

**STUDI PENENTUAN SEBARAN DAERAH TERDAMPAK BANJIR
DI DAS KALI KAMUNING KABUPATEN SAMPANG
MENGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS v5.0**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENDAYAGUNAAN DAN
PEMANFAATAN SUMBER DAYA AIR**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



SITI TALITHA RACHMA

NIM. 125060407111023

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, berkah dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan studi yang berjudul **“Studi Penentuan Sebaran Daerah Terdampak Banjir di DAS Kali Kamuning Kabupaten Sampang Menggunakan Aplikasi HEC-RAS v5.0”** ini dengan baik.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini tentu banyak pihak yang telah membantu, untuk itu penyusun tidak lupa menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua yang telah mendukung, memberikan perhatian, doa restu, dorongan semangat serta motivasi dalam penyusunan laporan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS. dan Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Lily Montarjih Limantara dan Bapak Ir. Suwanto Marsudi, MS. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan arahan, masukan serta motivasi kepada penyusun.
4. Bapak Ir. Dwi Priyantoro, MS. dan Bapak Sebrian Mirdeklis B. P., ST., MT., M.Eng. selaku dosen penguji.
5. Teman-teman Teknik Pengairan angkatan 2012 atas segala dukungan, semangat, motivasi, kebersamaan dan bantuannya.
6. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan usulan skripsi ini.

Akhir kata penyusun sadar bahwa dalam laporan usulan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan usulan skripsi ini berguna bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Pebruari 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
RINGKASAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Tujuan	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Analisa Hidrologi.....	5
2.1.1. Uji Konsistensi Data.....	5
2.1.2. Curah Hujan Rerata Daerah	7
2.1.3. Analisa Frekuensi	8
2.1.4. Uji Kesesuaian Distribusi.....	10
a. Uji Chi-Kuadrat	10
b. Uji Smirnov-Kolmogorof	11
2.1.5. Koefisien Pengaliran.....	12
2.1.6. Distribusi Curah Hujan Jam-jaman	13
2.1.7. Debit Banjir Rancangan.....	14
2.2. Analisa Hidrolika	16
2.2.1. Analisa Profil Muka Air	16
2.2.1.1. Persamaan Energi.....	16
2.2.1.2. Persamaan Momentum	21
2.2.1.3. Koefisien Kekasaran Manning	22

2.3. Aplikasi HEC-RAS v.5.0.....	24
2.3.1. Tahapan dalam Penggunaan Aplikasi HEC-RAS v5.0.....	24
2.4. Analisa Kerusakan dan Kerugian	34
2.4.1. Metode ECLAC (<i>Economic Commission for Latin America and the Caribbean</i>)	34
BAB III METODOLOGI	
3.1. Deskripsi Daerah Studi	37
3.2. Kondisi Daerah Studi	38
3.2.1. Kondisi Klimatologi	38
3.2.2. Kondisi Topografi	38
3.2.3. Kondisi Lokasi Studi	38
3.3. Data-data yang Diperlukan	39
3.4. Tahapan Analisa	40
3.5. Diagram Alir Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisa Perhitungan Hidrologi	45
4.1.1. Uji Konsistensi Data.....	45
4.1.2. Curah Hujan Rerata Daerah	49
4.1.3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan	51
4.1.4. Uji Kesesuaian Distribusi.....	54
4.1.4.1. Uji Chi-Kuadrat.....	54
4.1.4.2. Uji Smirnov-Kolmogorov	56
4.1.5. Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman	58
4.1.6. Perhitungan Koefisien Pengaliran	60
4.1.7. Perhitungan Curah Hujan Efektif.....	61
4.1.8. Perhitungan Debit Banjir Rancangan.....	62
4.2. Analisa Hidrolika.....	82
4.2.1. Data Geometri	82
4.2.1.1. Skema Sistem Sungai.....	82
4.2.1.2. Geometri Potongan Melintang	82
4.2.2. Data Aliran Tetap (<i>Steady Flow</i>)	82
4.3. Analisa Kerusakan dan Kerugian	120
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	125

