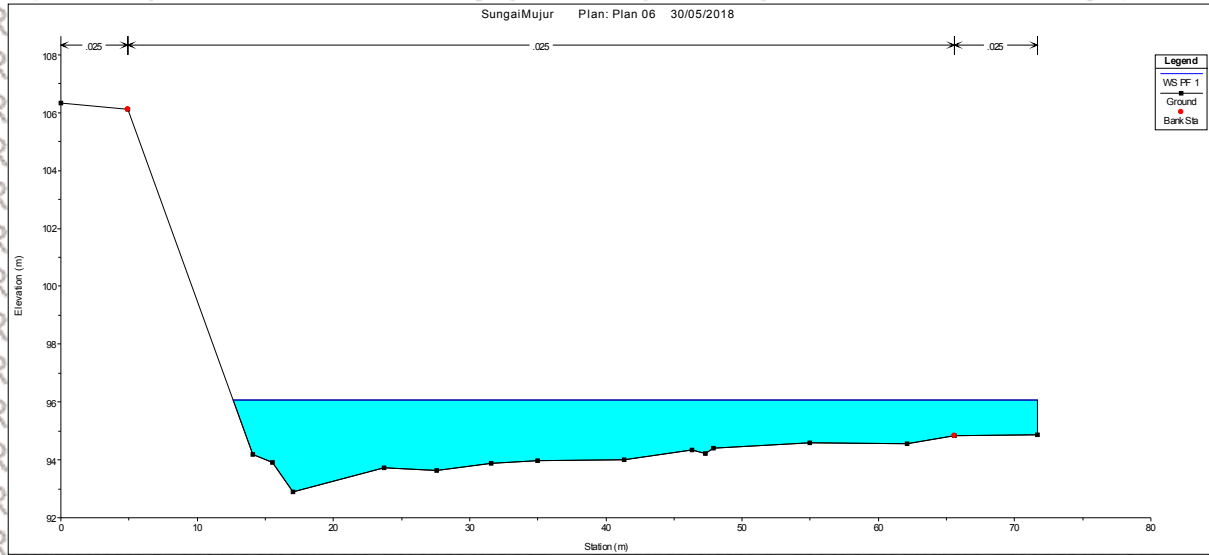




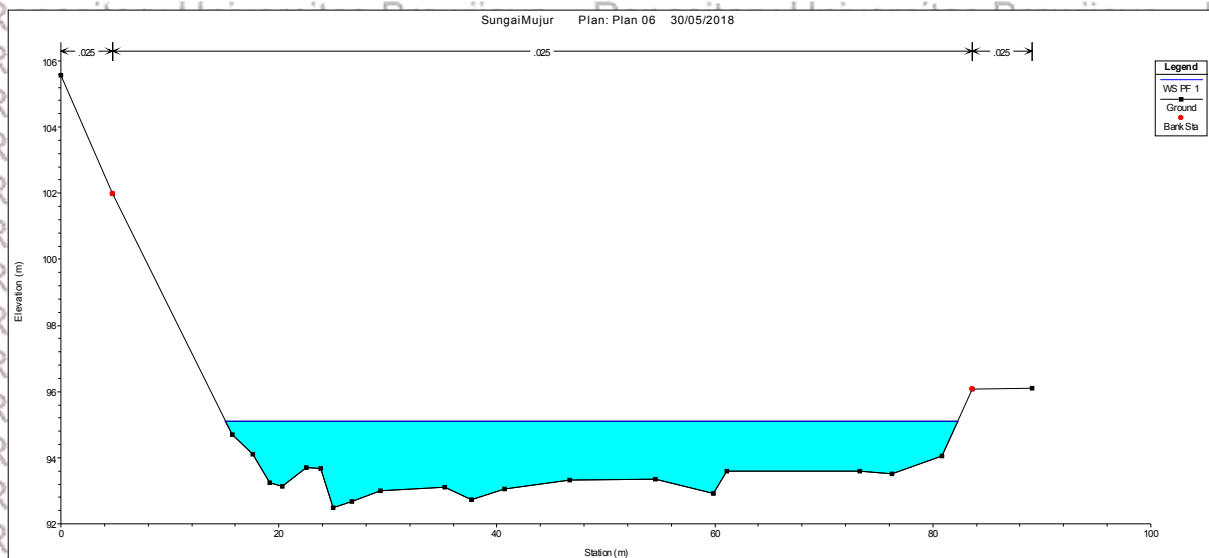




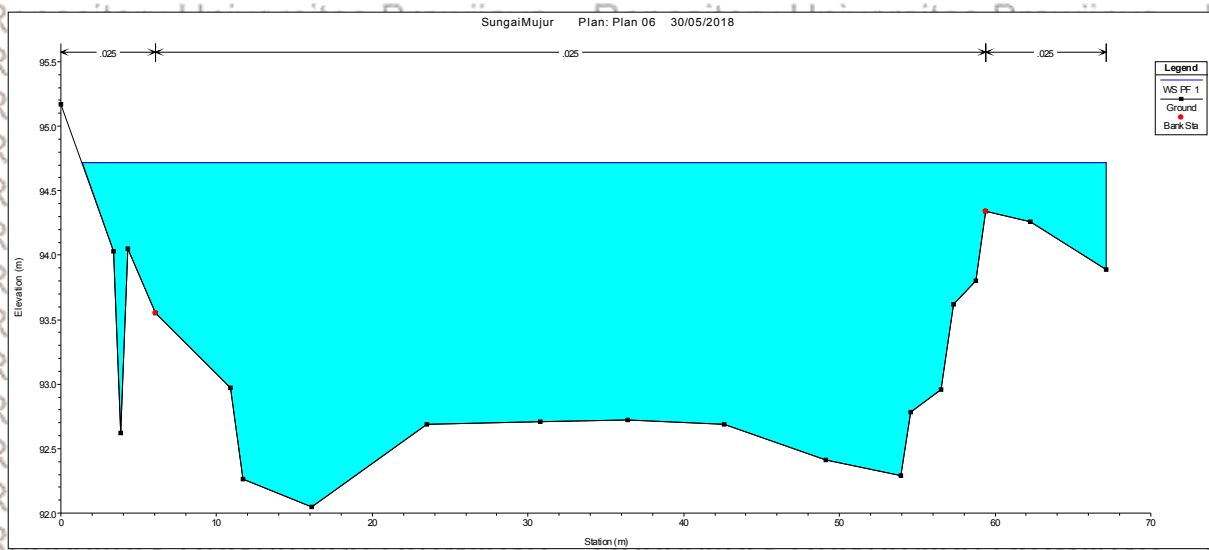




Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A28

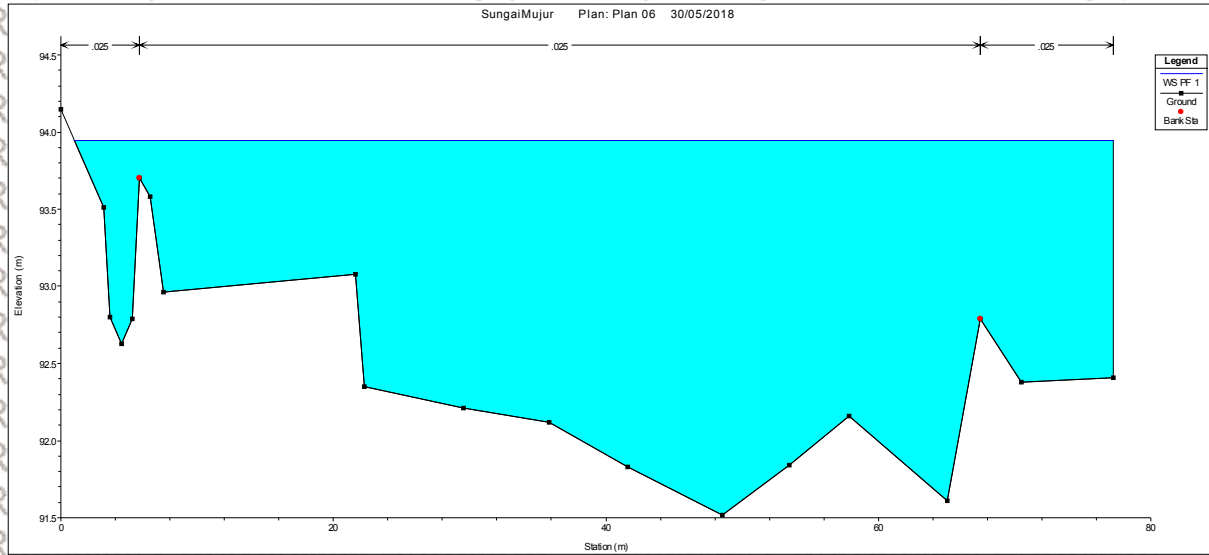


Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A27

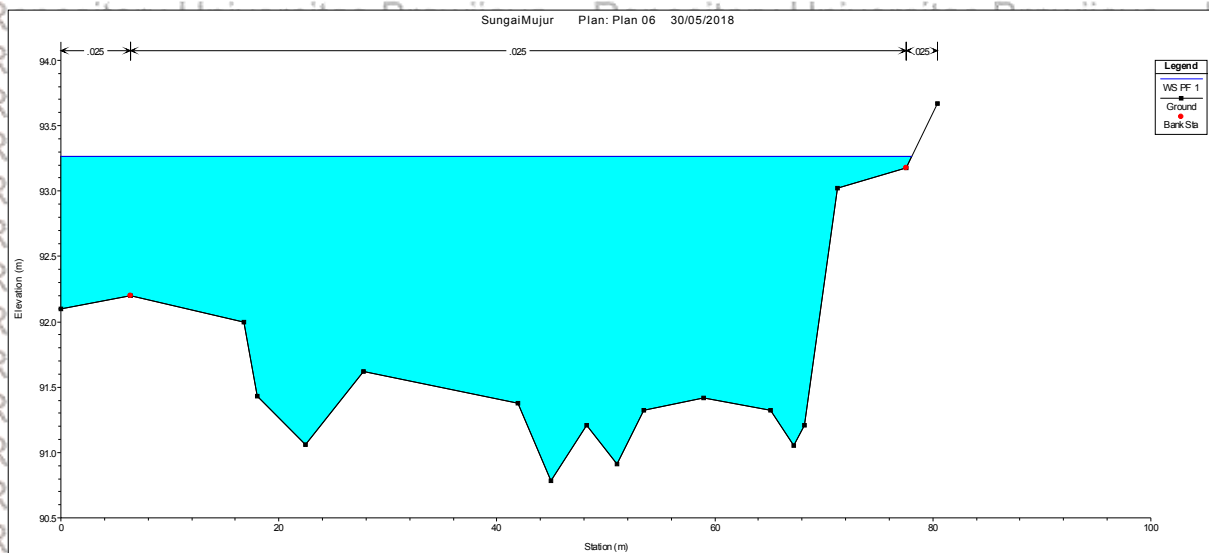


Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A26

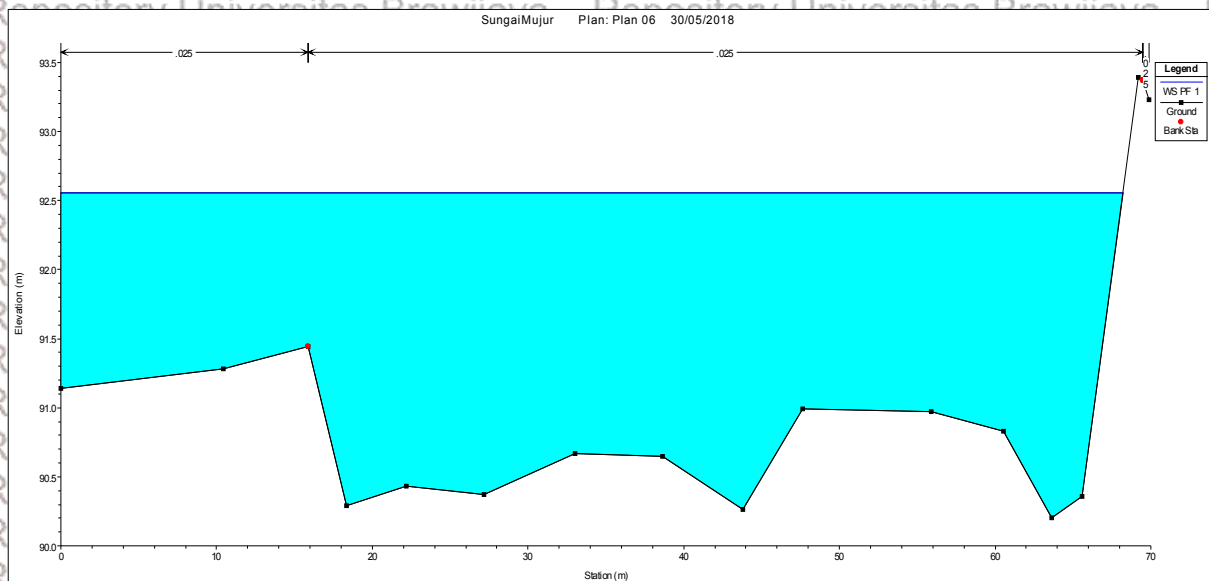




Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A25

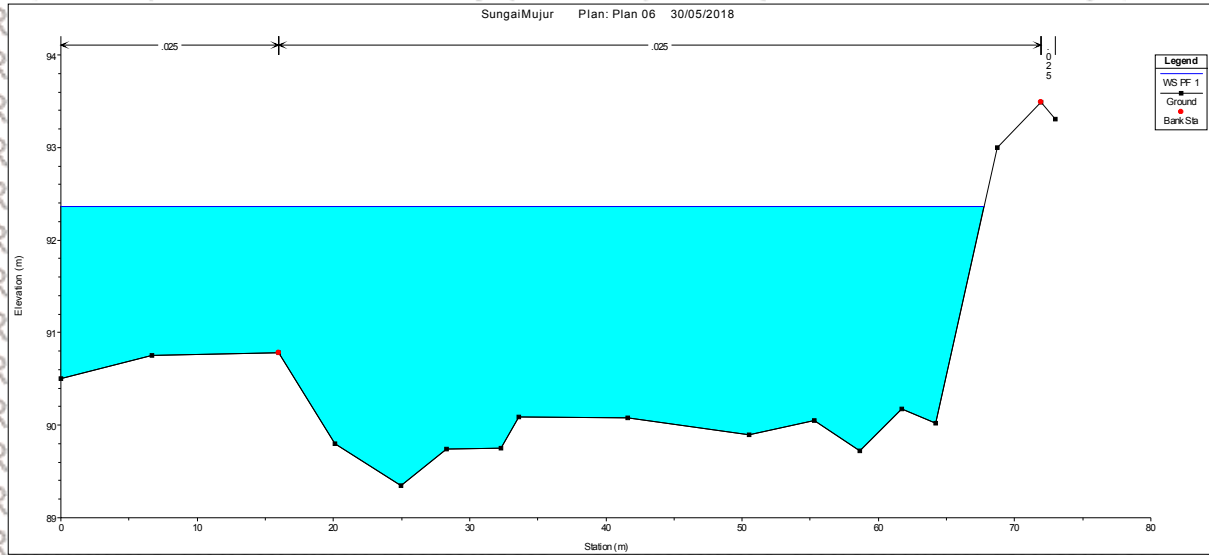


Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A24

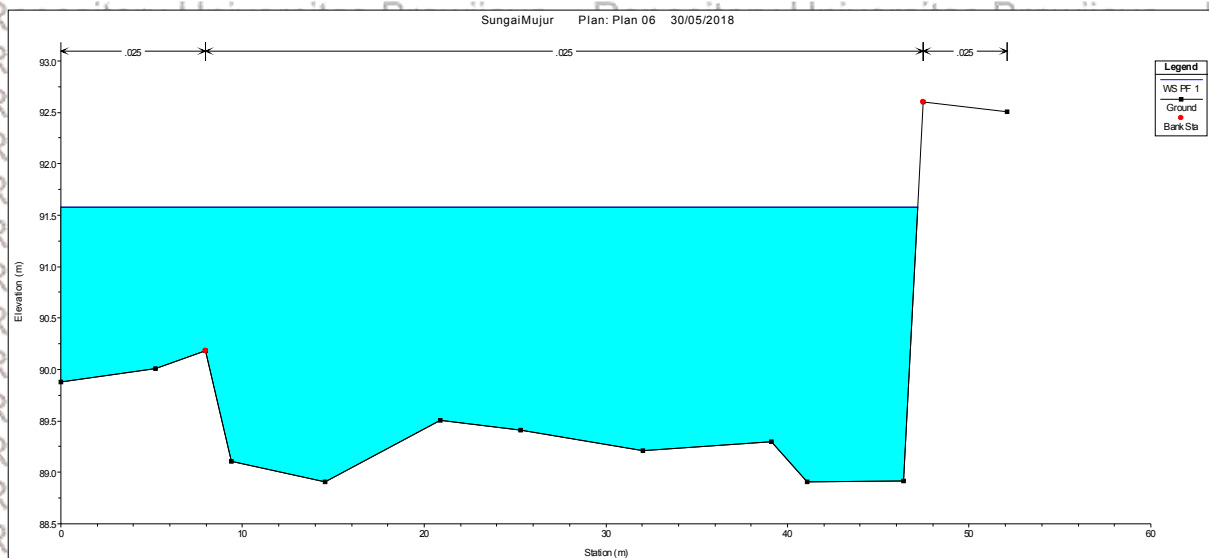


Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A23

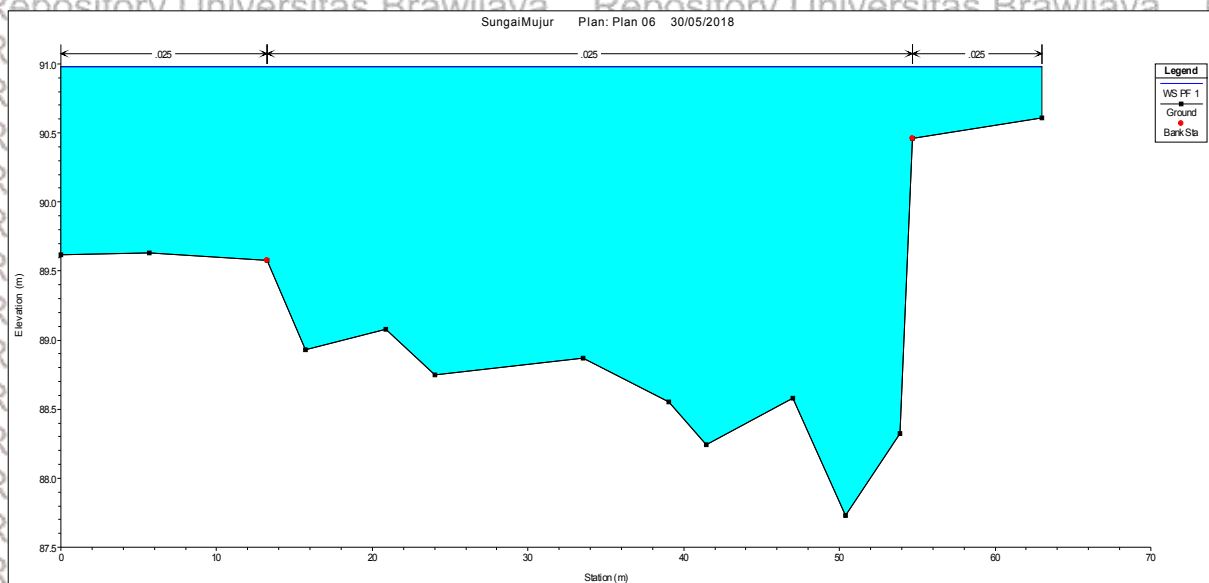




Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A22

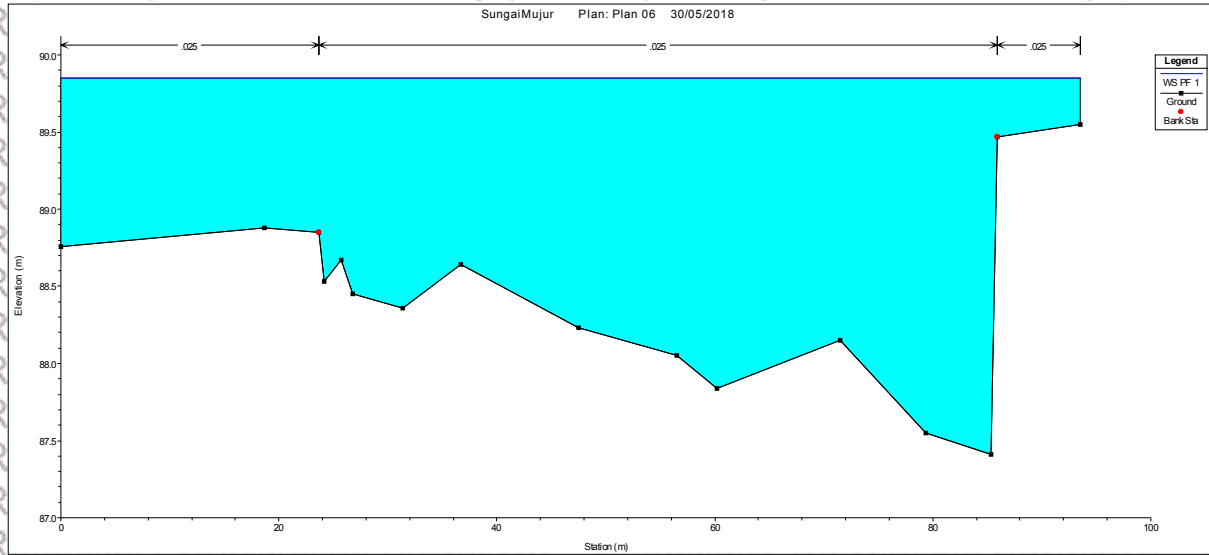


Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A21

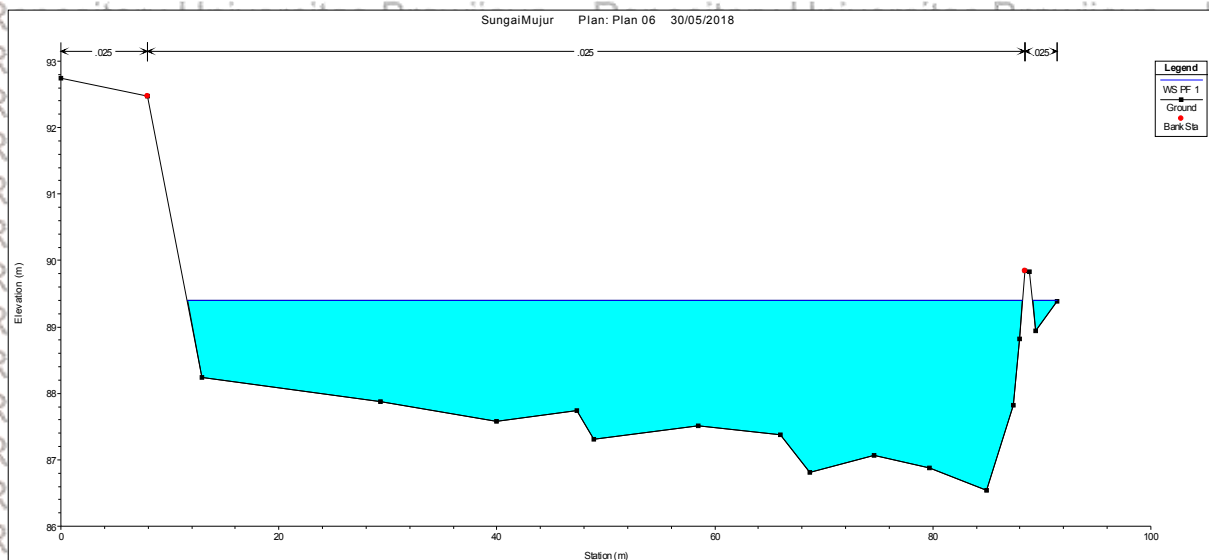


Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A20

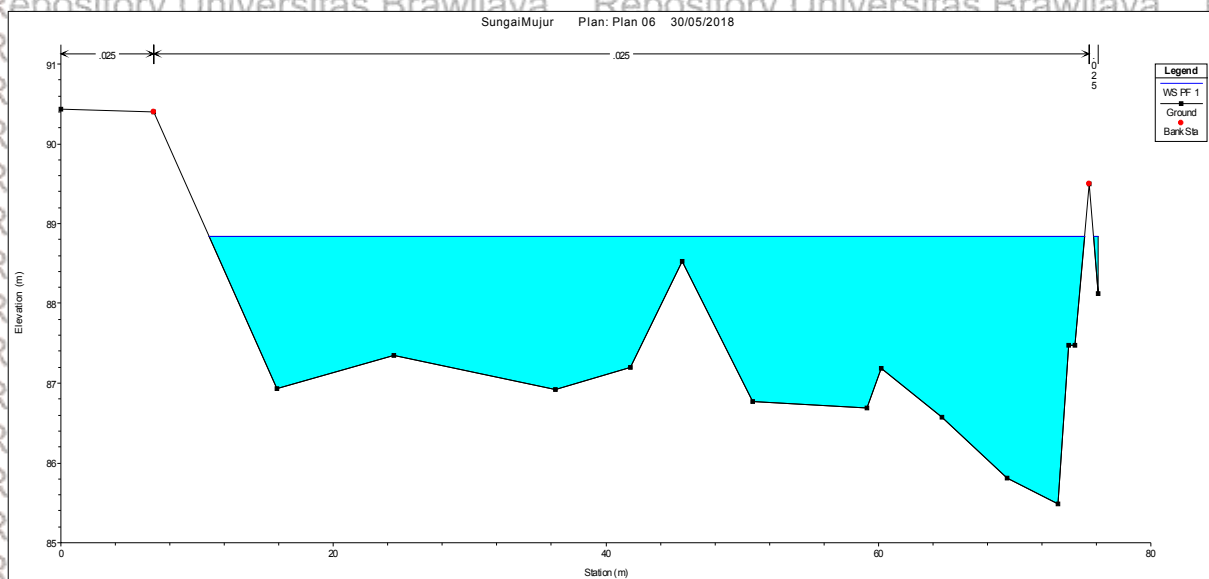




Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A19

