TUGAS AKHIR - RC18-4803

PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG

WILLY LUCYTA NUGRAHA
NRP. 03111540000047

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

TUGAS AKHIR - RC18-4803

PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG

WILLY LUCYTA NUGRAHA
NRP. 03111540000047

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

"*Halaman ini sengaja dikosongkan*"

FINAL PROJECT - RC18-4803

DESIGN OF NORMALIZATION AT THE DOWNSTREAM OF RAWAAN RIVER DISTRICT TEMPURSARI, LUMAJANG

WILLY LUCYTA NUGRAHA
NRP. 03111540000047

Supervisor :
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“*Halaman ini sengaja dikosongkan*”

PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

WILLY LUCYTA NUGRAHA
NRP. 03111540000047

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. ……...
2. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. ……...

SURABAYA
JULI, 2019

"*Halaman ini sengaja dikosongkan*"

PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG

Nama : **WILLY LUCYTA NUGRAHA**
NRP : **03111540000047**
Departemen : **Teknik Sipil FTSLK - ITS**
Dosen Pembimbing : **Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.**
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

Abstrak

Sungai Rawaan adalah sungai yang terletak di Desa Bulurejo, Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang. Sungai Rawaan merupakan sungai yang bermuara ke Pantai TPI. Sungai Rawaan memiliki panjang sungai ±15,175 km dan luas DAS ± 64,40 km^2. Pada bagian hilir Sungai Rawaan yang bermuara ke Pantai TPI, seringkali terjadi banjir. Banjir diakibatkan dari banyaknya sedimen di Pantai TPI yang menutupi muara Sungai Rawaan dan sedimen yang ada pada Sungai Rawaan itu sendiri. Selain sedimen, curah hujan yang cukup tinggi juga turut menjadi sebab terjadinya banjir di wilayah tersebut. Sehingga kapasitas penampang eksisting sungai tidak mampu menampung debit yang masuk ke sungai. Sehubungan dengan permasalahan di atas, perlu adanya penanganan guna mengatasi luapan tersebut yaitu dengan cara menormalisasi Sungai Rawaan bagian hilir.

Dalam menormalisasi Sungai Rawaan, diperlukan analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Analisis hidrologi dilakukan dari data curah hujan, data stasiun hujan, data DAS, dan data tata guna lahan. Data ini digunakan untuk menghitung debit banjir rencana dengan periode ulang 25 tahun (Q_{25}). Data curah hujan yang digunakan yaitu selama 10 tahun, kemudian diproyeksikan menjadi curah hujan rencana periode ulang 25 tahun. Dari curah hujan rencana periode ulang kemudian dibuat hidrograf banjir dengan metode Nakayasu. Hidrograf ini kemudian digunakan untuk analisis hidrolika desain penampang sungai dengan program bantu

HEC-RAS. Analisis hidrolika dari data penampang sungai, hidrograf banjir, dan pasang surut air laut. Data tersebut digunakan dalam analisis hidrolika dengan memasukannya pada program bantu HEC-RAS. Analisis hidrolika dengan HEC-RAS untuk mengetahui kapasitas eksisting sungai dan desain normalisasi penampang sungai agar mampu mengalirkan debit banjir rencana. Pada perencanaan ini, sungai yang akan dinormalisasi adalah Sungai Rawaan bagian hilir yaitu sepanjang 4091 m.

Berdasarkan hidrograf banjir Nakayasu yang telah dihitung, didapatkan debit banjir rencana Q_{25} sebesar 298 m^3/dt. Dari hasil analisis dengan program bantu HEC-RAS, terjadi luapan pada beberapa titik segmen sungai, artinya penampang sungai eksisting tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana. Sehingga, diperlukan normalisasi sungai agar mampu mengalirkan debit banjir rencana. Normalisasi dilakukan dengan cara pengerukan dasar sungai, pelebaran sungai, dan pada beberapa titik diperlukan peninggian tebing sungai berupa tanggul dengan elevasi +3.80 m hingga pada elevasi +4.60 m.

Kata Kunci: Banjir, Luapan, Normalisasi, Sungai Rawaan, dan HEC-RAS

DESIGN OF NORMALIZATION AT THE DOWNSTREAM OF RAWAAN RIVER DISTRICT TEMPURSARI, LUMAJANG

Name : **WILLY LUCYTA NUGRAHA**
NRP : **03111540000047**
Departement : **Teknik Sipil FTSLK - ITS**
Supervisor : **Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.**
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

Abstract

Rawaan River is a river located in Bulurejo Village, Tempursari District, Lumajang Regency. The river downstream to TPI Beach. The Rawaan River has a length of ± 15,175 km and a watershed area of ± 64.40 km2. In the river downstream, flooding often occurs. Floods are caused by the large amount of sediment in the TPI Beach which cover up the estuary of the Rawaan River and the sediments that exist on the Rawaan River. In addition to sediment, high rainfall is also a cause of flooding in the region. So that the existing cross-sectional capacity of the river cannot accommodate the discharge in the river. According to the problems, it is necessary to solve the problems with normalizing the downstream Rawaan River.

In normalizing the Rawaan River, hydrological analysis and hydraulic analysis are needed. Hydrological analysis from rainfall data, rain station data, watershed data, and land use data. This data is used to calculate the flood discharge with a 25 year return period (Q25). The rainfall data used is for 10 years, then it is projected to be a 25-year return period. From the return period rainfall, a flood hydrograph was made using the Nakayasu method. This hydrograph is then used for hydraulic analysis of river cross section designs with HEC-RAS programs. Hydraulics analysis from river cross section data, flood hydrograph, and sea tides. The data is used in hydraulic analysis by input it in the HEC-RAS program. Hydraulics analysis with HEC-RAS is to find out the

existing river capacity and normalization design of river crossings to be able to drain off the flood discharge. In this plan, the river that will be normalized is the downstream of Rawaan River, with length 4091 m.

Based on the calculated flood hydrograph with Nakayasu method, the return period Q25 flood discharge is 298 m^3/sec. From the results of the analysis with the HEC-RAS program, flooding occurred at several river segment points. It's mean that the existing river cross section is unable to drain off the flood discharge. So, it is necessary to normalize the river in order to be able to drain off the flood discharge. Normalization can be done with dredging the riverbed, widening the river, and build dikes at some point the of the river. Dikes are built with +3.80 m elevation up to +4.60 m elevation.

Kata Kunci: Flood, Overflow, Normalization, Rawaan River, and HEC-RAS

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas karunia, rahmat, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan judul "Perencanaan Normalisasi Sungai Rawaan Bagian Hilir Kecamatan Tempursari Kabupaten Lumajang"

Tugas akhir adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Sarjana 1 Departemen Teknik Sipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama mengikuti pendidikan S1 Teknik Sipil sampai dengan proses penyelesaian Tugas Akhir, berbagai pihak telah memberikan fasilitas, membantu, membina dan membimbing penulis untuk itu khususnya kepada :

1. Tri Joko Wahyu Adi, ST., PhD selaku Ketua Departemen Teknik Sipil;
2. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc dan Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. selaku dosen pembimbing;
3. Bapak / Ibu Dosen khususnya Departemen Teknik Sipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember;
4. Kedua orang tua dan Mas Bagus yang telah memberi dorongan baik moril maupun materil yang tak terhingga;
5. Teman-teman seperjuangan Mahasiswa Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan S58;
6. Mas Acong, Faisal, Siti, dan segenap keluarga PLH SIKLUS ITS yang telah membantu Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari, Tugas Akhir ini masih banyak kelemahan dan kekurangannya. Karena itu kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan senang hati, mudah – mudahan keberadaan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan, khususnya tentang Perencanaan Normalisasi Sungai Rawaan Bagian Hilir Kecamatan Tempursari Kabupaten Lumajang.

Surabaya, 4 Juli 2019
Penulis

“*Halaman ini sengaja dikosongkan*”

DAFTAR ISI

Abstrak vii
Abstract ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat 3
1.6 Lokasi 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Analisis Hidrologi 5
2.1.1 Analisis Hujan Rata-Rata Daerah Aliran 5
2.1.1.1 Metode Poligon Thiessen 6
2.1.2 Perhitungan Parameter Statistik Data Hidrologi ... 7
2.1.3 Analisis Distribusi Frekuensi 10
2.1.3.1 Distribusi Normal 10
2.1.3.2 Distribusi Gumbel 11
2.1.3.3 Distribusi Log Pearson Type III 13
2.1.4 Uji Kecocokan Fungsi Distribusi 18
2.1.4.1 Uji *Chi-Square* 18
2.1.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov 22
2.1.5 Perhitungan Distribuasi Hujan Jam-jam-an 23
2.1.6 Perhitungan Koefisien Pengaliran 24
2.1.7 Analisis Debit 26
2.1.7.1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu 26
2.2 Analisis Hidrolika 29
2.2.1 Program Bantu HEC-RAS 29
2.2.2 *Setting* Model Penampang Sungai Rawaan dengan Program Bantu HEC-RAS 31

BAB III METODOLOGI 33
3.1 Tahap Persiapan 33
3.2 Analisis Data dan Proses Perhitungan 33
3.3 Kesimpulan dan Saran 34
3.4 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir 34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Analisis Hidrologi 37
4.1.1 Menghitung luas Daerah Aliran Sungai (DAS)... 37
4.1.2 Analisis Hujan Rata-Rata Daerah Aliran 39
4.1.2.1 Metode Poligon Thiessen 40
4.1.3 Perhitungan Parameter Statistik Data Hidrologi . 42
4.1.4 Analisis Distribusi Frekuensi 45
4.1.4.1 Distribusi Normal 45
4.1.4.2 Distribusi Log Pearson Tipe III 47
4.1.5 Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang 48
4.1.5.1 Distribusi Normal 48
4.1.5.2 Distribusi Log Pearson Type III 49
4.1.6 Uji Kecocokan Fungsi Distribusi 50
4.1.6.1 Uji Chi-Square 50
4.1.6.2 Uji Smirnov-Kolmogorov 53
4.1.7 Perhitungan Koefisien Pengaliran Gabungan 54
4.1.8 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman 55
4.1.9 Analisis Debit Banjir Rencana 57
4.1.9.1 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .. 58
4.2 Analisis Hidrolika 64
4.2.1 *Setting* Model Penampang Eksisting Sungai Rawaan dengan HEC-RAS 64
4.2.2 *Setting* Model Penampang Rencana Sungai Rawaan dengan HEC-RAS 72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 75
8.1 Kesimpulan 75
8.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Banjir menggenangi lahan pertanian di Desa Bulurejo Kec. Tempursari Kab. Lumajang 1
Gambar 1. 2 Peta Lokasi Perencanaan 3
Gambar 1. 3 DAS Rawaan 4
Gambar 2. 1 Polygon Thiessen 6
Gambar 2. 2 Kehilangan Energi 31
Gambar 3. 1 Diagram Alir 35
Gambar 4. 1 DAS Rawaan 38
Gambar 4. 2 *Polygon Thiessen* 40
Gambar 4. 3 Hidrograf Banjir Nakayasu Q25 63
Gambar 4. 4 Hidrograf Banjir Nakayasu Q2, Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100 63
Gambar 4. 5 Tampilan Hasil Input Cross Section Data pada Geometry Data 64
Gambar 4. 6 Penampang Memanjang Eksisting Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q2 66
Gambar 4. 7 Penampang Memanjang Eksisting Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q25 66
Gambar 4. 8 Penampang Melintang Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q2 67
Gambar 4. 9 Penampang Melintang Eksisting Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q25 67
Gambar 4. 10 Penampang Memanjang Rencana Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q25 73
Gambar 4. 11 Penampang Melintang Rencana Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q25 73

“*Halaman ini sengaja dikosongkan*”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat Nilai Parameter Statistik untuk Berbagai Distribusi Probabilitas 10
Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss 11
Tabel 2. 3 Hubungan Reduced Mean (Yn) dengan Jumlah Data n 12
Tabel 2. 4 Hubungan Reduced Standart (Sn) dengan Jumlah Data 13
Tabel 2. 5 Nilai K untuk Distribusi Log Person Tipe III 16
Tabel 2. 6 Distribusi Chi-Square 20
Tabel 2. 7 Harga Kritis Smirnov-Kolmogorov 23
Tabel 2. 8 Koefisien Pengaliran C 25
Tabel 2. 9 Klasifikasi Periode Ulang Berdasarkan Jenis Konstruksi 26
Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2004 – 2014 39
Tabel 4. 2 Luas Daerah Pengaruh (*Catchment Area*) pada Stasiun Penakar Hujan yang berpengaruh pada DAS Rawaan 41
Tabel 4. 3 Curah Hujan Rata-Rata Daerah Aliran 42
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Frekuensi dan Probabilitas 43
Tabel 4. 5 Hasil Pemilihan Distribusi Frekuensi yang Sesuai Berdasarkan Parameter Statistik 45
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Distribusi Normal 46
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III 47
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang dengan Distribusi Normal 49
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang dengan Distribusi Log Pearson Type III 50
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Distribusi 51
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Uji Chi-Square 52

Tabel 4. 12 Rekapitulasi nilai X_h^2 dan X_{kr} 53
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov..... 53
Tabel 4. 14 Perhitungan Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab) 55
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif..... 56
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif Jam-jaman 57
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Unit Hidrograf Ordinat Kurva Naik..... 59
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Unit Hidrograf Ordinat Kurva Turun 1..... 59
Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Unit Hidrograf Ordinat Kurva Turun 2..... 60
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Unit Hidrograf Ordinat Kurva Turun 3..... 60
Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Periode Ulang 25 Tahun Metode Nakayasu 62
Tabel 4. 22 Kondisi Penampang Eksisting Hasil Run Unsteady Flow Analysis dengan Debit Banjir Rencana Q2 68

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Rawaan adalah sungai yang melintas di wilayah Kabupaten Lumajang, tepatnya di Desa Bulurejo Kecamatan Tempursari Kabupaten Lumajang. Sungai Rawaan merupakan sungai yang bermuara ke Pantai TPI. Sungai Rawaan memiliki panjang sungai ±15,175 km dan luas DAS ± 64,40 km^2. Dalam perencanaan ini, Sungai Rawaan yang ditinjau adalah Sungai Rawaan bagian hilir, yaitu sepanjang 4091 m dari muara.

Pada bagian hilir Sungai Rawaan yang langsung bermuara di Pantai TPI, seringkali terjadi banjir. Daerah yang sering menjadi langganan banjir akibat luapan Sungai Rawaan adalah Desa Bulurejo dan Desa Tempurejo, Kecamatan Tempursari. Banjir tersebut menimbulkan banyak permasalahan bagi masyarakat sekitar. Pada tahun 2016, tercatat seluas 121 ha lahan pertanian tergenang air akibat luapan Sungai Rawaan tersebut. (Suara Surabaya, 2016)

Gambar 1. 1 Banjir menggenangi lahan pertanian di Desa Bulurejo Kec. Tempursari Kab. Lumajang
(Sumber : Suara Surabaya, 2016)

Banjir diakibatkan dari banyaknya sedimen di Pantai TPI yang menutupi muara Sungai Rawaan dan sedimen yang ada pada Sungai Rawaan itu sendiri. Banyaknya sedimen membuat kapasitas penampang sungai tidak mampu mengalirkan seluruh debit yang lewat. Selain sedimen, curah hujan yang cukup tinggi juga turut menjadi sebab terjadinya banjir di wilayah tersebut. Dengan kapasitas penampang sungai yang mengecil akibat sedimen, serta curah hujan tinggi yang melanda wilayah tersebut, maka hal itu membuat penampang eksisting sungai tidak mampu menampung debit yang lewat pada sungai, sehingga terjadilah luapan pada daerah sekitar hilir Sungai Rawaan. Sehubungan dengan permasalahan di atas, perlu adanya penanganan guna mengatasi luapan tersebut yaitu dengan cara menormalisasi Sungai Rawaan bagian hilir.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa debit banjir rencana Sungai Rawaan bagian hilir?
2. Daerah/segmen mana saja yang terjadi luapan?
3. Apa yang perlu dilakukan agar tidak terjadi luapan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung debit banjir rencana Sungai Rawaan bagian hilir.
2. Mengevaluasi kemampuan penampang Sungai Rawaan bagian hilir untuk mengetahui daerah/segmen mana saja yang terjadi luapan.
3. Merencanakan bentuk penampang Sungai Rawaan bagian hilir agar mampu mengalirkan debit banjir rencana.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Wilayah Studi adalah Sungai Rawaan bagian hilir yaitu sepanjang 4091 m dari muara.
2. Analisis hidrolika menggunakan jenis aliran *Unsteady Flow*.
3. Tidak menghitung analisis ekonomi dan biaya
4. Tidak menghitung analisis dampak lingkungan
5. Tidak menghitung analisis sedimen

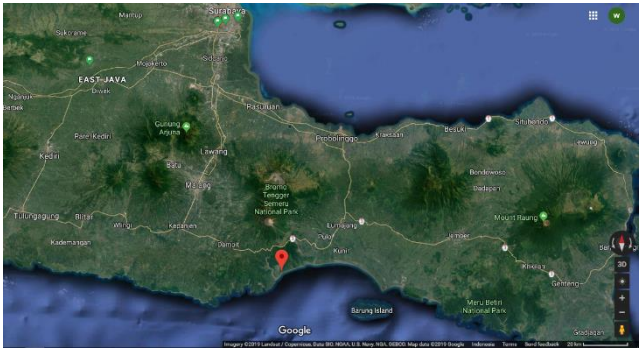
1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

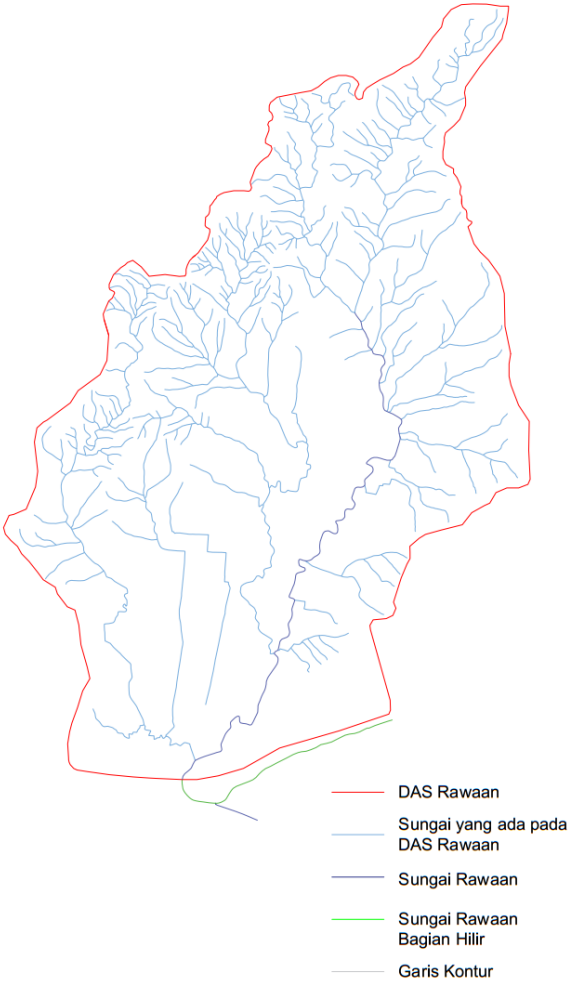
1. Mengetahui bentuk normalisasi penampang sungai yang dapat mengalirkan debit banjir rencana pada Sungai Rawaan bagian hilir.
2. Sebagai literatur dan referensi bagi mahasiswa yang ingin membahas berkenaan dengan Normalisasi Sungai.

1.6 Lokasi

Lokasi studi Tugas Akhir ini berada di Sungai Rawaan, Desa Bulurejo Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang. Letak wilayah studi tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.2. dan DAS Rawaan dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1. 2 Peta Lokasi Perencanaan
(Sumber : *Google Maps*)



Gambar 1. 3 DAS Rawaan
(Sumber : https://portal.ina-sdi.or.id)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi digunakan untuk menghitung karateristik hidrologi di wilayah DAS Rawaan. Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (hydrologic phenomena), seperti besarnya: curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah terhadap waktu (Soewarno, 1995). Data hidrologi dianalisis untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan sebagian data hidrologi yang dikumpulkan. Dalam analisis hidrologi ini, dilakukan perhitungan hujan rata-rata daerah aliran dan perhitungan debit banjir rencana yang masuk ke Sungai Rawaan. Perhitungan analisis hidrologi adalah sebagai berikut :

1. Menghitung luas Daerah Aliran Sungai (DAS)
2. Menentukan stasiun hujan yang berpengaruh terhadap luas DAS yang ditinjau
3. Menentukan hujan rata-rata daerah dengan metode Thiesen
4. Perhitungan debit banjir rencana
5. Membuat hidrograf

2.1.1 Analisis Hujan Rata-Rata Daerah Aliran

Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan yang diperhitungkan dalam perhitungan debit. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah curah hujan terbesar yang terjadi pada daerah pengaruh stasiun penakar hujan dalam setiap tahun. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu

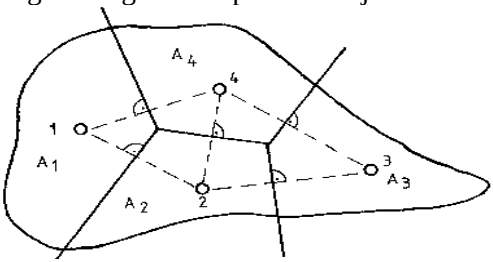
titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 2003). Untuk memperoleh data curah hujan, maka diperlukan alat untuk mengukur yaitu penakar hujan dan pencatat hujan. Salah satu cara perhitungan curah hujan daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik adalah sebagai berikut :

2.1.1.1 Metode Poligon Thiessen

Metode Thiessen adalah cara perhitungan curah hujan rata-rata daerah aliran dengan cara menghitung tinggi hujan rata-rata pada tiap stasiun menggunakan luas daerah pengaruh pada tiap stasiun dikalikan dengan tinggi hujan pada stasiun tersebut, kemudian dibagi dengan luas DAS keseluruhan. Hasil curah hujan rata-rata daerah aliran adalah dengan menjumlahkan tinggi hujan rata-rata pada tiap stasiun.

Luas daerah pengaruh pada masing-masing stasiun didapat dengan cara membuat polygon pada DAS. Cara membuat polygon tersebut adalah :

1. Membuat hubungan antar satu stasiun dengan stasiun yang lain dengan garis lurus, sehingga terbentuk bangun segitiga antar 3 stasiun.
2. Buat garis tegak lurus dari garis hubungan antar stasiun tadi, hingga memotong garis tegak lurus lainnya dan hingga batas DAS. Sehingga titik potong garis tersebut akan membentuk polygon baru.
3. Poligon baru ini adalah luas daerah pengaruh pada masing-masing stasiun penakar hujan.



Gambar 2. 1 Polygon Thiessen

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \cdots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \cdots + A_n} \text{.....(2-1)}$$

Dimana :

$\bar{R}$ = tinggi hujan rata-rata daerah (mm)
A = luas daerah aliran (m^2)
A_1 = luas daerah pengaruh stasiun (m^2)
R_1 = tinggi hujan pada stasiun (mm)

(Suyono, 2006)

2.1.2 Perhitungan Parameter Statistik Data Hidrologi

Untuk menganalisis susunan data kuantitatif dari sebuah variable hidrologi, maka akan sangat membantu apabila kita mendefinisikan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Sembarang nilai yang menjelaskan ciri susunan data disebut dengan parameter. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari sebuah variable disebut dengan parameter statistic. Dalam analisis data hidrologi, pengukuran parameter statistic yang seringkali digunakan adalah pengukuran tendensi sentral dan pengukuran disperse. Adapun perhitungan parameter statistic data hidrologi adalah sebagai berikut :

A. Pengukuran Tendensi Sentral

1) Nilai rata-rata hitung

Rata-rata hitung dari hasil pengukuran variar dengan nilai $X_1, X_2, \ldots, X_n$ ialah hasil penjulahan nilai-nilai tersebut dibagi dengan jumlah pengukuran sebesar n. bila rata-rata hitung dinyatakan sebagai $\bar{X}$ (dibaca X bar), maka nilai yang diberikan adalah :

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \text{ .....(2-2)}$$

Dimana :

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata hitung
x_i = Nilai oengukuran dari suatu variat
n = Jumlah data

B. Pengukuran Dispersi

1) Standart Deviasi dan Varian

Umumnya ukuran disperse yang paling banyak digunakan adalah deviasi standart dan varian. Perhitungan deviasi standart adalah sebagai berikut :

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

Varian dihitung sebagai nilai kuadrat dari deviasi standart :

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

Dimana :

S = standart deviasi
X_1 = nilai variasi
$\bar{X}$ = nilai rata-rata
n = jumlah data
S^2 = varian

2) Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus debagai berikut :

$$Cv = \frac{s}{x} \quad \text{.....(2-5)}$$

Keterangan :

Cv = koefisien variasi
S = deviasi standar
X = rata-rata hitung

3) Kemencengan

Kemencengan adalah suatu nilai yang menunjukan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Apabila suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum maka kurva tersebut tidak akan terbentuk simetri, keadaan itu disebut menceng ke kanan

atau ke kiri.

Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan dan dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^{n} (Xi - \bar{X})^3 \quad \text{.....(2-6)}$$

Keterangan :
Cs = koefisien kemencengan
S = deviasi standar dari sample
Xbar = rata-rata hitung dari data sampel
Xi = data ke i
n = jumlah data

4) Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan unutk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai :

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{.....(2-7)}$$

Keterangan :
Ck = koefisien kurtosis
S = deviasi standar dari sample
Xbar = rata-rata hitung dari data sampel
Xi = data ke i
n = jumlah data

(Soewarno, 1995)

2.1.3 Analisis Distribusi Frekuensi

Ada beberapa distribusi yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi, seperti Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, Log Person Type III, dsb.

Sebelum melakukan analisis distribusi frekuensi, perlu dilakukannya pemilihan distribusi frekuensi yang sesuai berdasarkan parameter statistik.

Tabel 2. 1 Syarat Nilai Parameter Statistik untuk Berbagai Distribusi Probabilitas

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs = 0
		Ck = 3
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16CV^2 + 3$
3	Gumbel	Cs = 1,14
		Ck = 5,4
4	Log Pearson Type III	Selain dari n1ilai di atas

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2009)

2.1.3.1 Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis hidrologi, missal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistic dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss.

$$X_T = \bar{X} + k.Sd \quad \text{.....(2-8)}$$

Dimana:

X_T = nilai hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang T-tahun (mm)

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung (mm)

k = konstanta

Sd = standart deviasi

(Soewarno, 1995)

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1.001	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.01	0.990	-2.33
1.05	0.952	-1.64
1.11	0.901	-1.28
1.25	0.800	-0.84
1.33	0.752	-0.67
1.43	0.699	-0.52
1.67	0.599	-0.25
2	0.500	0
2.5	0.400	0.25
3.33	0.300	0.52
4	0.250	0.67
5	0.200	0.84
10	0.100	1.28
20	0.050	1.64
50	0.020	2.05
100	0.010	2.33
200	0.005	2.58
500	0.002	2.88
1000	0.001	3.09

(Sumber : Bonnier, 1980)

2.1.3.2 Distribusi Gumbel

Curah hujan rencana dengan metode Gumbel dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Rt = \overline{R} + K \times Sx \quad \text{.....(2-9)}$$

$$\overline{R} = \sum_{1}^{n} Ri \qquad \text{.....(2-10)}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum(Ri - \overline{R})^2}{n - 1}} \qquad \text{.....(2-11)}$$

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn} \qquad \text{.....(2-12)}$$

$$Yt = -Ln[-Ln(T-1)/T] \qquad \text{……...(2-13)}$$

Dimana:

Rt = Curah hujan rencana periode ulang t tahun (mm)
R = Harga rerata dari data hujan atau debit (mm)
Sx = Standar deviasi dari hasil pengamatan selama n tahun
K = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi
Yt = *Reduced variate* sebagai fungsi periode ulang t
Yn = *Reduced mean* sebagai fungsi dari banyaknya data n
Sn = *Reduced* standart deviasi
t = Banyaknya data n periode ulang (tahun)

Hubungan antara harga reduced mean (Yn) dengan jumlah data (n) seperti pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Hubungan *Reduced Mean* (Yn) dengan Jumlah Data n

N	Yn	N	Yn
10	0,4952	30	0,5362
11	0,4996	31	0,5371
12	0,5035	32	0,5380
13	0,5070	33	0,5388
14	0,5100	34	0,5396
15	0,5128	35	0,5402
16	0,5175	36	0,5410
17	0,5181	37	0,5418
18	0,5202	38	0,5424

N	Yn	N	Yn
19	0,5220	39	0,5430
20	0,5236	40	0,5436
21	0,5252	41	0.5442
22	0,5268	42	0.5448
23	0,5268	43	0.5453
24	0,5296	44	0.5458
25	0,5309	45	0.5463
26	0,5320	46	0.5468
27	0,5332	47	0.5473
28	0,5343	48	0.5477
29	0,5353	49	0.5481

Sumber : C.D. Soemarto, 1986

Hubungan antara harga *reduced standar* Sn dengan banyaknya data n seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Hubungan *Reduced Standart* (Sn) dengan Jumlah Data

N	Sn	N	Sn	N	Sn
10	0,9496	21	1,0696	31	1,1159
11	0,9676	22	1,0754	32	1,1193
12	0,9833	23	1,0811	33	1,1226
13	0,9971	24	1,0864	34	1,1255
14	1,0095	25	1,0915	35	1,1285
15	1,0206	26	1,0961	36	1,1313
16	1,0316	27	1,0040	37	1,1339
17	1,0411	28	1,1047	38	1,1363
18	1,0493	29	1,1086	39	1,1388
19	1,0565	30	1,1124	40	1,1413
20	1,0625				

Sumber : C.D. Soemarto, 1986

2.1.3.3 Distribusi Log Pearson Type III

Pada metode Distribusi Log Pearson Type III ini, untuk menghitung banjir perencanaan dalam praktek, *The Hydrology Committee of The Water Resources Council USA*, menganjurkan

pertama kali mentransformasi data ke harga-harga logaritmiknya, kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya.

Dalam metode Log Person Type III dilakukan tahapan sebagaimana berikut :

a. Menentukan logaritma dari semua nilai variat X:

$$\text{Log R} = \overline{\text{Log Ri}} + \text{K} \times \text{Sd} \quad \text{…….…..... (2-14)}$$

b. Menghitung nilai rata-ratanya:

$$\overline{\text{Log Ri}} = \frac{\sum \text{Log R}}{\text{n}} \quad \text{…...…… (2-15)}$$

c. Menghitung nilai standar deviasi:

$$\overline{\text{Sd Log R}} = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log R} - \overline{\text{Log R}})^2}{\text{n} - 1}} \quad \text{…….. (2-16)}$$

d. Menghitung nilai koefisien kemencengan (*skewness*) :

$$\text{Cs} = \frac{\text{n} \times \sum(\text{Log R} - \overline{\text{Log R}})^3}{(\text{n} - 1) \times (\text{n} - 2) \times \overline{(\text{Sd Log R})}^3} \quad \text{…… (2-17)}$$

e. Keragaman sampel (variasi) :

$$\text{Cv} = \frac{\overline{\text{Sd Log R}}}{\overline{\text{Log R}}} \quad \text{……. (2-18)}$$

f. Koefisien kurtosis, dengan persamaan:

$$\text{Ck} = \frac{\text{n}}{(\text{n}-1)\times(\text{n}-2)\times(\text{n}-3)\times\overline{(\text{Sd Log R})}^4} \times \sum_{i=1}^{n}(LogR - \overline{LogR})^4 \quad (2\text{-}19)$$

g. Untuk menghitung curah hujan rencana periode ulang, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Log X} = \sum Log\ Xi + k.(S\ LogXi) \quad \text{……(2-20)}$$

Untuk nilai k dapat dilihat pada Tabel 2.5. Kemudian untuk mendapatkan nilai X, dapat dilakukan dengan menghitung nilai anti log dari log X.

Dimana:

R = Curah hujan rata-rata (mm)
Sd = Standart deviasi data hujan
K = Harga dari tabel
Cs = Koefisien *Skewnes*
n = jumlah data
Cv = koefisien variasi
Ck = koefisien kurtosis

Tabel 2. 5 Nilai K untuk Distribusi Log Person Tipe III

Kemencengan CS	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.3	0.1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,564	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,5	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,282	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670

Kemencengan CS	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.3	0.1
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090

Sumber : Soewarno, 1995

2.1.4 Uji Kecocokan Fungsi Distribusi

Kecocokan dalam pemilihan fungsi distribusi diuji dengan uji kecocokan menggunakan metode pengujian dan dengan *confidence interval* (tingkat interval kepercayaan) tertentu dapat menggunakan Metode *Chi-Square* dan Metode Smirnov-Kolmogorov.

2.1.4.1 Uji *Chi-Square*

Metode ini menggunakan pengamatan membentuk variable acak dan dilakukan secara statistic dengan mengikuti kurva distribusi *Chi-Square* dengan derajat kebebasan k-p-1, dengan p merupakan jumlah parameter yang diestimasi dari data. Uji statistic ini berdasarkan pada bobot jumlah kuadrat perbedaan antara pengamatan dan teoritisnya yang dibagi dalam kelompok kelas. Uji kecocokan ini dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$X_{i=1}^{k} = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{..... (2-21)}$$

Keterangan :

Xh = parameter *chi-square* terhitung
k = jumlah sub kelompok
Oi = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i
Ei = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Urutan pemeriksaan kesesuaian distribusi adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data pengamatan dari data kecil ke besar atau sebaliknya;
2. Kelompokan data menjadi G sub-grup;
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar Oi tiap-tiap sub group;
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar Ei;
5. Tiap-tiap sub group dihitung nilai :
   $(Oi-Ei)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G sub group nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan

nilai chi-kuadrat hitung

7. Tentukan derajat kebebasan dk – G – R – 1 (nilai R=2, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai R=1, untuk distribusi Poisson)

Interpretasi hasilnya :

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

(Sumber : Soewarno, 1995)

Tabel 2. 6 Distribusi *Chi-Square*

dk	α (derajat kepercayaan)							
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,500	0,025	0,010	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,788
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7.,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,751	9,488	11,143	13,277	14,560
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,625	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,067	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,577
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,061	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,242	5,812	6,908	7,902	26,296	28,845	23,000	34,267

Tabel 2.6. Distribusi *Chi-Square* (lanjutan)

dk	α (derajat kepercayaan)							
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,500	0,025	0,010	0,005
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,532
20	7,434	8,260	9,591	10,851	33,141	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,671	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,924	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,796	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	16,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	50,993
30	12,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,929	50,892	53,672

Sumber : Soewarno, 1995

2.1.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Untuk menghindari hilangnya informasi data pada uji Chi-Square akibat pengelompokan data dalam kelas-kelas interval, ada beberapa metode lain yang telah dikembangkan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah uji Smirnov-Kolmogorov. Uji kecocokan ini adalah uji kecocokan "non parammetic" karena tidak mengikuti distribusi tertentu. Uji ini menghitung besarnya jarak maksimum secara vertical antara pengamatan dan teoritisnya dari distribusi sampelnya. Perbedaan jarak maksimum untuk Smirnov-Kolmogorov tertera pada persamaan berikut :

$$Dn = \max |P(x) - Po(x)| \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(2-22)}$$

Keterangan :

Dn = jarak vertical maksimum antara pengamatan dan teoritisnya

P(x) = probabilitas dari sampel data

Po(x) = probabilitas dari teoritisnya

Distribusi dikatakan cocok jika nilai Dn < D kritisnya pada derajat kepercayaan yang diinginkan. Urutan uji ini adalah sebagai berikut :

1. Susun data curah hujan harian rerata tiap tahun dari kecil ke besar atau sebaliknya
2. Hitung probabilitas untuk masing-masing data hujan dengan persamaan Weibull sebagai berikut :

   $$P = \frac{m}{n+1} 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(2-23)}$$

   Keterangan :

   P = probabilitas (%)

   m = nomor urut data dari seri data yang telah disusun

   n = banyak data
3. Cari harga mutlak perbadaan maksimum antara distribusi empiris (P empiris) dengan distribusi teoritis (P teoritis)

   $$\Delta = maksimum\ |P\ teoritis - P\ empiris| \ldots\ldots\ldots \text{(2-24)}$$
4. Apabila nilai $\Delta \leq \Delta$ kritis sesuai harga kritis Uji Smirnov-Kolmogorov seperti pada table dibawah maka

distribusi teoritisnya dapat diterima dan bila terjadi sebaliknya maka distribusi teoritisnya ditolak.

Tabel 2. 7 Harga Kritis Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan (α)			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
>50	$\frac{1,07}{N^{0.5}}$	$\frac{1,22}{N^{0.5}}$	$\frac{1,36}{N^{0.5}}$	$\frac{1,63}{N^{0.5}}$

(Sumber : SNI 2415 2016)

2.1.5 Perhitungan Distribuasi Hujan Jam-jam-an

Untuk perhitungan debit dengan menggunakan rumus hidrograf satuan sintesis diperlukan data hujan jam-jaman. Distribusi curah hujan jam-jaman dapat dihitung dengan rumus :

$$R_t = R_o \times \left[\frac{T}{t}\right]^{2/3} \quad \text{.....(2-25)}$$

Dimana :

R_t = Rata-rata hujan pada jam ke-i (mm)

R_o = $^{R24}/_{T}$

T = Lama waktu hujan terpusat (jam)

t = waktu hujan (jam)

Untuk menghitung rata-rata curah hujan pada jam ke–t menggunakan rumus :

$$R_t = t \times R_t - (t-1) \times R_{(t-1)} \quad \text{……..……..... (2-26)}$$

Dimana :

R_t' = Tinggi hujan pada jam ke-i (mm)
R_t = Rata-rata tinggi hujan sampai jam ke-t (mm)
t = Waktu hujan (jam)
$R_{(t-1)}$ = Rata-rata tinggi hujan dari permulaan sampai jam ke-t (mm)

Dalam perhitungan distribusi hujan effektif, perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R = C \times R_t \quad \text{……(2-27)}$$

Dimana :

R = Tinggi hujan efektif (mm)
C = Koefisien pengaliran
R_t = Tinggi hujan rencana (mm)

2.1.6 Perhitungan Koefisien Pengaliran

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

$$C = \frac{C_1 A_1}{\sum_{1=i}^{n} A} \text{ ……..…….. (2-28)}$$

Dimana :

C = koefisien pengaliran dari daerah aliran
A_1 = luas masing-masing tata guna lahan (km2)

C_1 = koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

A = luas total daerah pengaliran (km2)

(Sumber : Soewarno, 1995)

Nilai koefisien pengaliran dapat di dilihat pada Tabel 4.12 berikut :

Tabel 2. 8 Koefisien Pengaliran C

No.	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	Pekotaan	0.70-0.95
	Pinggiran	0.50-0.70
2	Perumahan	
	Runah Tinggal	0.30-0.50
	Multiunit terpisah	0.40-0.60
	Multiunit tergabung	0.60-0.75
	Perkampungan	0.25-0.40
	Apartemen	0.50-0.70
3	Industri	
	Ringan	0.50-0.80
	Berat	0.60-0.90
4	Perkerasan	
	Aspal dan beton	0.70-0.95
	Batu bata, Paving	0.50-0.70
5	Atap	0.75-0.95
6	Halaman, Tanah berpasir	
	Datar 2%	0.05-0.10
	Rata-rata 2-7%	0.10-0.15
	Curam 7%	0.15-0.20
7	Halaman tanah berat	
	Datar 2%	0.13-0.17
	Rata-rata 2-7%	0.18-0.22
	Curam 7%	0.25-0.35
8	Halaman Kereta Api	0.10-0.35
9	Taman bermain	0.20-0.35
10	Taman, Perkuburan	0.10-0.25
11	Hutan	
	Datar 0-5%	0.10-0.40
	Bergelombang 5-10%	0.25-0.50
	Berbukit 10-0%	0.30-0.60

(Sumber : Suripin, 2003)

2.1.7 Analisis Debit

Analisis debit perlu dilakukan karena untuk mengetahui besarnya debit yang masuk ka dalam sungai Rawaan. Analisis debit juga berguna untuk mengetahui kapasitas sungai apakah mampu atau tidak menampung debit yang masuk tersebut. Analisis debit pada perencanaan ini menggunakan debit banjir rencana, yaitu debit maksimum dari suatu sungai yang besarnya didasarkan/terkait dari periode ulang tertentu.