5.2. Saran 128

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Pedoman Pemilihan Metode Frekuensi	9
Tabel 2.2	Koefisien Pengaliran (C) untuk DAS Pertanian bagi Tanah Kelompok Hidrologi B	12
Tabel 2.3	Koefisien Pengaliran (C) untuk Daerah Urban	13
Tabel 2.4	Sektor yang terdampak banjir	36
Tabel 2.5	Depresiasi aset pada tiap kerusakan	37
Tabel 3.1	Data-data yang diperlukan	40
Tabel 3.2	Tahapan Analisa	40
Tabel 4.1	Uji konsistensi data stasiun Sampang	45
Tabel 4.2	Uji konsistensi data stasiun Omben	46
Tabel 4.3	Uji konsistensi data stasiun Kedungdung	47
Tabel 4.4	Uji konsistensi data stasiun Robatal	48
Tabel 4.5	Hasil perhitungan Poligon Thiessen	50
Tabel 4.6	Perhitungan curah hujan rerata daerah	51
Tabel 4.7	Data perhitungan Log Pearson III	52
Tabel 4.8	Hasil perhitungan hujan rancangan dengan metode Log Pearson III	54
Tabel 4.9	Data tinggi hujan	54
Tabel 4.10	Uji Simpangan Vertikal-1	55
Tabel 4.11	Hasil perhitungan Chi-Kuadrat	56
Tabel 4.12	Perhitungan Δ_{maks}	57
Tabel 4.13	Perbandingan Nilai Δ_{maks} dengan Δ_{cr}	58
Tabel 4.14	Perhitungan Rasio Hujan Jam-jaman	60
Tabel 4.15	Perhitungan Koefisien Pengaliran	60
Tabel 4.16	Curah hujan tiap jam	61
Tabel 4.17	Tabulasi Perhitungan Ordinat Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu	65
Tabel 4.18	Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 2 Tahun	67
Tabel 4.19	Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 5 Tahun	69
Tabel 4.20	Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 10 Tahun	71
Tabel 4.21	Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 25 Tahun	73

Tabel 4.22	Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 50 Tahun.....	75
Tabel 4.23	Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 100 Tahun.....	77
Tabel 4.24	Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu	79
Tabel 4.25	Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan	81
Tabel 4.26	Perhitungan tampungan sungai patok 168 dengan kondisi eksisting.....	103
Tabel 4.27	Perbandingan hasil <i>rating curve</i> dengan HEC-RAS	104
Tabel 4.28	Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 2 Tahun	105
Tabel 4.29	Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 5 Tahun	107
Tabel 4.30	Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 10 Tahun	109
Tabel 4.31	Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 25 Tahun	111
Tabel 4.32	Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 50 Tahun	113
Tabel 4.33	Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 100 Tahun	115
Tabel 4.34	Perhitungan perkiraan kerusakan dan kerugian Q 25 tahun.....	121

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Grafik kurva massa ganda	6
Gambar 2.2	Metode poligon thiessen	8
Gambar 2.3	Profil aliran metode tahapan standar	17
Gambar 2.4	Perhitungan debit sungai dengan <i>Subdivision Method</i>	18
Gambar 2.5	Alternatif perhitungan debit dengan <i>Subdivision Method</i>	18
Gambar 2.6	Definisi Kemiringan Tanggul untuk Menghitung Nilai n_c	19
Gambar 2.7	Pembagian penampang untuk menghitung energy rata-rata	20
Gambar 2.8	Aplikasi dari prinsip momentum	22
Gambar 2.9	Menu utama HEC-RAS	25
Gambar 2.10	Jendela pembuatan lembar kerja pada HEC-RAS	27
Gambar 2.11	Jendela <i>Geometric Data</i> pada HEC-RAS	28
Gambar 2.12	Tampilan jendela pengisian data penampang melintang sungai	29
Gambar 2.13	Jendela pengisian data aliran <i>Steady</i>	30
Gambar 2.14	Tampilan proses analisa aliran <i>Steady</i>	31
Gambar 2.15	Tampilan hasil simulasi penampang melintang sungai	31
Gambar 2.16	Tampilan hasil simulasi penampang memanjang sungai	32
Gambar 2.17	Tampilan hasil simulasi gambar 3D penampang memanjang sungai	32
Gambar 2.18	Tabel hasil pada tiap penampang melintang sungai.	33
Gambar 2.19	Tabel hasil pada seluruh penampang melintang sungai	33
Gambar 2.20	Ilustrasi bangunan rusak ringan	35
Gambar 2.21	Ilustrasi bangunan rusak sedang	35
Gambar 2.22	Ilustrasi bangunan rusak berat	36
Gambar 3.1	Peta lokasi Wilayah Kali Kamuning	37
Gambar 3.2	Foto udara Kali kamuning hilir melalui kota Sampang	38
Gambar 3.3	Kondisi muara Kali Kamuning	39
Gambar 3.4	Diagram alir pengerjaan skripsi	42
Gambar 3.5	Diagram alir perhitungan hidrologi	43
Gambar 3.6	Diagram alir perhitungan kerusakan dan kerugian	44
Gambar 4.1	Grafik kurva massa ganda stasiun Sampang	46