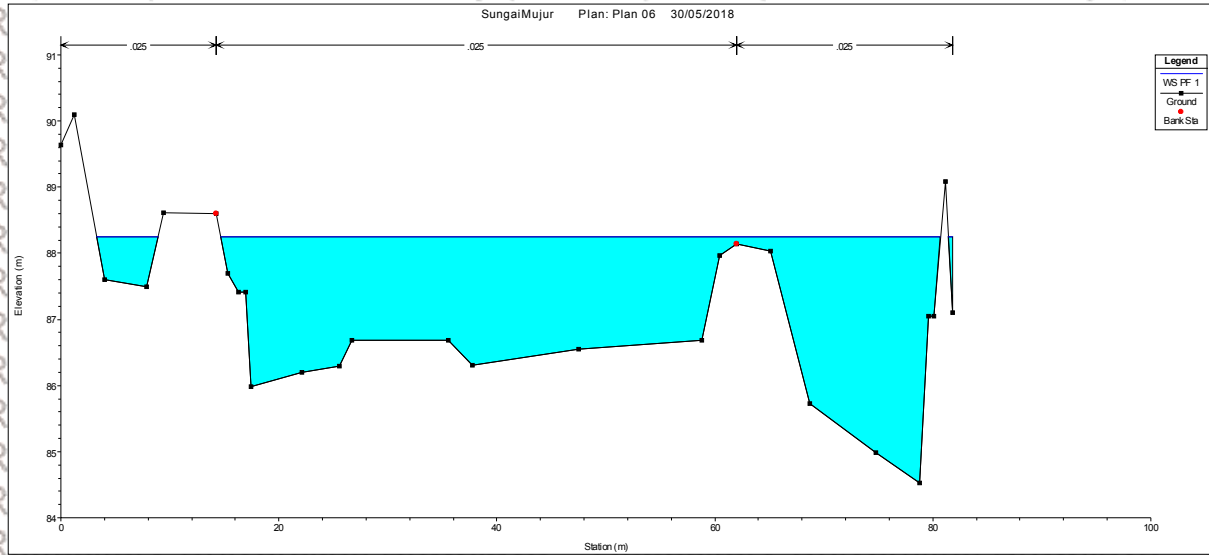


Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A18

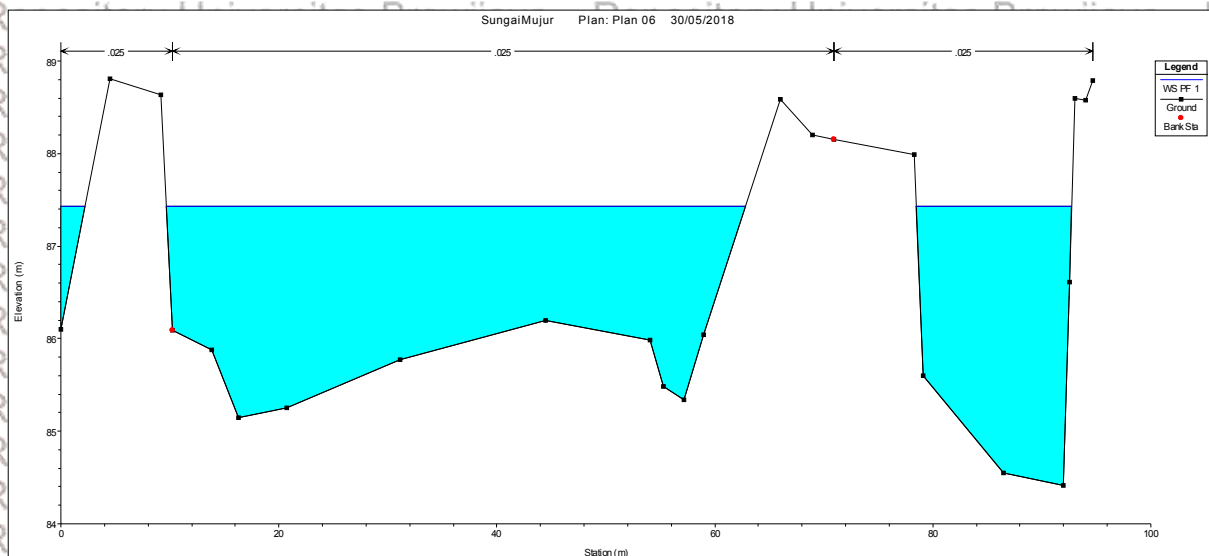


Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A17

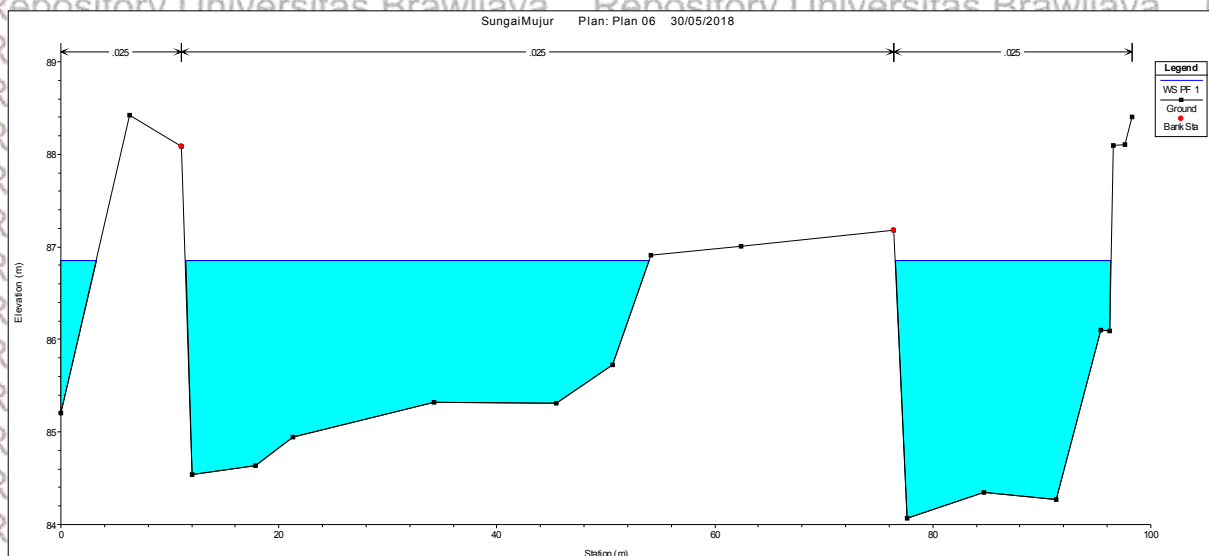




Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A16

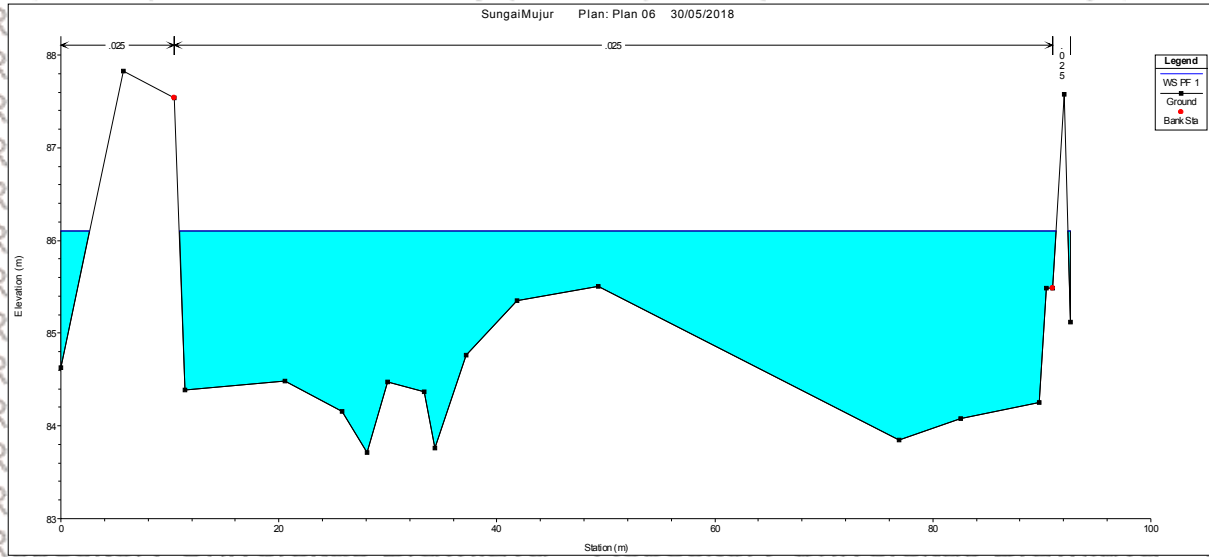


Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A15

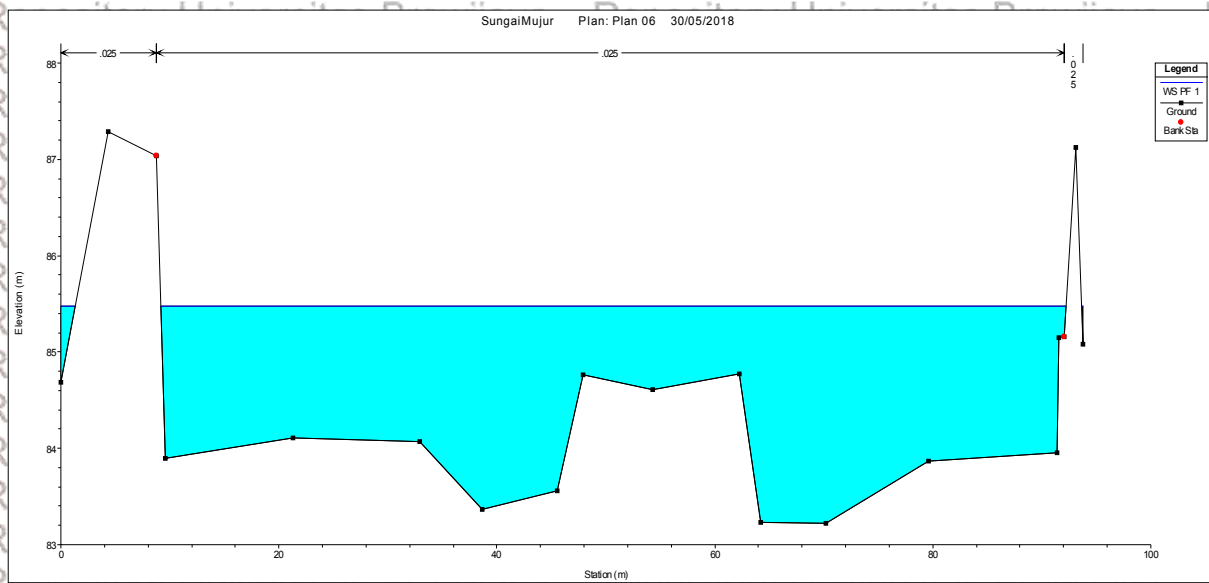


Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A14

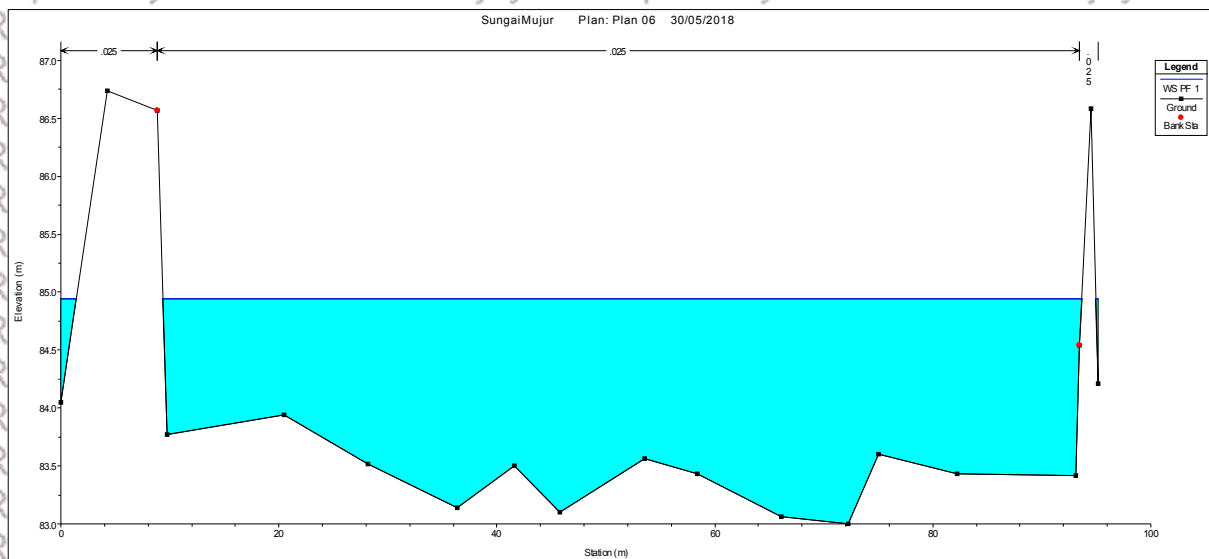




Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A13

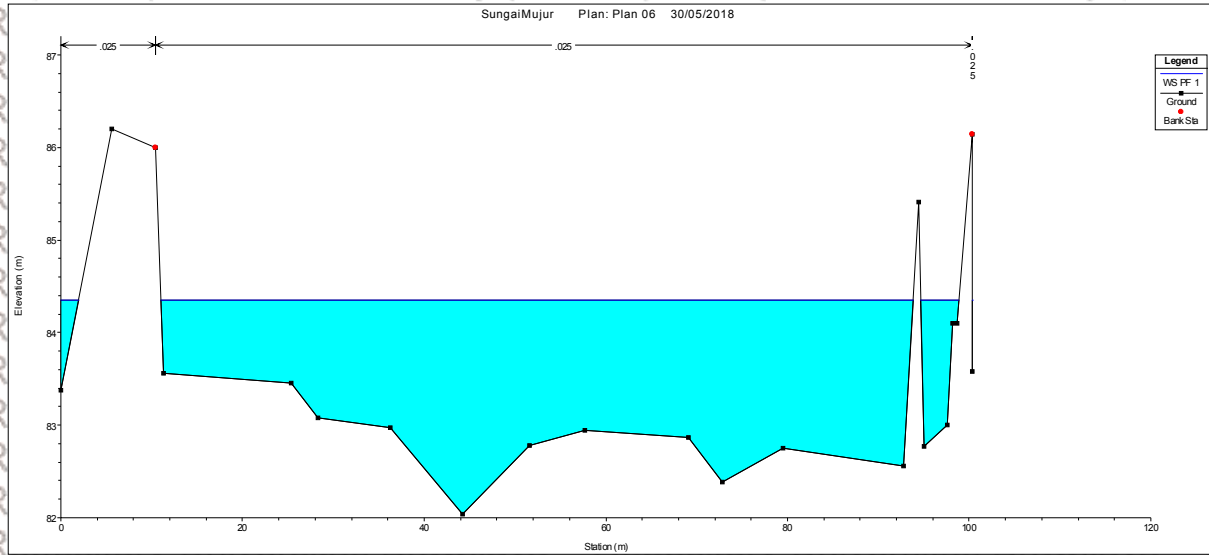


Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A12

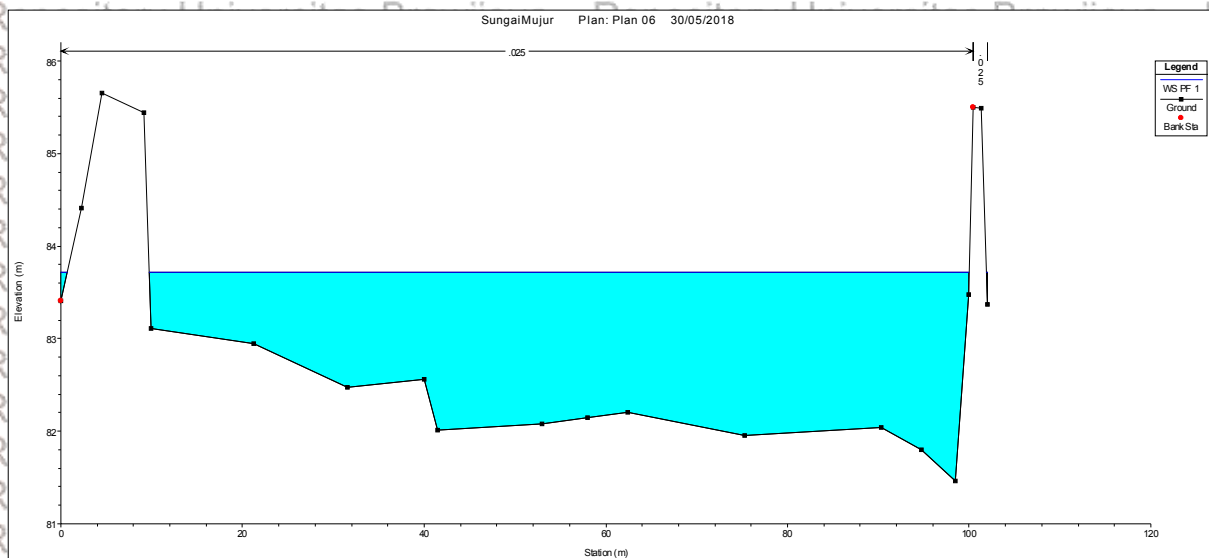


Gambar Potongan Melintang Eksisiting Sungai Mujur patok A11

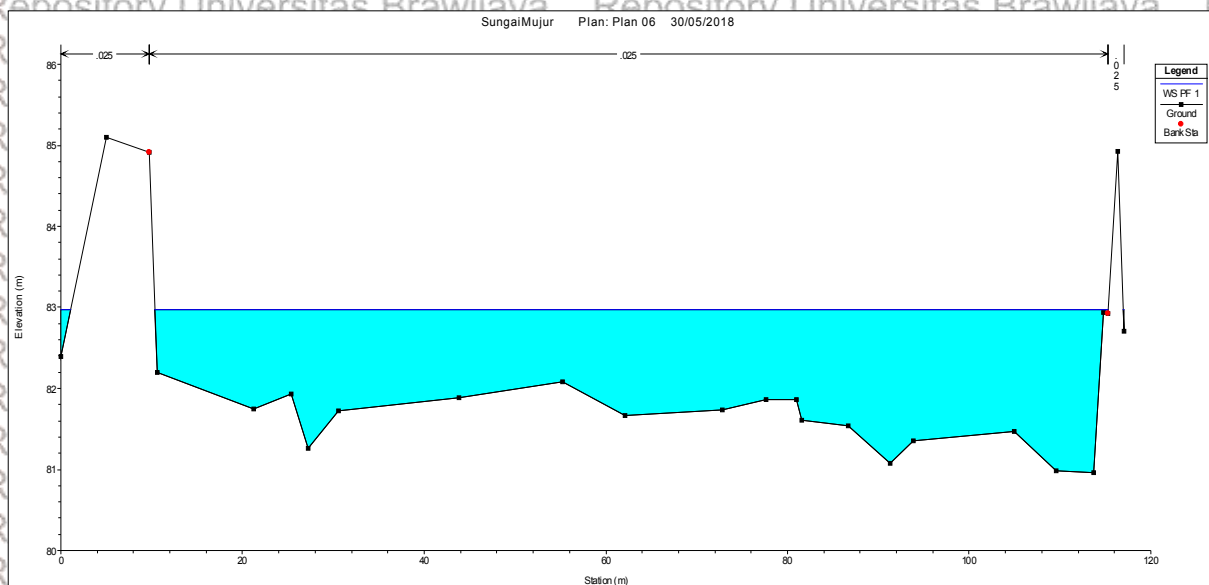




Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A10



Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A9

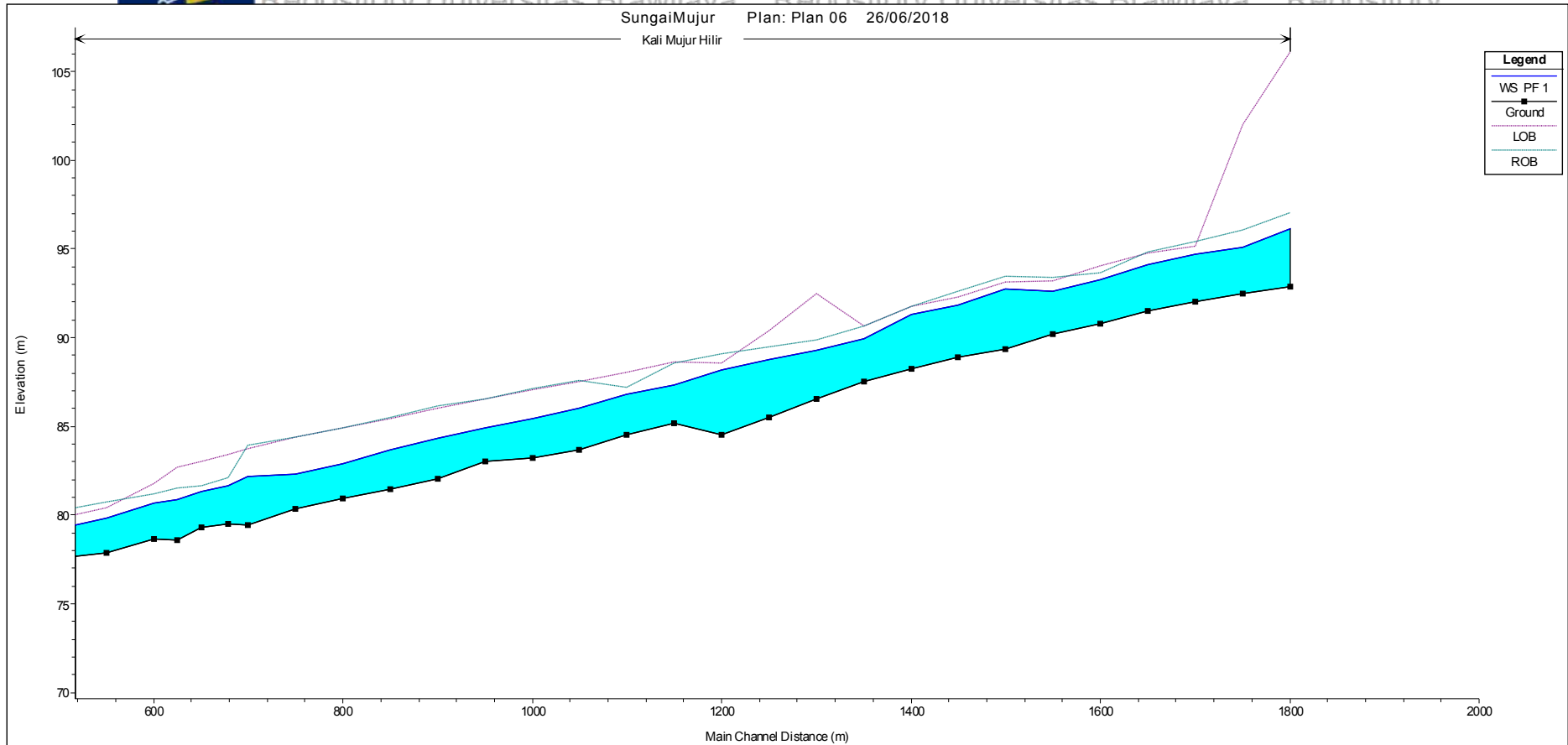


Gambar Potongan Melintang Eksisting Sungai Mujur patok A8



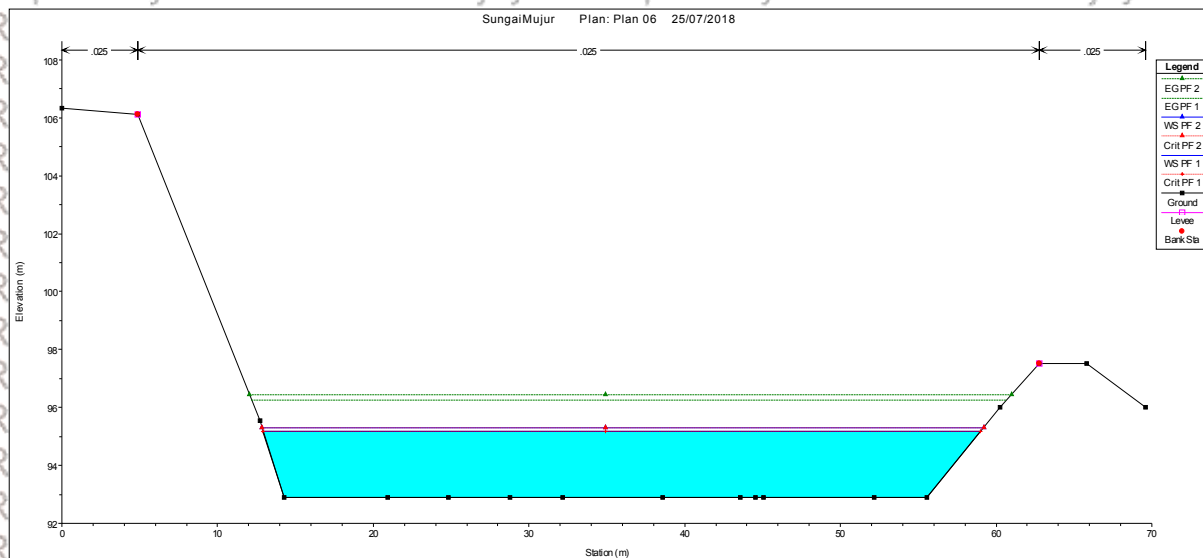