Tabel 2. 9 Klasifikasi Periode Ulang Berdasarkan Jenis Konstruksi

Jenis Konstruksi	Periode Ulang (tahun)
Bendungan tipe urugan	1000
Bendungan konstruksi beton	500-1000
Bendung (*weir*)	50-100
Saluran pengelak banjir	20-50
Tanggul	10-20
Saluran drainase	5-10

Sumber: Suprapto, 1999

Ada beberapa cara untuk menghitung debit banjir rencana, pada perencanaan ini perhitungan debit banjir rencana menggunakan yang didasarkan dari teori hidrograf satuan. Hidrograf satuan yang digunakan pada perencanaan ini adalah hidrograf satuan sintetik Nakayasu, karena hidrograf satuan sintetik Nakayasu sudah banyak digunakan dalam perencanaan bendungan-bendungan dan perbaikan sungai di Jawa Timur. (Soemarto, 1986)

2.1.7.1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Nakayasu dari Jepang, telah menyelidiki hidrograf satua pada beberapa sungai di jepang. Ia membuat rumus hidrograf

satuan sintetik dari hasil penyelidikannya. Rumus tersebut adalah sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{C \times A R_o}{3{,}6\ (0{,}3\ T_p + T_{0.3})} \quad \text{…..……} \ (2\text{-}29)$$

Dimana :

Q_p = debit puncak banjir (m^3/detik)
Ro = hujan satuan (mm)
Tp = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30 % dari debit (jam)
C = koefisien aliran
A = luas DAS (km^2)

Bagian lengkung naik (*rising limb*) hidrograf satuan mempunyai persamaan :

$$0 \leq t < Tp$$

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \quad \text{……} (2\text{-}30)$$

Dimana :

Qt = limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/detik)
t = waktu (jam)

Bagian lengkung turun (*decreasing limb*) hidrograf satuan mempunyai persamaan :

- $Tp \leq t < (Tp + T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p \times 0{,}3^{\frac{t - Tp}{T0,3}} \quad \text{……..……..} (2\text{-}31)$$

- $(Tp + T_{0,3}) \leq t < (Tp + T_{0,3} + 1{,}5\ T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p \times 0{,}3^{\frac{t - Tp + 0{,}5\ T0{,}3}{1{,}5\ T0{,}3}} \quad \text{…….....} \ (2\text{-}32)$$

- $t \geq (Tp + T_{0,3} + 1{,}5\ T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p \times 0{,}3^{\frac{t - Tp + 1{,}5\ T0{,}3}{2\ T0{,}3}} \quad \text{..……} (2\text{-}33)$$

Untuk variable waktu pada hidrograf Nakayasu adalah sebagai berikut :

$$Tp = tg + 0{,}8 \times tr \quad \text{…….....} \ (2\text{-}34)$$

Dimana untuk L < 15 km tg = 0,4 + 0,058 x L ,….. (2-35)
Untuk L > 15 km tg = 0,21 x L 0,7 …….. …….…….. (2-36)

tr = 0,5 x tg sampai 1 x tg ,……. (2-37)
tr = 0,5 x tg s/d tr : tg,…….. (2-38)

$$T_{0,3} = \alpha\ tg \quad \text{…….....} \ (2\text{-}39)$$

Keterangan :
Tp = tenggang waktu (*time lag*) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
tg = waktu konsentrasi hujan (jam)
$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)
tr = waktu curah hujan (jam)
tg = waktu konsentrasi (jam)
L = panjang sungai utama (km)

Dimana :
- untuk daerah pengaliran biasa, α = 2,0

- untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat, $\alpha = 1,5$
- untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat, $\alpha = 3,0$

(Sumber : Soemarto, 1986)

2.2 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui dimensi kapasitas penampang eksisting sungai dan merencanakan besarnya normalisasi penampang sungai sesuai dengan debit yang mengalirinya.

2.2.1 Program Bantu HEC-RAS

HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center - River Analysis System*) adalah program komputer yang memodelkan hidrolika aliran air melalui sungai alami dan saluran lainnya. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk melakukan aliran *Steady* satu dimensi, perhitungan aliran *Unsteady* satu dan dua dimensi, sedimen transport , dan pemodelan suhu air / kualitas air. Sebelum pembaruan terbaru untuk Versi 5.0 program ini adalah satu dimensi, yang berarti bahwa tidak ada pemodelan langsung dari efek hidrolik dari perubahan bentuk penampang, tikungan, dan aspek aliran dua dan tiga dimensi lainnya. Peluncuran Versi 5.0 memperkenalkan pemodelan aliran dua dimensi serta kemampuan pemodelan transfer sedimen. Program ini dikembangkan oleh Departemen Pertahanan AS, Korps Insinyur Angkatan Darat untuk mengelola sungai, pelabuhan, dan pekerjaan umum lainnya di bawah yurisdiksi mereka.

Pusat Teknik Hidrologi (*Hydrologic Engineering Center*) di Davis, California mengembangkan Sistem Analisis Sungai (*River Analysis System*) untuk membantu insinyur hidrolik dalam analisis aliran saluran dan penentuan dataran banjir. Ini mencakup banyak kemampuan entri data, komponen analisis hidrolik, penyimpanan data dan kemampuan manajemen, serta kemampuan grafik dan pelaporan.

HEC-RAS adalah model hidraulik aliran *Steady* satu dimensi yang dirancang untuk membantu insinyur hidrolik dalam analisis aliran saluran dan penentuan dataran banjir. Hasil model dapat diterapkan dalam manajemen dataran banjir dan studi asuransi banjir. Dalam program bantu HEC-RAS, dapat digunakan dua jenis simulasi aliran, yaitu aliran *Steady* dan aliran *Unsteady*. Aliran *Steady* yaitu ketika sifat-sifat aliran konstan pada setiap titik/tempat dan tidak tergantung waktu. Sedangkan aliran *Unsteady* adalah ketika sifat-sifat aliran tidak tetap pada setiap titik/ tempat dan tergantung waktu.

Pada program bantu HEC-RAS, penampang sungai akan digambarkan terlebih dahulu. Setelah penampang ditentukan, maka kemudian HEC-RAS akan menghitung profil muka air. Pada program bantu HEC-RAS, prosedur komputasi dasar didasarkan pada solusi iteratif dari persamaan energy yang menyatakan bahwa energi total (H) pada lokasi tertentu di sepanjang aliran adalah jumlah energi potensial (Z + Y) dan energi kinetik ($\frac{\alpha V^2}{2g}$). Perubahan energi antara dua penampang disebut head loss (hL).

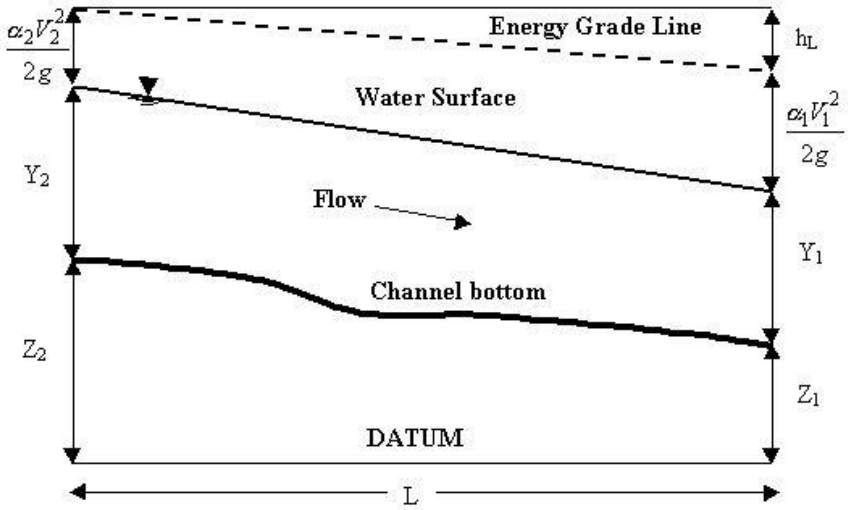
Persamaan Energi

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 {V_2}^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 {V_1}^2}{2g} + h_e \ldots\ldots\ldots (2\text{-}41)$$

Dimana :

Z = elevasi dasar saluran
Y = tinggi air dalam saluran
V = kecepatan rata-rata
a = koefisien kecepatan
he = kehilangan energy

Parameter persamaan energi diilustrasikan dalam grafik berikut:



Gambar 2. 2 Kehilangan Energi
(Sumber : *U.S. Army Corps of Engineers*)

2.2.2 *Setting* Model Penampang Sungai Rawaan dengan Program Bantu HEC-RAS

Data yang digunakan dalam analisis hidrolika dengan program bantu HEC-RAS adalah :

1. Data geometri berupa *Long* dan *Cross Section* Sungai
2. Debit yang masuk pada sungai
3. Angka koefisien Manning penampang sungai
4. Data pasang surut air laut

Pada perencanaan ini, digunakan analisis dengan menggunakan tipe aliran *Unsteady Flow.* Analisis dilakukan untuk mengetahui profil muka air dan kemampuan sungai dalam

mengalirkan debit. Langkah-langkah pemodelan adalah sebagai berikut:

1. Membuat model skema sungai yang ditinjau
2. Memasukkan data potongan sungai
3. Mendefinisikan boundary conditions
4. Menjalankan/running program HEC-RAS.
5. Menampilkan hasil/output.

BAB III
METODOLOGI

3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, dilakukan proses pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Data yang digunakan dalam penulisan merupakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung berupa catatan maupun hasil penelitian ataupun olahan dari pihak lain. Pengumpulan data sekunder merupakan sumber data penelitian yang didapat melalui instansi PSDA Provinsi Jawa Timur, serta pihak lain-lain yang terkait Adapun data-data tersebut meliputi :

1. Data peta kontur kawasan DAS Rawaan
2. Data curah hujan Sungai Rawaan dari tiga stasiun hujan
3. Data lokasi stasiun hujan
4. Data tata guna lahan
5. Data *cross* dan *long section* existing Sungai Rawaan
6. Data pasang surut

3.2 Analisis Data dan Proses Perhitungan

Setelah melakukan tahap persiapan selanjutnya analisis data/proses perhitungan yang meliputi:

a. Analisis hidrologi
   - Menghitung luas Daerah Aliran Sungai (DAS)
   - Menentukan stasiun hujan yang berpengaruh terhadap luas DAS yang ditinjau
   - Menentukan hujan rata-rata daerah dengan cara Thiessen
   - Perhitungan koefisien pengaliran
   - Perhitungan debit banjir rencana
   - Membuat hidrograf

b. Analisis Hidrolika
   - Analisis kapasitas penampang Sungai Rawaan berdasarkan hidrograf dengan menggunakan program

bantu Hec – Ras

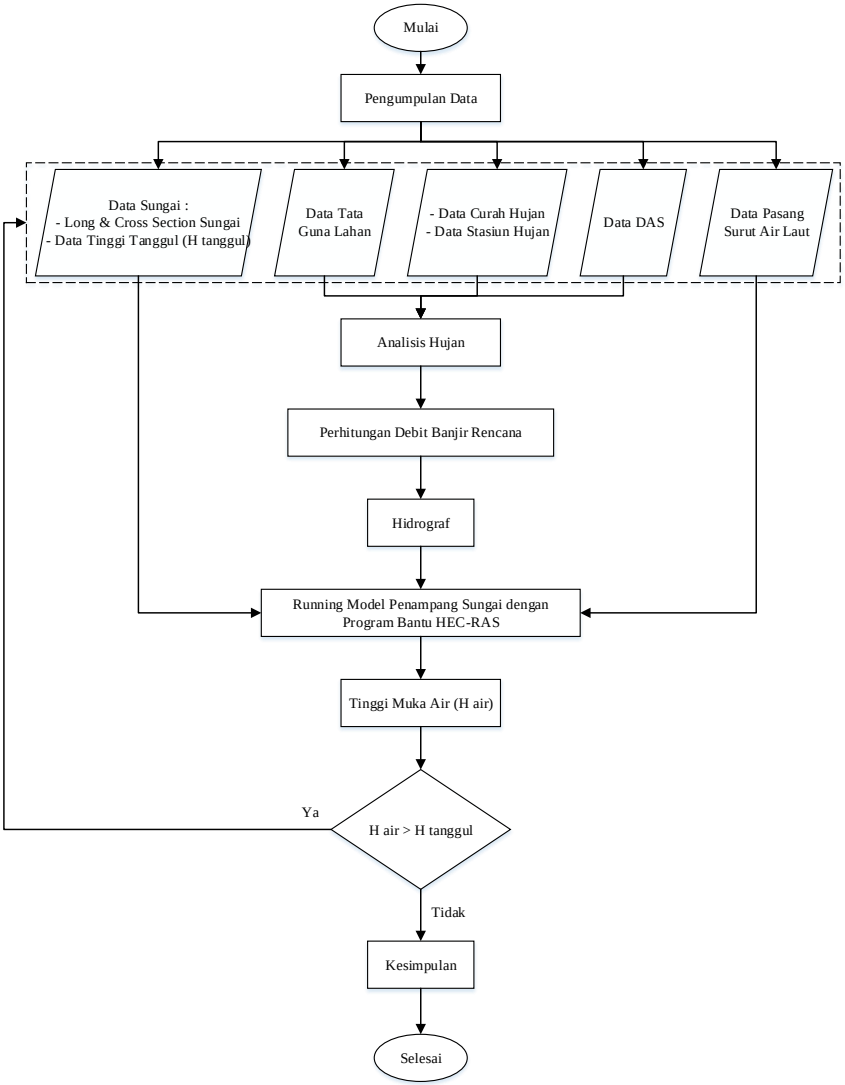
- Melakukan normalisasi apabila kapasitas penampang eksisting Sungai Rawaan tidak memadahi.

3.3 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan hasil dari Analisis dan jawaban akan permasalahan yang ada di Sungai Rawaan bagian hilir.

3.4 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Adapun tahapan pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir

"*Halaman ini sengaja dikosongkan*"

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

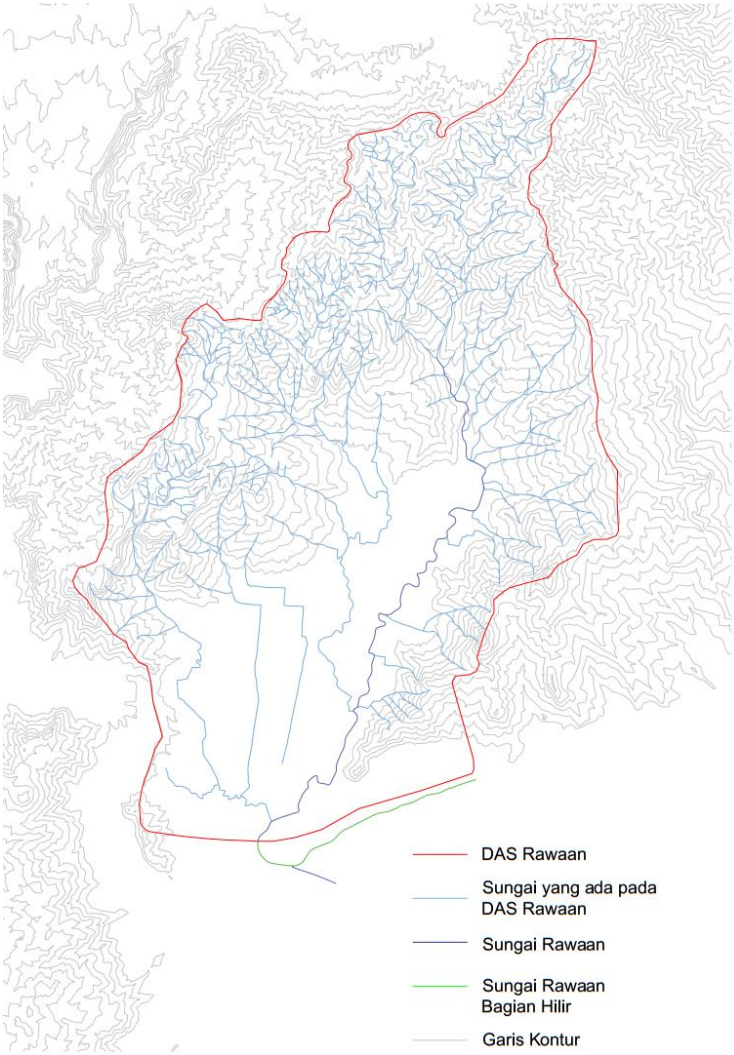
4.1 Analisis Hidrologi

Data hidrologi dianalisis untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan sebagian data hidrologi yang dikumpulkan. Dalam analisis hidrologi ini, dilakukan perhitungan hujan rata-rata daerah aliran dan perhitungan debit banjir rencana yang masuk ke Sungai Rawaan. Perhitungan analisis hidrologi adalah sebagai berikut :

1. Menghitung luas Daerah Aliran Sungai (DAS)
2. Menentukan stasiun hujan yang berpengaruh terhadap luas DAS yang ditinjau
3. Menentukan hujan rata-rata daerah dengan metode Thiesen
4. Perhitungan debit banjir rencana
5. Membuat hidrograf

4.1.1 Menghitung luas Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Pada tugas akhir kali ini, pehitungan luas DAS dilakukan dari data kontur dan data sungai yang diperoleh dari *website* portal.ina-sdi.or.id kemudian diolah menggunakan program bantu AutoCAD untuk mengetahui luasan dari DAS tersebut dengan cara menghubungkan puncak-puncak daratan pada daerah sekitar Sungai Rawaan. Hasil dari perhitungan luas DAS dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4. 1 DAS Rawaan
(Sumber : https://portal.ina-sdi.or.id)

Dari gambar di atas, melalui program bantu AutoCAD dapat diketahui bahwa Sungai Rawaan memiliki panjang sungai ±15,175 km dan luas DAS ± 64,40 km^2.

4.1.2 Analisis Hujan Rata-Rata Daerah Aliran

Dalam analisis hidrologi, curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 2003).

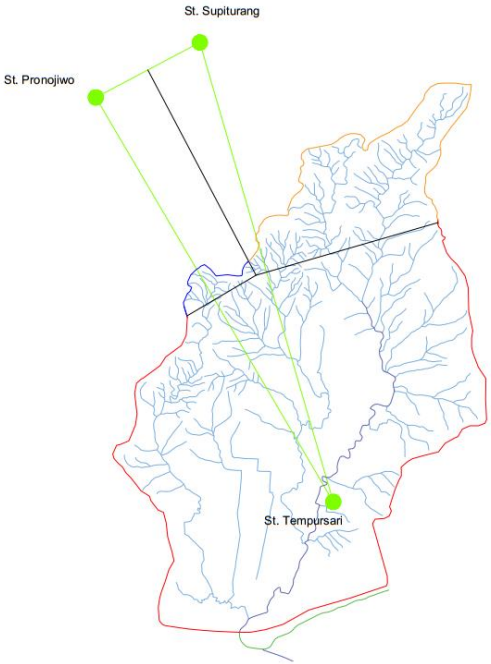
Dalam perencanaan kali ini ada tiga stasiun penakar hujan yang berpengaruh pada DAS Rawaan, yakni Stasiun Pronojiwo, Stasiun Supiturang, dan Stasiun Tempursari. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah curah hujan terbesar yang terjadi pada daerah pengaruh stasiun penakar hujan dalam setiap tahun. Data curah hujan (dalam mm) tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2004 – 2014

Tahun	St. Pronojiwo		St. Supiturang		St. Tempursari	
	Tanggal	CH	Tanggal	CH	Tanggal	CH
2004	28-May-04	118	28-May-04	126	28-May-04	138
2005	17-Oct-05	98	17-Oct-05	132	17-Oct-05	310
2006	25-Apr-06	128	25-Apr-06	183	25-Apr-06	95
2007	26-Dec-07	96	26-Dec-07	95	26-Dec-07	98
2008	14-Nov-08	190	14-Nov-08	240	14-Nov-08	183
2010	25-Sep-10	188	25-Sep-10	197	25-Sep-10	220
2011	9-Nov-11	95	9-Nov-11	93	9-Nov-11	96
2012	15-Apr-12	81	15-Apr-12	65	15-Apr-12	94
2013	20-Aug-13	91	20-Aug-13	89	20-Aug-13	96
2014	9-May-14	71	9-May-14	85	9-May-14	97

4.1.2.1 Metode Poligon Thiessen

Dalam perhitungan nilai rata-rata hujan daerah aliran, setelah diketahuinya stasiun penakar hujan yang berpengaruh dan data curah hujan yang akan digunakan, selanjutnya adalah menentukan daerah pengaruh dari setiap stasiun penakar hujan pada DAS Rawaan. Dalam perencanaan kali ini, lokasi stasiun penakar hujan diplot sesuai dengan koordinatnya kemudian dibuat daerah pengaruhnya dengan menggunakan *polygon Thiessen.* Daerah pengaruh dari setiap stasiun penakar hujan dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut :



Gambar 4. 2 *Polygon Thiessen*
(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan perhitungan polygon di atas, didapat luas daerah pengaruh pada setiap stasiun penakar hujan sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4. 2 Luas Daerah Pengaruh (*Catchment Area*) pada Stasiun Penakar Hujan yang berpengaruh pada DAS Rawaan

Stasiun Hujan	***Catchment Area***	
Tempursari	53.25545	km^2
Pronojiwo	0.901919	km^2
Supiturang	10.24918	km^2
TOTAL	64.407	km^2

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan pada Tabel 4.2, maka dapat dicari koefisien Thiessen untuk masing-masing stasiun penakar hujan. Nilai perhitungan koefisien Thiessen (α) pada masing-masing stasiun penakar hujan adalah sebagai berikut :

- St. Tempursari (α) $= \frac{53{,}25545\ km^2}{64{,}407\ km^2} = 0{,}827$
- St. Pronojiwo (α) $= \frac{0{,}901919\ km^2}{64{,}407\ km^2} = 0{,}014$
- St. Supiturang (α) $= \frac{10{,}24918\ km^2}{64{,}407\ km^2} = 0{,}159$

Selanjutnya dari perhitungan yang telah dilakukan, seperti data curah hujan harian maksimum pada setiap stasiun penakar hujan dan koefisien Thiessen, kemudian dapat dihitung curah hujan rata-rata daerah aliran dengan persamaan (2-1).

Sebagai contoh perhitungan curah hujan rata-rata daerah aliran pada tahun 2004 dengan data sebagai berikut :

- Curah hujan harian maksimum St Tempursari = 138 mm
- Curah hujan harian maksimum St Pronojiwo = 118 mm
- Curah hujan harian maksimum St Supiturang = 126 mm

Curah Hujan = Koefisien *Thiessen* x curah hujan harian maksimum.

$\bar{R}$ = (138 x 0,827) + (118 x 0,014) + (126 x 0,159)
$\bar{R}$ = 135,81 mm

Perhitungan curah hujan rata-rata daerah aliran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4. 3 Curah Hujan Rata-Rata Daerah Aliran

Tahun	St. Pronojiwo		St. Supiturang		St. Tempursari		α Thiessen			Curah Hujan Wilayah (mm)
	0.014003535		0.159132609		0.826863857					
	Tanggal	CH	Tanggal	CH	Tanggal	CH	0.014	0.159	0.827	
2004	28-May-04	118	28-May-04	126	28-May-04	138	1.6524	20.05	114.1	135.810338
2005	17-Oct-05	98	17-Oct-05	132	17-Oct-05	310	1.3723	21.01	256.3	278.7056463
2006	25-Apr-06	128	25-Apr-06	183	25-Apr-06	95	1.7925	29.12	78.55	109.4657862
2007	26-Dec-07	96	26-Dec-07	95	26-Dec-07	98	1.3443	15.12	81.03	97.4945951
2008	14-Nov-08	190	14-Nov-08	240	14-Nov-08	183	2.6607	38.19	151.3	192.1685834
2010	25-Sep-10	188	25-Sep-10	197	25-Sep-10	220	2.6327	31.35	181.9	215.8918369
2011	9-Nov-11	95	9-Nov-11	93	9-Nov-11	96	1.3303	14.8	79.38	95.50859864
2012	15-Apr-12	81	15-Apr-12	65	15-Apr-12	94	1.1343	10.34	77.73	89.2031084
2013	20-Aug-13	91	20-Aug-13	89	20-Aug-13	96	1.2743	14.16	79.38	94.81605407
2014	9-May-14	71	9-May-14	85	9-May-14	97	0.9943	13.53	80.21	94.7263168

(Sumber : Perhitungan)

4.1.3 Perhitungan Parameter Statistik Data Hidrologi

Pada curah hujan rata-rata daerah aliran perlu ditentukan distribusi yang cocok terhadap data tersebut. Penentuan distribusi adalah dengan cara menganalisis frekuensi dan probabilitasnya. Hasil analisis frekuensi dan probabilitas data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Frekuensi dan Probabilitas

No	CH Rata-rata Daerah (mm)	Urutan Xi (mm)	(Xi-X)	$(Xi-X)^2$	$(Xi-X)^3$	$(Xi-X)^4$
1	135.81	278.71	138.33	19134.24	2646773.21	366119032.52
2	278.71	215.89	75.51	5702.18	430586.96	32514805.31
3	109.47	192.17	51.79	2682.15	138907.30	7193939.38
4	97.49	135.81	-4.57	20.87	-95.37	435.70
5	192.17	109.47	-30.91	955.63	-29541.74	913232.76
6	215.89	97.49	-42.88	1839.08	-78867.99	3382213.75
7	95.51	95.51	-44.87	2013.36	-90340.48	4053621.19
8	89.20	94.82	-45.56	2075.99	-94588.40	4309734.12
9	94.82	94.73	-45.65	2084.18	-95148.38	4343786.98
10	94.73	89.20	-51.18	2618.98	-134028.90	6859060.03
Jumlah	1403.79		0.00	39126.66	2693656.21	429689861.74
Rata-rata (X)	140.38					

(Sumber : Perhitungan)

Dari hasil perhitungan analisis frekuensi dan probabilitas pada Tabel 4.4 perlu dilakukannya perhitungan parameter statistic dari data hidrologi tersebut. Adapun perhitungan parameter statistik data hidrologi adalah sebagai berikut :

A. Pengukuran Tendensi Sentral

1) Nilai rata-rata hitung

Nilai rata-rata hitung dapat dihitung dengan persamaan (2-2) sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

$$= \frac{1}{10}\ 1403{,}79 \text{ mm}$$

$$= 140{,}379 \text{ mm}$$

B. Pengukuran Dispersi

1) Standart Deviasi

Perhitungan deviasi standart adalah sebagai berikut :

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

$$s = \sqrt{\frac{1}{10-1}}\ 39126{,}66$$

$$s = 65{,}93$$

2) Koefisien Variasi

Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus debagai berikut :

$Cv = \frac{s}{x}$ = 65,93/140,379 = 0,477

3) Koefisien Kemencengan

Koefisien kemencengan dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

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

$$Cs = \frac{10}{(10-1)(10-2)65{,}93^3}2693656{,}21$$

$$Cs = 1{,}305$$

4) Koefisien Kurtosis

Koefisien kurtosis digunakan unutk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

$$Ck = \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3)65{,}93^4}39126{,}66$$

$$Ck = 4{,}511$$

4.1.4 Analisis Distribusi Frekuensi

Ada beberapa distribusi yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi, seperti Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, Log Person Type III, dsb.

Sebelum melakukan analisis distribusi frekuensi, perlu dilakukannya pemilihan distribusi frekuensi yang sesuai berdasarkan parameter statistik. Hal tersebut dilakukan agar jenis distribusi yang cocok terhadap data tersebut dapat ditentukan.

Tabel 4. 5 Hasil Pemilihan Distribusi Frekuensi yang Sesuai Berdasarkan Parameter Statistik

No.	Distribusi	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Normal	Cs = 0	1,305	OK
		Ck = 3	4,511	OK
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$	1,538	TIDAK
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16CV^2 + 3$	4,071	TIDAK
3	Gumbel	Cs = 1,14	1,305	OK
		Ck = 5,4	4,511	TIDAK
4	Log Pearson Type III	Selain dari nilai di atas	Bebas	OK

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan dari Tabel 4.5, hasil Cs, Ck, dan Cv yang memenuhi syarat adalah Distribusi Normal dan Distribusi Log Pearson Type III. Sehingga distribusi frekuensi yang dapat digunakan adalah Distribusi Normal dan Distribusi Log Pearson Type III.

4.1.4.1 Distribusi Normal

Hasil perhitungan metode Distribusi Normal dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagaimana berikut :

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Distribusi Normal

No	CH Wilayah (mm)	Urutan Xi (mm)	(Xi-X)	$(Xi-X)^2$	$(Xi-X)^3$	$(Xi-X)^4$
1	135.81	278.71	138.33	19134.24	2646773.21	366119032.52
2	278.71	215.89	75.51	5702.18	430586.96	32514805.31
3	109.47	192.17	51.79	2682.15	138907.30	7193939.38
4	97.49	135.81	-4.57	20.87	-95.37	435.70
5	192.17	109.47	-30.91	955.63	-29541.74	913232.76
6	215.89	97.49	-42.88	1839.08	-78867.99	3382213.75
7	95.51	95.51	-44.87	2013.36	-90340.48	4053621.19
8	89.20	94.82	-45.56	2075.99	-94588.40	4309734.12
9	94.82	94.73	-45.65	2084.18	-95148.38	4343786.98
10	94.73	89.20	-51.18	2618.98	-134028.90	6859060.03
Jumlah	1403.79		0.00	39126.66	2693656.21	429689861.74
Rata-rata (X)	140.38					

(Sumber : Perhitungan)

Dari Tabel 4.6 dilakukan perhitungan untuk mendapatkan standar deviasi, koefisien kemencengan (*skewness*), dan koefisien kurtosis. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

a. Standart Deviasi

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

$$S = \sqrt{\frac{39126.66}{10-1}}$$

$$S = 65{,}93$$

b. Koefisien Skewness (Kemencengan)

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

$$Cs = \frac{10 \times 2693656.21}{(10-1)(10-2)\times(65.93)^3}$$

$$Cs = 1{,}305$$

c. Koefisien Kurtosis (Keruncingan)

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

$$Ck = \frac{10^2 \times 39126.66}{(10\text{-}1)(10\text{-}2)(10\text{-}3)\times(65.93)^4}$$

$$Ck = 4{,}511$$

4.1.4.2 Distribusi Log Pearson Tipe III

Pada metode Distribusi Log Pearson Type III ini, untuk menghitung banjir perencanaan dalam praktek, *The Hydrology Committee of The Water Resources Council USA*, menganjurkan pertama kali mentransformasi data ke harga-harga logaritmiknya, kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya. Metode ini digunakan karena memiliki harga lebih besar dari distribusi frekuensi lainnya yang dapat digunakan.

Hasil perhitungan metode Log Person Type III dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagaimana berikut :

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III

No	CH Rata-Rata Daerah (mm)	Urutan x (mm)	log Xi	(log Xi-log X)	(log Xi-log X)²	(log Xi-log X)^3	(log Xi-log X)^4
1	135.81	278.71	2.45	0.33	0.11	0.04	0.01
2	278.71	215.89	2.33	0.22	0.05	0.01	0.00
3	109.47	192.17	2.28	0.17	0.03	0.01	0.00
4	97.49	135.81	2.13	0.02	0.00	0.00	0.00
5	192.17	109.47	2.04	-0.07	0.01	0.00	0.00
6	215.89	97.49	1.99	-0.12	0.01	0.00	0.00
7	95.51	95.51	1.98	-0.13	0.02	0.00	0.00
8	89.20	94.82	1.98	-0.13	0.02	0.00	0.00
9	94.82	94.73	1.98	-0.13	0.02	0.00	0.00
10	94.73	89.20	1.95	-0.16	0.03	0.00	0.00
Jumlah	1403.79		21.11	0.00	0.29	0.0403	0.0177
Rata-rata (X)	140.38		2.11				

(Sumber : Perhitungan)

Dari Tabel 4.7 dilakukan perhitungan untuk mendapatkan standar deviasi, koefisien kemencengan (*skewness*), dan koefisien kurtosis. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

d. Standart Deviasi

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

$$S = \sqrt{\frac{0,29}{10-1}}$$

$$S = 0,18$$

e. Koefisien Skewness (Kemencengan)

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

$$Cs = \frac{10 \times 0,04030}{(10-1)(10-2)\times(0,18)^3}$$

$$Cs = 0,964$$

f. Koefisien Kurtosis (Keruncingan)

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

$$Ck = \frac{10^2 \times 0.29}{(10-1)(10-2)(10-3)\times(0,18)^4}$$

$$Ck = 3,368$$

4.1.5 Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang

4.1.5.1 Distribusi Normal

Curah hujan rencana pada tahap ini dihitung menggunakan data curah hujan dalam perhitungan Distribusi Normal. Untuk menghitung curah hujan rencana periode ulang dapat dihitung dengan persamaan (2-8) sebagai berikut :

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

Untuk nilai X dan standart deviasi X diperoleh dari perhitungan Distribusi Normal dalam Tabel 4.6, sedangkan nilai k dapat dilihat pada Tabel 2.2. Sehingga hasil perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang dapat dilihat pada Tabel 4.8 :

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang dengan Distribusi Normal

No	Periode Ulang	Peluang	k	X_{TR}
1	2	0.500	0	140.38
2	5	0.200	0.84	195.76
3	10	0.100	1.28	224.78
4	20	0.050	1.64	248.51
5	25	0.040		
6	50	0.020	2.05	275.55
7	100	0.010	2.33	294.01
8	200	0.005	2.58	310.49
9	500	0.002	2.88	330.27
10	1000	0.001	3.09	344.12

(Sumber : Perhitungan)

4.1.5.2 Distribusi Log Pearson Type III

Curah hujan rencana dihitung menggunakan data curah hujan dalam metode Distribusi Log Pearson Type III. Untuk menghitung curah hujan rencana periode ulang, dapat dihitung dengan persamaan (2-20) sebagai berikut :

$$\text{Log X} = \sum Log\ Xi + k.(S\ LogXi)$$

Untuk nilai $\sum Log\ Xi$ dan standart deviasi Log Xi diperoleh dari perhitungan Distribusi Log Pearson Type III dalam Tabel 4.7, sedangkan nilai k dapat dilihat pada Tabel 2.5. Kemudian untuk mendapatkan nilai X, dapat dilakukan dengan

menghitung nilai anti log dari log X. Sehingga hasil perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut :

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang dengan Distribusi Log Pearson Type III

No	T	Peluang	k	Log X	X (mm)
1	2	0.500	-0.15	2.084	121.39
2	5	0.200	0.77	2.249	177.44
3	10	0.100	1.34	2.352	224.65
4	25	0.040	2.02	2.474	297.56
5	50	0.020	2.50	2.560	362.97
6	100	0.010	2.97	2.644	440.74
7	200	0.005	3.40	2.722	527.47
8	1000	0.001	4.40	2.901	795.96

(Sumber : Perhitungan)

Distribusi yang digunakan adalah distribusi dengan hasil curah hujan rencana periode ulang yang paling besar. Sehingga yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah Distribusi Log Pearson Type III. Kemudian, distribusi ini masih perlu diuji kecocokannya dengan Uji Chi Square dan Uji Smirnov-Kolmogorov.

4.1.6 Uji Kecocokan Fungsi Distribusi

Dari jenis distribusi yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokannya dengan metode Chi-Square dan Smirnov Kolmogorov. Hasil dari uji kecocokan, nantinya akan menentukan distribusi tersebut dapat diterima atau tidak.

4.1.6.1 Uji Chi-Square

Pada pengujian kecocokan distribusi dengan menggunakan uji chi-square ini,yang diuji adalah data curah hujan dalam Distribusi Log Pearson Type III. Urutan pemeriksaan

kesesuaian distribusi adalah sebagai berikut :

1. Data tersebut diurutkan dari nilai terbesar ke nilai terkecil sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut :

   Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Distribusi

CH Rata-Rata Daerah (mm)	Urutan Xi (mm)	Log Xi
135.81	278.71	2.45
278.71	215.89	2.33
109.47	192.17	2.28
97.49	135.81	2.13
192.17	109.47	2.04
215.89	97.49	1.99
95.51	95.51	1.98
89.20	94.82	1.98
94.82	94.73	1.98
94.73	89.20	1.95
Jumlah	1403.79	21.11
Rata-rata (X)	140.38	2.11
Standar Deviasi (S)	65.93	0.18

(Sumber : Perhitungan)

2. Mengelompokan data menjadi G sub-grup
   G = 1 + (1,333(log(n)))
   = 1 + (1,333(log(10)))
   = 4,333 ≈ 5
3. Menjumlahkan data pengamatan sebesar Oi tiap-tiap sub group
4. Tiap-tiap sub group dihitung nilai :
   $(Oi-Ei)^2$ dan $\frac{(O_i-E_i)^2}{E_i}$

5. Menjumlah seluruh G sub group nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung.

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Uji Chi-Square

Nilai Batas	Oi	Ei	$(Oi-Ei)^2$	X_h^2
$X \leq 1.95$	1	2	1	0.5
$1.95 < X \leq 2.05$	5	2	9	4.5
$2.05 < X \leq 2.13$	1	2	1	0.5
$2.13 < X \leq 2.22$	0	2	4	2
$X \geq 2.22$	3	2	1	0.5
Jumlah	10	10		8

(Sumber : Perhitungan)

6. Tentukan derajat kebebasan dk – G – R – 1 (nilai R=2, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai R=1, untuk distribusi Poisson)

dk = G-R-1
= 5-2-1
= 2
α = 5%

Dengan dihasilkannya derajat kebebasan dk = 2 dan derajat kepercayaan 5%, maka dapat dilihat pada Tabel 2.6, maka dari tebel tersebut dapat diketahui nilai uji chi-square kritis sebesar 5,991. Sedangkan dati Tabel 4.11, nilai uji chi-square hitung adalah sebesar 8. Dengan hasil tersebut naka persamaan distribusi peluang yang telah dipilih tidak dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Dengan kata lain distribusi data tidak dapat diterima karena nilai uji chi-square hitungan leebih besar dari pada nilai uji chi-square tabel.