Gambar 4.2	Grafik kurva massa ganda stasiun Omben	47
Gambar 4.3	Grafik kurva massa ganda stasiun Kedungdung	48
Gambar 4.4	Grafik kurva massa ganda stasiun Robatal.....	49
Gambar 4.5	Peta Poligon Thiessen DAS Kali Kamuning	50
Gambar 4.6	Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu	81
Gambar 4.7	<i>Cross Section</i> 197 (hulu)	83
Gambar 4.8	<i>Cross Section</i> 196	83
Gambar 4.9	<i>Cross Section</i> 195	84
Gambar 4.10	<i>Cross Section</i> 194	84
Gambar 4.11	<i>Cross Section</i> 193	85
Gambar 4.12	<i>Cross Section</i> 192	85
Gambar 4.13	<i>Cross Section</i> 191	86
Gambar 4.14	<i>Cross Section</i> 190	86
Gambar 4.15	<i>Cross Section</i> 189	87
Gambar 4.16	<i>Cross Section</i> 188	87
Gambar 4.17	<i>Cross Section</i> 187	88
Gambar 4.18	<i>Cross Section</i> 186	88
Gambar 4.19	<i>Cross Section</i> 185	89
Gambar 4.20	<i>Cross Section</i> 184	89
Gambar 4.21	<i>Cross Section</i> 183	90
Gambar 4.22	<i>Cross Section</i> 182	90
Gambar 4.23	<i>Cross Section</i> 181	91
Gambar 4.24	<i>Cross Section</i> 180	91
Gambar 4.25	<i>Cross Section</i> 179	92
Gambar 4.26	<i>Cross Section</i> 178	92
Gambar 4.27	<i>Cross Section</i> 177	93
Gambar 4.28	<i>Cross Section</i> 176	93
Gambar 4.29	<i>Cross Section</i> 175	94
Gambar 4.30	<i>Cross Section</i> 174	94
Gambar 4.31	<i>Cross Section</i> 173	95
Gambar 4.32	<i>Cross Section</i> 172	95
Gambar 4.33	<i>Cross Section</i> 171	96
Gambar 4.34	<i>Cross Section</i> 170	96
Gambar 4.35	<i>Cross Section</i> 169	97

Gambar 4.36 <i>Cross Section</i> 168	97
Gambar 4.37 <i>Cross Section</i> 167	98
Gambar 4.38 <i>Cross Section</i> 166	98
Gambar 4.39 <i>Cross Section</i> 165	99
Gambar 4.40 <i>Cross Section</i> 164	99
Gambar 4.41 <i>Cross Section</i> 163	100
Gambar 4.42 <i>Cross Section</i> 162	100
Gambar 4.43 <i>Cross Section</i> 161	101
Gambar 4.44 <i>Cross Section</i> 160	101
Gambar 4.45 <i>Cross Section</i> 159	102
Gambar 4.46 <i>Cross Section</i> 158	102
Gambar 4.47 Grafik hubungan Q dan H asli	103
Gambar 4.48 <i>Cross section</i> 168.....	104
Gambar 4.49 Peta genangan banjir Kabupaten Sampang.....	117
Gambar 4.50 Peta genangan banjir dengan <i>overlay</i> dari peta satelit.....	118
Gambar 4.51 Peta genangan dengan <i>overlay</i> peta tata guna lahan pada debit 25 tahun.	119
Gambar 4.52 Pembagian potongan melintang daerah genangan.....	120

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1a	Tabel Nilai Kritis Chi-Kuadrat	129
Lampiran 1b	Tabel Nilai Kritis Smirnov-Kolmogorof	130

RINGKASAN

Siti Talitha Rachma, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Studi Penentuan Sebaran Daerah Terdampak Banjir di DAS Kali Kamuning Kabupaten Sampang Menggunakan Aplikasi HEC-RAS v5.0*, Dosen Pembimbing: Lily Montarcih Limantara dan Suwanto Marsudi.