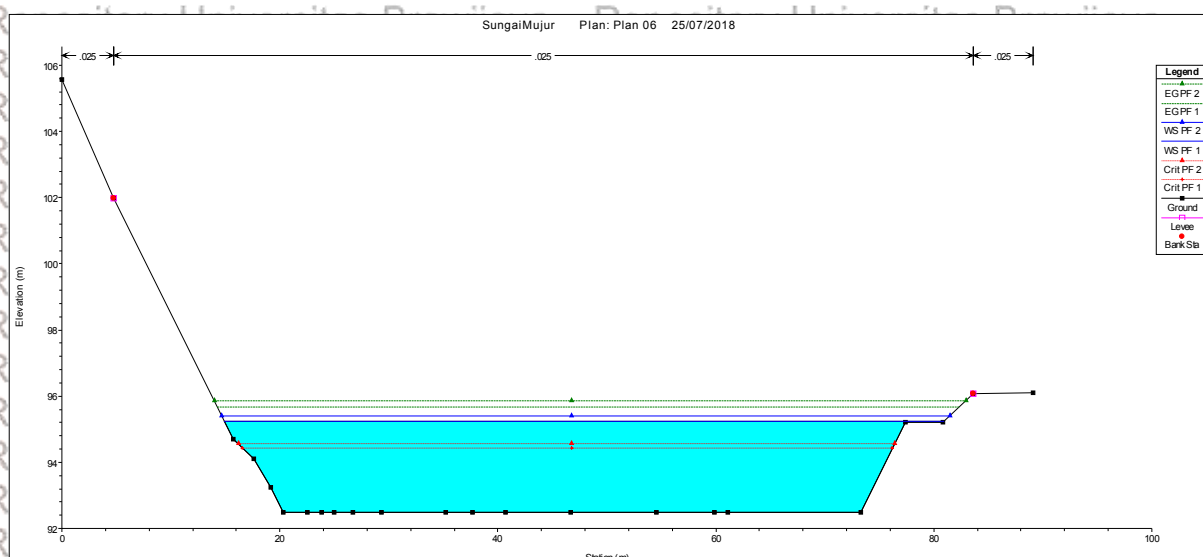


**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan**

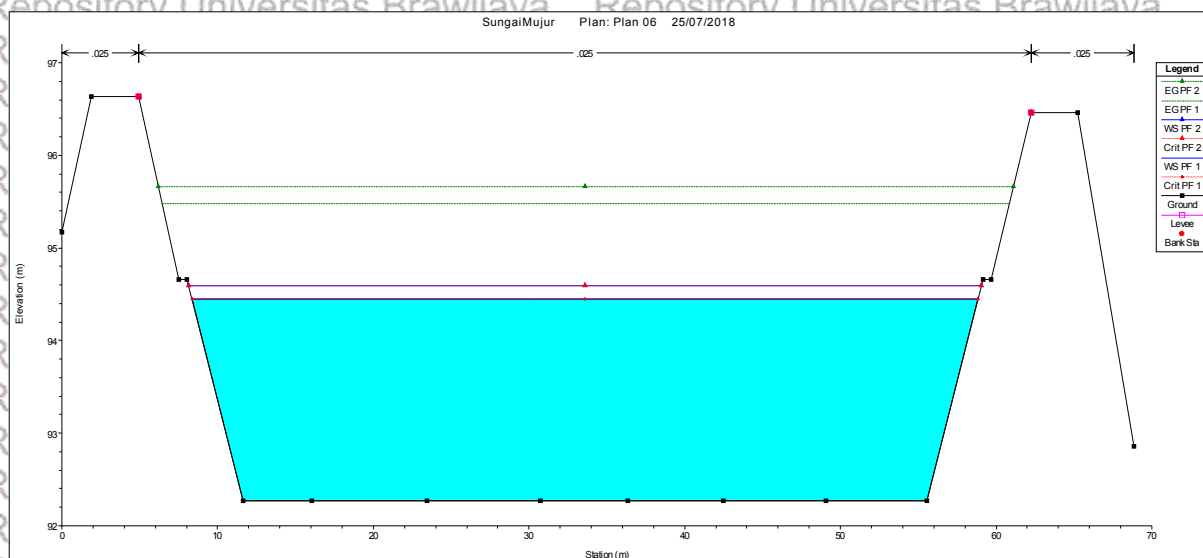




Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A28

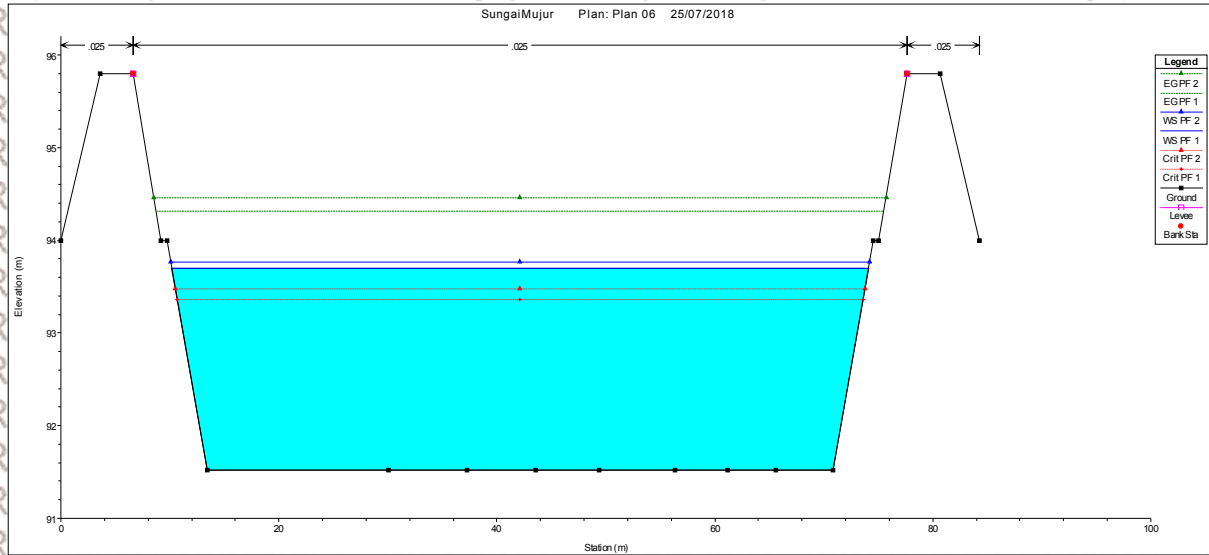


Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A27

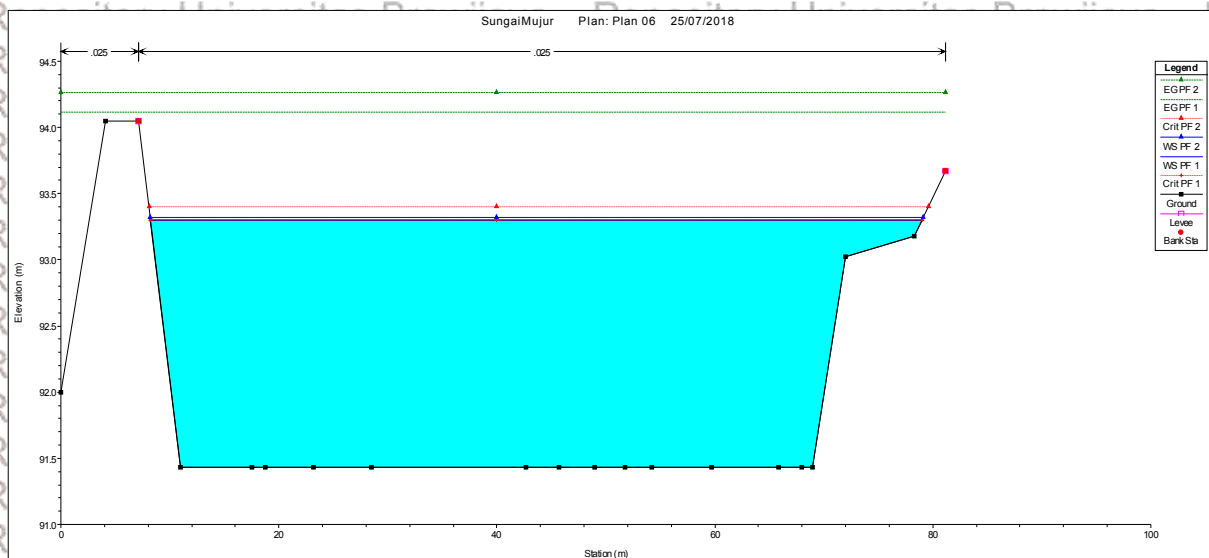


Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A26

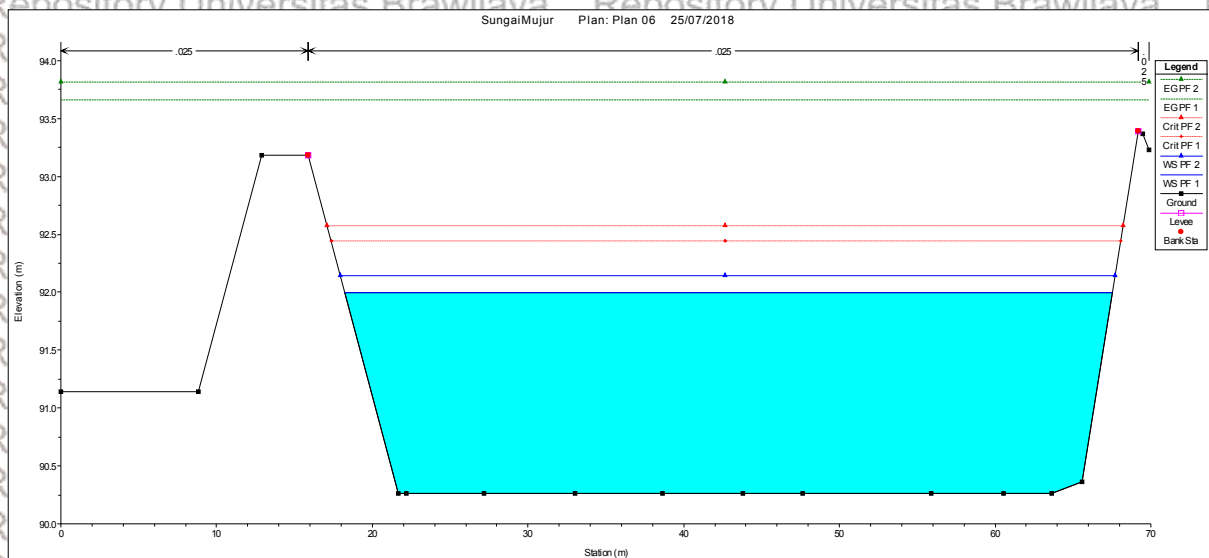




Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A25

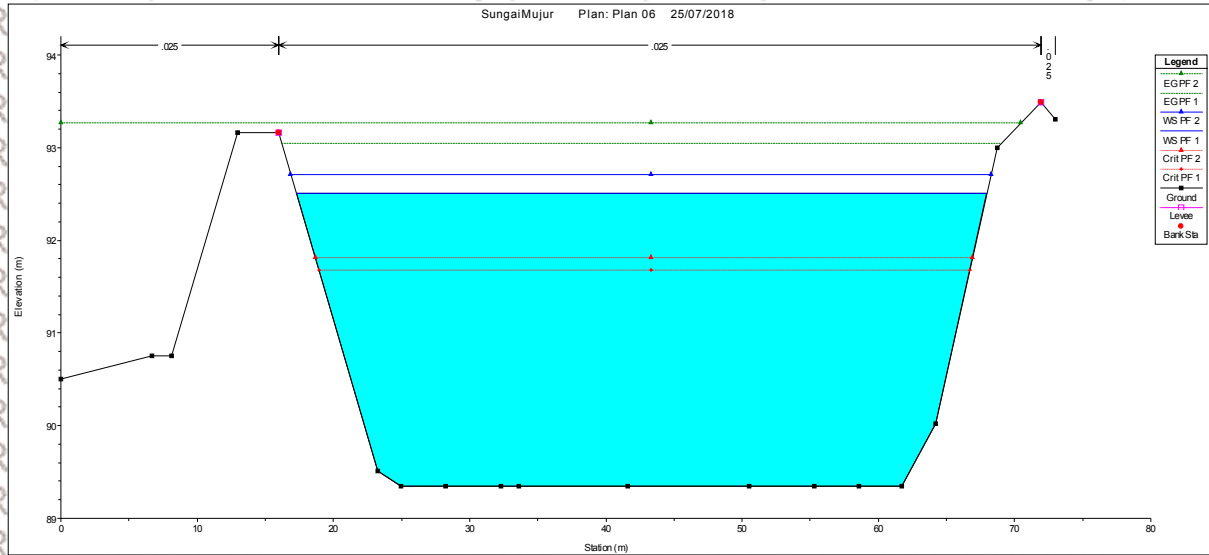


Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A24

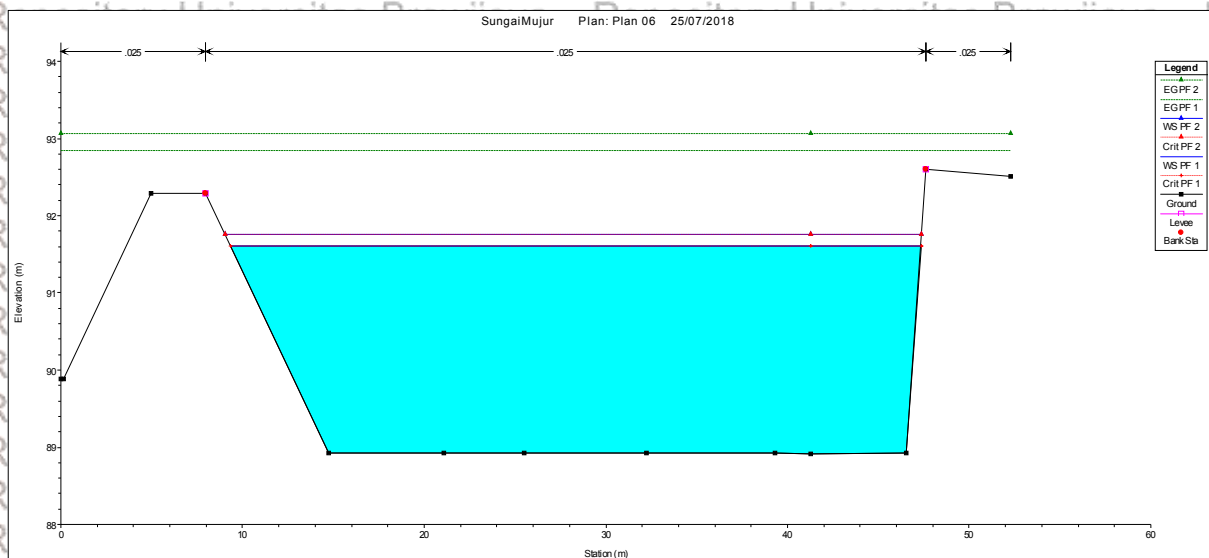


Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A23

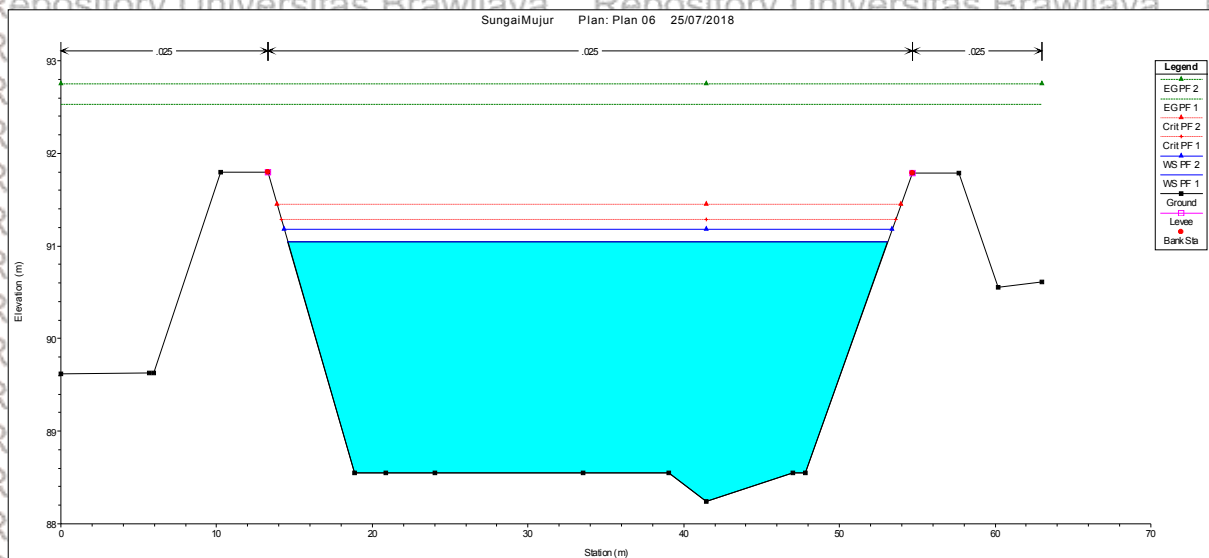




Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A22

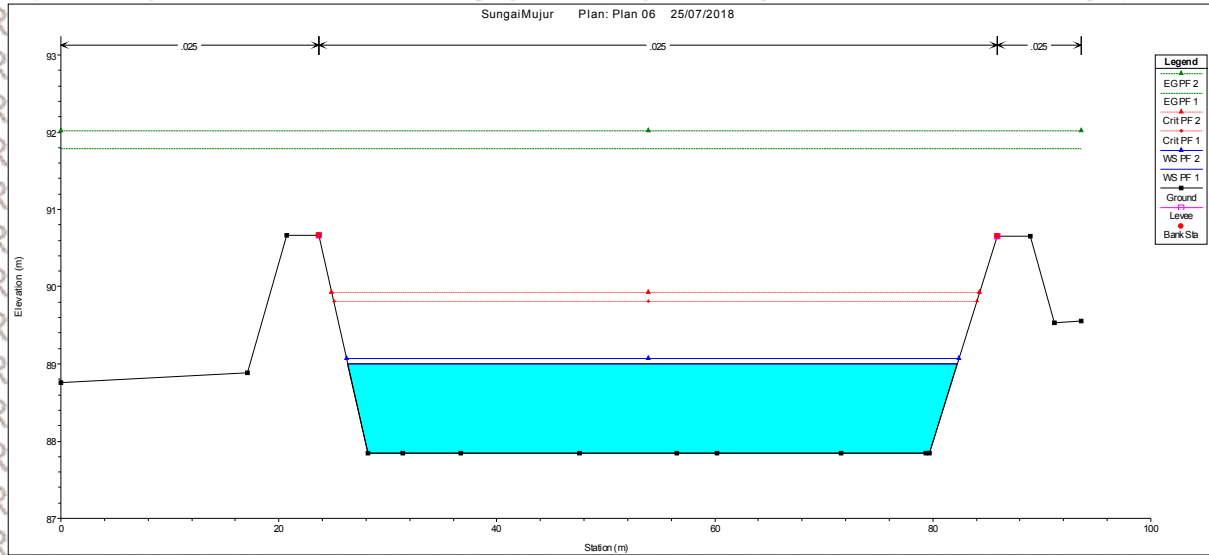


Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A21

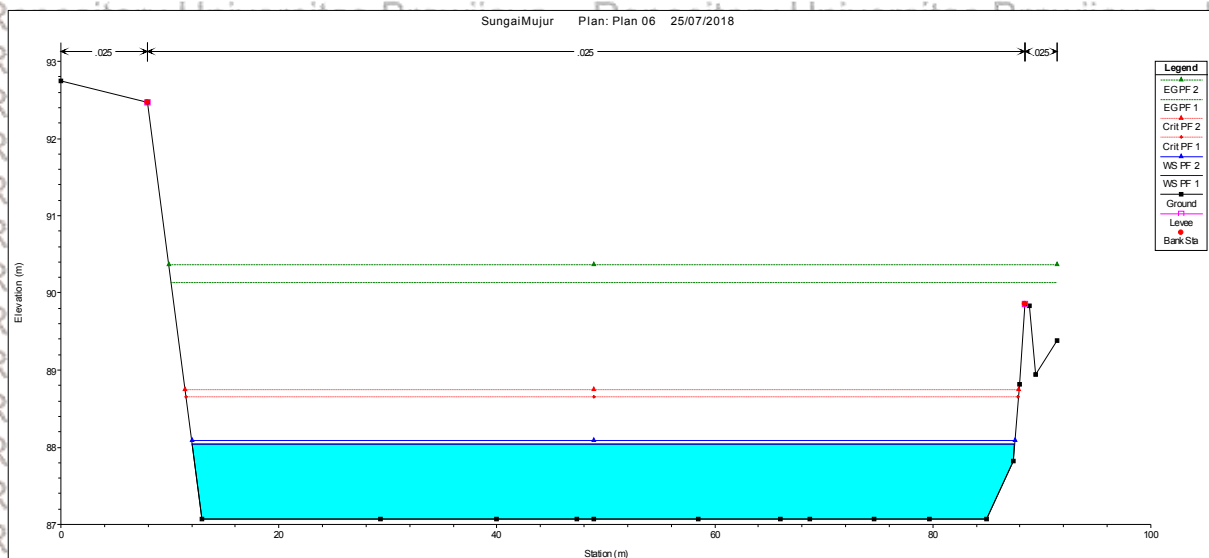


Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A20

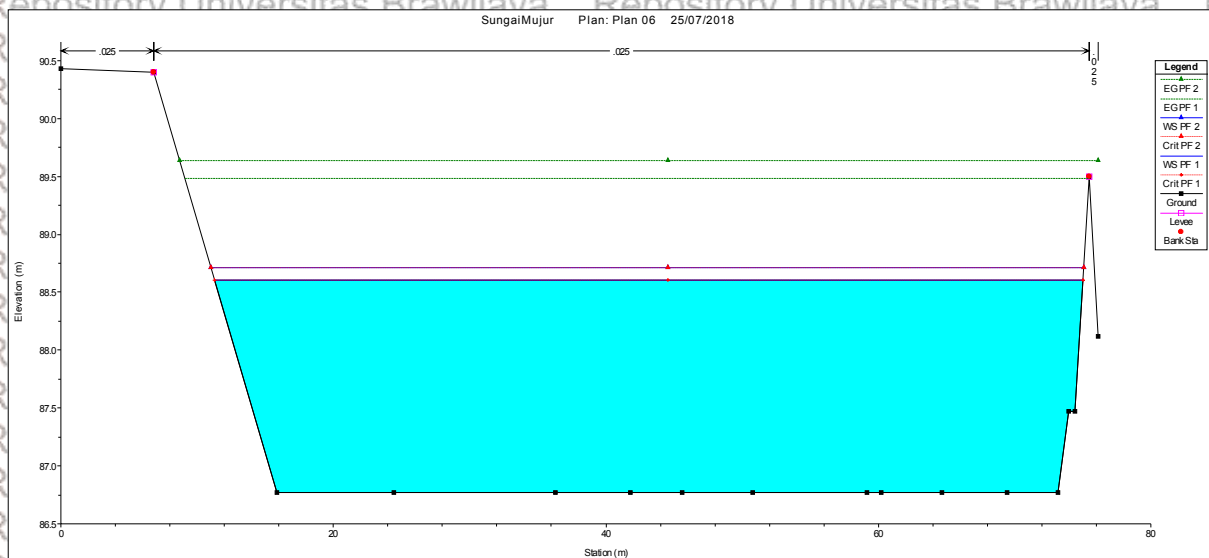