Tabel 4. 12 Rekapitulasi nilai X_h^2 dan X_{kr}

Distribusi	X_h^2	X_{kr}	Keterangan
LP III	8	5.991	Tidak Diterima

(Sumber : Perhitungan)

4.1.6.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Untuk menghindari hilangnya informasi data pada uji Chi-Square akibat pengelompokan data dalam kelas-kelas interval, ada beberapa metode lain yang telah dikembangkan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah uji Smirnov-Kolmogorov (1993). Uji kecocokan ini adalah uji kecocokan "non parammetic" karena tidak mengikuti distribusi tertentu. Uji ini menghitung besarnya jarak maksimum secara vertical antara pengamatan dan teoritisnya dari distribusi sampelnya. Adapun hasil perhitungan Uji Kecocokan metode Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut :

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

CH Rata-rata Daerah (mm)	Urutan X (mm)	Log X	$\bar{x}$	$(x-\bar{x})$	S	m	n	P(x) = m/(n+1)	P(x<)	f(t)	P'(xi) = m/(n-1)	P'(xi<)	D
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10 = (1) - (9)*	*11 = (5) - (6)*	*12*	*13 = 1-Tabel Z*	*14 = (13) - (9)*
135.81	278.71	2.45	2.11	0.33	0.18	1	10	0.09	0.91	1.86	0.11	0.03	-0.06
278.71	215.89	2.33		0.22		2		0.18	0.82	1.24	0.22	0.10	-0.08
109.47	192.17	2.28		0.17		3		0.27	0.73	0.96	0.33	0.16	-0.12
97.49	135.81	2.13		0.02		4		0.36	0.64	0.12	0.44	0.43	0.07
192.17	109.47	2.04		-0.07		5		0.45	0.55	-0.40	0.56	0.67	0.22
215.89	97.49	1.99		-0.12		6		0.55	0.45	-0.68	0.67	0.77	0.22
95.51	95.51	1.98		-0.13		7		0.64	0.36	-0.73	0.78	0.78	0.14
89.20	94.82	1.98		-0.13		8		0.73	0.27	-0.74	0.89	0.79	0.06
94.82	94.73	1.98		-0.13		9		0.82	0.18	-0.75	1.00	0.79	-0.03
94.73	89.20	1.95		-0.16		10		0.91	0.09	-0.89	1.11	0.83	-0.08

(Sumber : Perhitungan)

Pada Tabel 4.13, dicari nilai D_{maks} dengan cara mencari nilai D paling besar dari seluruh nilai D, sehingga diperoleh nilai D_{maks} = 0,22. Kemudian nilai Dmaks ini dibandingkan dengan Do dari Tabel 2.7. Dengan jumlah data n = 10 dan derajat kepercayaan 5%, maka dengan melihat pada Tabel 2.7 diperoleh nilai Do = 0.41. Karena nilai Dmaks = 0,22 < Do = 0,41, maka pada uji kecocokan Smirnov Kolmogorov ini, Distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

4.1.7 Perhitungan Koefisien Pengaliran Gabungan

Koefisien pengaliran/limpasan adalah variable untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karateristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Koefisien pengaliran dipengaruhi oleh oleh jenis tanah, kemiringan permukaan tanah, tata guna tanah, dan intensitas hujan.

Pada DAS Rawaan terdiri dari berbagai jenis/karakter permukaan, oleh karenanya perlu dihitung luasan setiap jenis permukaan dan dilakukannya perhitungan koefisien pengaliran gabungan atau C_{gab}. Perhitungan luasan setiap jenis permukaan dilakukan menggunakan program bantu AutoCAD dari data Peta Tata Guna Lahan DAS Rawaan. Koefisien pengaliran dari setiap jenis permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.8. Adapun perhitungan C gabungan dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut :

Tabel 4. 14 Perhitungan Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab)

No	Kondisi Daerah Pengaliran	A (m^2)	A (km^2)	C	A x C
1	Sawah irigasi	9368685.71	9.37	0.8	7.49
2	Permukiman	10729800.60	10.73	0.6	6.55
3	Hutan	18249303.79	18.25	0.6	11.13
4	Kebun/Perkebunan	15549239.11	15.55	0.5	7.93
5	Tegalan/Ladang	1079648.95	1.08	0.5	0.55
6	Hutan Rawa	535896.03	0.54	0.6	0.32
7	Rawa	386283.31	0.39	0.6	0.23
8	Semak/Belukar	7956367.36	7.96	0.5	4.06
TOTAL			63.86		38.26

(Sumber : Perhitungan)

Nilai koefisien pengaliran gabungan (Cgab) dapat dihitung sebagaimana berikut :

$$C_{gab} = \frac{(A_1 x C_1) + (A_2 x C_2) + (A_3 x C_3) + (A_4 x C_4) + (A_5 x C_5) + (A_6 x C_6) + (A_7 x C_7) + (A_8 x C_8)}{A_{total}}$$

C_{gab} = 0,599

4.1.8 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis yang terdiri dari dua musim yaitu kemarau dan penghujan. Distribusi yang sering terjadi di Indonesia dengan hujan terpusat selama 5 jam. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dihitung rata-rata hujan sampai jam ke-t sebagaimana berikut:

$$Rt_1 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{1}{5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}5848 \times R_{24}$$

$$Rt_2 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}3684 \times R_{24}$$

$$Rt_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{3}{5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}2811 \times R_{24}$$

$$Rt_4 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}2321 \times R_{24}$$

$$Rt_5 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}2000 \times R_{24}$$

Selanjutnya dihitung curah hujan hingga jam ke T, perhitungannya dapat dilihat sebagaimana berikut :

$R_1 = Rt_1 = 0{,}5848\ R_{24}$
$R_2 = (2 \times Rt_2 - 1 \times Rt_1) = 0{,}1520\ R_{24}$
$R_3 = (3 \times Rt_3 - 2 \times Rt_2) = 0{,}1066\ R_{24}$
$R_4 = (4 \times Rt_4 - 3 \times Rt_3) = 0{,}0849\ R_{24}$
$R_5 = (5 \times Rt_5 - 4 \times Rt_4) = 0{,}0717\ R_{24}$

Dari perhitungn di atas, kemudian perhitungan curah hujan efektif dapat dihitung. Curah hujan efektif adalah besarnya hujan yang menjadi aliran langsung permukaan dan menuju sungai atau curah hujan dikurangi infiltrasi dan evaporasi/evapotranspirasi. Hasil perhitungan curah hujan efektif dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut :

Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif

No.	Periode Ulang (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)	C	Curah Hujan Efektif (mm)
1	2	121.39	0.599	72.75386338
2	5	177.44	0.599	106.342053
3	10	224.65	0.599	134.6399284
4	25	297.56	0.599	178.3354248
5	50	362.97	0.599	217.5340087
6	100	440.74	0.599	264.1430795
7	200	527.47	0.599	316.1253802
8	1000	795.96	0.599	477.0354187

(Sumber : Perhitungan)

Dari perhitungan hujan efektif di atas, kemudian dihitung curah hujan efektif jam-jaman menggunakan nilai R sebagai nilai rasio. Hasil perhitungan curah hujan efektif jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut :

Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif Jam-jaman

No.	Periode Ulang (tahun)	CH Efektif (mm)	Hujan Ke -				
			1	2	3	4	5
			0.5848	*0.1520*	*0.1066*	*0.0849*	*0.0717*
1	2	72.75	42.547	11.059	7.7575	6.1757	5.2152
2	5	106.3	62.189	16.164	11.339	9.0269	7.6228
3	10	134.6	78.738	20.466	14.356	11.429	9.6513
4	25	178.3	104.29	27.107	19.015	15.138	12.783
5	50	217.5	127.21	33.066	23.195	18.465	15.593
6	100	264.1	154.47	40.15	28.165	22.422	18.934
7	200	316.1	184.87	48.052	33.707	26.834	22.661
8	1000	477	278.97	72.511	50.865	40.493	34.195

(Sumber : Perhitungan)

4.1.9 Analisis Debit Banjir Rencana

Analisis debit perlu dilakukan karena untuk mengetahui besarnya debit yang masuk ke dalam sungai Rawaan. Analisis debit juga berguna untuk mengetahui kapasitas sungai apakah mampu atau tidak menampung debit yang masuk tersebut. Analisis debit pada perencanaan ini menggunakan debit banjir rencana, yaitu debit maksimum dari suatu sungai yang besarnya didasarkan/terkait dari periode ulang tertentu. Berdasarkan ketentuan pada Tabel 2.9, pada perencanaan ini menggunakan periode ulang 25 tahun. Sehingga debit banjir rencana periode ulang yang digunakan adalah Q_{25th}.

4.1.9.1 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Ada beberapa cara untuk menghitung debit banjir rencana, pada perencanaan ini perhitungan debit banjir rencana menggunakan yang didasarkan dari teori hidrograf satuan. Hidrograf satuan yang digunakan pada perencanaan ini adalah hidrograf satuan sintetik Nakayasu, karena hidrograf satuan sintetik Nakayasu sudah banyak digunakan dalam perencanaan bendungan-bendungan dan perbaikan sungai di Jawa Timur. (Soemarto, 1986).

Dengan karateristik yang dimiliki DAS Rawaan, maka untuk perhitungan debit banjir sebagaimana berikut :

- Luas DAS (A) : 64,407 km^2
- Koefisein aliran (C) : 0,599
- Panjang sungai (L) : 15,175 km → L>15 km

Tg = 0,4 + 0,058 x L
= 0,4 + 0,058 x 15,175
= 1,28 jam

tr = 0,75 x Tg
= 0,75 x 1,28

= 0,96 jam

Untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat, maka nilai α diambil 3.

$T_{0.3}$ = α x Tg
= 3 x 1,28
= 3,84 jam

Tp = Tg + (0,8 x Tr)
= 1,28 + (0,8 x 0,96)
= 2,048 jam

$$Qp = \frac{C \times A \times R_0}{3{,}6 \times (0{,}3Tp + T0{,}3)}$$

$$= \frac{0{,}599 \times 64{,}407 \times 1}{3{,}6 \times ((0{,}3(2{,}048)) + 3{,}84)}$$

$= 2{,}407\ m^3/detik$

Bagian lengkung naik (*rising limb*) hidrograf satuan mempunyai interval waktu $0 \leq t < 2{,}048$ jam. Dengan persamaan (2-30) dapat dihitung nilai Q. Hasil hitungan pada ordinat kurva naik dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut :

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Unit Hidrograf Ordinat Kurva Naik

t	(t/Tp)^2,4	Qd
0.0	0.000	0.000
1.0	0.179	0.431
2.0	0.944	2.273
2.048	1.000	2.407

(Sumber Perhitungan)

Bagian lengkung turun (*decreasing limb*) hidrograf satuan mempunyai interval waktu dan hasil perhitungan sebagaimana berikut :

1) Interval I : $Tp \leq t < 5{,}889$

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Unit Hidrograf Ordinat Kurva Turun 1

t	(t-Tp)/T0,3	Qd
3.0	0.248	1.786
4.0	0.508	1.305
5.0	0.769	0.954
5.889	1.000	0.722

(Sumber : Perhitungan)

2) Interval II : $5{,}889 \leq t < 11{,}649$

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Unit Hidrograf Ordinat Kurva Turun 2

t	(t-Tp+0,5T0,3)/1,5T0,3	Qd
5.889	1.000	0.722
6.0	1.019	0.705
7.0	1.193	0.572
8.0	1.367	0.464
9.0	1.540	0.377
10.0	1.714	0.306
11.0	1.887	0.248
11.649	2.000	0.217

(Sumber : Perhitungan)

3) Interval III : $t \geq 11{,}649$

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Unit Hidrograf Ordinat Kurva Turun 3

t	(t-Tp+1,5T0,3)/2T0,3	Qd
11.649	2.000	0.217
12.0	2.046	0.205
13.0	2.176	0.175
14.0	2.306	0.150
15.0	2.436	0.128
16.0	2.566	0.110
17.0	2.697	0.094
18.0	2.827	0.080
19.0	2.957	0.068
20.0	3.087	0.059
21.0	3.217	0.050

t	(t-Tp+1,5T0,3)/2T0,3	Qd
22.0	3.348	0.043
23.0	3.478	0.037
24.0	3.608	0.031

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan kurun waktu periode ulang yang telah dipilih, maka perhitungan debit banjir rencana periode ulang disesuaikan dengan perhitungan dengan parameter periode ulang tersebut. Sehingga hujan efektif jam-jaman yang digunakan adalah hujan efektif jam-jaman dengan periode ulang 25 tahun.

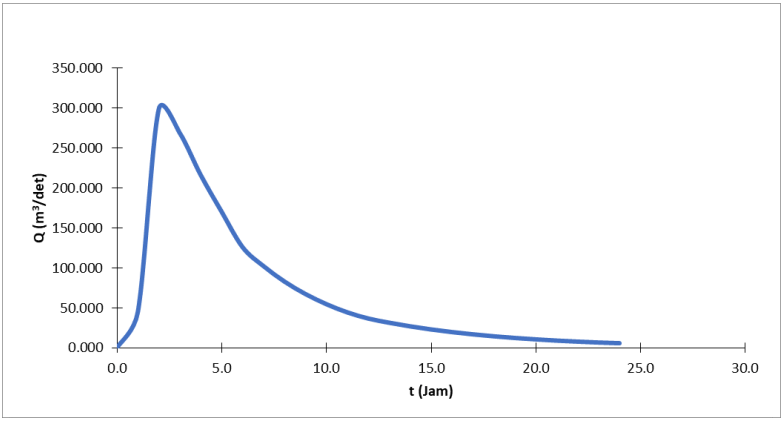
Dengan demikian perhitungan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun dengan metode Nakayasu dapat dilihat pada Tabel 4.21 sebagai berikut :

Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Periode Ulang 25 Tahun Metode Nakayasu

t (Jam)	Qd (m^3/det)	R1	R2	R3	R4	R5	Q (m^3/det)
		104.291	27.107	19.015	15.138	12.783	
0.0	0.000	0.000					0.000
1.0	0.431	44.917	0.000				44.917
2.0	2.273	237.074	61.621	0.000			298.695
3.0	1.786	186.257	48.412	33.960	0.000		268.629
4.0	1.305	136.132	35.383	24.821	19.760	0.000	216.095
5.0	0.954	99.496	25.861	18.141	14.442	12.196	170.136
6.0	0.705	73.571	19.123	13.414	10.679	9.018	125.805
7.0	0.572	59.695	15.516	10.884	8.665	7.317	102.078
8.0	0.464	48.436	12.590	8.831	7.031	5.937	82.825
9.0	0.377	39.301	10.215	7.166	5.705	4.817	67.204
10.0	0.306	31.888	8.288	5.814	4.629	3.909	54.529
11.0	0.248	25.874	6.725	4.718	3.756	3.172	44.244
12.0	0.205	21.383	5.558	3.899	3.104	2.621	36.564
13.0	0.175	18.280	4.751	3.333	2.653	2.241	31.259
14.0	0.150	15.628	4.062	2.849	2.268	1.916	26.724
15.0	0.128	13.361	3.473	2.436	1.939	1.638	22.846
16.0	0.110	11.422	2.969	2.083	1.658	1.400	19.532
17.0	0.094	9.765	2.538	1.780	1.417	1.197	16.698
18.0	0.080	8.348	2.170	1.522	1.212	1.023	14.275
19.0	0.068	7.137	1.855	1.301	1.036	0.875	12.204
20.0	0.059	6.102	1.586	1.112	0.886	0.748	10.434
21.0	0.050	5.216	1.356	0.951	0.757	0.639	8.920
22.0	0.043	4.460	1.159	0.813	0.647	0.547	7.626
23.0	0.037	3.813	0.991	0.695	0.553	0.467	6.519
24.0	0.031	3.259	0.847	0.594	0.473	0.400	5.574

(Sumber : Perhitungan)

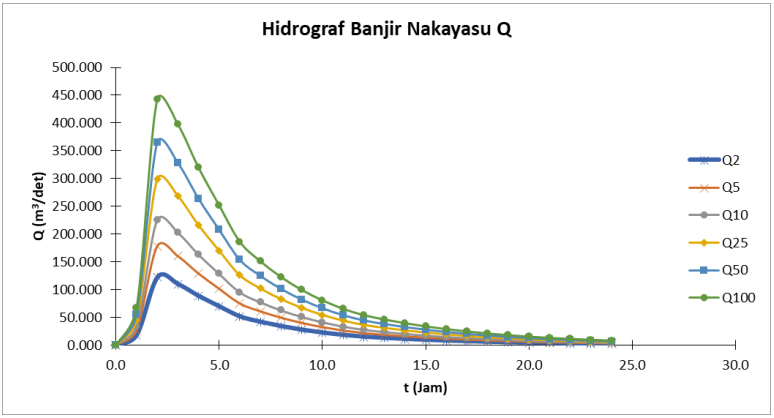
Sedangkan grafik hidrograf banjir periode ulang 25 tahun metode Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut :



Gambar 4. 3 Hidrograf Banjir Nakayasu Q25

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun dengan metode Nakayasu di atas, dapat diketahui bahwa debit puncaknya adalah sebesar 298,695 m^3/detik atau Q_{25} = 298,695 m^3/detik. Hidrograf dengan periode ulang yang lain :



Gambar 4. 4 Hidrograf Banjir Nakayasu Q2, Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100

(Sumber : Perhitungan)

4.2 Analisis Hidrolika

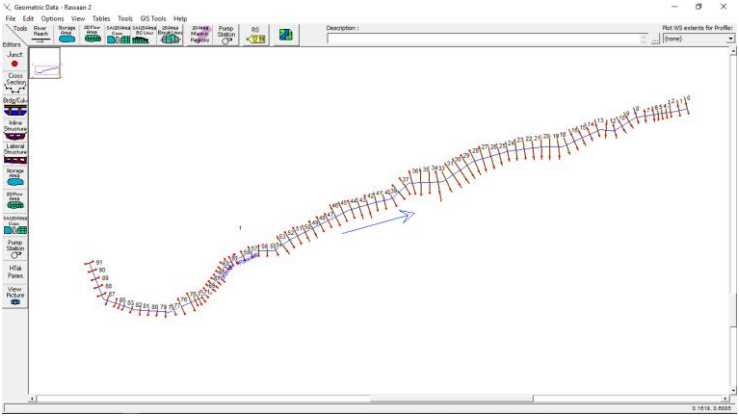
Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui dimensi kapasitas penampang eksisting sungai dan merencanakan besarnya normalisasi penampang sungai agar mampu mengalirkan debit banjir rencana.

4.2.1 *Setting* Model Penampang Eksisting Sungai Rawaan dengan HEC-RAS

Pada tahap awal dalam analisis hidrolika yang perlu dilakukan pertama adalah *setting* model penampang eksisting sungai Rawaan pada HEC-RAS, kemudian di*running* menggunakan simulasi aliran tidak tetap (*unsteady flow simulation*) dengan debit yang mengalir pada sungai dan pasang surut air laut, sehingga akan diketahui sebuah hasil kemampuan/kapasitas penampang eksisting dalam mengalirkan debit banjir.

Setting model penampang eksisting Sungai Rawaan pada HEC-RAS ini menggukanan input data sebagai berikut :

1. Data Geometri : berupa data penampang memanjang, melintang, dan tinggi tebing eksisting pada Sungai Rawaan.

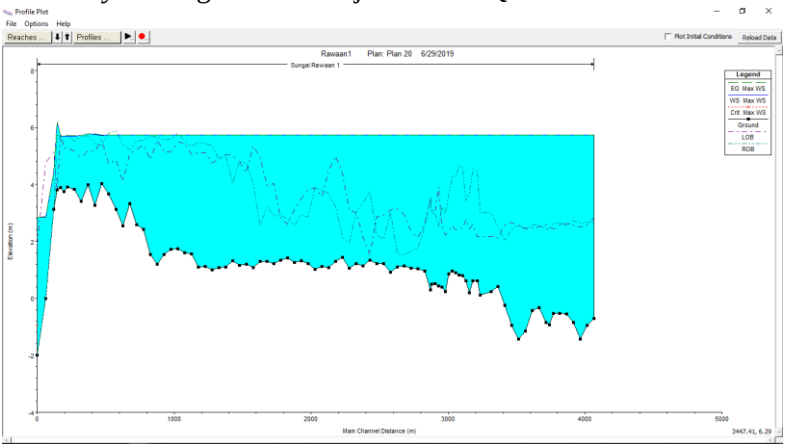


Gambar 4. 5 Tampilan Hasil Input *Cross Section Data* pada *Geometry Data*

2. Data debit sungai : berupa debit banjir rencana periode ulang. Pada perencanaan kali ini, akan dicoba terlebih dahulu untuk debit banjir periode ulang yang paling kecil, yaitu periode ulang 2 tahun dengan Q2 = 121,86 m^3/detik untuk mengetahui kondisi awal. Selanjutnya baru digunakan Q25.
3. Data hidrolika : berupa koefisien manning (n), sebuah parameter yang menunjukan kekasaran dasar sungai dan tebing kiri kanan.
4. Data pasang surut air laut : berupa data pasang surut air laut tertinggi

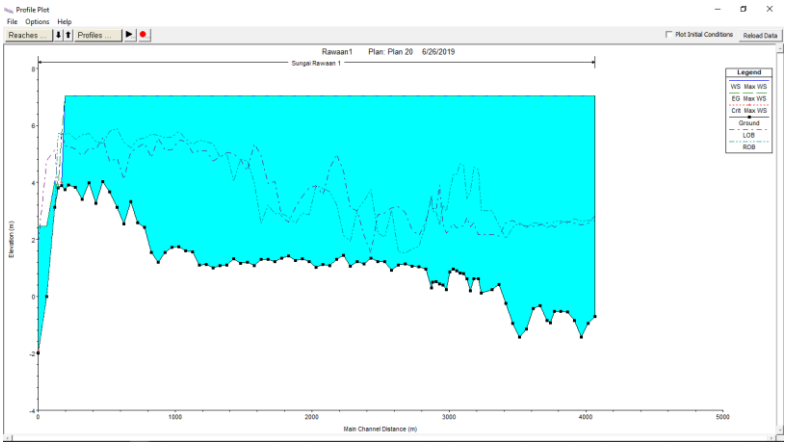
Setelah semua data dimasukan, kemudian program dirunning. Program HEC-RAS akan menghitung data yang telah diinput. Saat akan merunning program, dapat dipilih *file geometry* dan *file unsteady flow* mana yang akan dirunning. Output yang dihasilkan dari proses running adalah berupa profil muka air, kecepatan aliran, dan kapasitas tampungan sungai, sehingga dapat diketahui daerah-daerah mana saja yang mengalami banjir. Profil penampang memanjang dan melintang sungai eksisting hasil running dapat ditunjukkan sebagaimana berikut berikut :

a. Profil penampang memanjang eksisting : *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q2



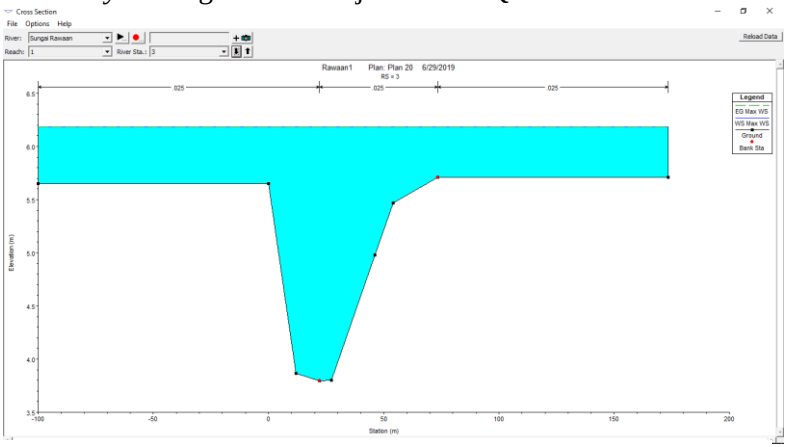
Gambar 4. 6 Penampang Memanjang Eksisting *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q2

b. Profil penampang memanjang eksisting : *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25

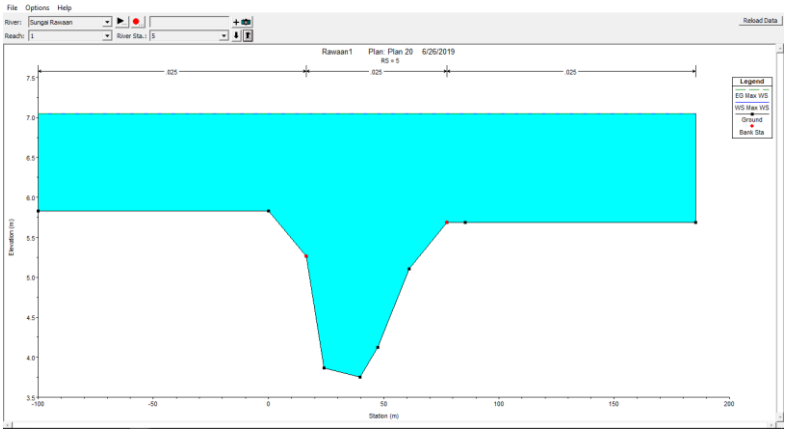


Gambar 4. 7 Penampang Memanjang Eksisting *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25

c. Profil penampang melintang eksisting : *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q2



Gambar 4. 8 Penampang Melintang Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q2



Gambar 4. 9 Penampang Melintang Eksisting *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25

e. Rekapitulasi air yang meluap pada tebing Sungai Rawaan dengan debit banjir rencana Q2

Untuk daerah/segman penampang eksisting sungai yang terjadi luapan pada hasil running dengan menggunakan debit banjir rencana Q2 dapat dilihat pada Tabel 4.22 berikut :

Tabel 4. 22 Kondisi Penampang Eksisting Hasil Run Unsteady Flow Analysis dengan Debit Banjir Rencana Q2

No.	STA	Elevasi (m)			Kondisi	
		Tebing Kiri	Muka Air	Tebing Kanan	Tebing Kiri	Tebing Kanan
1	91	2.815	5.73	2.669	Meluap	Meluap
2	90	2.569	5.73	2.653	Meluap	Meluap
3	89	2.510	5.73	2.638	Meluap	Meluap
4	88	2.567	5.73	2.715	Meluap	Meluap
5	87	2.614	5.73	2.559	Meluap	Meluap
6	86	2.586	5.73	2.635	Meluap	Meluap
7	85	2.416	5.73	2.648	Meluap	Meluap
8	84	2.546	5.73	2.469	Meluap	Meluap
9	83	2.579	5.73	2.416	Meluap	Meluap
10	82	2.496	5.73	2.565	Meluap	Meluap
11	81	2.468	5.73	2.586	Meluap	Meluap
12	80	2.460	5.73	2.410	Meluap	Meluap
13	79	2.526	5.73	2.589	Meluap	Meluap
14	78	2.669	5.73	2.415	Meluap	Meluap
15	77	2.586	5.73	2.012	Meluap	Meluap
16	76	2.121	5.73	2.525	Meluap	Meluap

No.	STA	Elevasi (m)			Kondisi	
		Tebing Kiri	Muka Air	Tebing Kanan	Tebing Kiri	Tebing Kanan
17	75	2.161	5.73	3.000	Meluap	Meluap
18	74	2.161	5.73	3.000	Meluap	Meluap
19	73	2.161	5.73	4.443	Meluap	Meluap
20	72	2.576	5.73	4.523	Meluap	Meluap
21	71	2.444	5.73	3.694	Meluap	Meluap
22	70	2.772	5.73	3.424	Meluap	Meluap
23	69	2.469	5.73	4.596	Meluap	Meluap
24	68	2.441	5.73	4.657	Meluap	Meluap
25	67	2.410	5.73	4.289	Meluap	Meluap
26	66	2.555	5.73	4.263	Meluap	Meluap
27	65	2.342	5.73	3.669	Meluap	Meluap
28	64	2.227	5.73	2.977	Meluap	Meluap
29	63	2.541	5.73	3.214	Meluap	Meluap
30	62	3.912	5.73	2.496	Meluap	Meluap
31	61	3.014	5.73	2.980	Meluap	Meluap
32	60	3.106	5.73	2.980	Meluap	Meluap
33	59	3.121	5.73	3.518	Meluap	Meluap
34	58	2.623	5.73	2.523	Meluap	Meluap
35	57	2.114	5.73	1.758	Meluap	Meluap
36	56	2.349	5.73	1.657	Meluap	Meluap
37	55	2.949	5.73	1.515	Meluap	Meluap
38	54	3.143	5.73	1.568	Meluap	Meluap
39	53	3.111	5.73	3.018	Meluap	Meluap

No.	STA	Elevasi (m)			Kondisi	
		Tebing Kiri	Muka Air	Tebing Kanan	Tebing Kiri	Tebing Kanan
40	52	2.914	5.73	2.076	Meluap	Meluap
41	51	2.865	5.73	2.217	Meluap	Meluap
42	50	1.510	5.73	3.750	Meluap	Meluap
43	49	2.140	5.73	3.335	Meluap	Meluap
44	48	2.997	5.73	3.015	Meluap	Meluap
45	47	3.112	5.73	1.945	Meluap	Meluap
46	46	4.382	5.73	2.135	Meluap	Meluap
47	45	5.000	5.73	3.222	Meluap	Meluap
48	44	4.493	5.73	3.666	Meluap	Meluap
49	43	3.566	5.73	3.789	Meluap	Meluap
50	42	3.888	5.73	3.888	Meluap	Meluap
51	41	3.796	5.73	2.856	Meluap	Meluap
52	40	3.496	5.73	2.923	Meluap	Meluap
53	39	3.121	5.73	2.563	Meluap	Meluap
54	38	2.596	5.73	2.788	Meluap	Meluap
55	37	2.775	5.73	2.898	Meluap	Meluap
56	36	4.021	5.73	2.896	Meluap	Meluap
57	35	3.975	5.73	3.198	Meluap	Meluap
58	34	4.955	5.73	2.569	Meluap	Meluap
59	33	5.344	5.73	4.000	Meluap	Meluap
60	32	4.398	5.73	4.750	Meluap	Meluap
61	31	4.792	5.73	4.803	Meluap	Meluap
62	30	5.009	5.73	4.050	Meluap	Meluap

No.	STA	Elevasi (m)			Kondisi	
		Tebing Kiri	Muka Air	Tebing Kanan	Tebing Kiri	Tebing Kanan
63	29	5.056	5.73	5.002	Meluap	Meluap
64	28	4.881	5.73	4.883	Meluap	Meluap
65	27	4.759	5.73	5.350	Meluap	Meluap
66	26	5.120	5.73	5.441	Meluap	Meluap
67	25	5.106	5.73	5.464	Meluap	Meluap
68	24	5.043	5.73	5.337	Meluap	Meluap
69	23	5.446	5.73	5.534	Meluap	Meluap
70	22	5.462	5.73	5.792	Meluap	Aman
71	21	5.156	5.73	5.587	Meluap	Meluap
72	20	5.122	5.73	5.569	Meluap	Meluap
73	19	5.546	5.73	5.650	Meluap	Meluap
74	18	4.864	5.73	5.693	Meluap	Meluap
75	17	5.364	5.73	5.555	Meluap	Meluap
76	16	5.224	5.73	5.520	Meluap	Meluap
77	15	5.069	5.73	5.219	Meluap	Meluap
78	14	4.097	5.73	5.409	Meluap	Meluap
79	13	4.851	5.73	5.896	Meluap	Aman
80	12	4.732	5.72	5.796	Meluap	Aman
81	11	5.555	5.72	5.371	Meluap	Meluap
82	10	5.169	5.75	5.431	Meluap	Meluap
83	9	5.197	5.76	5.713	Meluap	Meluap
84	8	4.939	5.71	5.667	Meluap	Meluap
85	7	5.166	5.7	5.511	Meluap	Meluap

No.	STA	Elevasi (m)			Kondisi	
		Tebing Kiri	Muka Air	Tebing Kanan	Tebing Kiri	Tebing Kanan
86	6	5.268	5.7	5.724	Meluap	Aman
87	5	5.267	5.69	5.689	Meluap	Meluap
88	4	5.779	5.69	5.689	Aman	Meluap
89	3	3.797	6.18	4.815	Meluap	Meluap
90	2	5.121	4.44	3.129	Aman	Meluap
91	1	4.769	2.84	0.000	Aman	Meluap
92	0	1.891	2.84	-2.000	Meluap	Meluap

(Sumber : Perhitungan)

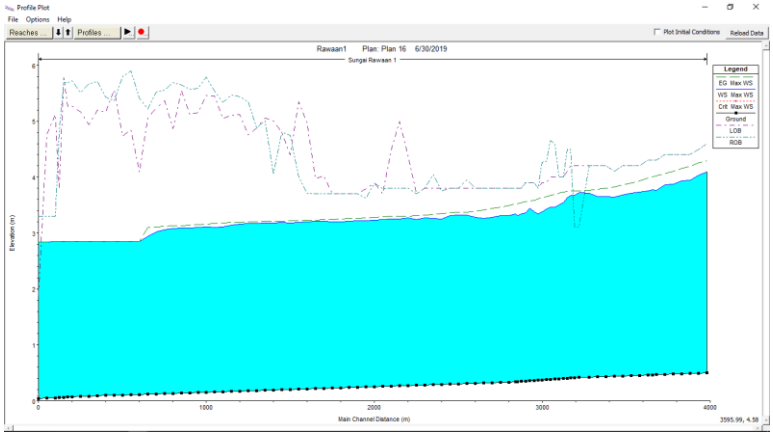
Berdasarkan hasil dari running HEC-RAS, terlihat bahwa terdapat daerah-daerah pada penampang eksisting yang tidak mampu menampung debit banjir rencana, maka dari itu perlu dilakukannya normalisasi sungai. Normalisasi sungai dilakukan dengan cara mengeruk dasar sungai, memperlebar sungai, maupun meninggikan tebing sungai dengan tanggul.

4.2.2 *Setting* Model Penampang Rencana Sungai Rawaan dengan HEC-RAS

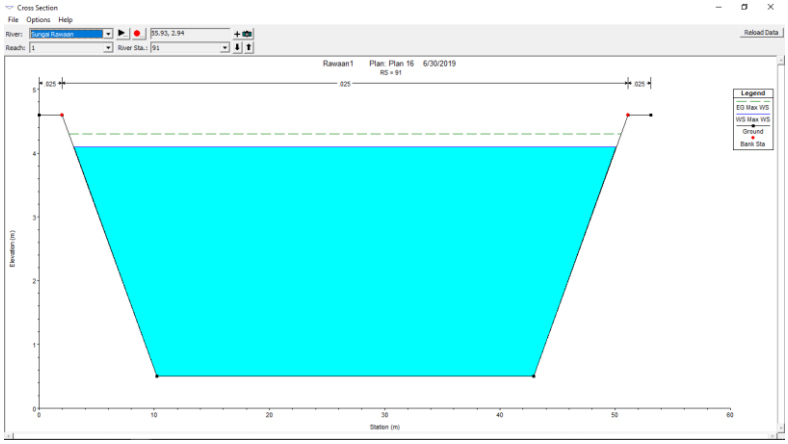
Pada tahap ini, penampang eksisting sungai yang tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana didesain dengan mengeruk dasar sungai, memperlebar sungai, maupun meninggikan tebing sungai dengan tanggul hingga penampang tersebut mampu mengalirkan debit banjir rencana.

Langkah yang dilakukan hampir sama dengan langkah *setting* model penampang eksisting, perbedaan terletak pada input data geometri yang sudah direncanakan agar mampu mengalirkan debit banjir rencana periode ulang Q25. Hasil merencanakan penampang tersebut kemudian dirunning lagi dengan debit banjir

rencana Q25 dan data pasang surut air laut. Dari hasil running tersebut didapatkan output yang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 berikut :



Gambar 4. 10 Penampang Memanjang Rencana *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25



Gambar 4. 11 Penampang Melintang Rencana *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25

Pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan muka air tidak melewati tebing-tebing sungai, yang artinya tidak terjadi banjir atau penampang tersebut dapat mengalirkan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun. Namun pada 2 segmen sungai yaitu pada STA-74 dan STA-75, muka air terlihat berada diatas tebing kanan sungai. Hal tersebut dapat terjadi karena pada STA-74 dan STA-75, tebing kanannya itu merupakan sebuah Bendung yang air limpahannya mengalir pada Sungai Sudetan. Sehingga kondisi tersebut bukanlah air yang meluap melainkan air yang melimpah melewati sebuah bendung dan mengalir pada sungai sudetan menuju ke muara. Untuk hasil keseluruhan penampang melintang rencana akan disajikan dalam Lampiran.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perhitungan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun dengan metode Nakayasu, diperoleh Q_{25} = 298 m^3/detik.
2. Pada Sungai Rawaan bagian hilir, bila terjadi hujan dengan periode ulang Q25, penampang eksisting Sungai Rawaan tidak mampu mengalirkan debit banjir tersebut, sehingga terjadi luapan. Daerah/segmen yang terjadi luapan dapat dilihat pada Tabel 4.22.
3. Perlu dilakukannya penanganan atas terjadinya luapan tersebut dengan cara merencanakan bentuk penampang yang dapat mengalirkan debit banjir rencana atau disebut normalisasi. Normalisasi dilakukan dengan pelebaran sungai, pengerukan dasar sungai, serta menambah ketinggian dari tebing sungai berupa tanggul. Dengan hal tersebut, Sungai Rawaan akan mampu mengalirkan debit banjir rencana.