Sumber daya air, terutama sungai memiliki peran penting bagi kehidupan manusia namun juga memiliki beberapa bencana yang mengancam kehidupan manusia jika pemanfaatannya tidak baik. Salah satunya yang sering terjadi adalah banjir yang setiap tahun potensi ancaman semakin bertambah. BNPB mencatat 83 kejadian banjir terjadi pada tahun 2015 dan meningkat menjadi 116 kejadian per Oktober 2016. Sehingga dari masalah tersebut, maka perlu diketahui daerah mana saja yang memiliki potensi banjir sehingga dapat diketahui mana daerah yang aman dari dampak banjir.

Pada penelitian ini, lokasi studi berada pada Kali Kamuning bagian hilir yang terletak ada desa Tanggumong sampai desa Dalpenang kabupaten Sampang dengan panjang sungai kajian 4,98 km dan jumlah titik pengamatan yaitu 40 patok. Dalam penentuan sebaran daerah terdampak banjir, digunakan analisa debit banjir rancangan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun menggunakan metode HSS Nakayasu yang sebelumnya diuji dengan beberapa metode pengujian data. Data yang digunakan merupakan data curah hujan yang didapat dari 4 stasiun selama 10 tahun yaitu stasiun Sampang, Omben, Kedungdung dan Robatal. Analisa tinggi muka air banjir didapatkan dengan bantuan aplikasi HEC-RAS v5.0.

Dari hasil analisa debit banjir rancangan, didapat $Q_{2th} = 276,50 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{5th} = 319,70 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{10th} = 342,75 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{25th} = 367,49 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{50th} = 383,48 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $Q_{100th} = 397,76 \text{ m}^3/\text{det}$. Dengan keadaan penampang eksisting yang tidak dapat menampung debit banjir rancangan sehingga sebaran rata-rata tinggi genangan dari tanggul pada masing-masing debit setinggi 1,70 m, 1,96 m, 2,10 m, 2,24 m, 2,34 m dan 2,42 m. Dengan demikian, daerah sebaran banjir menggenangi mulai dari desa Tanggumong, Paseyan, Panggung, Gunung Sekar dan Dalpenang dengan luas tiap debit banjir rancangan $5,09 \text{ km}^2$, $5,36 \text{ km}^2$, $5,47 \text{ km}^2$, $5,57 \text{ km}^2$, $5,60 \text{ km}^2$ dan $5,63 \text{ km}^2$. Untuk analisa perkiraan nilai kerusakan dan kerugian dengan menggunakan Q_{25th} didapatkan total Rp78.589.235.000.

Kata kunci: Kali Kamuning, Sampang, banjir, HEC-RAS v5.0

SUMMARY

Siti Talitha Rachma, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, March 2018, Study on Determining of Affected Areas due to Flood Effect in DAS Kali Kamuning's Sampang District Using HEC-RAS v5.0, Academic Supervisor: Lily Montarcih Limantara and Suwanto Marsudi.

Water resources, especially rivers have an important role for human life but also have disadvantages that can threaten human life if the utilization of it wasn't good enough. One of the disadvantages that frequently occurred is flood, which is always likely to increase. BNPB recorded that there were 83 flood case in 2015 and increased to 116 flood case by October 2016. So from the problem, it's necessary to know which areas are potentially flooded and which areas are safe from flood impact.

In this study, the study location located in downstream of Kali Kamuning between Tanggumong to Dalpenang in Sampang district with the length of river for the study is 4,98 km and the number of observation points are 40 stakes. In the determination of areas that affected by flood, this study using the analysis of flood discharge plan of 2, 5, 10, 25, 50, and 100 years with HSS Nakayasu that already being tested with some calibration test. Data that being used is rainfall's data from 4 station for 10 years, the stations are Sampang station, Omben, Kedungdung dan Robatal. For analysis of flood water level, obtained with the help of HEC-RAS v5.0.

The flood discharge plan are $Q_{2th} = 276,50 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{5th} = 319,70 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{10th} = 342,75 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{25th} = 367,49 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{50th} = 383,48 \text{ m}^3/\text{sec}$ and $Q_{100th} = 397,76 \text{ m}^3/\text{sec}$. With the existing cross section that flooded the average height of the flood itself from embankment are 1,70 m, 1,96 m, 2,10 m, 2,24 m, 2,34 m and 2,42 m. With this, affected areas because of flood inundate from Tanggumong, Paseyan, Panggung, Gunung Sekar dan Dalpenang with area that affected are 5,09 km², 5,36 km², 5,47 km², 5,57 km², 5,60 km² and 5,63 km² for each time period. For the estimated value of damage and loss using Q_{25th} is Rp78.589.235.000 for total.