**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A19**

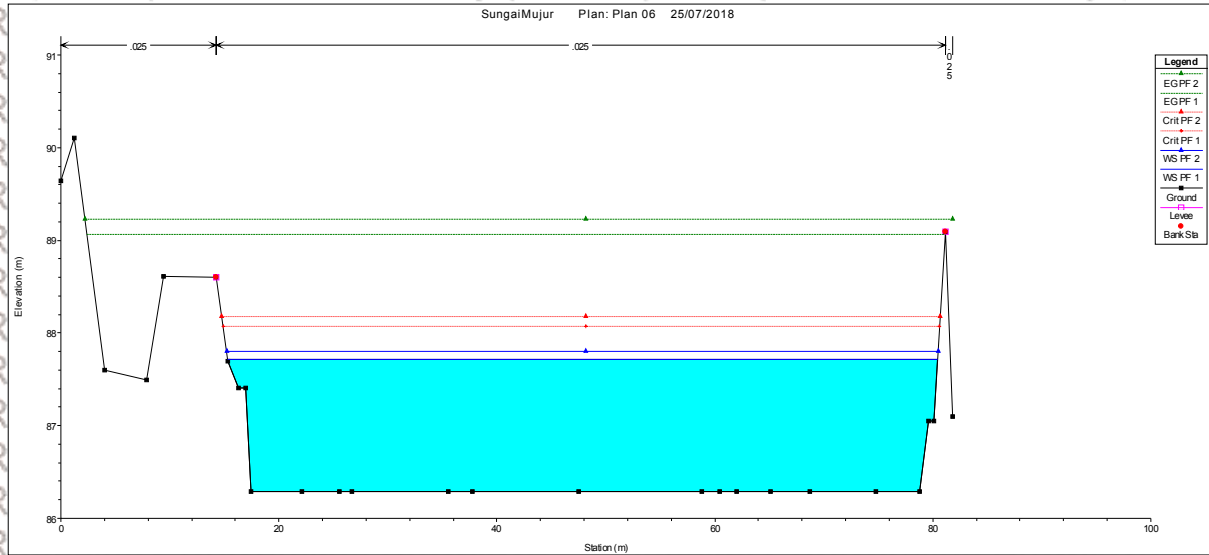


**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A18**

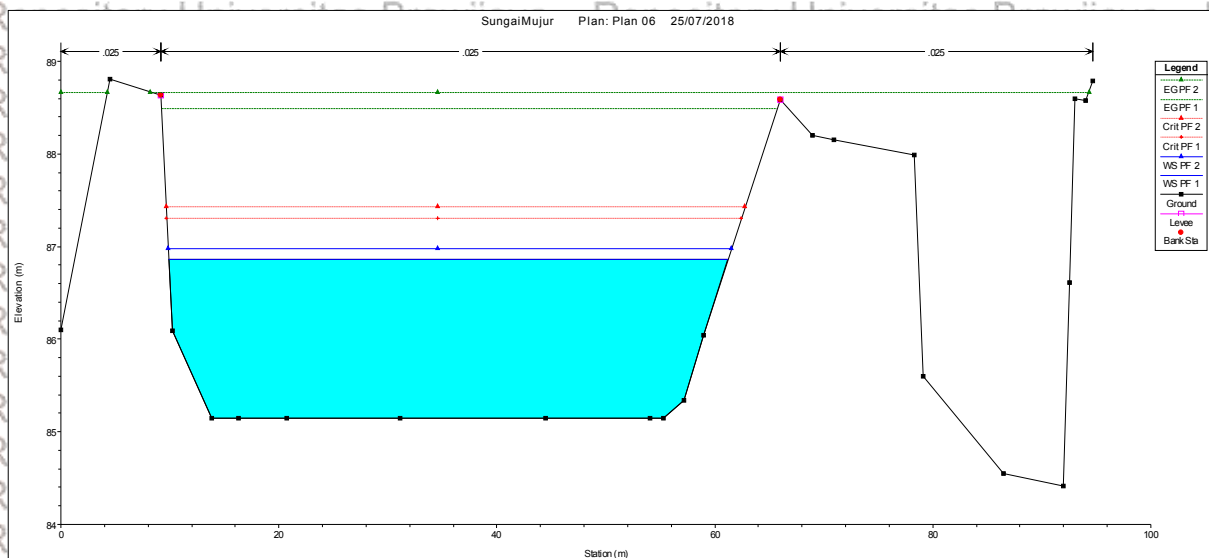


**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A17**

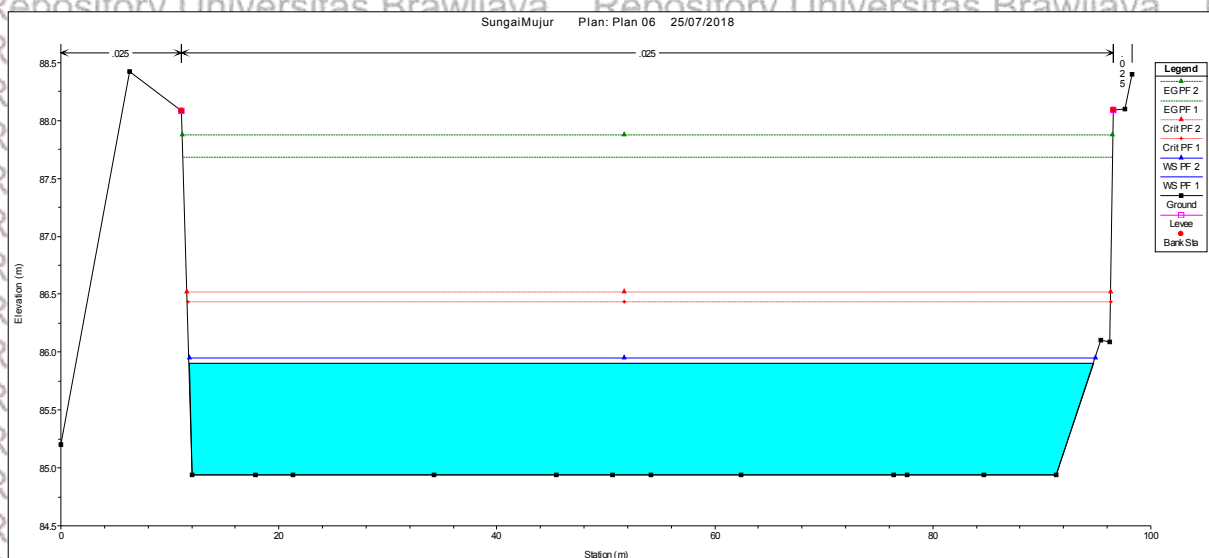




**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A16**

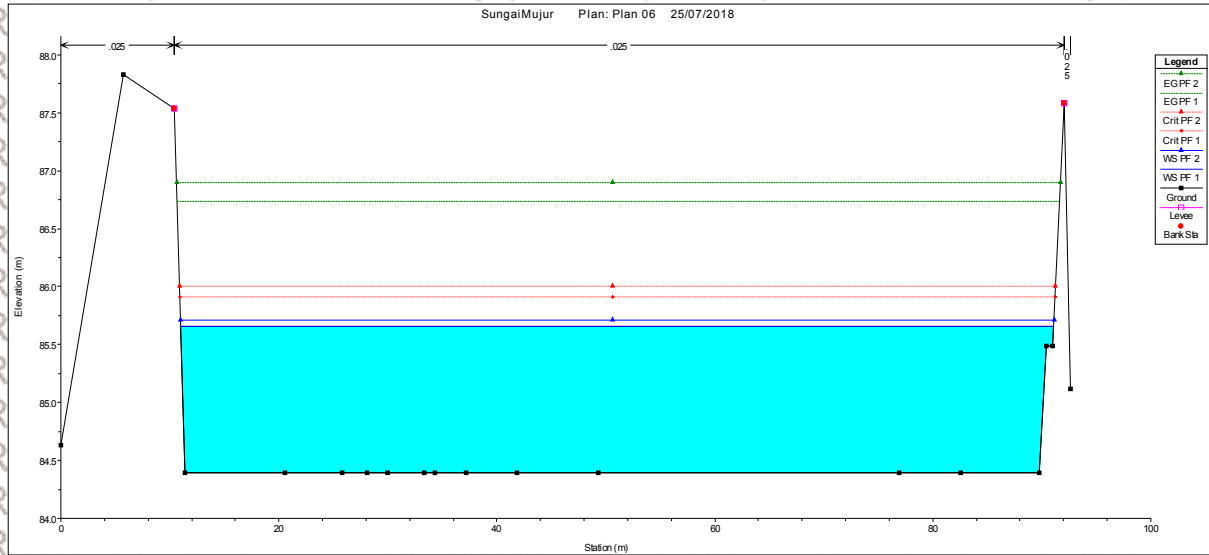


**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A15**

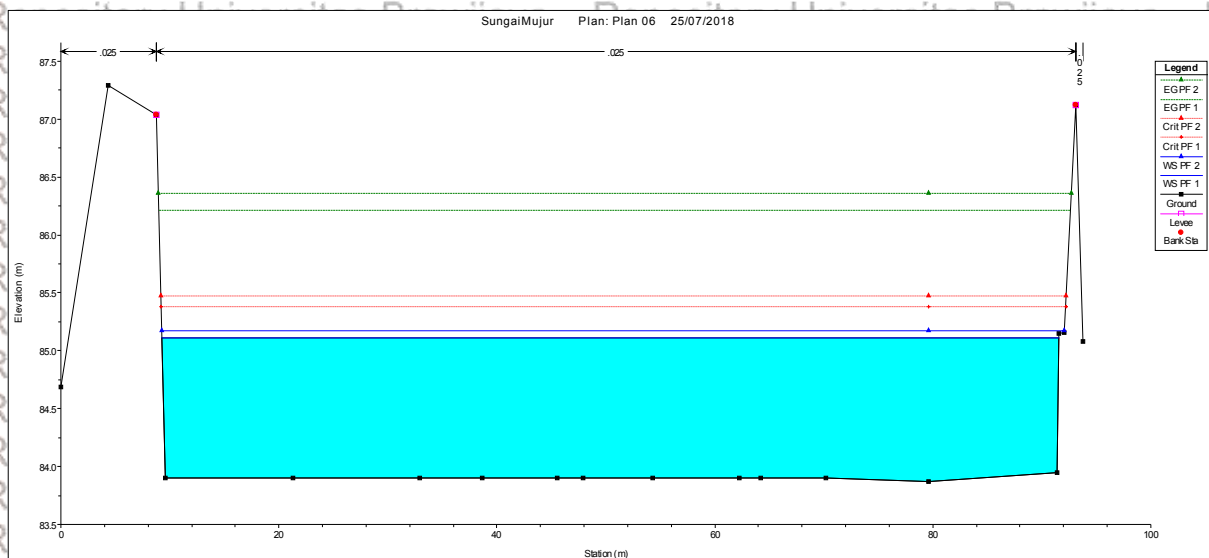


**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A14**

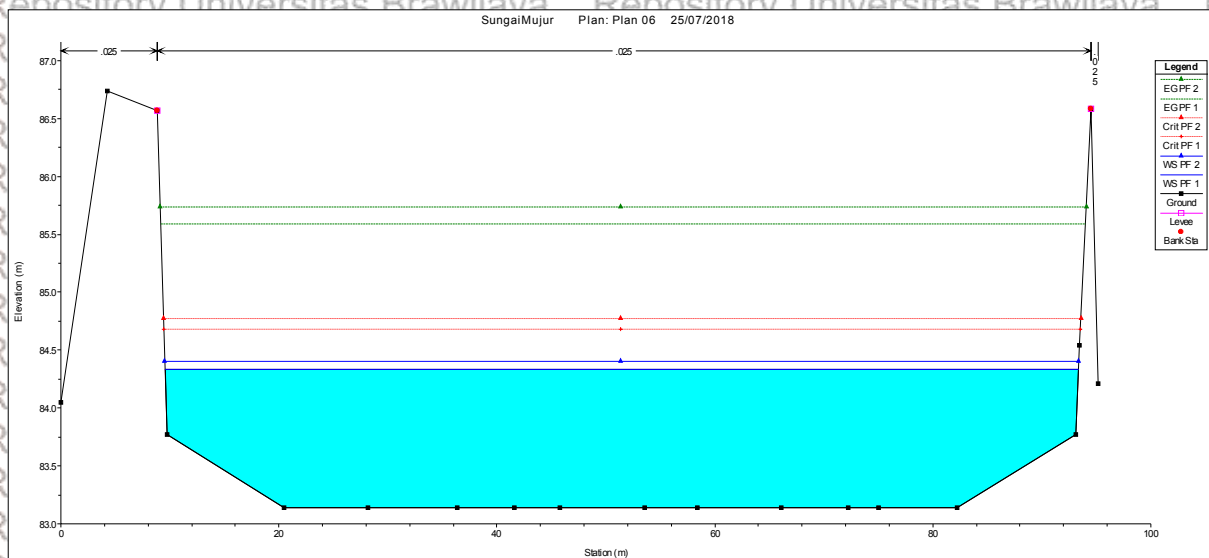