8.2 Saran

Berdasarkan analisis-analisis yang telah dilakukan penulis, ada beberapa saran yang dapat menjadi pertimbangan dalam penyelesaian permasalahan Sungai Rawaan :

1. Perlu dilakukannya normalisasi berupa pelebaran sungai, pengerukan dasar sungai, serta meninggikan tebing sungai berupa tanggul pada Sungai Rawaan bagian hilir agar penampang eksisting mampu mengalirkan debit banjir.

2. Pada salah satu segmen Sungai Rawaan bagian hilir, terdapat jembatan yang menutupi aliran air pada Sungai Rawaan, maka perlu dilakukannya perencanaan ulang jembatan agar tidak mengganggu aliran air pada Sungai Rawaan.
3. Perlunya pemeliharaan secara berkala terhadap Sungai Rawaan dari segala sesuatu yang dapat mengganggu kelancaran aliran Sungai Rawaan.
4. Perlunya dipertimbangkan elevasi muka air tanah dengan elevasi muka air saluran/sungai jika dilakukan pengerukan dasar sungai pada bagian hilir sungai yang dekat muara.
5. Perlunya pengaturan tata guna lahan agar selalu terciptanya kondisi DAS yang seimbang.

DAFTAR PUSTAKA

Bonnier, 1980. ***Distribution and Probability Analysis***. Bandung : DPMA

Brunner, Gary W; Warner, John C; Wolfe; Brent C; Piper, Steven S, 2016. **HEC-RAS Applications Guide.** US Army Corps of Engineers.

Fauzi, Muhammad Lutthfi, 2018. **Tugas Akhir : Perencanaan Ulang Normalisasi Kali Ngotok Ring Kanal Kabupaten Mojokerto**. Surabaya : ITS

SNI-2415-2016. **Tata cara perhitungan debit banjir rencana.** Jakarta : Penerbit BSN

Soemarto, C.D., 1986. **Hidrologi Teknik**. Surabaya : Usaha Nasional

Soeprapto, M. 2000. **Buku Pegangan Kuliah : Hidrologi**. Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Soewarno, 1995. Hidrologi. **Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data.** Bandung : Penerbit Nova

Sosrodarsono, Suyono, 1973. **Hidrologi untuk Pengairan.** Jakarta : Penerbit PT PRADNYA PARAMITA

Suripin, 2003. **Sistem Drainase Kota Yang Berkelanjutan**. Yogyakarta: Penerbit Andi

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

Wahyudi, Dexy, 2009. **Tugas Akhir : Perencanaan Normalisasi Kali Deluwang Bagian Hilir – Situbondo**. Surabaya : ITS

Wilson, EM., 1986. **Hidrologi Teknik**. Bandung : Penerbit ITB Bandung

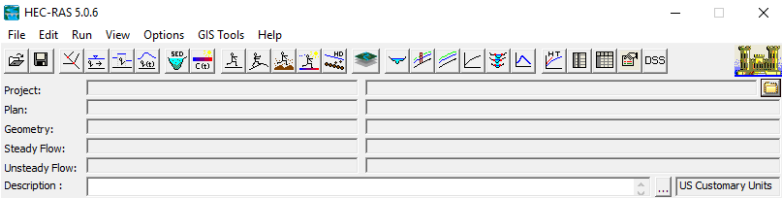
"*Halaman ini sengaja dikosongkan*"

LAMPIRAN

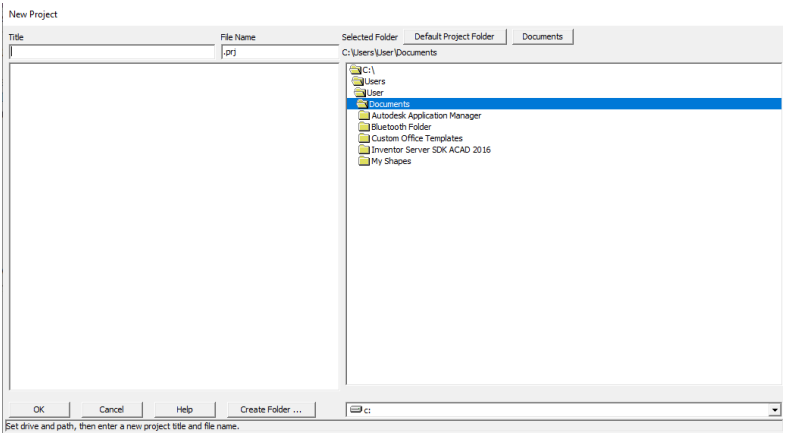
Lampiran 1 :

Langkah-langkah dalam setting model penampang eksisting sungai Rawaan pada HEC-RAS adalah sebagai berikut :

1. Membuat sebuah pekerjaan baru : *File* →*New Project*

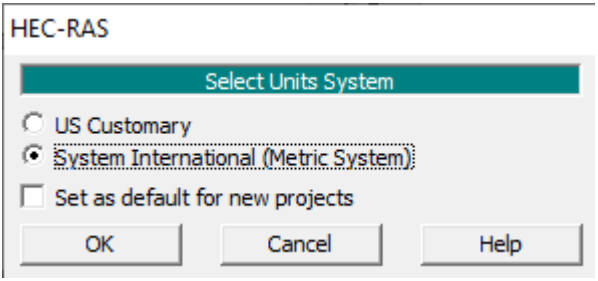


Gambar 1 Tampilan HEC-RAS



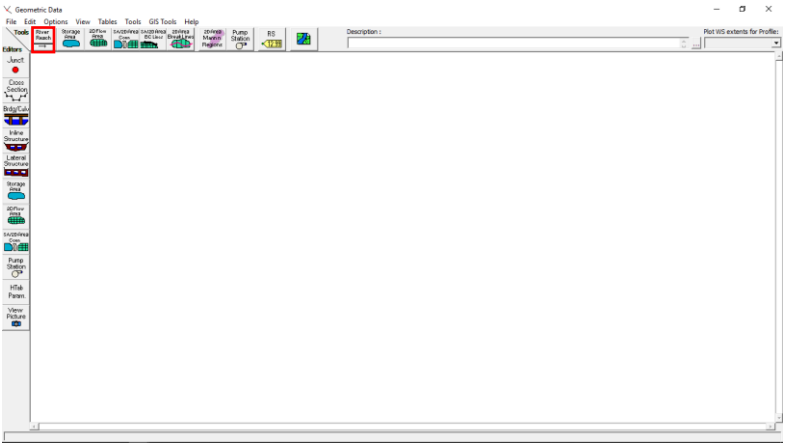
Gambar 2 Tampilan Input *New Project*

2. Memilih satuan yang akan digunakan : *Options* → *Unit System* → *System International* → OK



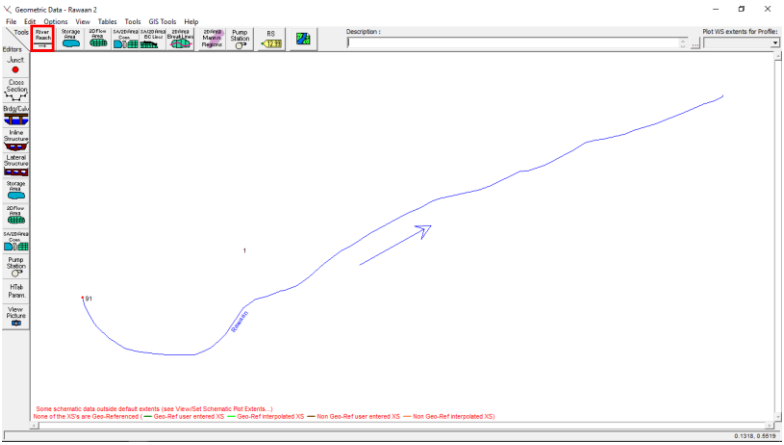
Gambar 3 Tampilan *Unit System*

3. Membuat sketsa saluran yang ditinjau : *Edit* → *Geometric Data* →*River Reach*



Gambar Lampiran 4 Tampilan *Geometry Data*

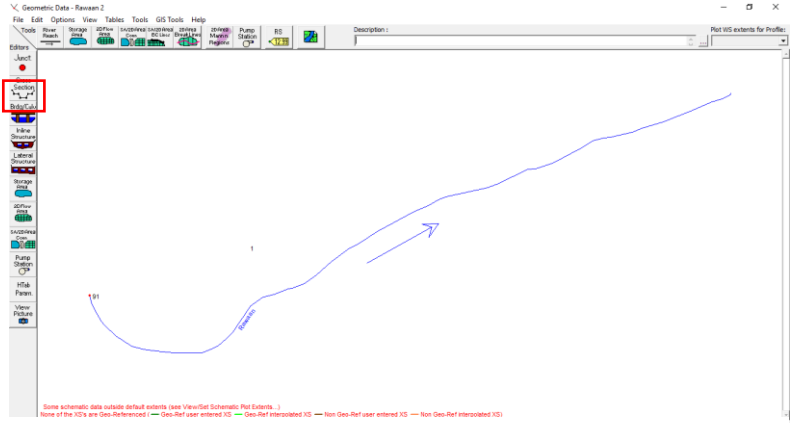
Pada tampilan *Geometry Data*, gambar sketch sungai yang ditinjau dengan menggunakan menu *River Reach*.



Gambar 5 Tampilan hasil sket dengan *River Reach*

4. Memasukan data *cross section* sungai : *Geometry Data* → *Cross Section*

Untuk memasukan data *cross section* pada tiap segmen, klik gambar *Cross Section* pada *Geometry Data*.

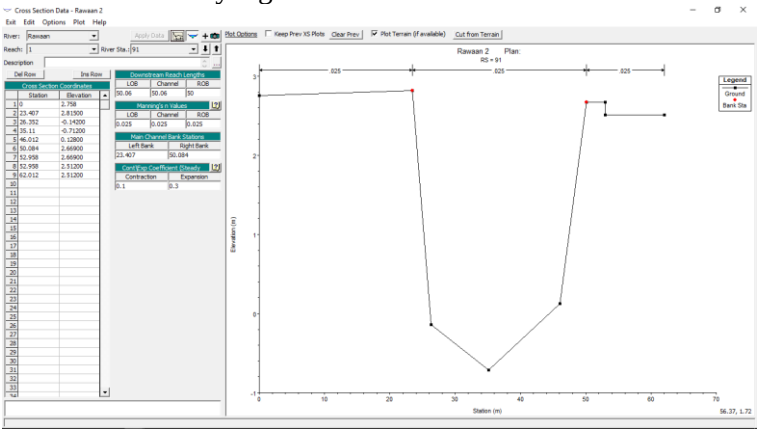


Gambar 6 Tampilan akan memasukan Cross Section Data

Pilih *Cross Section* → *Options* → *Add New Cross Section*, kemudian masukkan data untuk masing-masing cross section yangmeliputi :

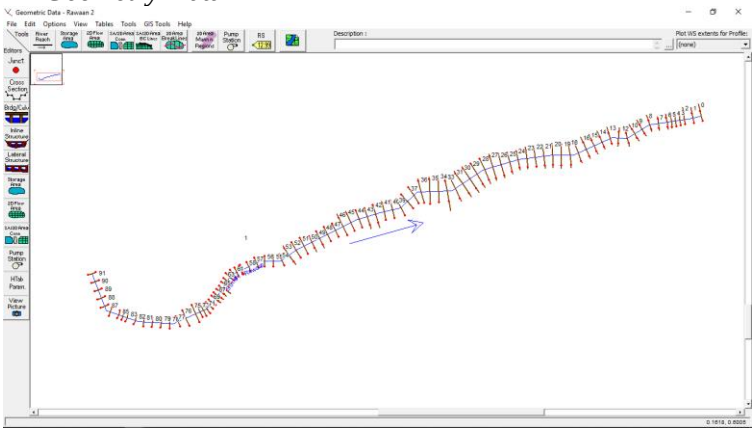
a. *River Sta* : nama potongan melintang dengan angka yang berurutan
b. *Station* : jarak horizontal kumulatif antara titik elevasi potongan dari titik paling pinggir yang bernilai 0
c. *Elevation* : elevasi titik pada station
d. *Downstream reach legth* : jarak tiap potongan melintang dengan potongan melintang sebelumnya
e. *Manning's value* : nilai angka manning saluran
f. *Main Channel Bank Station* : titik saluran utama sungai
g. *Cont/Exp Coeficients* : koefisien konstraksi dan ekspansi (otomatis akan terisi sendiri).

Dalam perencanaan tugas akhir ini, untuk penomoran *River Sta* angka dimulai dari 0 yaitu terletak di hilir, dan angka terbesar terletak pada hulu. Setelah semua data terisi, klik *Apply Data*. Kemudian akan muncul bentuk penampang sesuai dengan data cross section yang dimasukan.



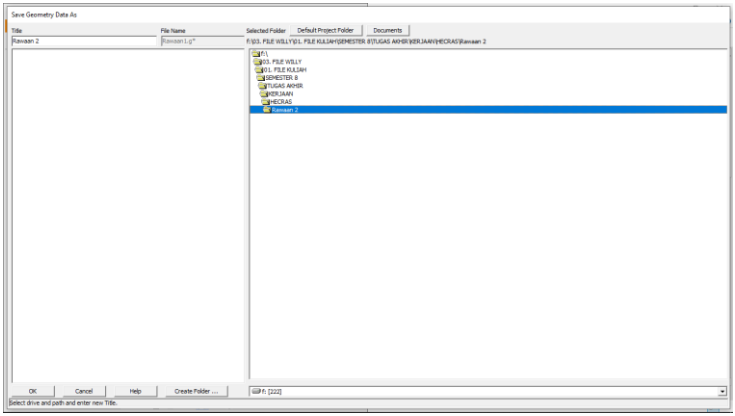
Gambar 7 Tampilan *Cross Section Data*

5. Menyimpan data *cross section* sungai : *File* → *Save Geometry* Data



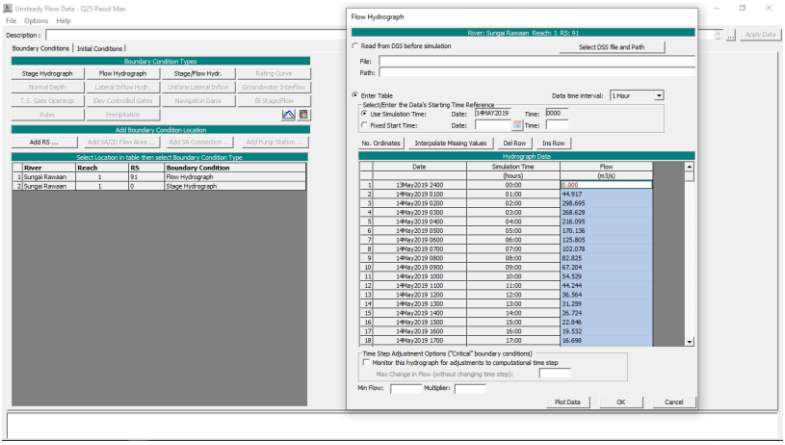
Gambar 8 Tampilan Hasil Input *Cross Section Data*

Jika semua penampang di River Sta sudah diisi dengan data cross section, kemudian klik *Exit.* Selanjutnya akan kembali ke layer editor *Geomatry Data*, kemudian klik *File* → *Save Geometry Data*. Isikan anama Tittle dan pililh tempat penyimpanan file, kemudian klik OK.

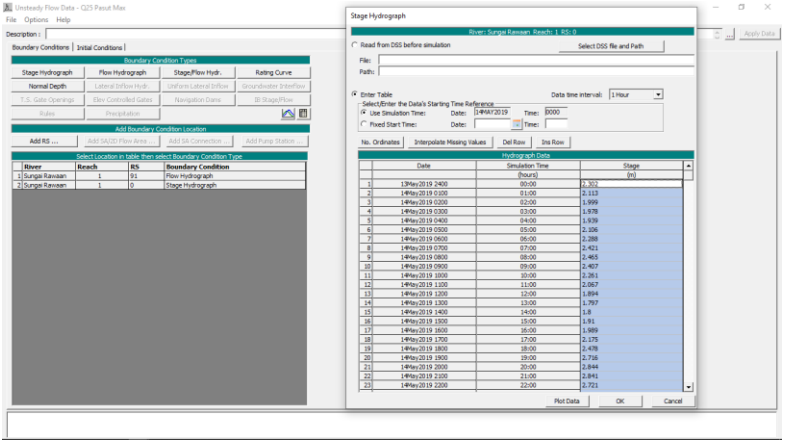


Gambar 9 Tampilan Menu *Penyimpanan Cross Section Data*

6. Memasukan data debit dan pasang surut air laut : *Edit* → *Unsteady Flow Data*



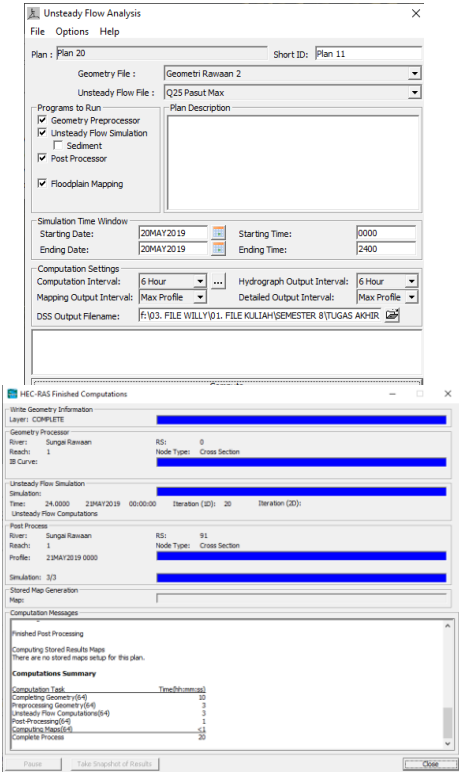
Gambar 10 Tampilan Input Hidrograf



Gambar 11 Tampilan Input Data Pasang Surut

7. *Running* program : *Run* → *Unsteady Flow Analysis* → *Compute*

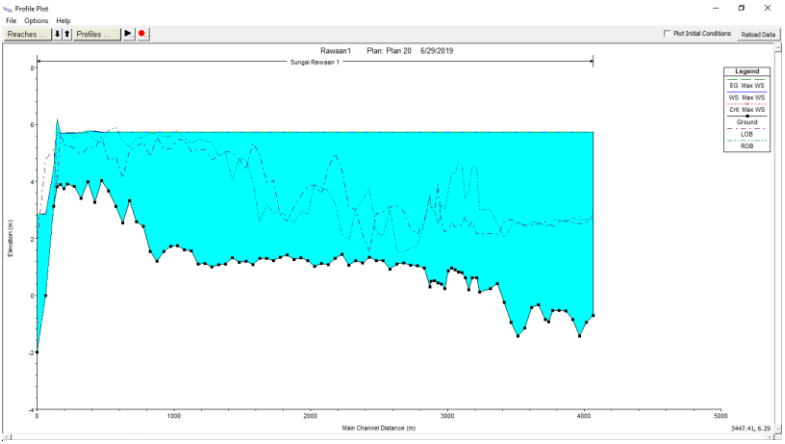
Program akan menghitung data yang sudah diinput. Saat running dapat memilih *geometry file* dan *unsteady flow file* mana yang kana dirunning. Output yang dihasilkan berupa profil muka air, kecepatan aliran, dan kapasitas tampungan sungai, sehingga kita dapat mengetahui daerah-daerah yang mengalami banjir.



Gambar 12 Tampilan *Run Unsteady Flow Analysis*

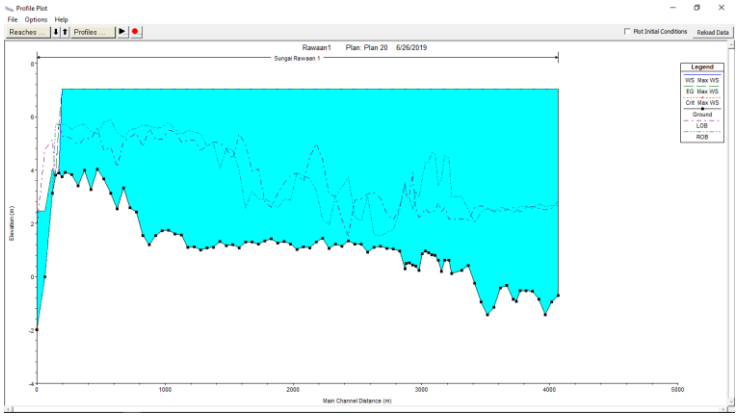
8. Output data

a. Profil penampang memanjang eksisting : *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q2



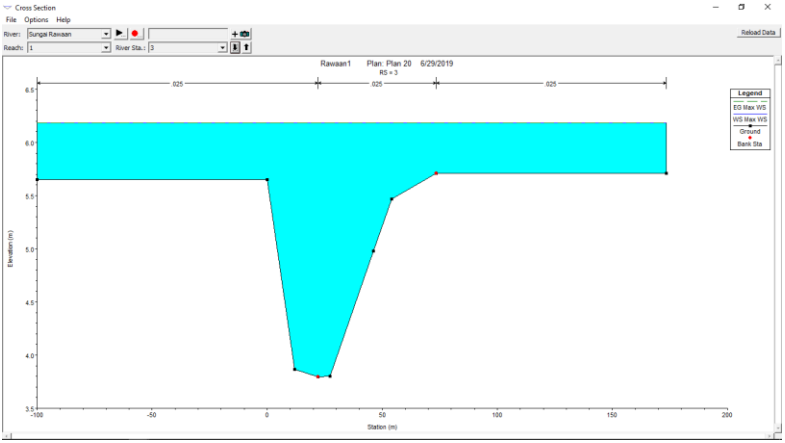
Gambar 13 Penampang Memanjang Eksisting *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q2

b. Profil penampang memanjang eksisting : *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25



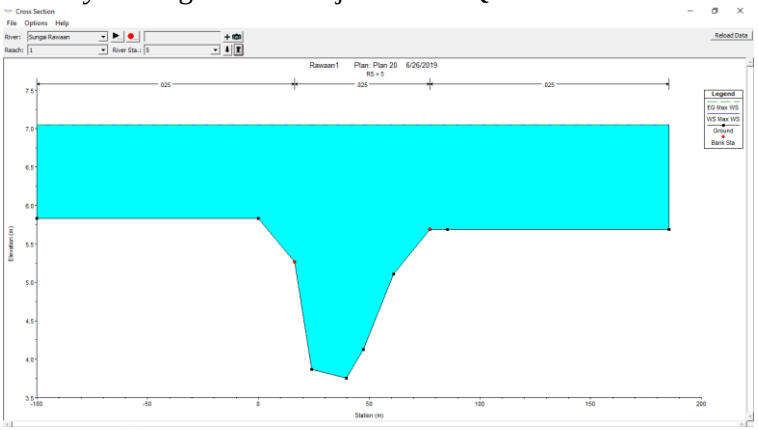
Gambar 14 Penampang Memanjang Eksisting *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25

c. Profil penampang melintang eksisting : *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q2



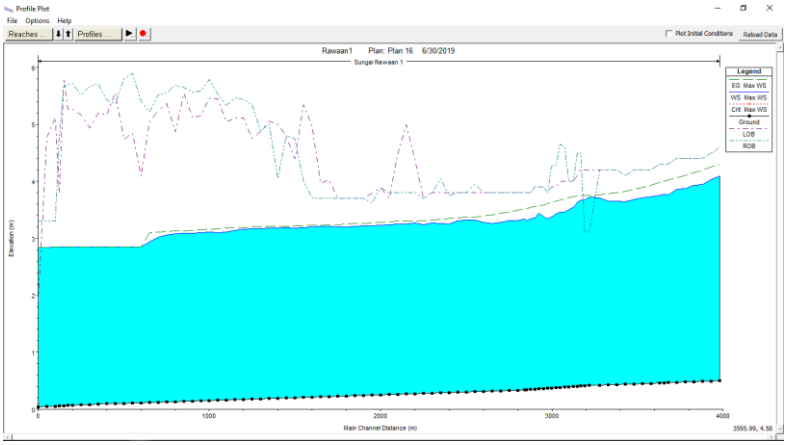
Gambar 15 Penampang Melintang Eksisting *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q2

d. Profil penampang melintang eksisting : *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25



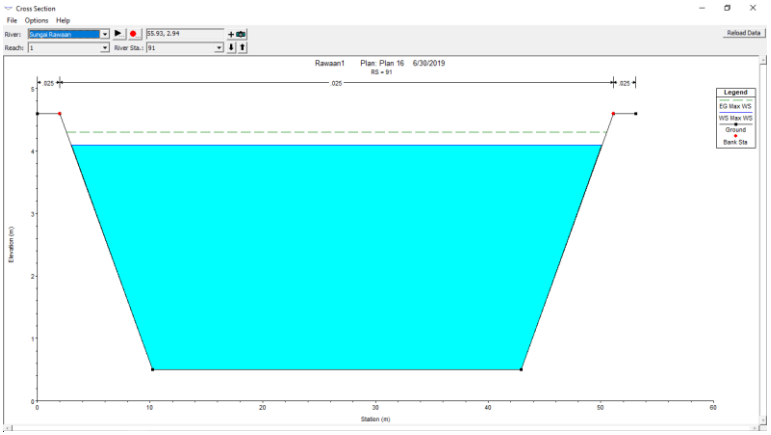
Gambar 16 Penampang Melintang Eksisting *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25

e. Profil penampang memanjang rencana : Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q25



Gambar 17 Penampang Memanjang Rencana *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25

f. Profil penampang melintang rencana : Run Unsteady Flow Analysis dengan debit banjir rencana Q25

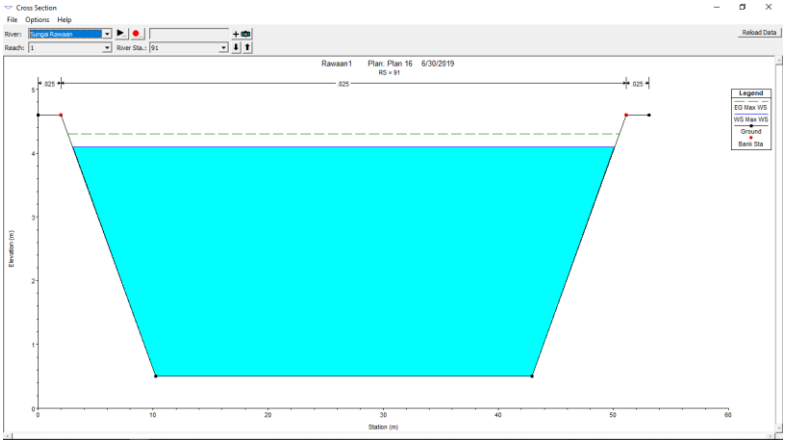


Gambar 18 Penampang Melintang Rencana *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25

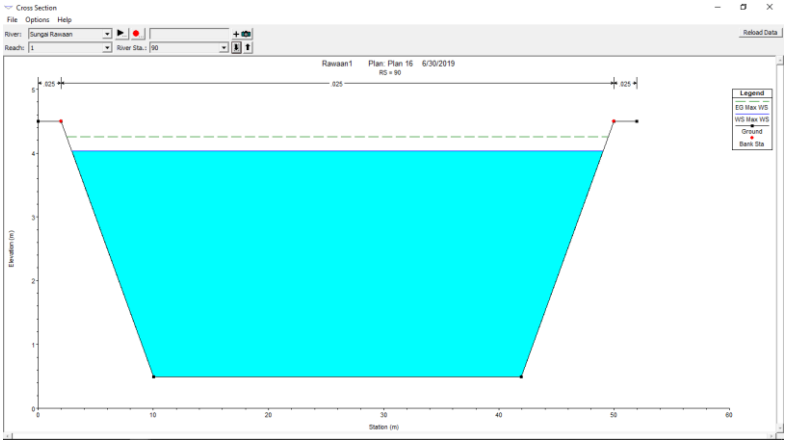
Lampiran 2 :

Penampang Melintang Rencana Hasil *Run Unsteady Flow Analysis* dengan debit banjir rencana Q25 dari Sta 91 – 0.

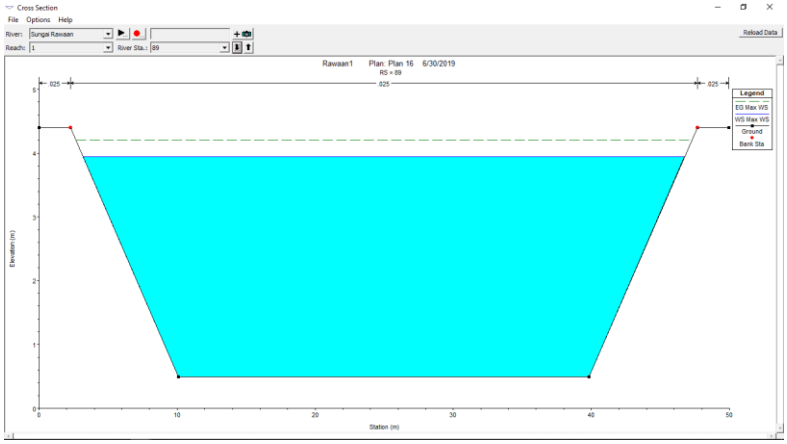
- STA-91



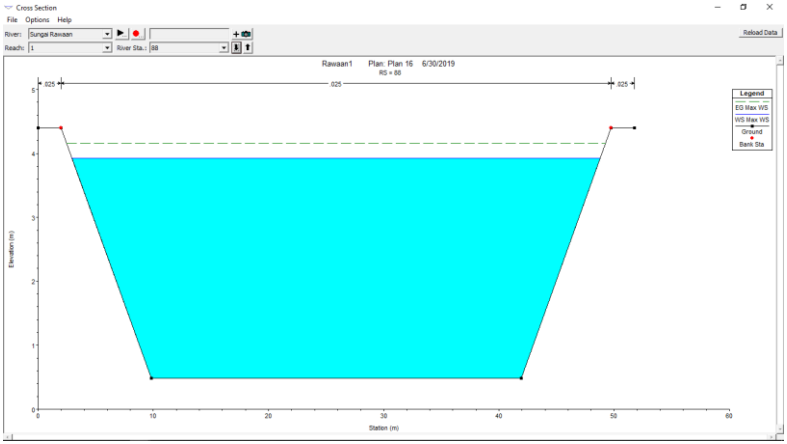
- STA-90



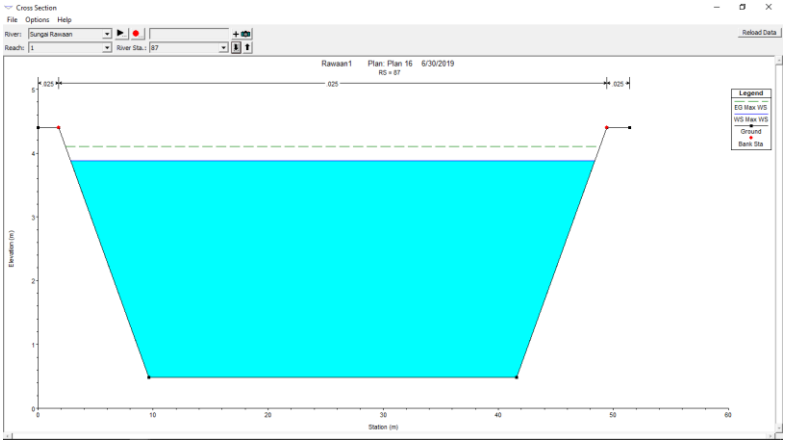
- STA-89


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 89
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 89
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
1
2
3
4
5
0
10
20
30
40
50

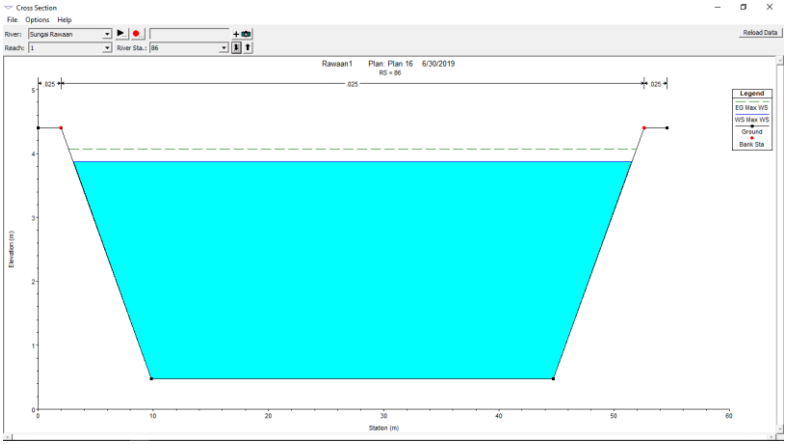
- STA-88


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 88
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 88
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
1
2
3
4
5
0
10
20
30
40
50
60

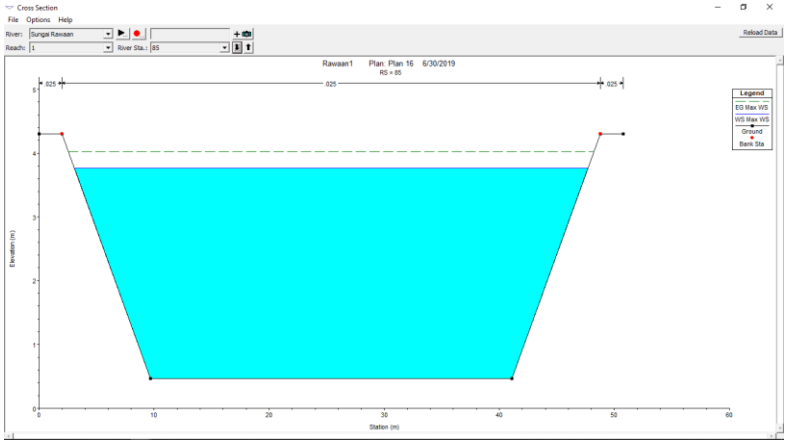
- STA-87


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 87
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 87
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

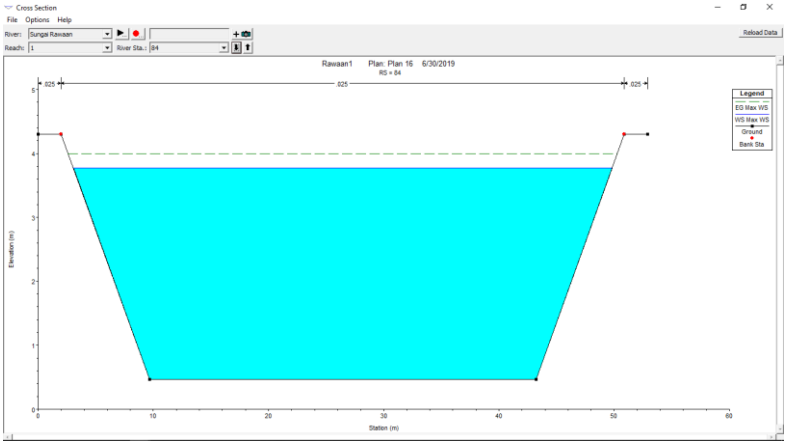
- STA-86


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 86
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 86
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

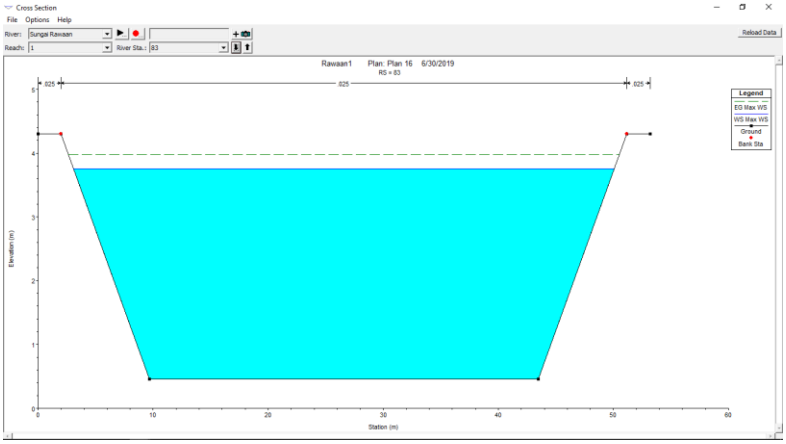
- STA-85


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 85
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 85
825
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

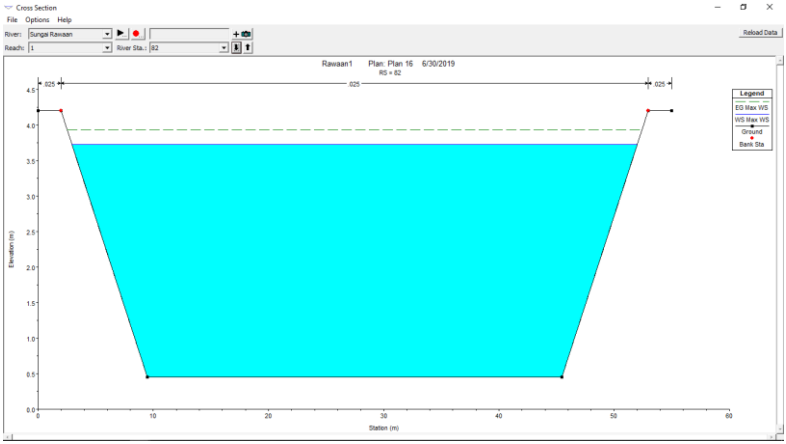
- STA-84


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 84
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 84
825
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

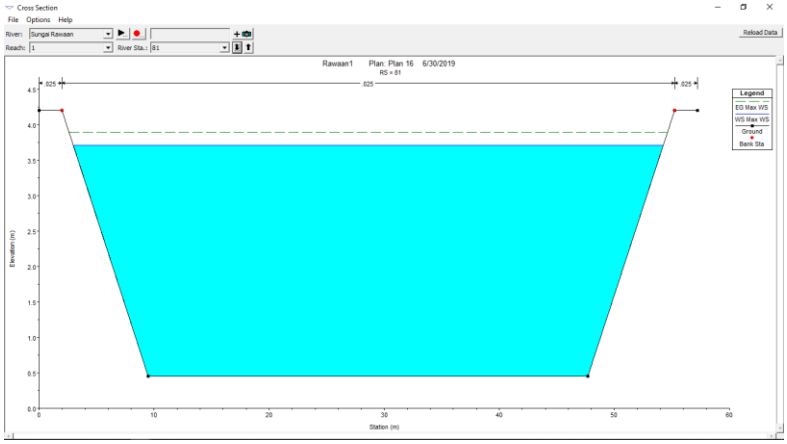
- STA-83


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 83
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 83
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

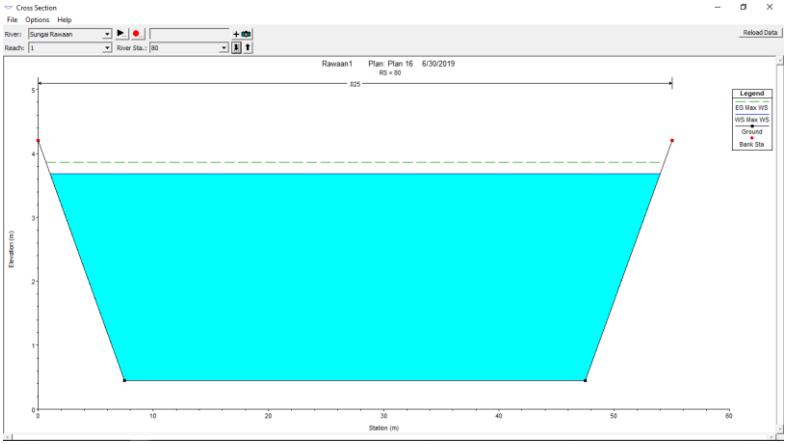
- STA-82


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 82
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 82
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

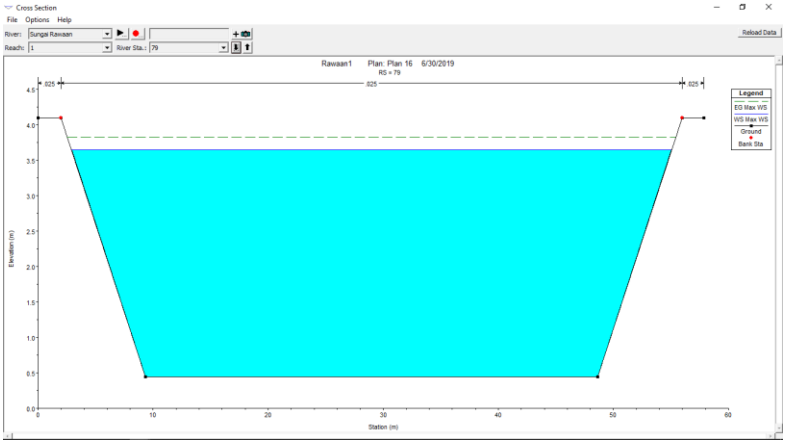
- STA-81


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 81
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 81
825
825
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

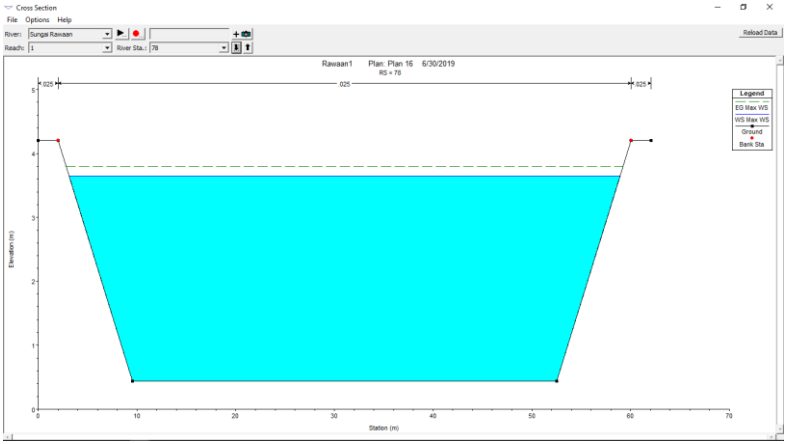
- STA-80


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 80
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 80
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

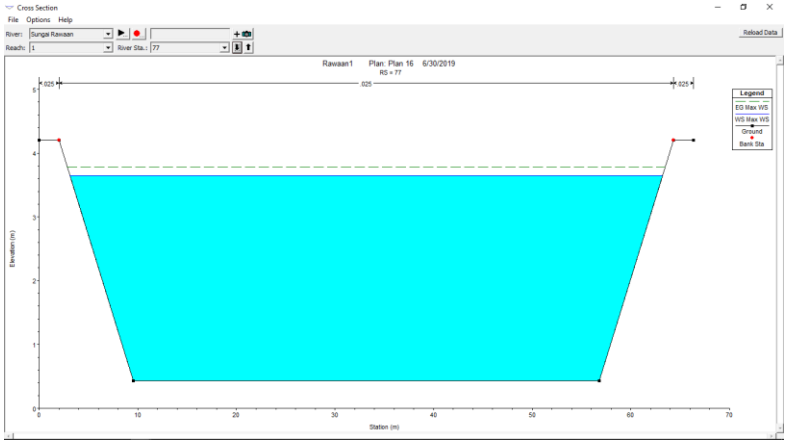
- STA-79


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 79
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 79
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

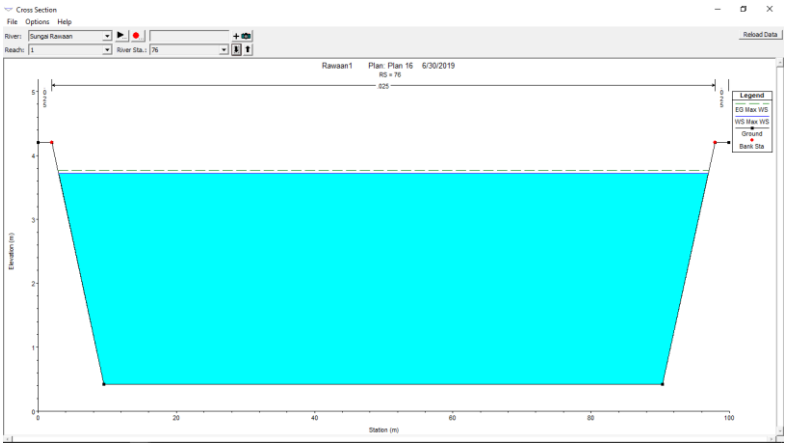
- STA-78


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 78
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 78
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

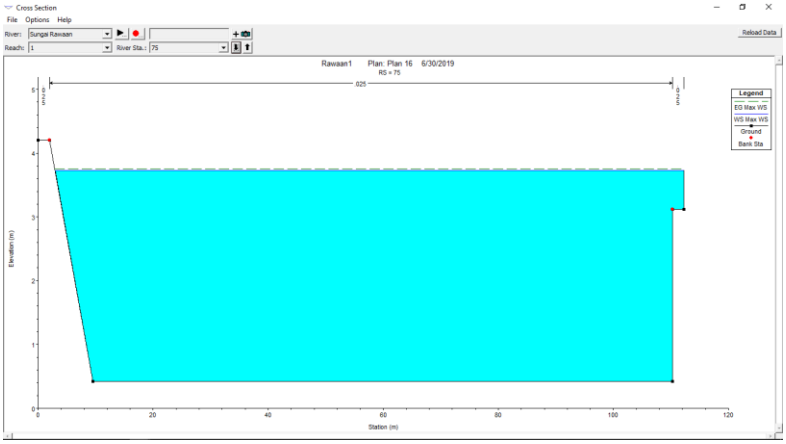
- STA-77


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 77
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 77
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

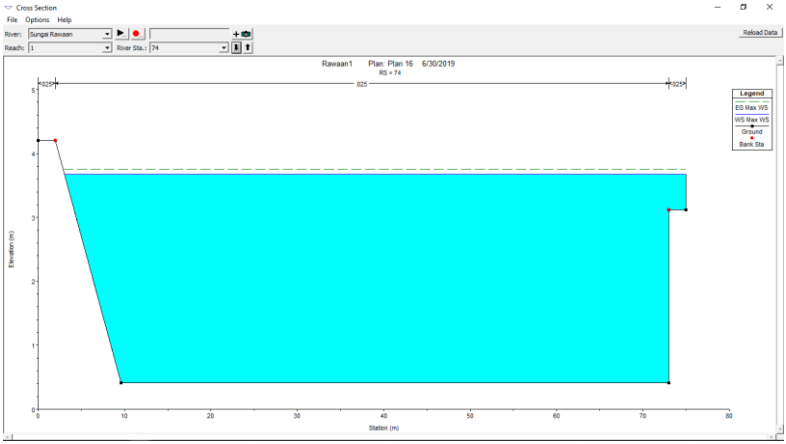
- STA-76


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 76
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 76
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

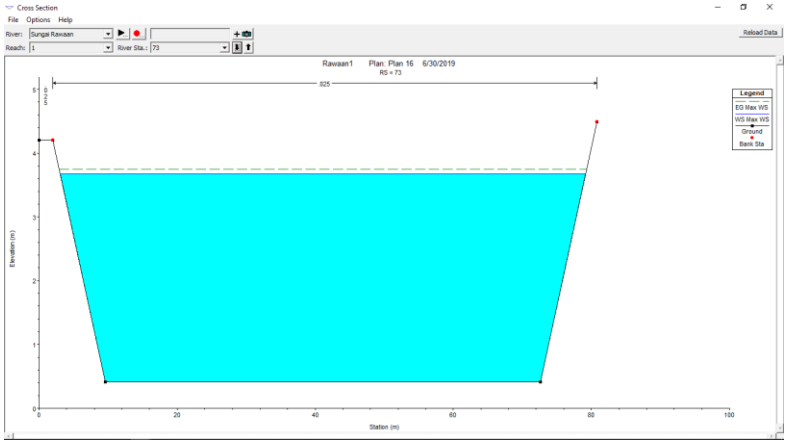
- STA-75


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 75
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 75
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

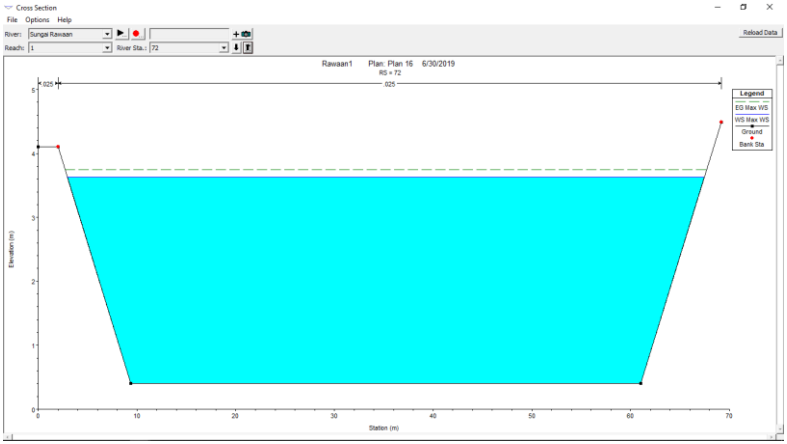
- STA-74


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 74
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 74
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

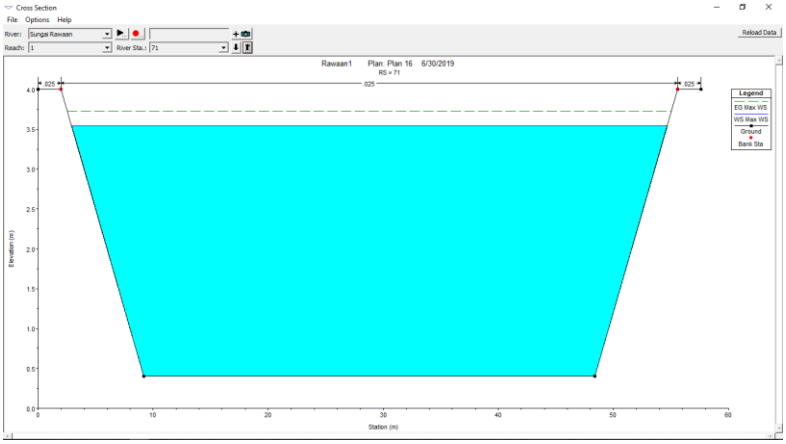
- STA-73


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 73
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 73
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

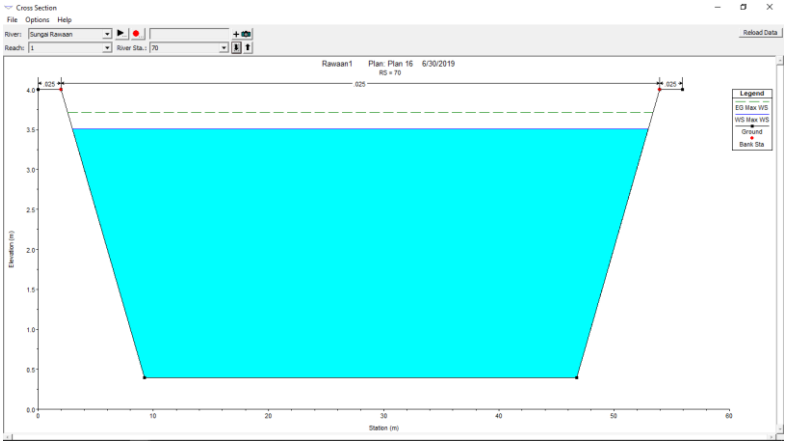
- STA-72


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 72
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 72
825
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

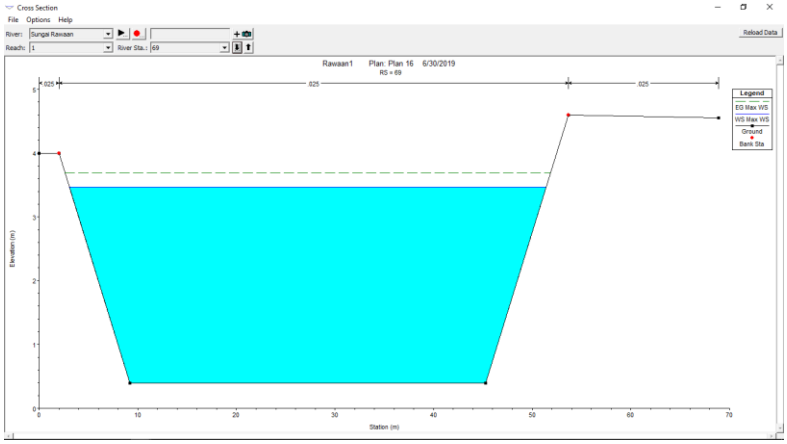
- STA-71


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 71
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 71
825
825
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

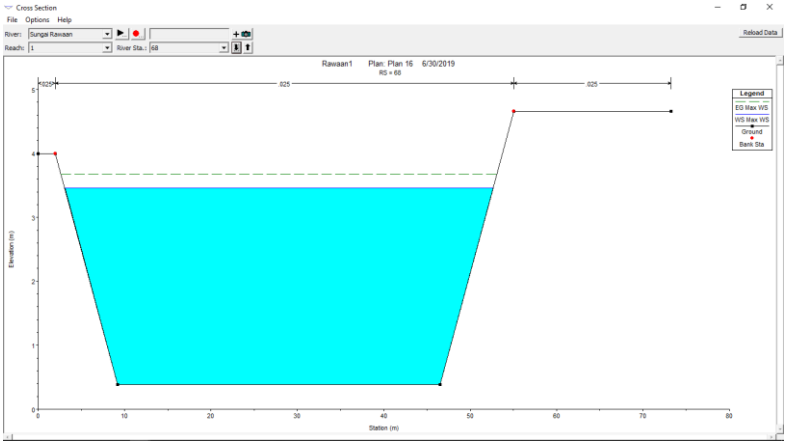
- STA-70


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 70
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 70
825
825
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

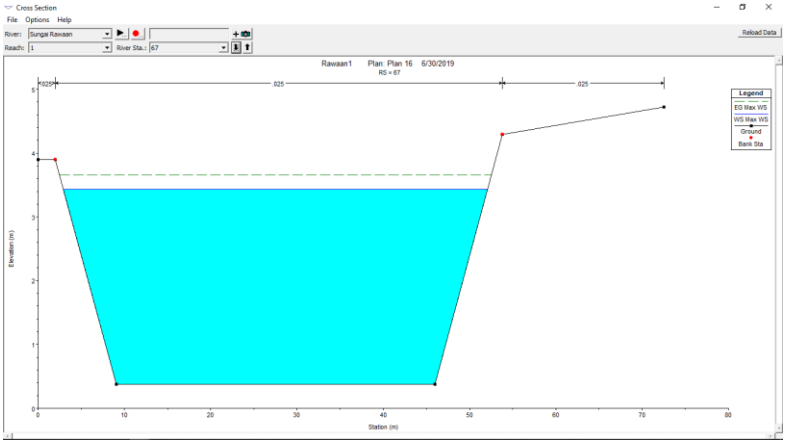
- STA-69


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 69
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 69
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

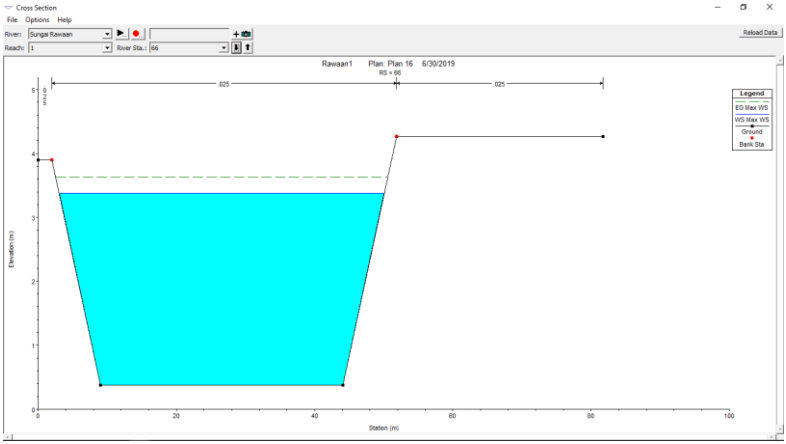
- STA-68


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 68
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 68
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

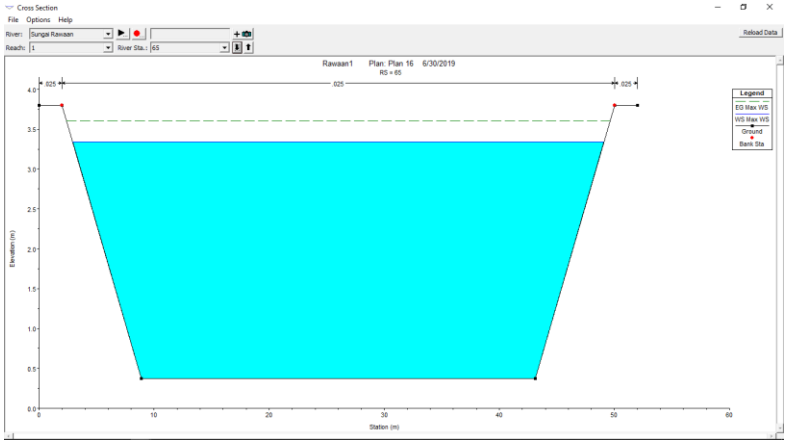
- STA-67


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 67
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 67
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

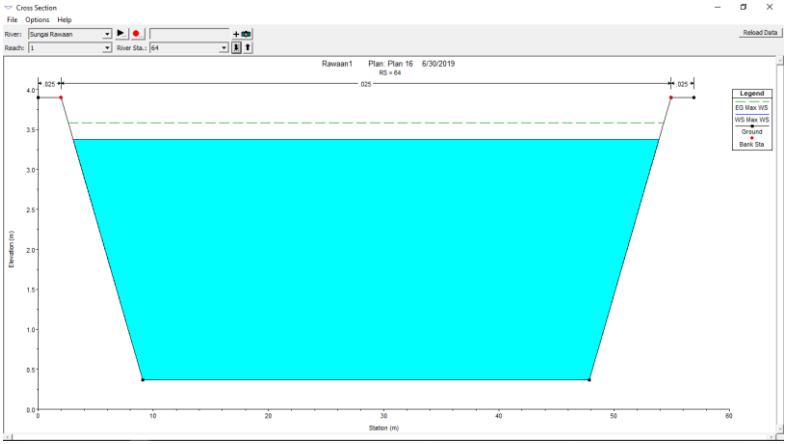
- STA-66


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 66
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 66
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

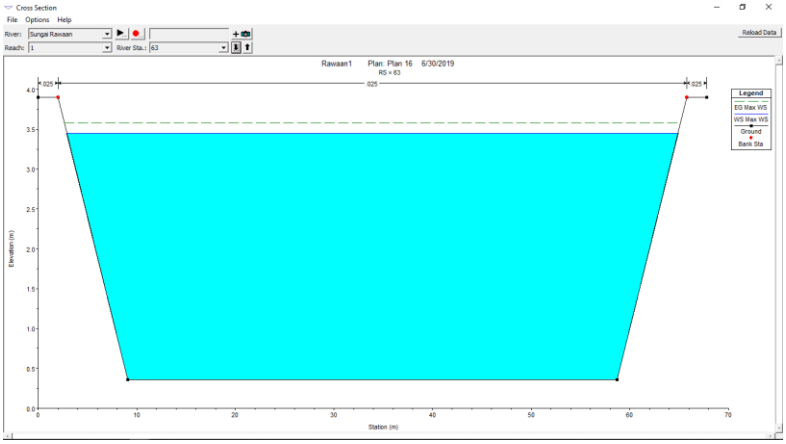
- STA-65


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 65
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 65
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

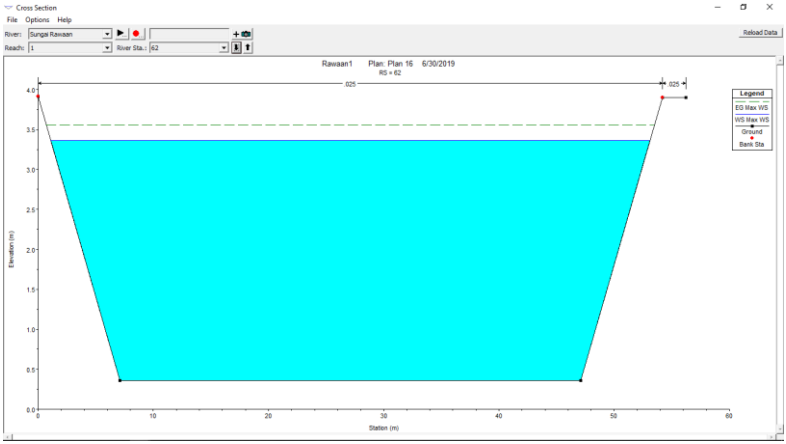
- STA-64


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 64
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 64
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

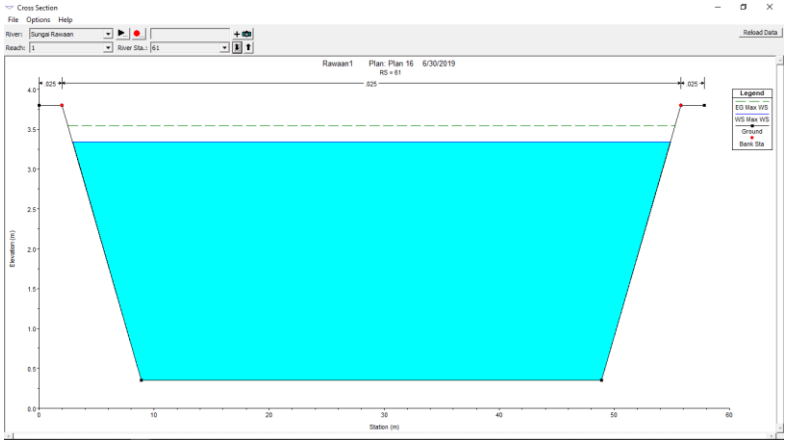
- STA-63


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 63
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 63
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

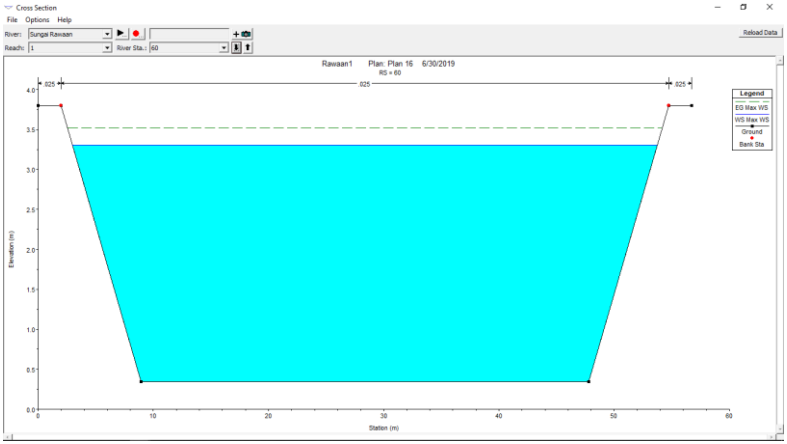
- STA-62


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 62
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 62
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

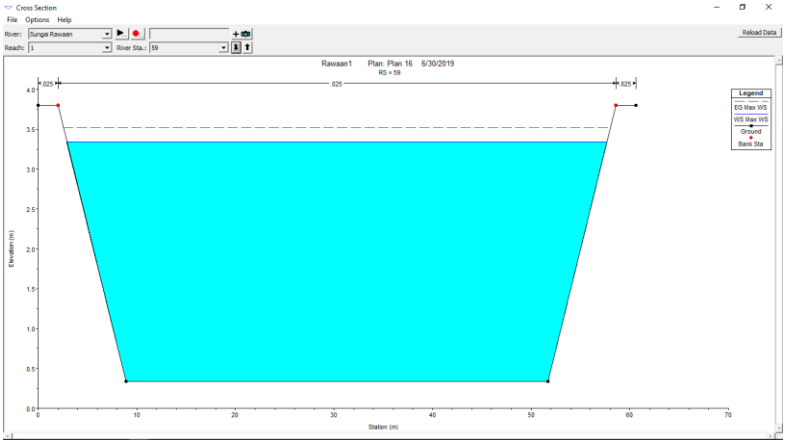
- STA-61


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 61
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 61
825
825
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

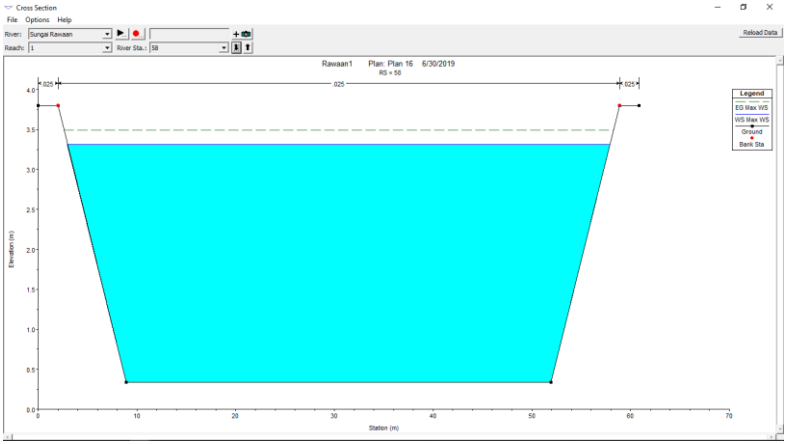
- STA-60


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 60
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 60
825
825
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

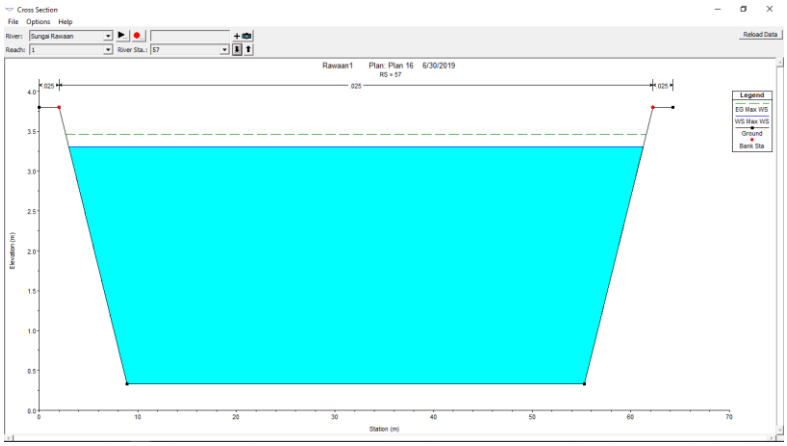
- STA-59


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 59
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 59
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

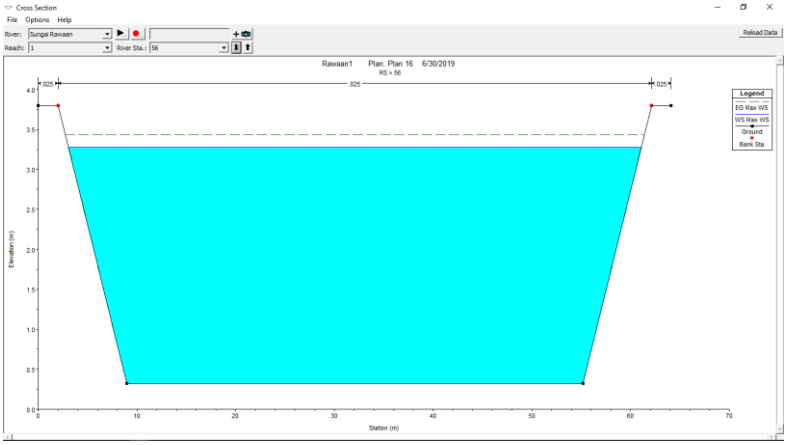
- STA-58


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 58
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 58
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

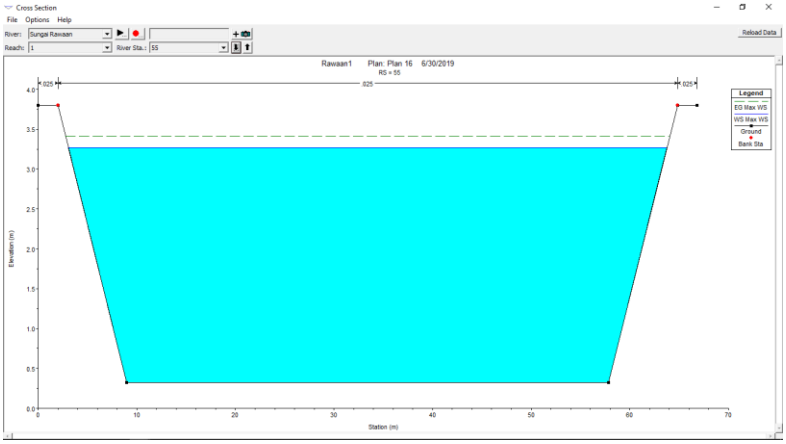
- STA-57


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 57
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 57
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

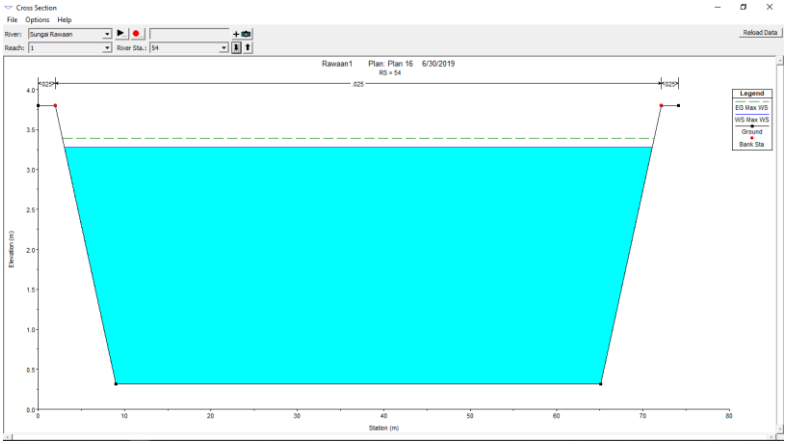
- STA-56


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 56
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 56
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

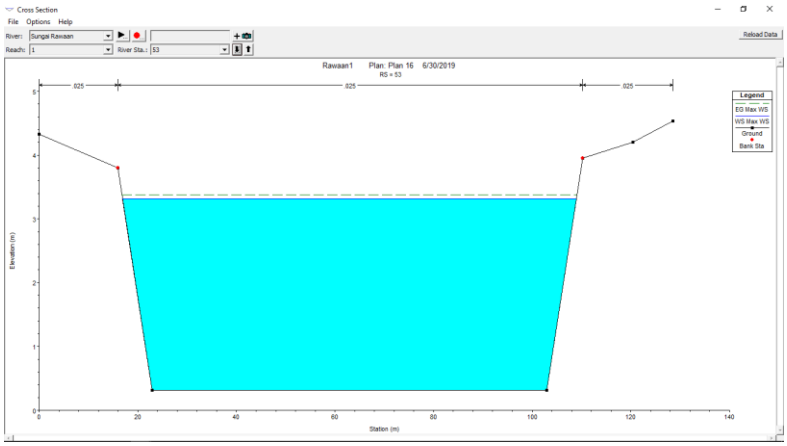
- STA-55


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 55
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 55
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

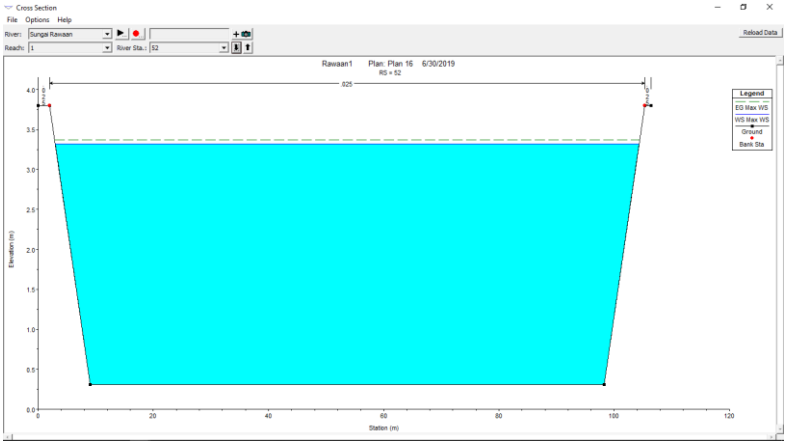
- STA-54


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 54
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 54
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

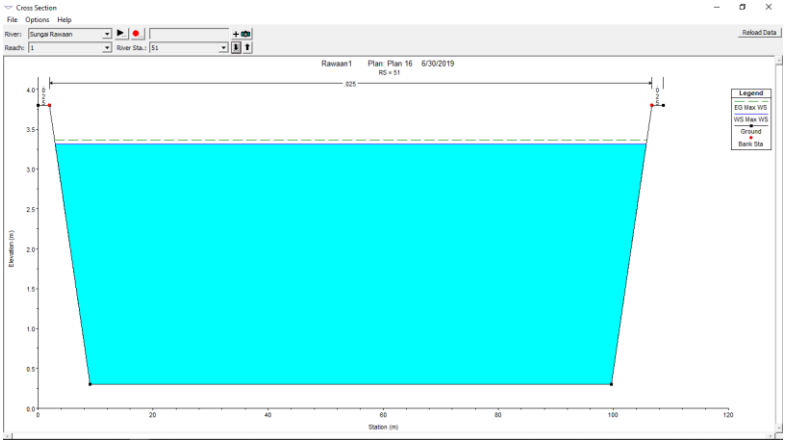
- STA-53


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 53
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 53
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

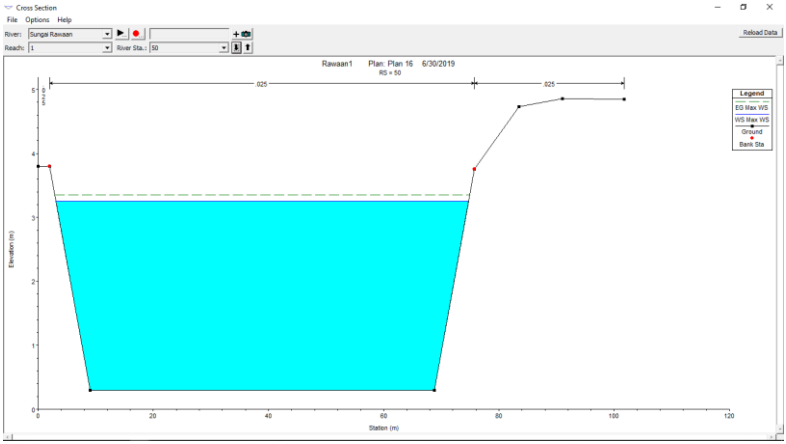
- STA-52


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 52
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 52
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

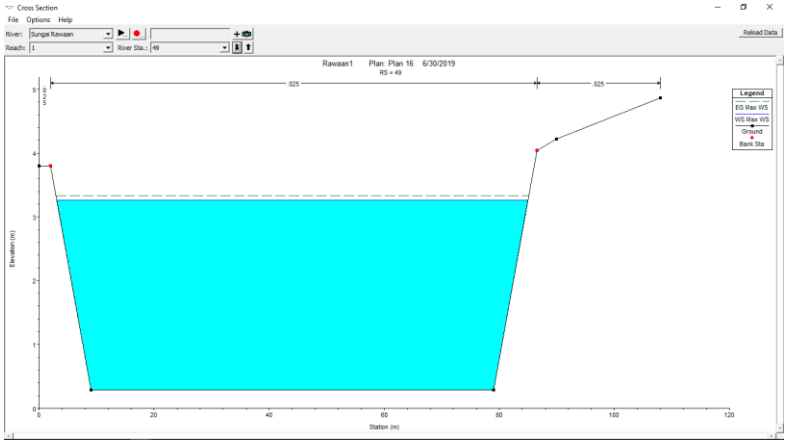
- STA-51


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 51
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 51
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

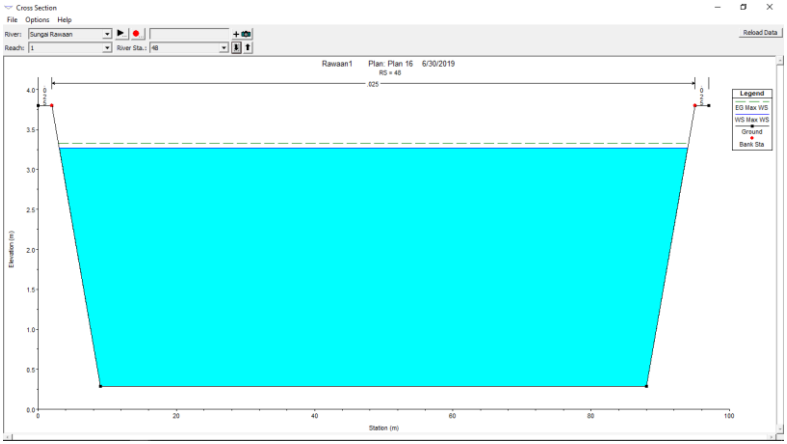
- STA-50


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 50
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 50
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