**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A13**

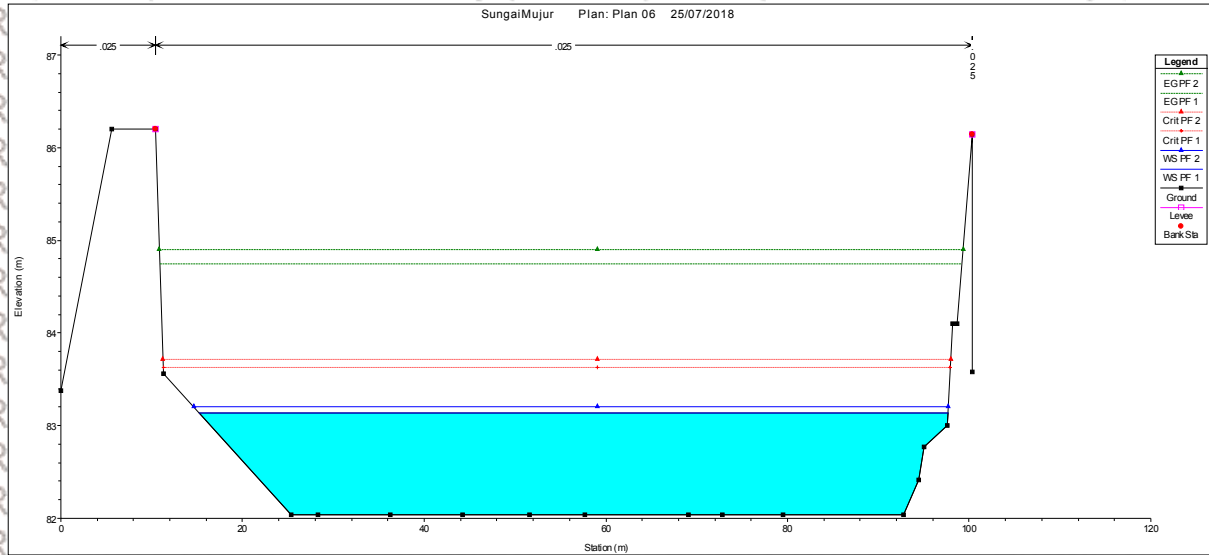


**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A12**

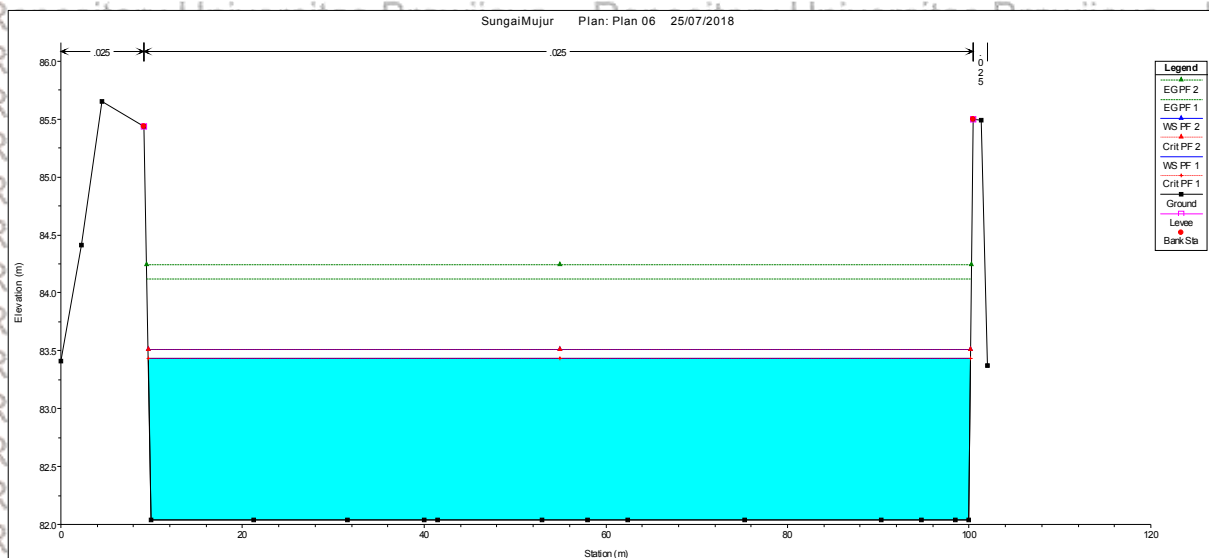


**Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A11**

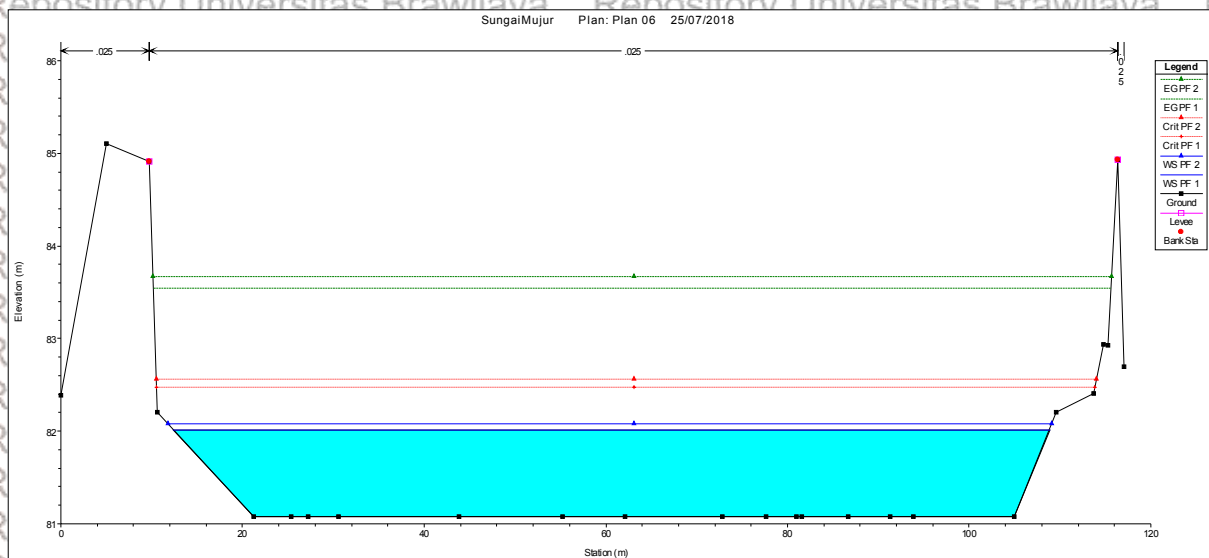




Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A10



Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A9



Gambar Potongan Memanjang Sungai Mujur Setelah Penanganan patok A8