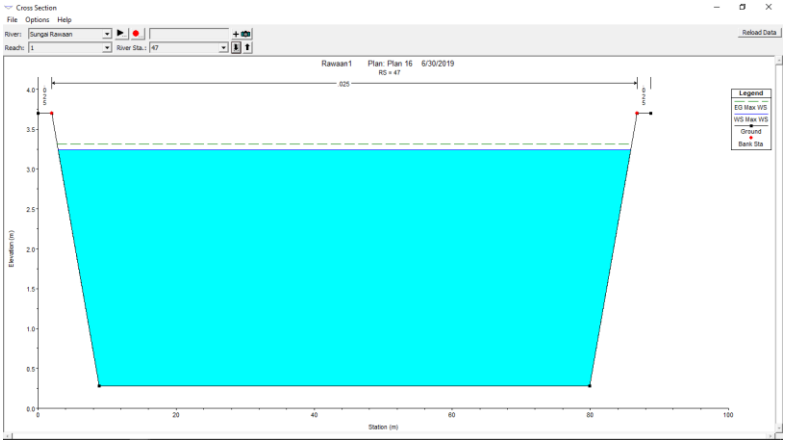
- STA-49


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 49
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 49
825
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

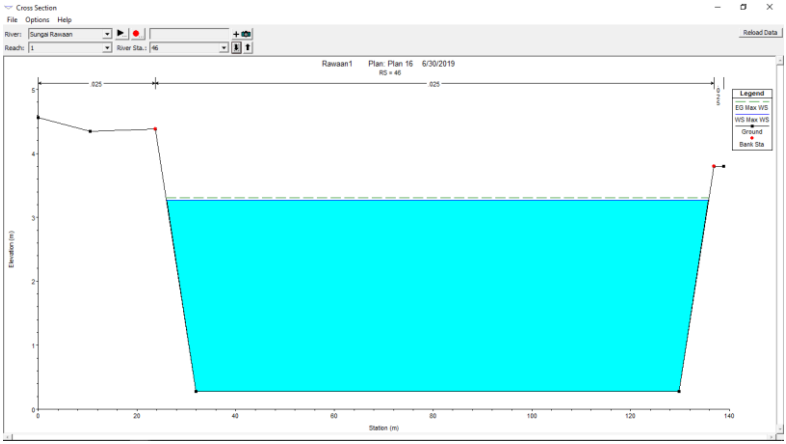
- STA-48


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 48
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 48
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

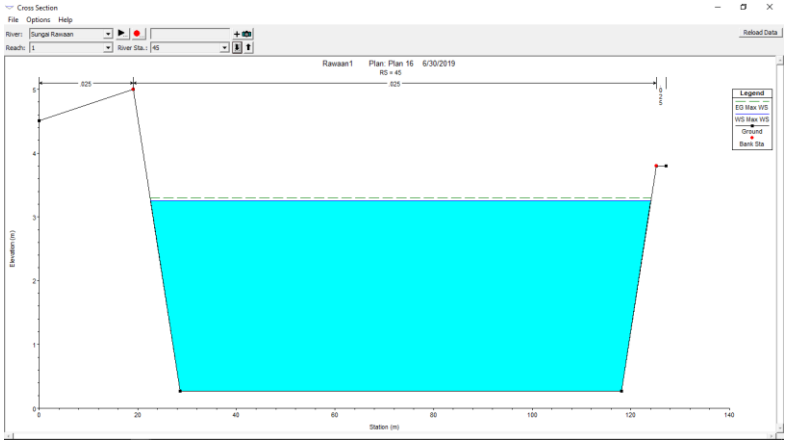
- STA-47


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 47
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 47
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

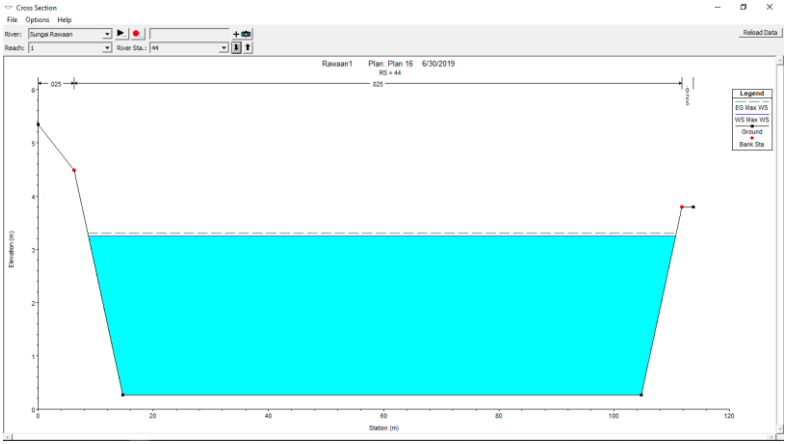
- STA-46


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 46
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 46
825
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

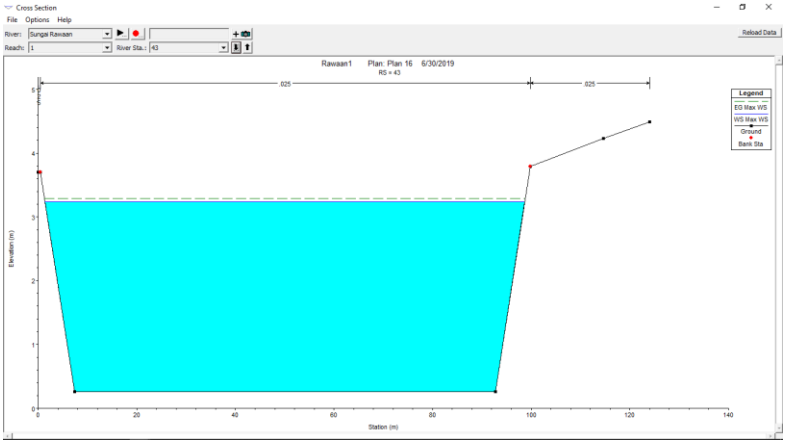
- STA-45


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 45
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 45
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

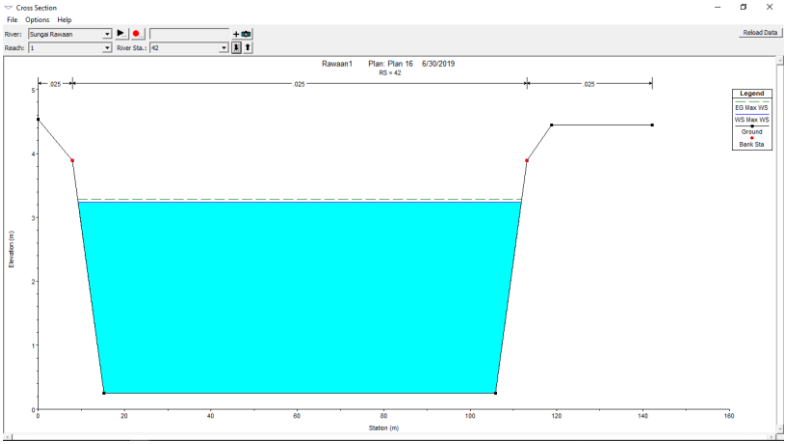
- STA-44


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 44
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 44
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

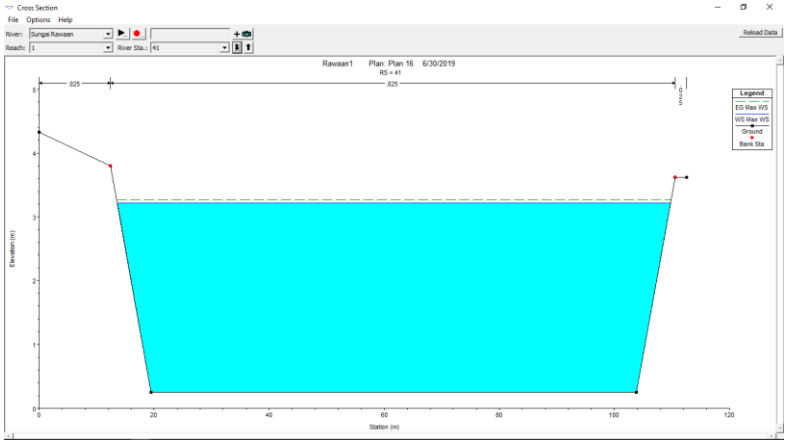
- STA-43


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 43
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 43
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

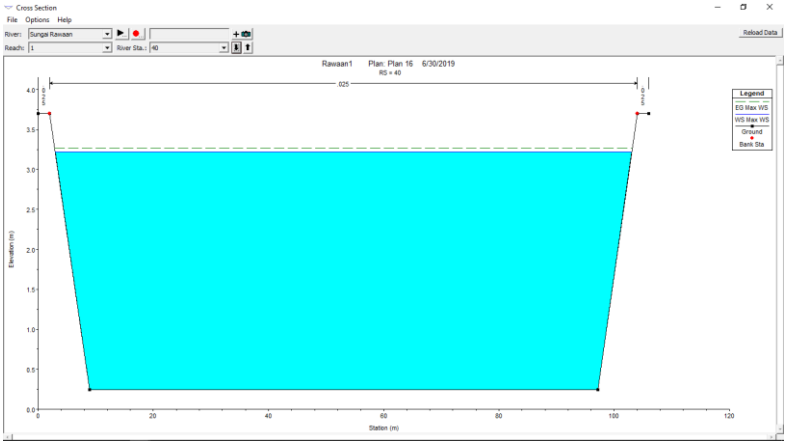
- STA-42


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 42
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 42
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

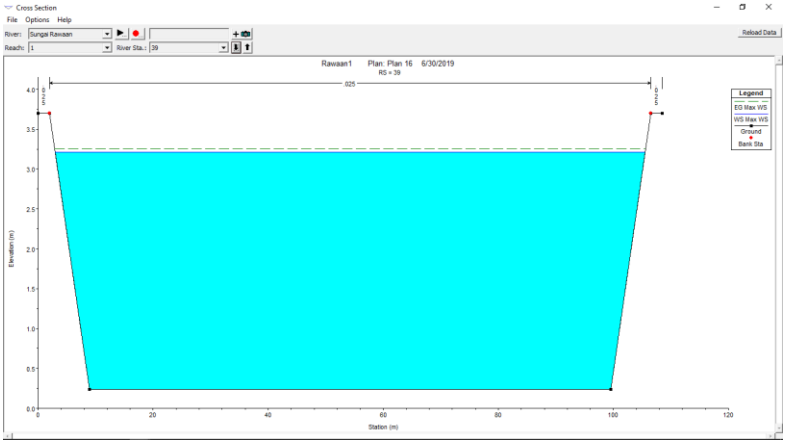
- STA-41


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 41
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 41
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

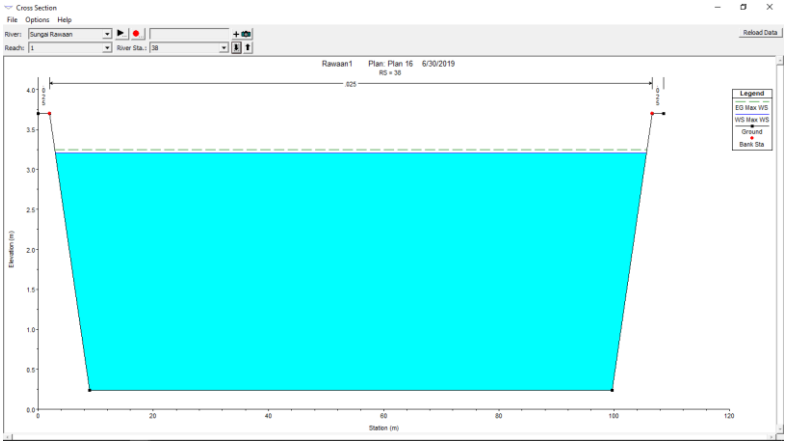
- STA-40


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 40
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 40
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

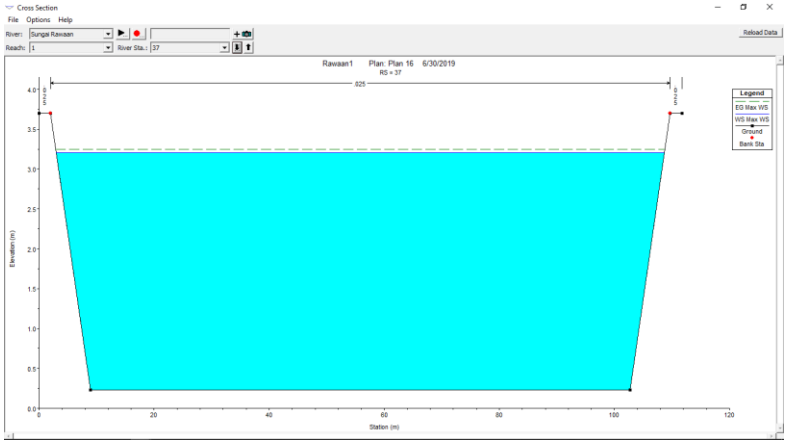
- STA-39


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 39
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 39
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

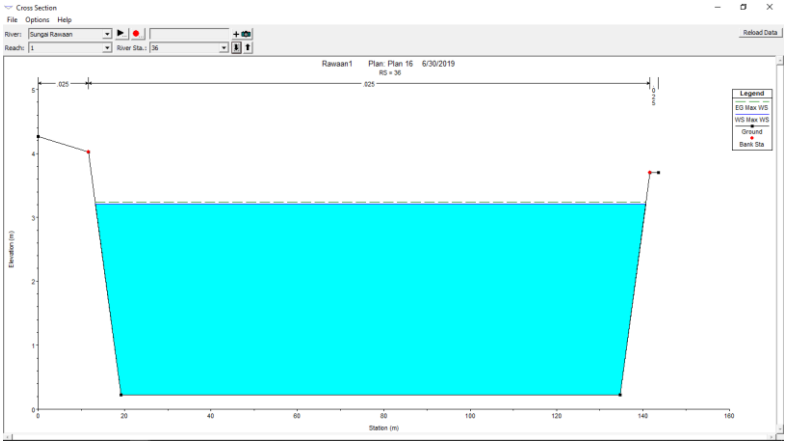
- STA-38


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 38
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 38
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

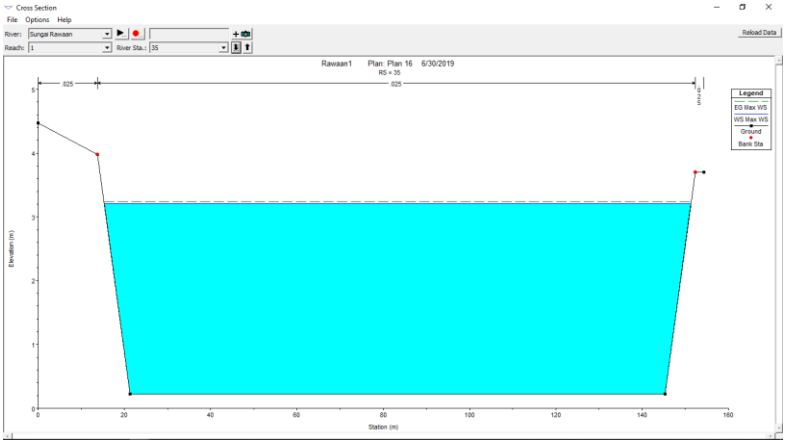
- STA-37


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 37
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 37
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

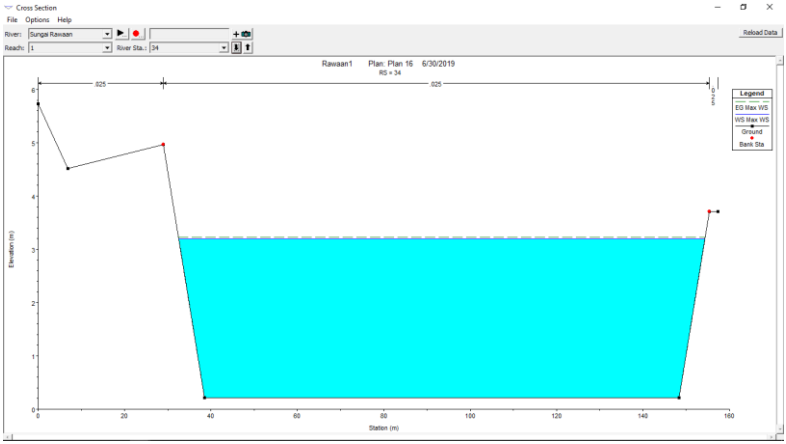
- STA-36


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 36
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 36
025
825
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

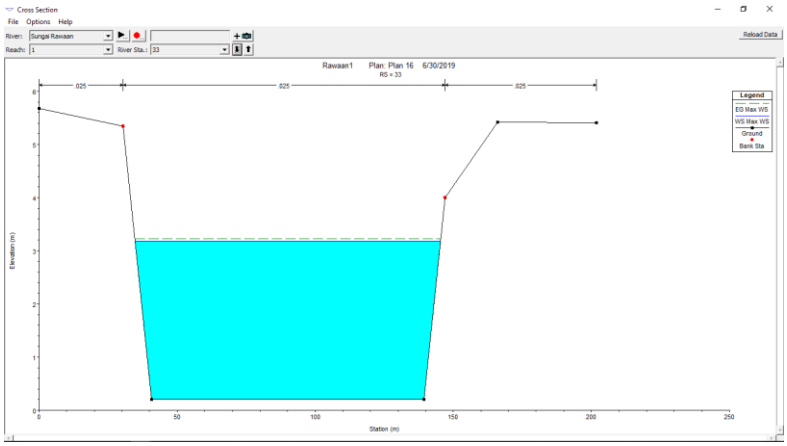
- STA-35


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 35
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 35
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

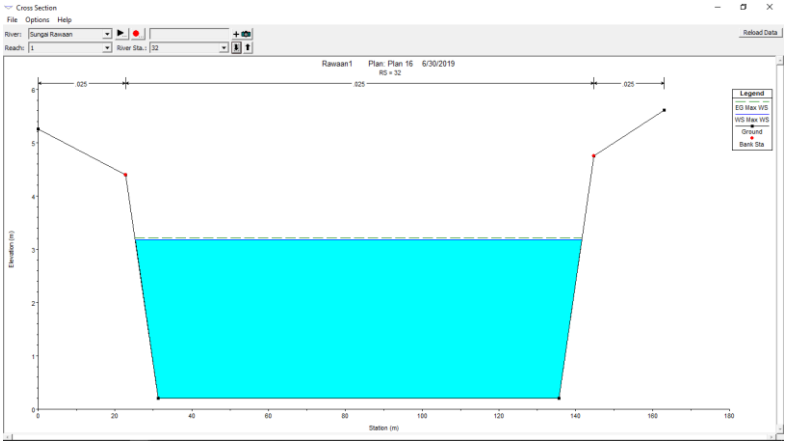
- STA-34


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 34
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 34
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

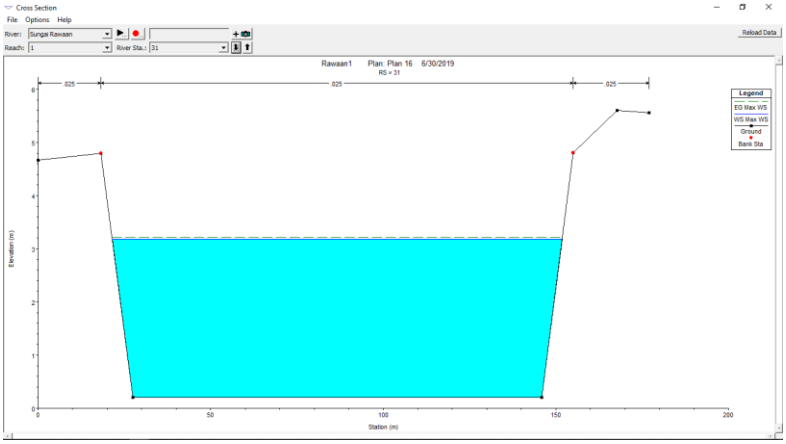
- STA-33


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 33
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 33
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

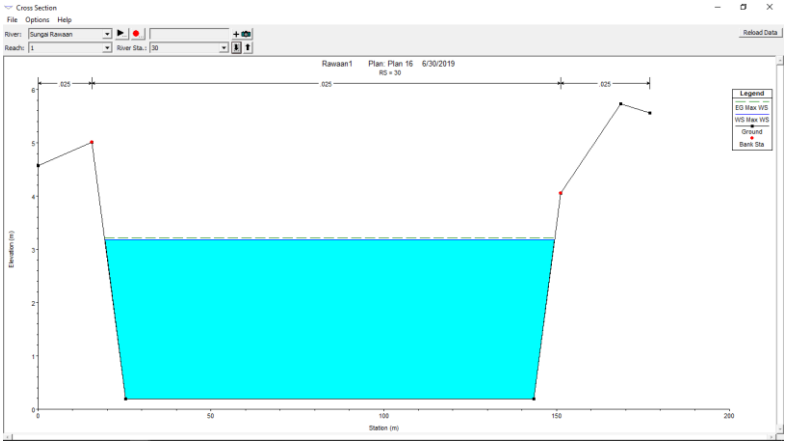
- STA-32


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 32
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 32
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

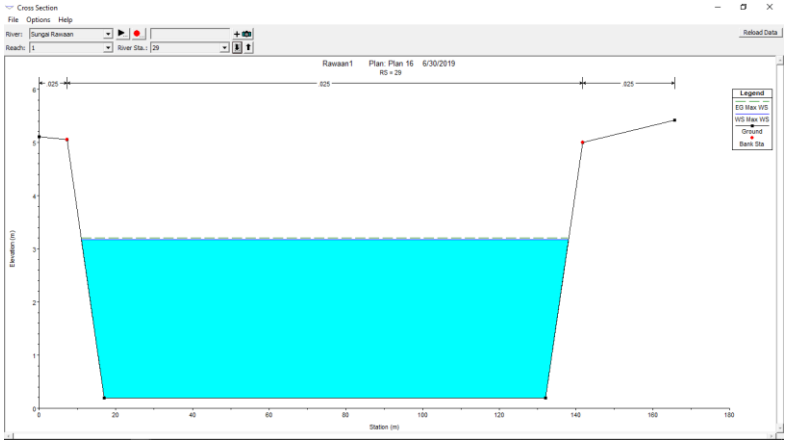
- STA-31


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 31
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 31
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
50
100
150
200
1
2
3
4
5
6

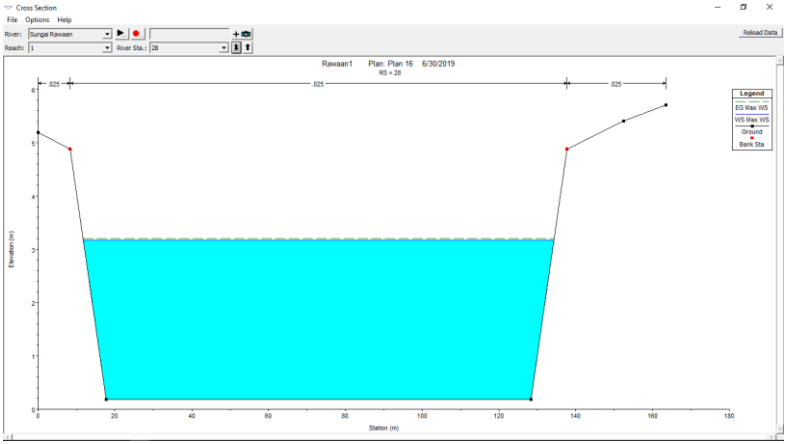
- STA-30


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 30
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 30
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
50
100
150
200
1
2
3
4
5
6

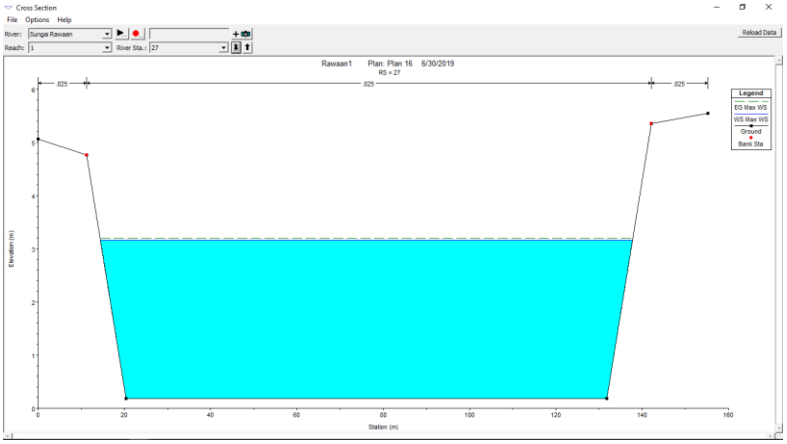
- STA-29


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 29
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 29
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

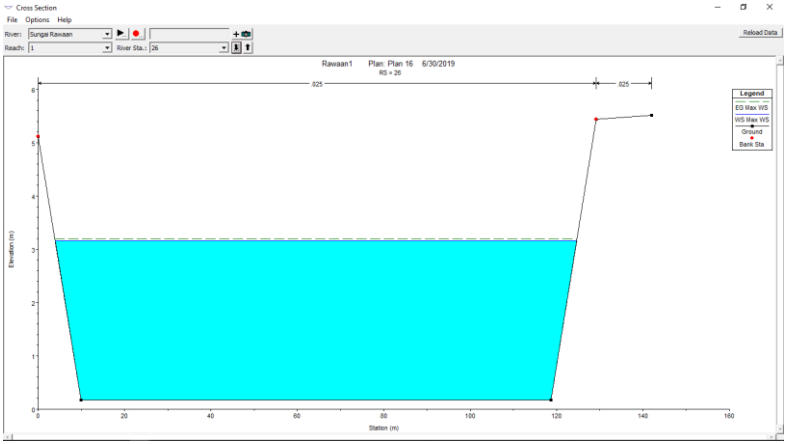
- STA-28


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 28
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 28
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

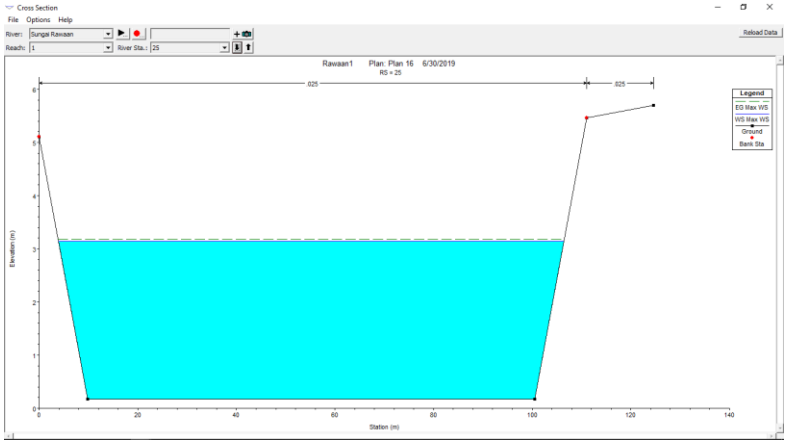
- STA-27


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 27
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 27
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

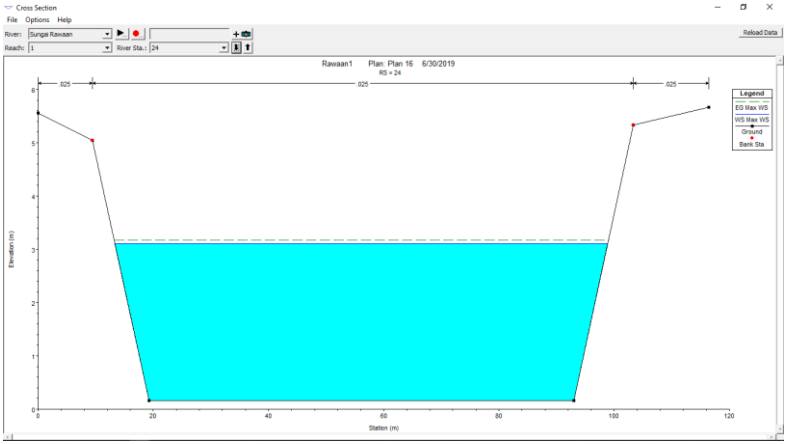
- STA-26


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 26
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 26
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

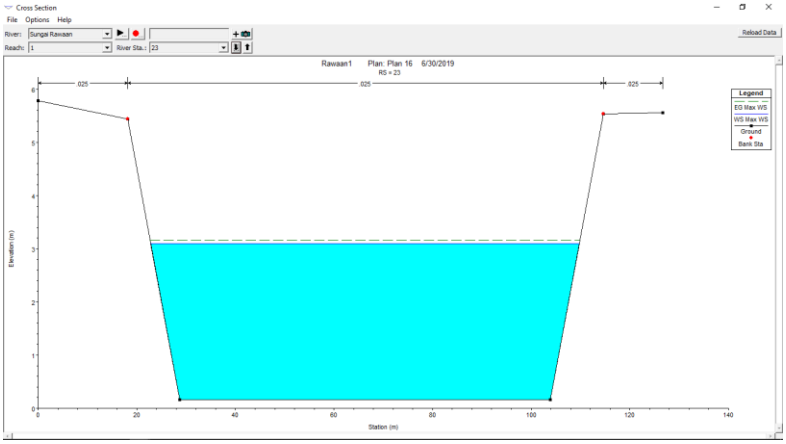
- STA-25


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 25
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 25
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

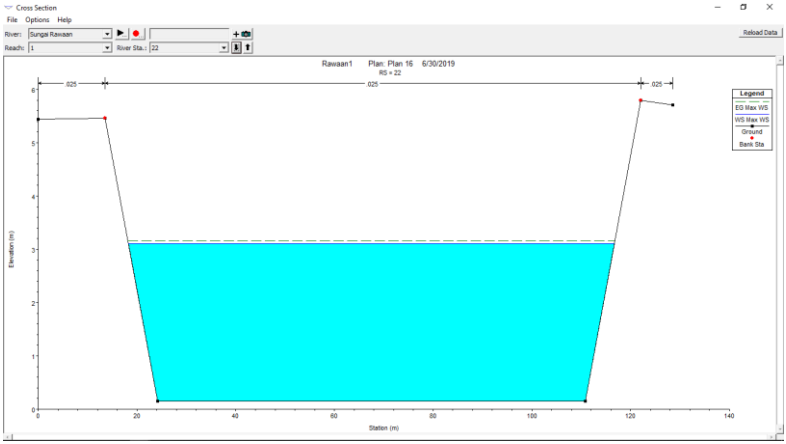
- STA-24


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 24
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 24
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

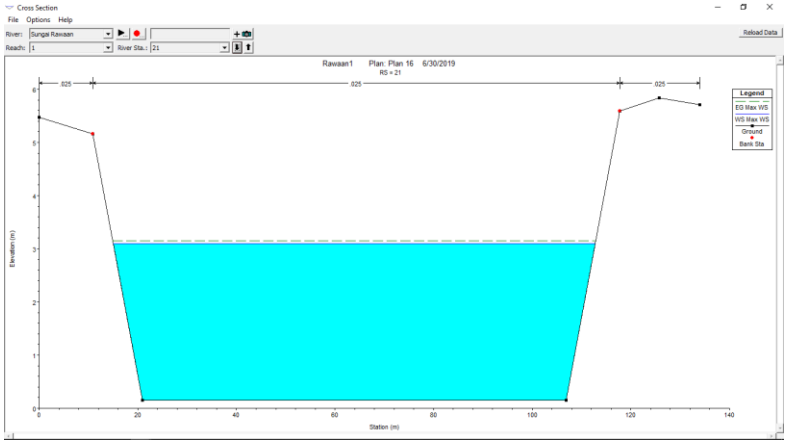
- STA-23


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 23
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 23
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

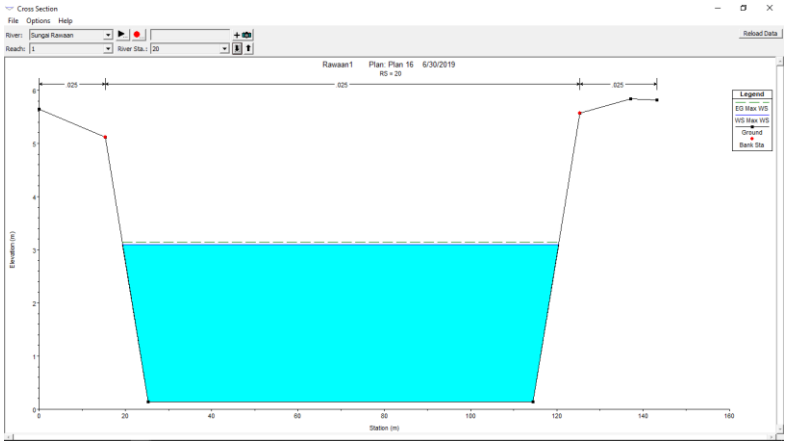
- STA-22


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 22
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 22
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

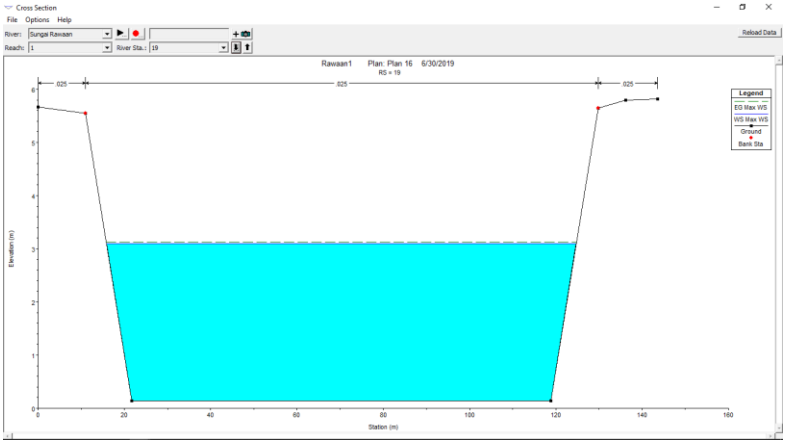
- STA-21


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 21
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 21
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

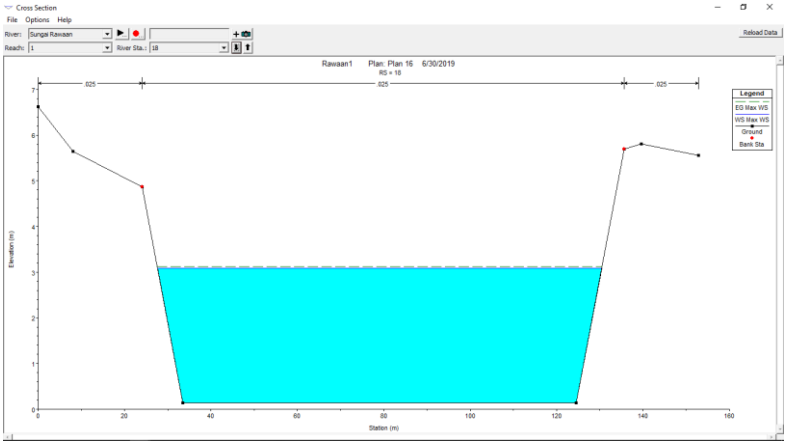
- STA-20


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 20
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 20
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

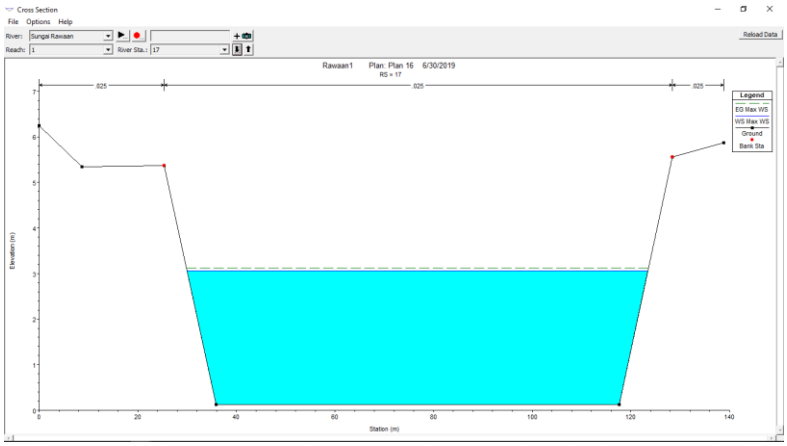
- STA-19


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 19
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 19
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

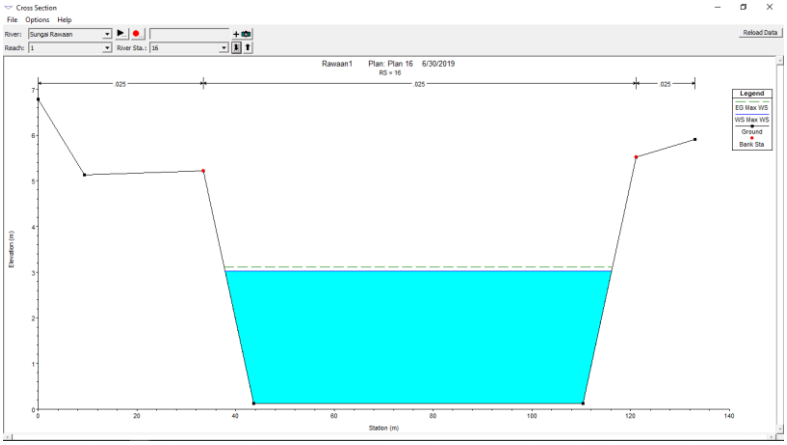
- STA-18


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 18
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 18
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

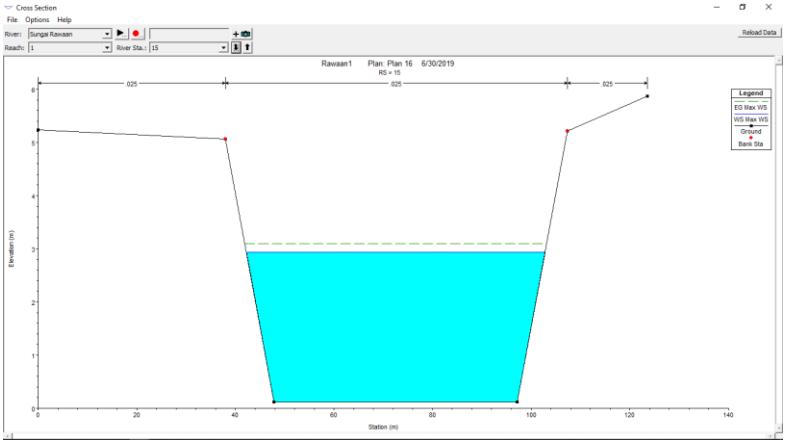
- STA-17


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 17
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 17
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100
120
140
1
2
3
4
5
6
7

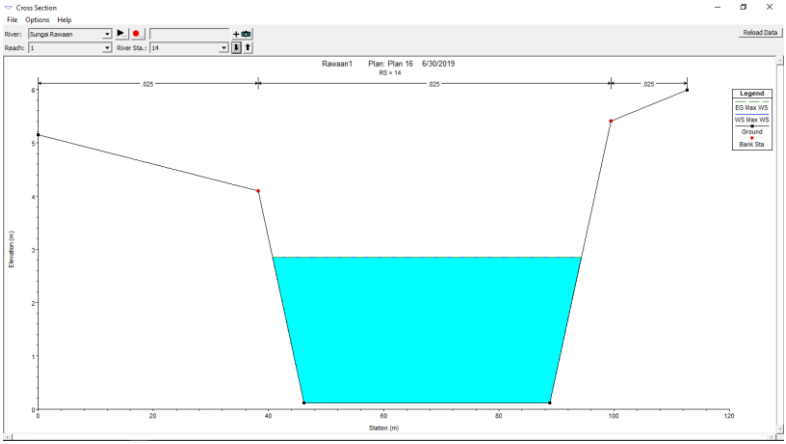
- STA-16


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 16
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 16
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100
120
140
1
2
3
4
5
6
7

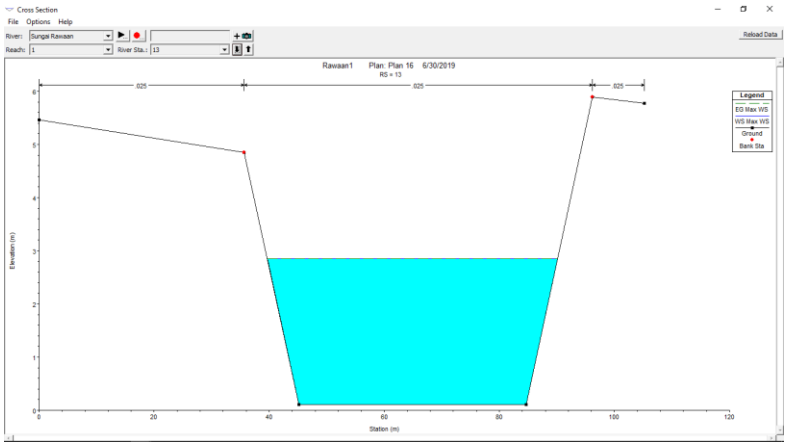
- STA-15


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 15
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 15
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

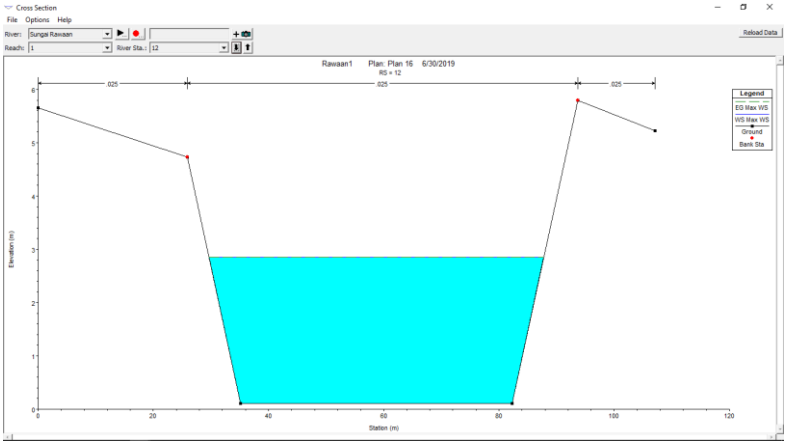
- STA-14


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 14
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 14
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

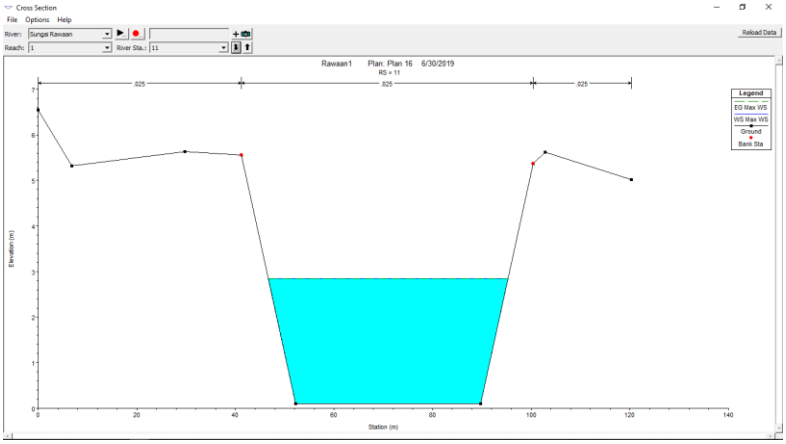
- STA-13


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 13
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 13
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100
120
1
2
3
4
5
6

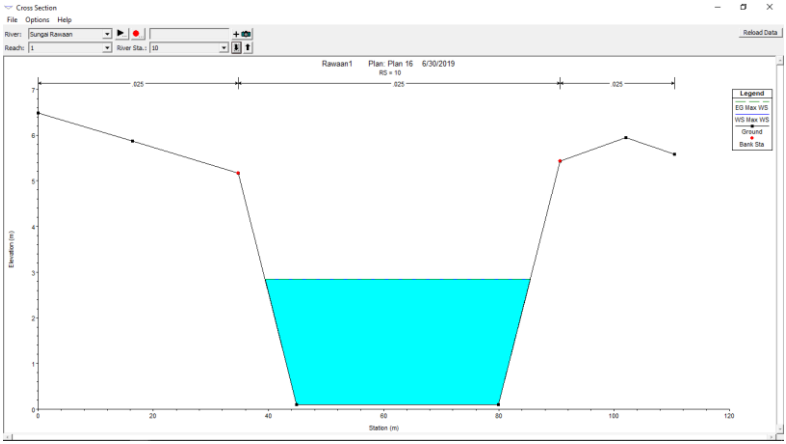
- STA-12


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 12
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 12
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100
120
1
2
3
4
5
6

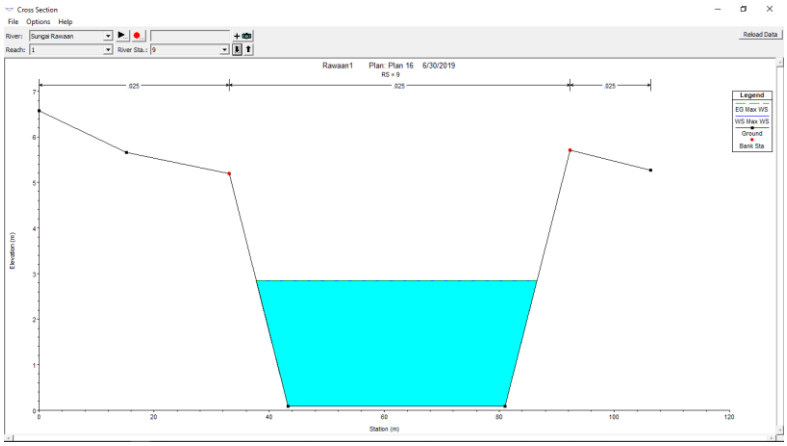
- STA-11


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 11
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 11
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

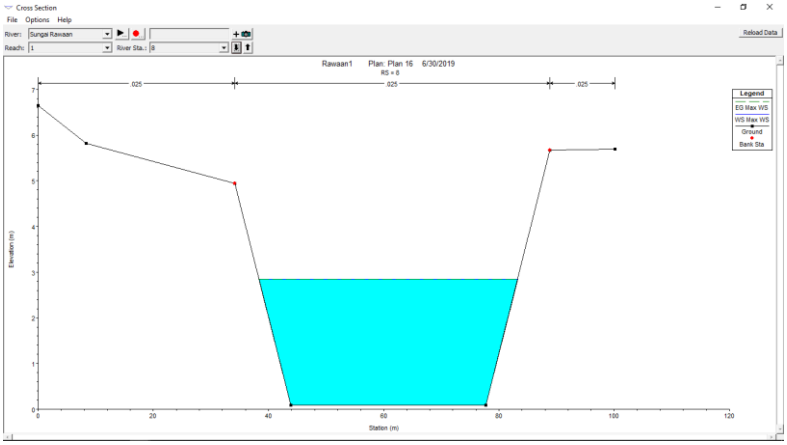
- STA-10


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 10
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 10
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

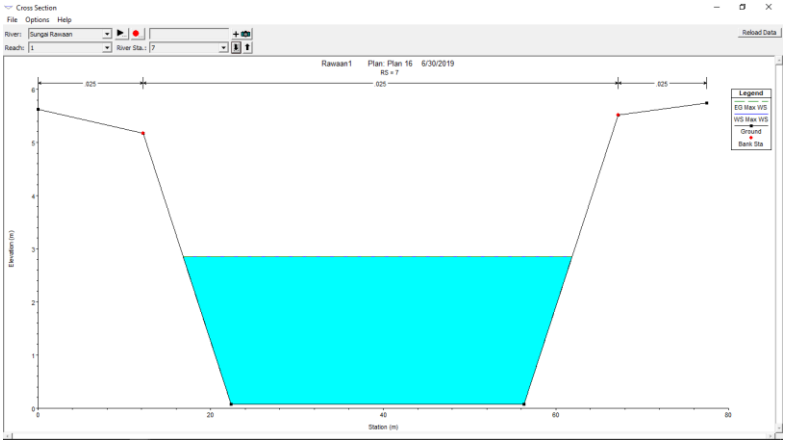
- STA-9


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 9
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 9
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

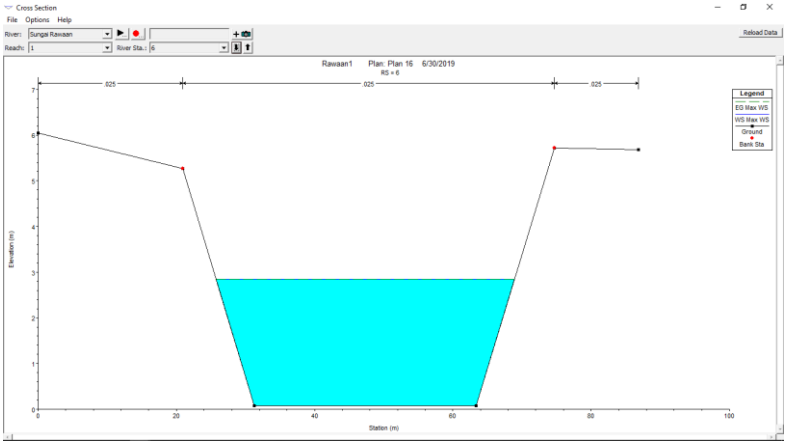
- STA-8


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 8
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 8
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

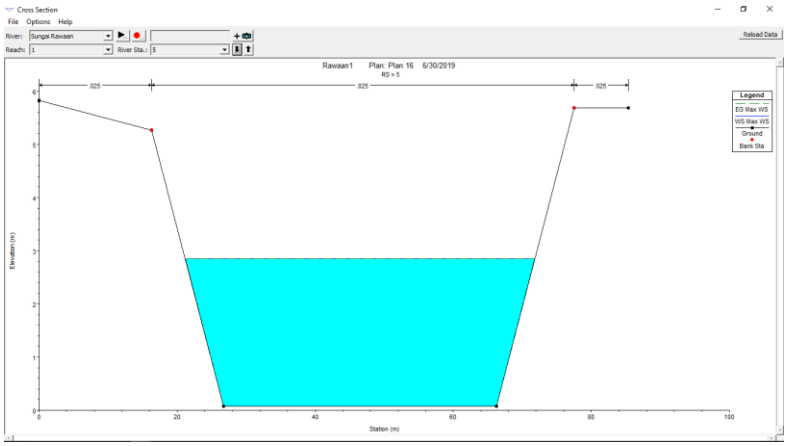
- STA-7


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 7
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 7
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80

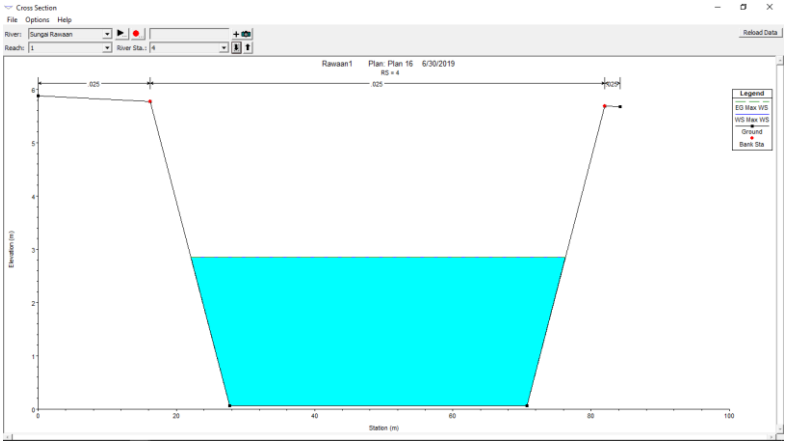
- STA-6


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 6
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 6
.025
.025
.025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100

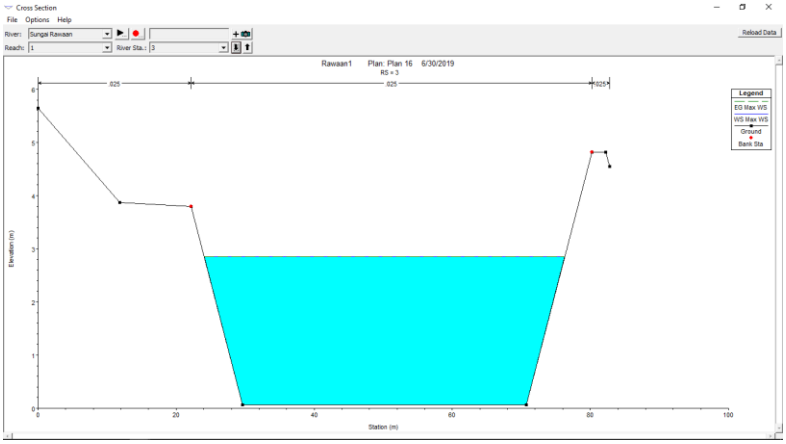
- STA-5


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 5
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 5
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100
1
2
3
4
5
6

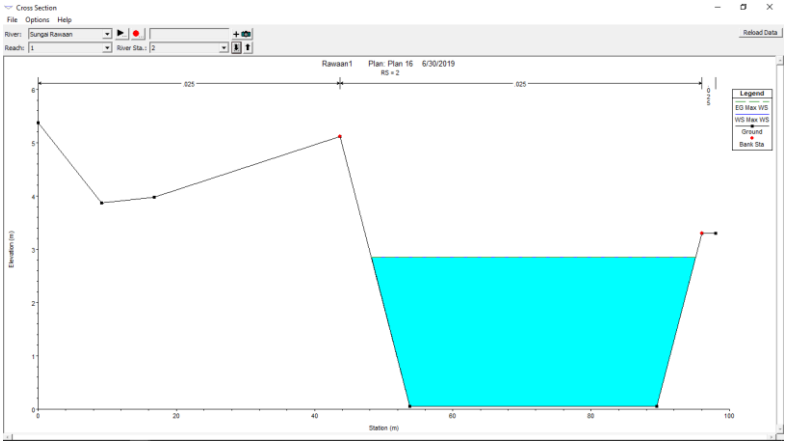
- STA-4


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 4
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 4
025
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100
1
2
3
4
5
6

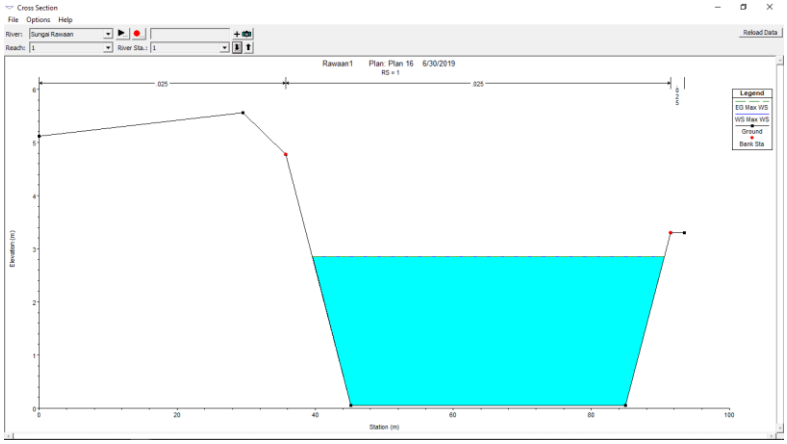
- STA-3


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 3
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 3
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

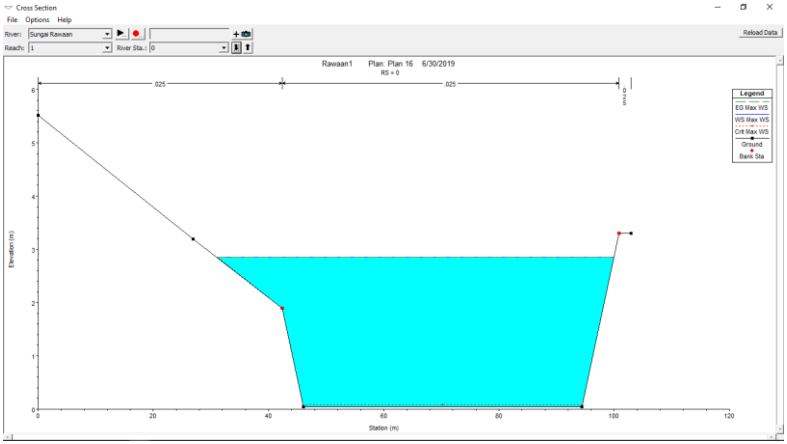
- STA-2


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 2
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 2
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

- STA-1


Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 1
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 1
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100
1
2
3
4
5
6

- STA-0

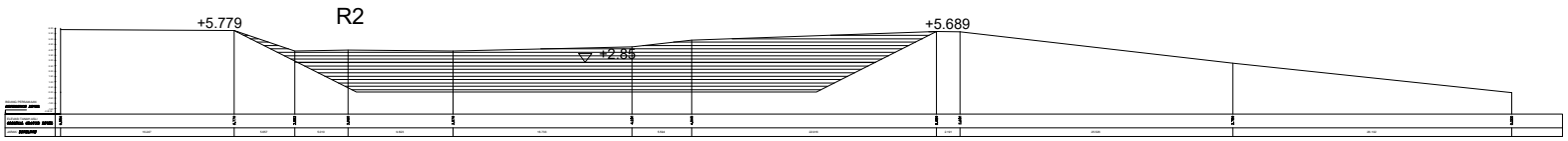

Cross Section
File Options Help
River: Sungai Rawaan
Reach: 1
River Sta.: 0
Reload Data
Rawaan1 Plan: Plan 16 6/30/2019
RS = 0
025
025
Legend
EG Max WS
WS Max WS
Crit Max WS
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
0
20
40
60
80
100
120
1
2
3
4
5
6

LEGENDA :

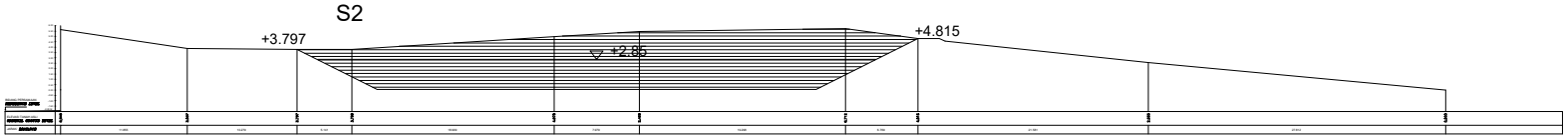
Timbunan

Galian

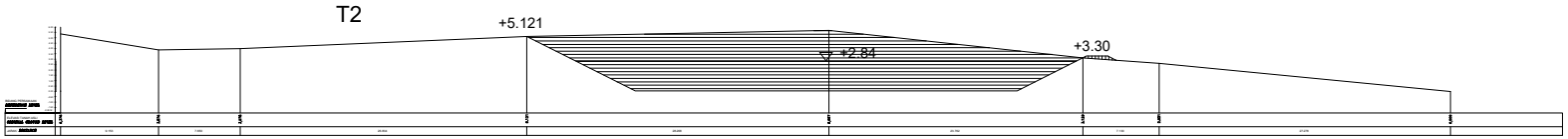
STA - 4



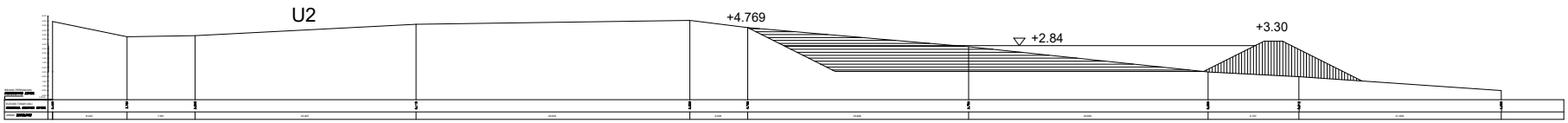
STA - 3



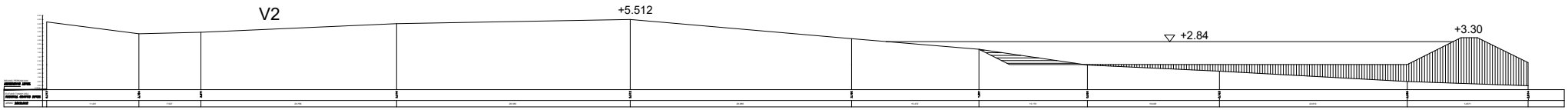
STA - 2



STA - 1

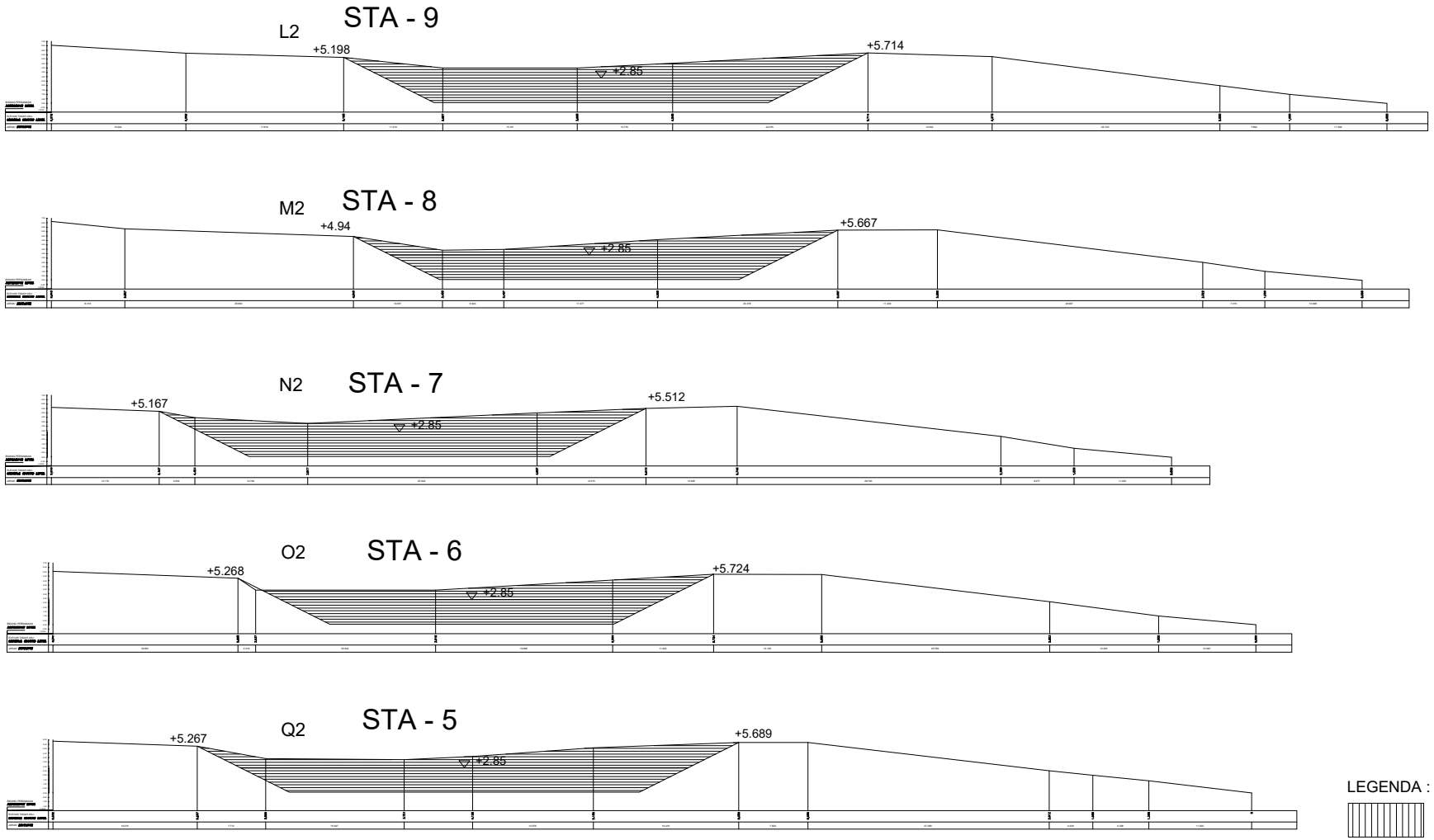


STA - 0



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 0 s.d. STA - 04	1 DARI 21 SKALA 1 : 700



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 05 s.d. STA - 09	2 DARI 21 SKALA 1 : 700

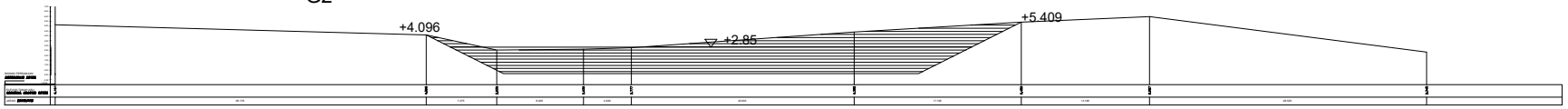
LEGENDA :

Timbunan

Galian

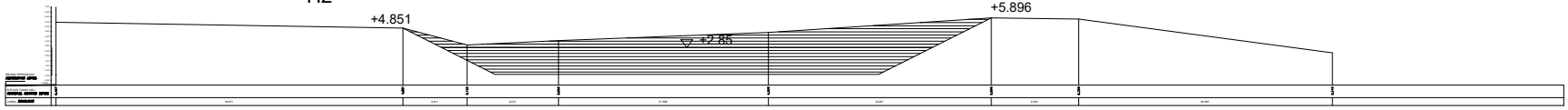
STA - 14

G2



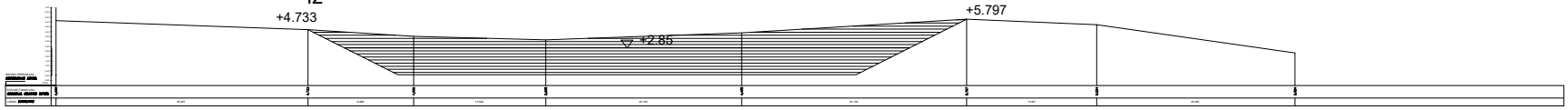
STA - 13

H2



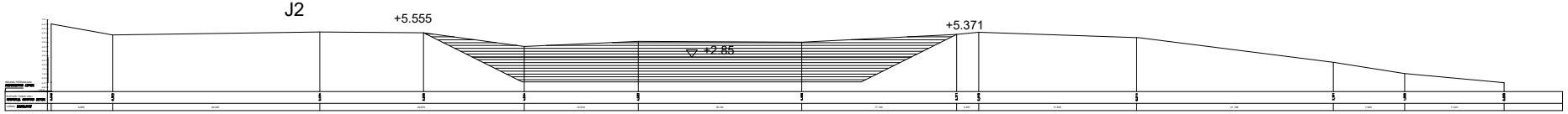
STA - 12

I2



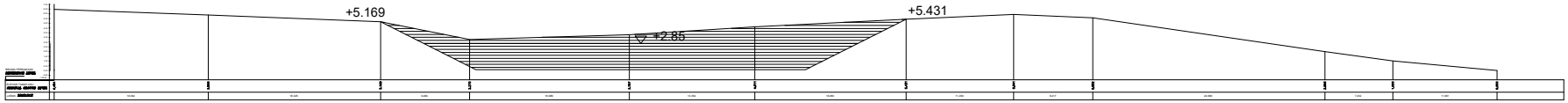
STA - 11

J2



STA - 10

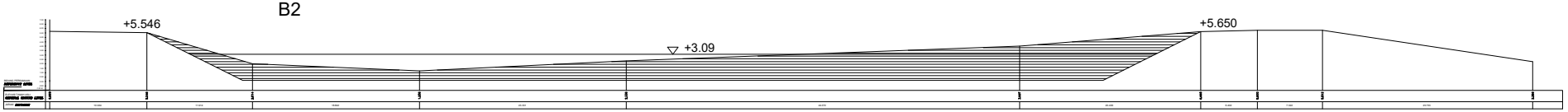
K2



	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 10 s.d. STA - 14	3 DARI 21 SKALA 1 : 700

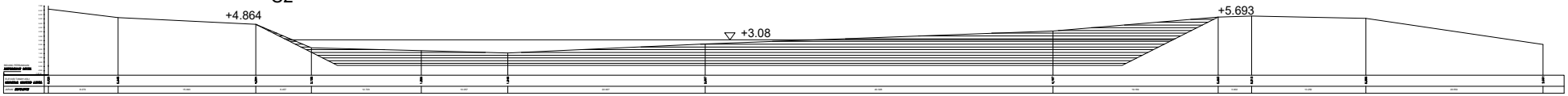
STA - 19

B2



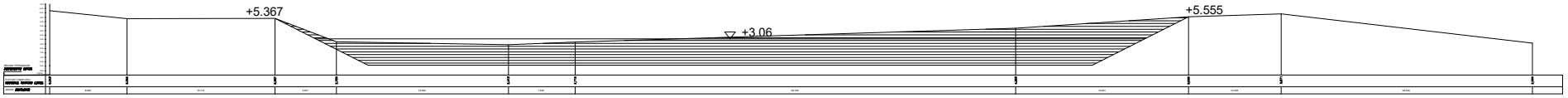
STA - 18

C2



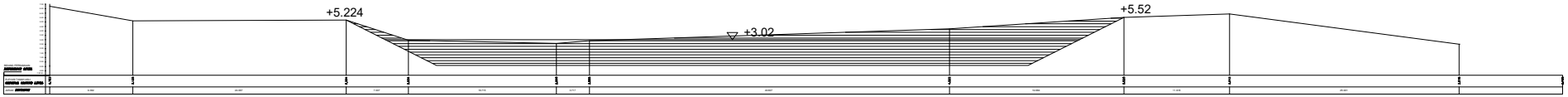
STA - 17

D2



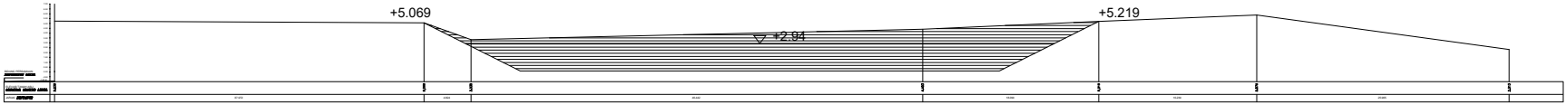
STA - 16

E2



STA - 15

F2



LEGENDA :

Timbunan

Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

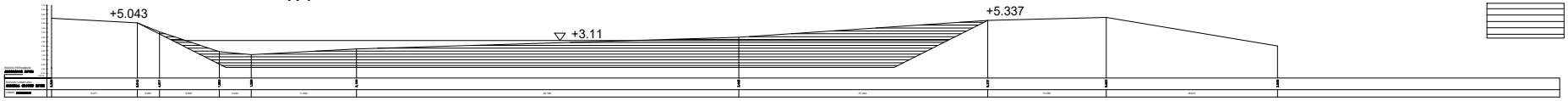
JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 15 s.d. STA - 19	4 DARI 21 SKALA 1 : 700

LEGENDA :

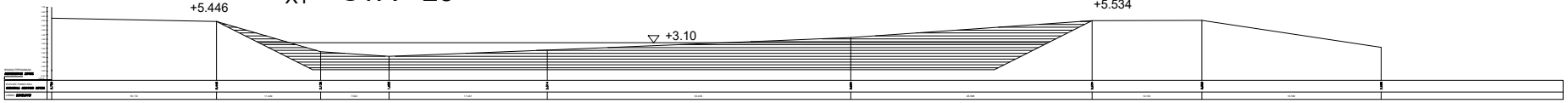
Timbunan

Galian

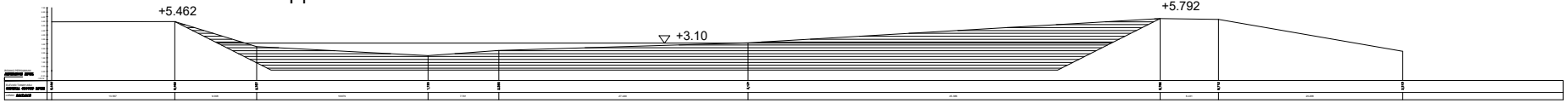
W1' STA - 24



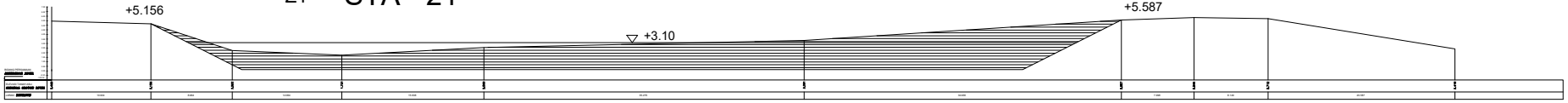
X1' STA - 23



Y1' STA - 22



Z1' STA - 21

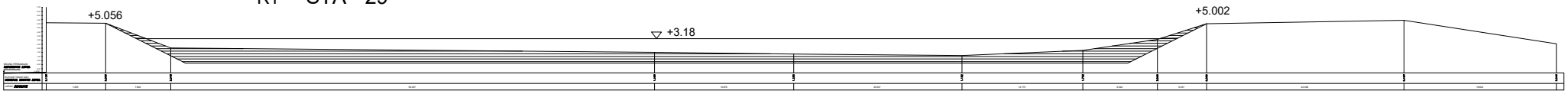


A2 STA - 20

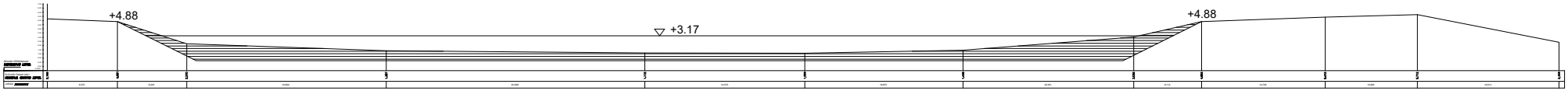
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 20 s.d. STA - 24	5 DARI 21 SKALA 1 : 700

R1' STA - 29

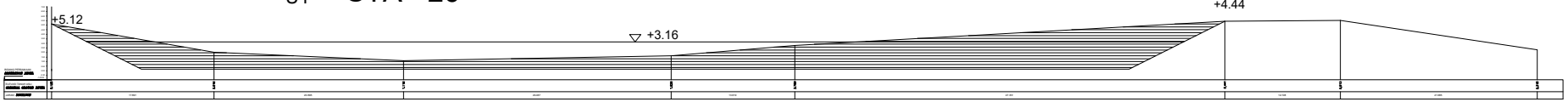


S1' STA - 28



T1' STA - 27

U1' STA - 26



V1' STA - 25

LEGENDA :

Timbunan

Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 25 s.d. STA - 29	6 DARI 21 SKALA 1 : 700

STA-35

L1'

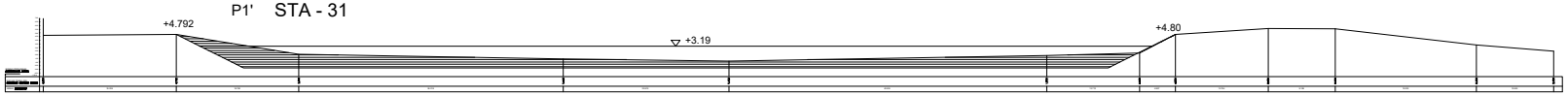
STA-34

M1'

N1' STA - 33

O1' STA - 32

P1' STA - 31



Q1' STA - 30

LEGENDA :

Timbunan

Galian

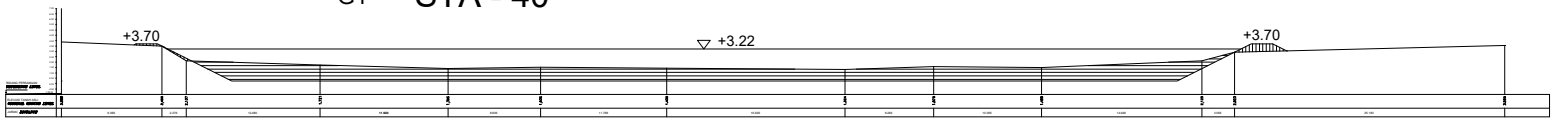
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
	PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 30 s.d. STA - 35	7 DARI 21 SKALA 1 : 1000

LEGENDA :

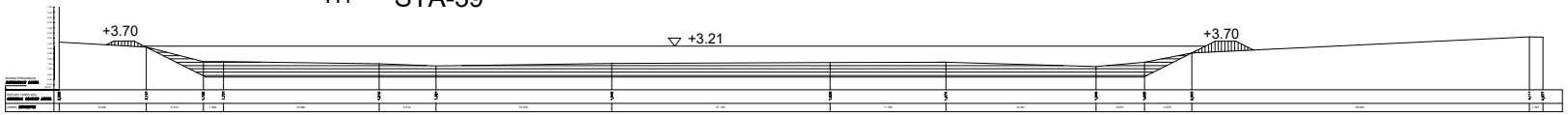
Timbunan

Galian

G1' STA - 40

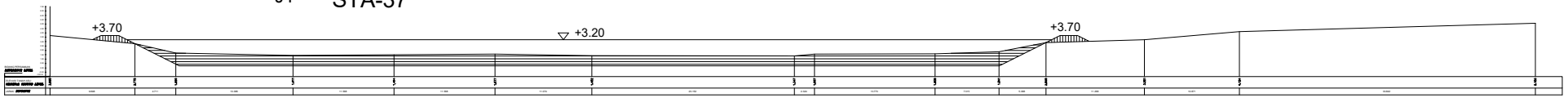


H1' STA-39

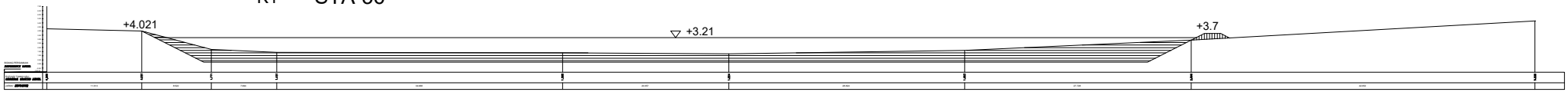


I1' STA-38

J1' STA-37



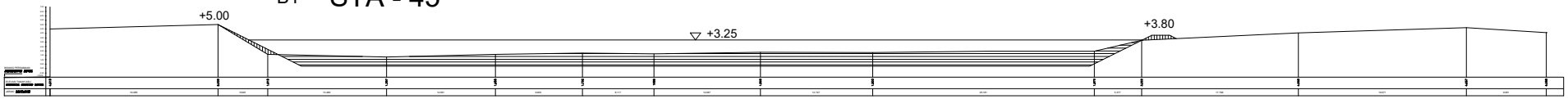
K1' STA-36



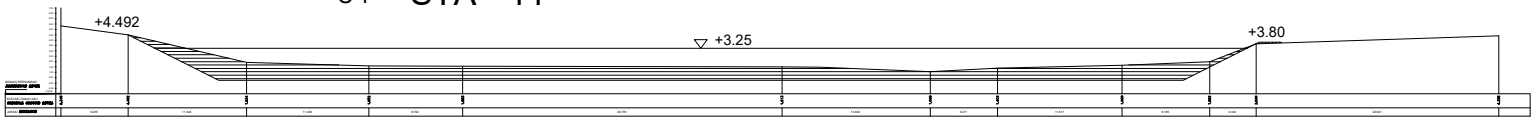
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 36 s.d. STA - 40	8 DARI 21 SKALA 1 : 700

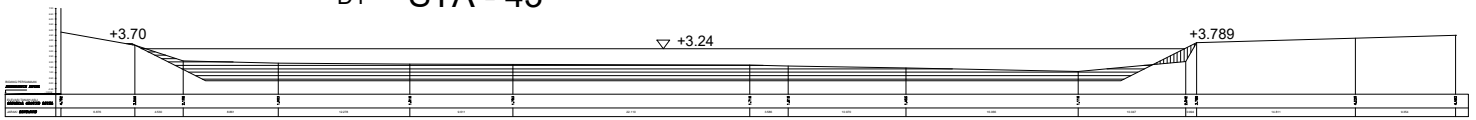
B1' STA - 45



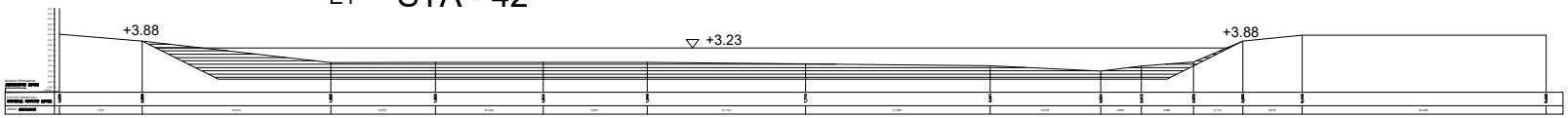
C'1 STA - 44



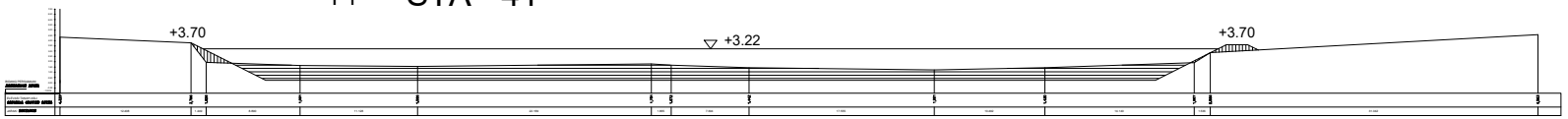
D1' STA - 43



E1' STA - 42



F1' STA - 41



LEGENDA :

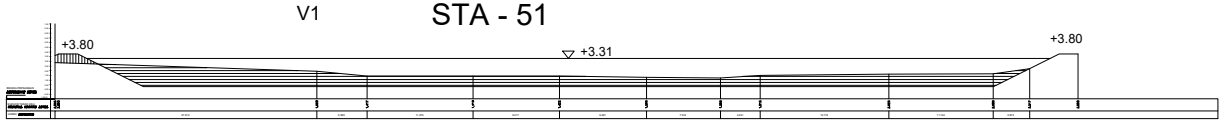
Timbunan

Galian

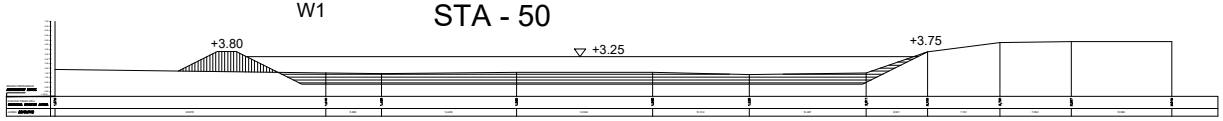
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 41 s.d. STA - 45	9 DARI 21 SKALA 1 : 700

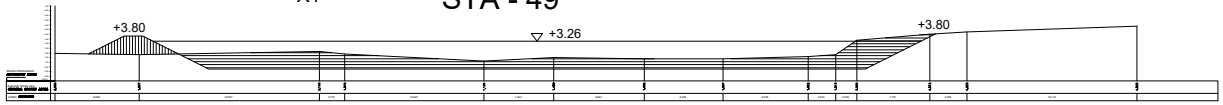
V1 STA - 51



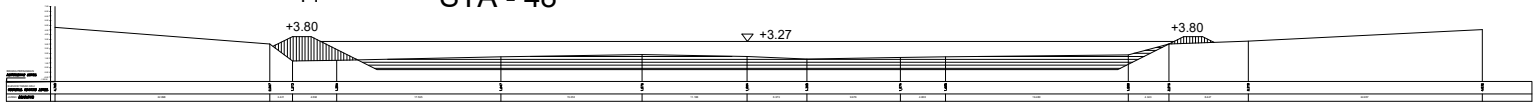
W1 STA - 50



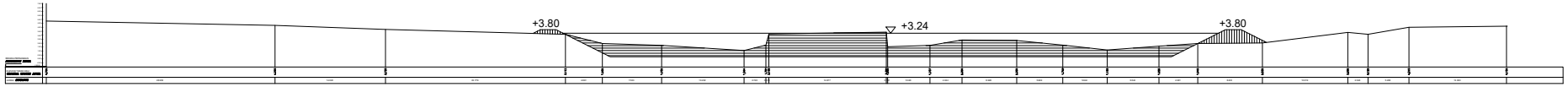
X1 STA - 49



Y1 STA - 48



Z1 STA - 47



A1' STA - 46

LEGENDA :

Timbunan

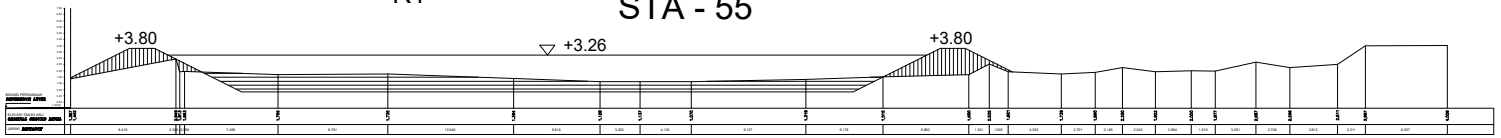
Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 46 s.d. STA - 51	10 DARI 21 SKALA 1 : 800

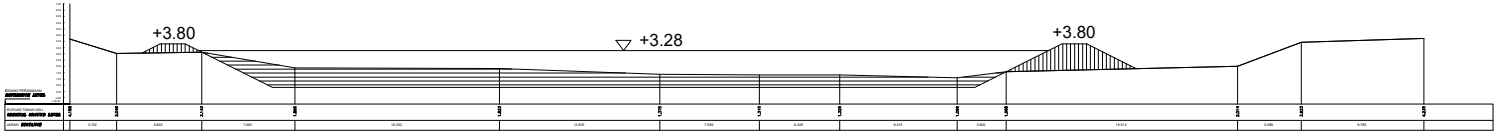
R1

STA - 55



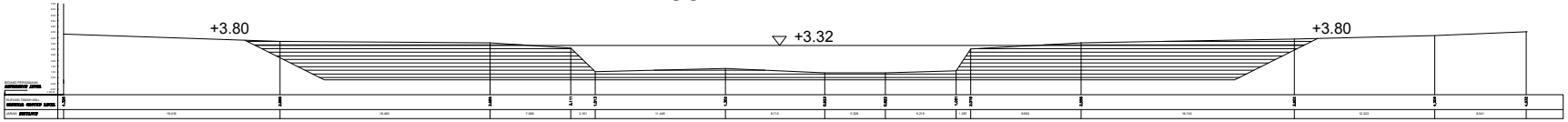
S1

STA - 54



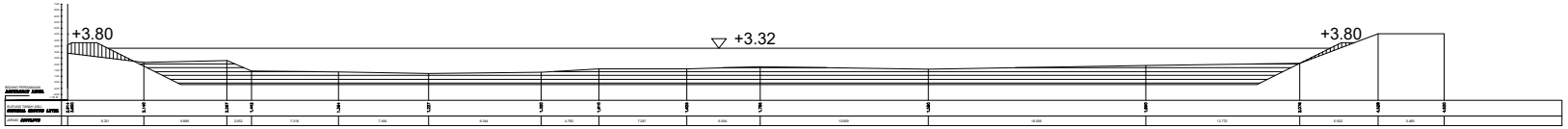
T1

STA - 53



U1

STA - 52



LEGENDA :

Timbunan

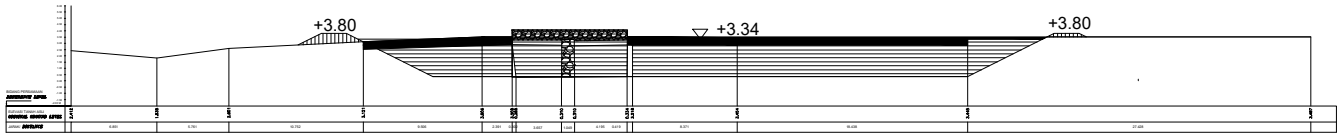
Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 52 s.d. STA - 55	11 DARI 21 SKALA 1 : 600

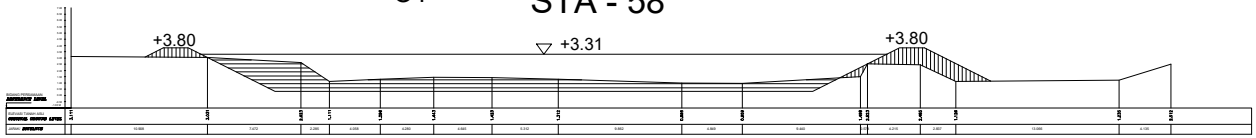
P2

STA - 59



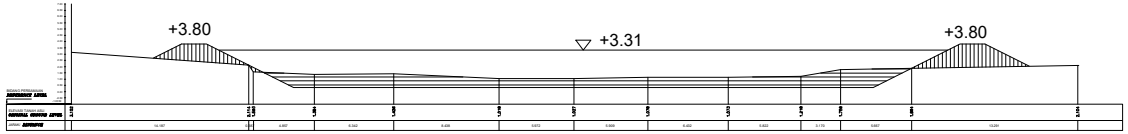
O1

STA - 58



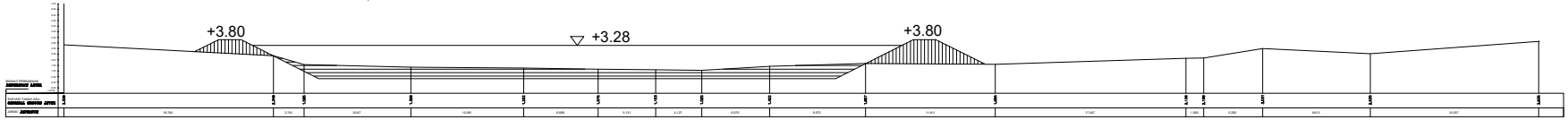
P1

STA - 57



Q1

STA - 56



LEGENDA :

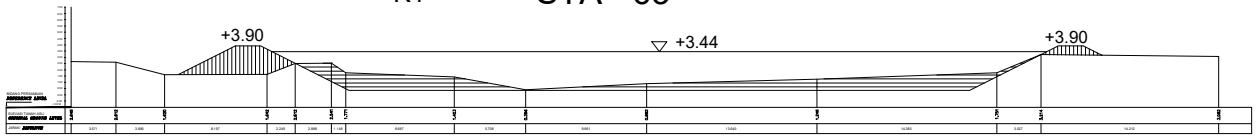
Timbunan

Galian

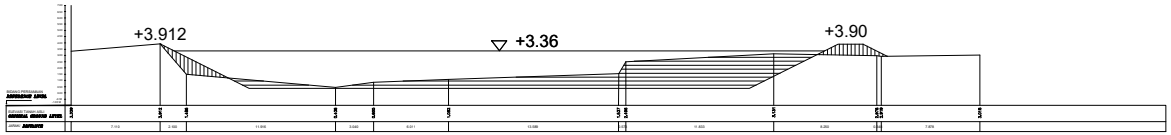
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 56 s.d. STA - 59	12 DARI 21 SKALA 1 : 600

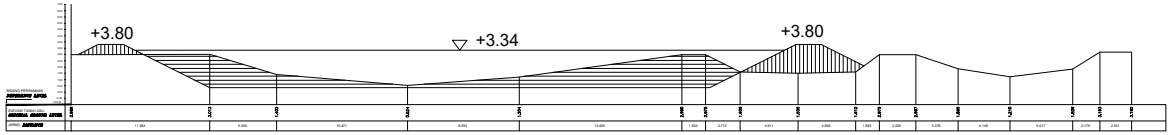
K1 STA - 63



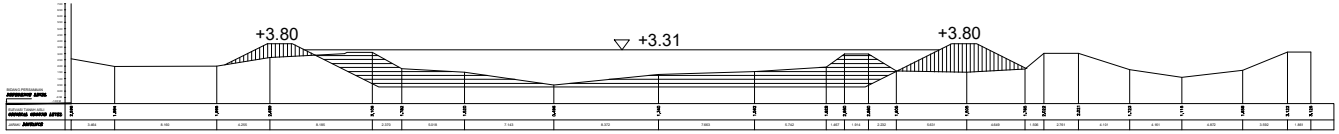
L1 STA - 62



M1 STA - 61



N1 STA - 60



LEGENDA :

Timbunan

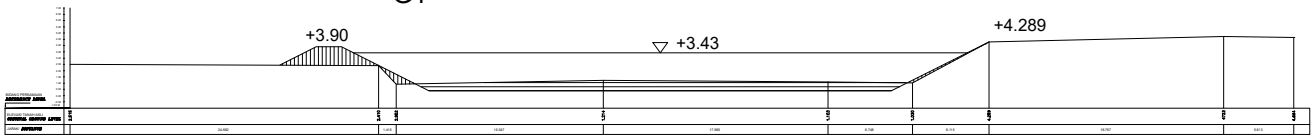
Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 60 s.d. STA - 63	13 DARI 21 SKALA 1 : 600

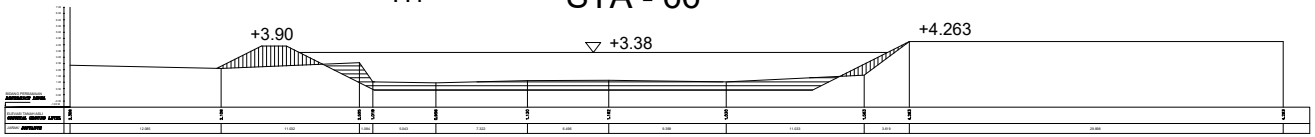
G1

STA - 67



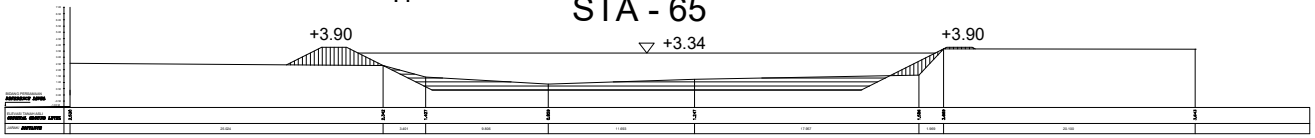
H1

STA - 66



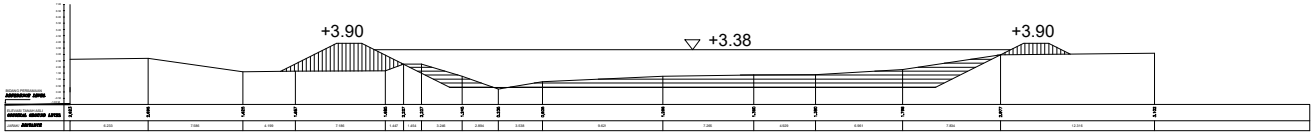
I1

STA - 65



J1

STA - 64



LEGENDA :

Timbunan

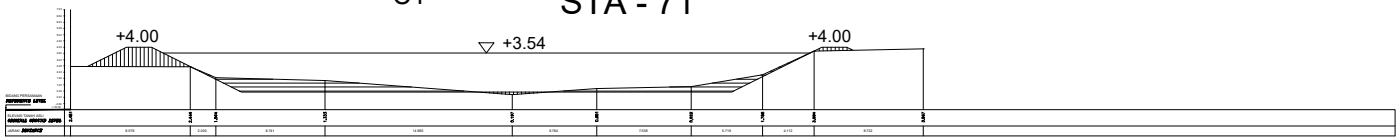
Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 64 s.d. STA - 67	14 DARI 21 SKALA 1 : 600

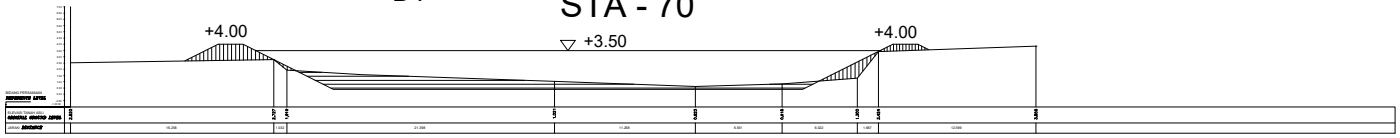
C1

STA - 71



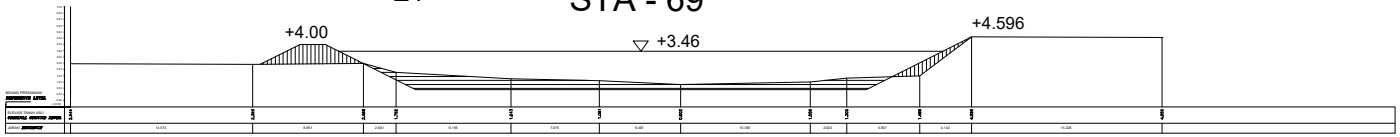
D1

STA - 70



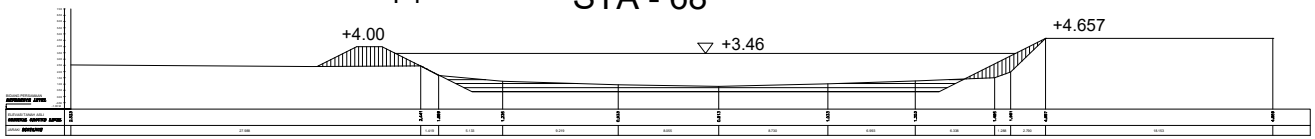
E1

STA - 69



F1

STA - 68



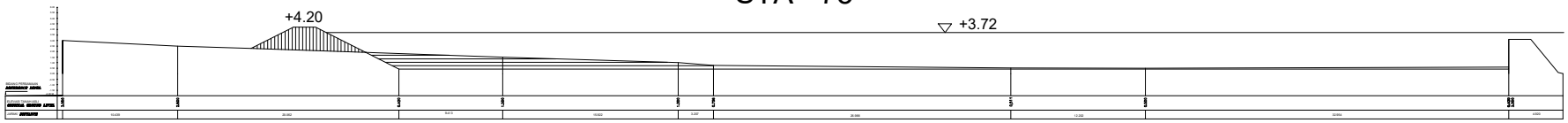
LEGENDA :

Timbunan

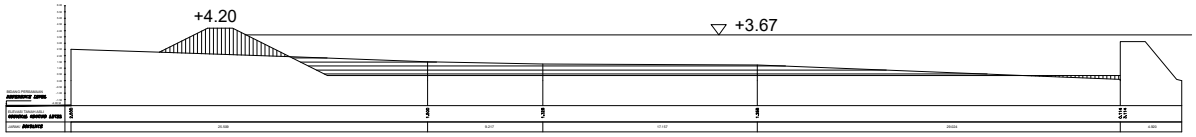
Galian

	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 68 s.d. STA - 71	15 DARI 21 SKALA 1 : 600

STA - 75

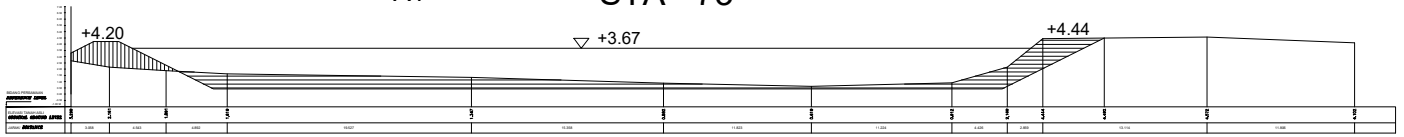


STA - 74



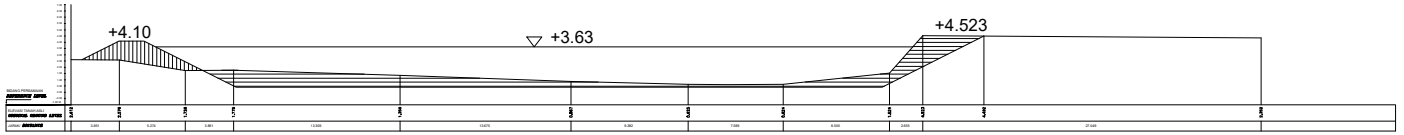
A1

STA - 73



B1

STA - 72



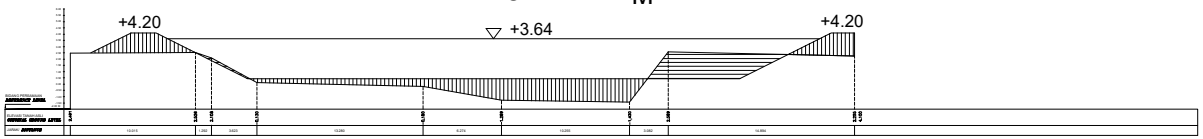
LEGENDA :

Timbunan

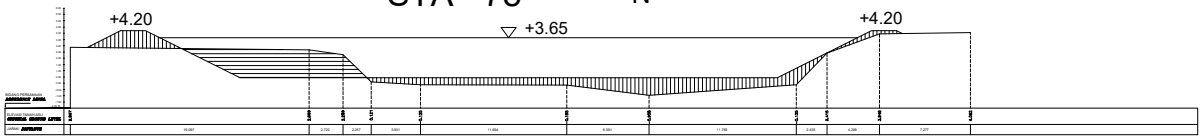
Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
	PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 72 s.d. STA - 75	16 DARI 21 SKALA 1 : 600

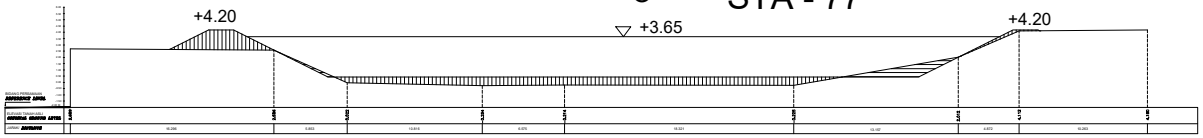
STA - 79 M



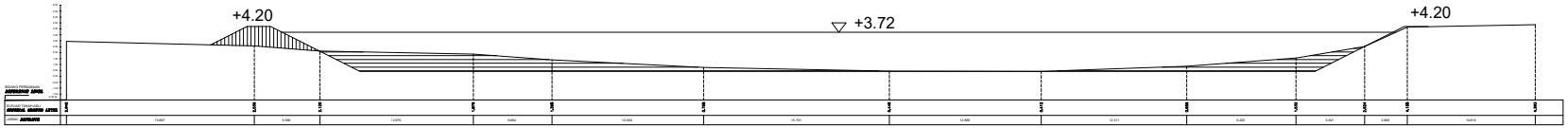
STA - 78 N



O STA - 77



P STA - 76



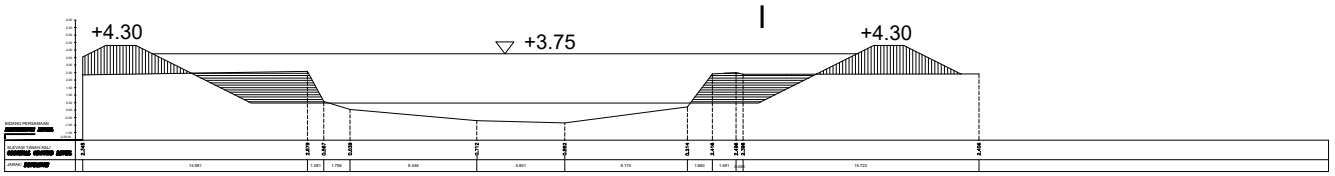
LEGENDA :

Timbunan

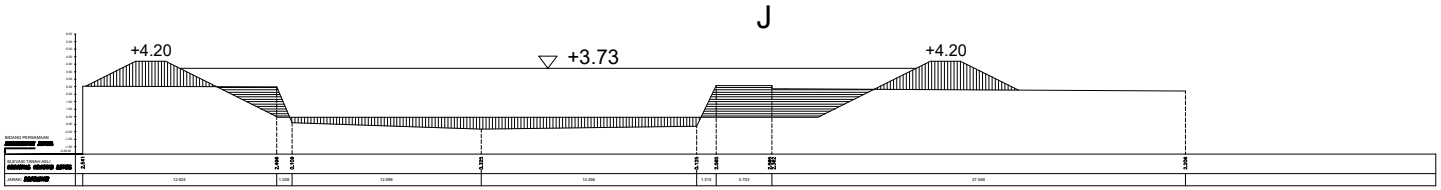
Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
	PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 76 s.d. STA - 79	17 DARI 21
					SKALA 1 : 600

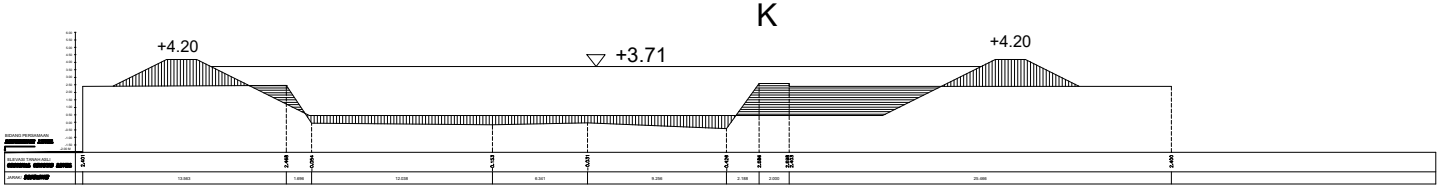
STA - 83



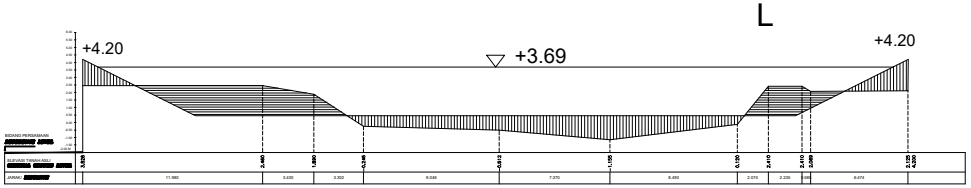
STA - 82



STA - 81



STA - 80



LEGENDA :

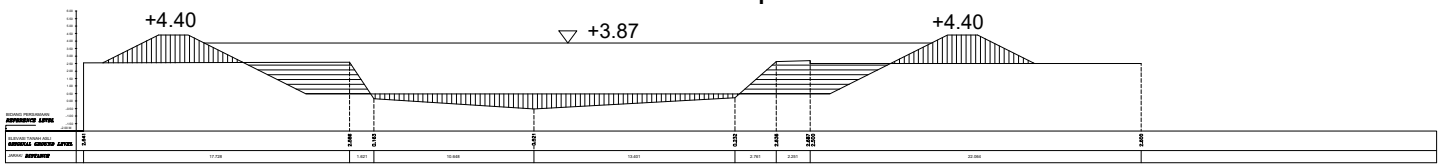
Timbunan

Galian

	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 80 s.d. STA - 83	18 DARI 21 SKALA 1 : 500

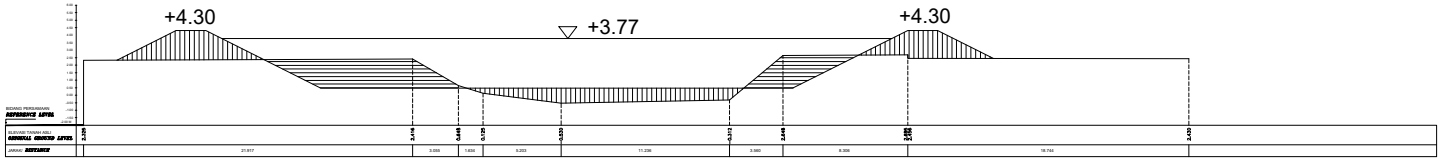
F

STA - 86



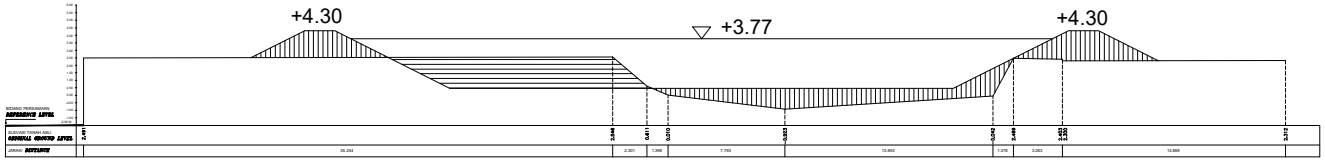
G

STA - 85



H

STA - 84



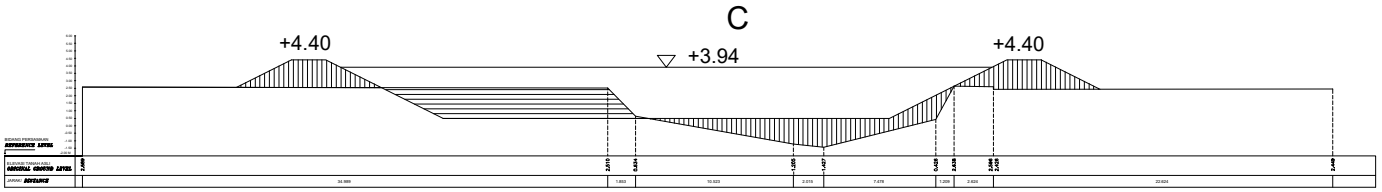
LEGENDA :

Timbunan

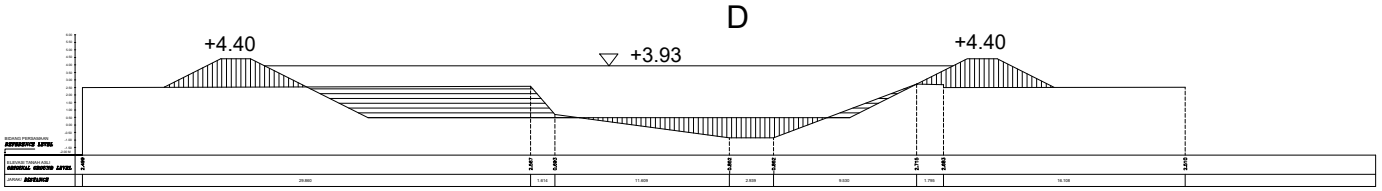
Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
	PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 84 s.d. STA - 86	19 DARI 21 SKALA 1 : 500

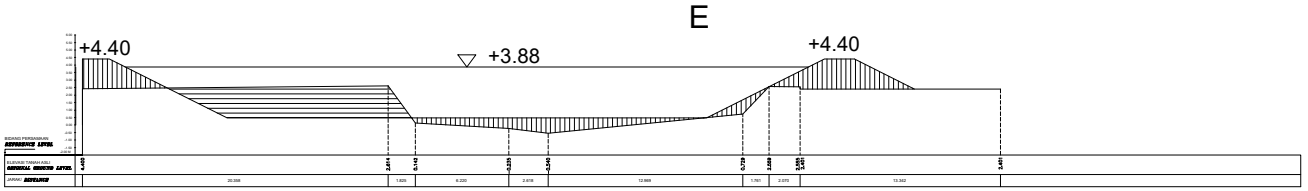
STA - 89



STA - 88



STA - 87



LEGENDA :

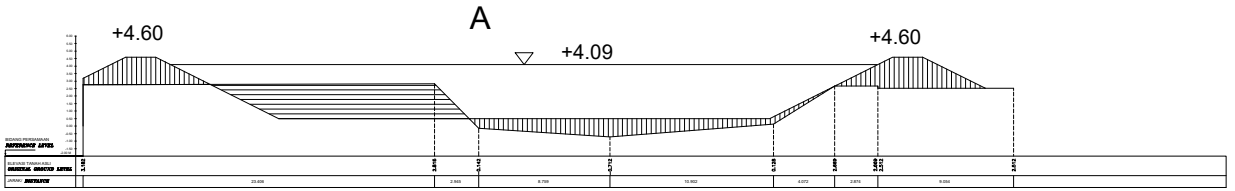
Timbunan

Galian

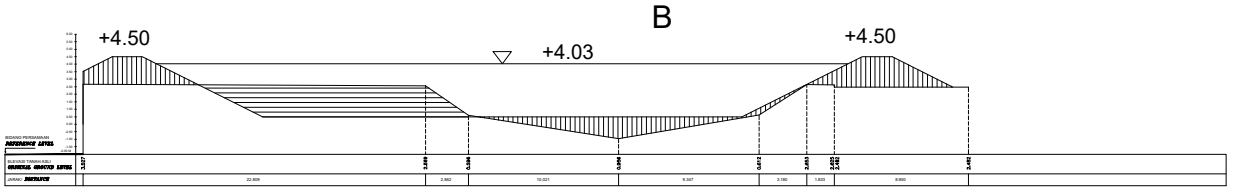
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 87 s.d. STA - 89	20 DARI 21 SKALA 1 : 500

STA - 91



STA - 90



LEGENDA :

Timbunan

Galian

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	WILLY LUCYTA NUGRAHA 03111540000047	POTONGAN MELINTANG STA - 90 s.d. STA - 91	21 DARI 21 SKALA 1 : 500

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Willy Lucyta Nugraha. Lahir di Bojonegoro pada 13 April 1997. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Markum dan Suminah. Pendidikan yang ditempuh penulis bermula dari SDN Sranak II (2003-2009), Pondok Pesantren Modern Ar-Rahmat Bojonegoro (2009-2012), SMAN 1 Bojonegoro (2012-2015), dan S1 Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya (2015-2019) melalui jalur masuk SNMPTN Undangan. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berorganisasi di dalam kampus maupun di luar kampus. Pada tahun kedua perkuliahan penulis mengikuti organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Pencinta Lingkungan Hidup SIKLUS Institut Teknologi Sepuluh Nopember (PLH SIKLUS ITS), sedangkan di luar kampus penulis mengikuti organisasi lokal Surabaya bernama Gerakan Mahasiswa Surabaya (GMS). Dalam kegiatan berorganisasi, penulis pernah diamanahi sebagai Staff dalam Divisi Pendidikan dan Pelatihan PLH SIKLUS ITS (2017/2018, 2018/2019), Staff Badan Pembina dan Pengembangan Anggota Gerakan Mahasiswa Surabaya (2017/2018), dan Wakil Ketua Umum Gerakan Mahasiswa Surabaya (2018/2019). Dalam bidang studinya pada tahap Sarjana, penulis mengambil bidang studi Hidroteknik. Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT Hutama Karya dalam Proyek Pembangunan Bendungan Gongseng Bojonegoro. Untuk menghubungi penulis dapat melalui email willylucytanugraha@gmail.com atau nomor handphone +62 812 6511 6219.

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc dan Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.
NAMA MAHASISWA	: WILLY LUCYTA NUGRAHA
NRP	: 03111540000047
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI RAWAAN BAGIAN HILIR KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG
TANGGAL PROPOSAL	: 3 JANUARI 2019
NO. SP-MMTA	: 15182 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	12/03/19	Polygon Thiessen	Debit banjir rencana	
2.	20/03/19	Debit banjir rencana	Normalisasi (HEC-RAS)	
3.	8/04/19	Analisa Hidrologi Debit banjir rencana	Normalisasi (plotting HECRAS)	
4.	22/04/19	Plot eksisting HEC-RAS	Running HEC-RAS	
5.	24/04/19	Plot eksisting sungai di HEC-RAS	Running HEC-RAS	
6.	16/05/19	Normalisasi (penyempitan)	Pelebaran penampang	
7.	20/05/19	Normalisasi (pelebaran)	Peninggian tebing sungai dengan tanggul	
8.	23/05/19	Perbaikan tanggul	Penyesuaian tinggi tanggul	
9	24/05/19	Penyesuaian tanggul	Finishing	
10.	27/05/19	Laporan TA		