Keywords: Kali Kamuning, Sampang, flood, HEC-RAS v5.0

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya air memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Jika pemanfaatannya tidak baik, maka akan terjadi beberapa bencana yang akan membahayakan nyawa manusia yang tinggal disekitar sumber daya air tersebut. Salah satu contoh sumber daya air yang keberadaannya dekat dengan aktivitas manusia adalah sungai.

Sungai merupakan aliran air (alami maupun buatan) yang mengalir memanjang dari hulu sampai hilir. Permasalahan yang sering dihadapi sungai di Indonesia pada umumnya adalah laju sedimentasi yang tinggi yang menyebabkan pendangkalan dan akhirnya mengakibatkan berkurangnya kapasitas penampang. Laju erosi yang semakin tinggi ini disebabkan oleh pengelolaan lahan secara intensif yang mengabaikan aspek konservasi dalam upaya pemenuhan lahan untuk perumahan. Misalnya di kota Sampang, banjir yang terjadi karena Kali Kemuning tidak mampu lagi menampung debit banjir yang lewat dan akhirnya meluap. Kali Kemuning merupakan sungai yang dikategorikan produktif sebagai penghasil bahan sedimen dan juga memiliki *run-off* yang cukup tinggi. Kali Kemuning juga difungsikan sebagai pelabuhan maupun alur pelayaran bagi nelayan dan kapal berukuran kecil.

Setiap tahun di kabupaten Sampang selalu mengalami banjir terutama pada daerah perkotaan akibat luapan dari Kali Kemuning. Genangan pada daerah ini akan bertambah luas bila banjir datang bersamaan dengan pasang laut. Tidak hanya menggenangi perumahan penduduk, tapi juga menggenangi ratusan hektar sawah di beberapa daerah. Kapasitas penampang sungai yang tidak mampu menampung debit banjir inilah yang menjadi masalah utama.

Pada tahun 2011, banjir yang melewati Kali Kemuning meluap diatas tanggul kanan dan kiri sungai sepanjang 7 km ruas sungai dari muara ke hulu. Selain itu, luapan banjir yang sering terjadi di sebagian besar kota Sampang menyebabkan genangan selama \pm 6 jam. Seperti sungai dataran rendah lain yang berada di Indonesia lainnya, Kali Kemuning juga mengalami pendangkalan dasar sungai yang dikarenakan erosi pada tebing sungai yang terjadi pada Kali Kemuning bagian hilir dan tengah. Pada hilir Kali Kemuning juga sudah dijumpai lingkungan penduduk yang padat sehingga ketika banjir datang kerugian yang di-

derita oleh warga sekitar bantaran sungai akan besar.

1.2 Identifikasi Masalah

Badan Nasional Penanggulangan Bencana menyatakan bahwa potensi banjir di Indonesia terus meningkat dalam 20 tahun terakhir. Data menyatakan bahwa terdapat 315 kabupaten ataupun kota yang termasuk daerah bahaya sedang-tinggi dari banjir. Menurut data dari BNPB kejadian banjir yang terjadi di Indonesia khususnya pada provinsi Jawa Timur sepanjang tahun 2015 adalah 83 kejadian dan meningkat menjadi 116 kejadian per Oktober 2016.

Kabupaten Sampang merupakan salah satu wilayah di provinsi Jawa Timur yang sering mengalami banjir. Data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah kabupaten Sampang menyatakan bahwa terdapat total 7 kejadian banjir sepanjang tahun 2016. Penyebab banjir yang terjadi di Sampang dikarenakan meluapnya Kali Kemuning dan akhirnya merendam rumah-rumah warga yang berada di sekitar kali. Meluapnya Kali Kemuning disebabkan oleh beberapa faktor yang salah satunya adalah ketidakmampuan penampang eksisting yang menyebabkan kapasitas penampang berkurang dan menyebabkan banjir.

Potensi banjir dan kerugian setiap tahun semakin meningkat di beberapa daerah di Indonesia khususnya pada kabupaten Sampang. Studi yang pernah dilakukan pada kawasan Kali Kemuning merupakan studi mengenai penanganan banjir, namun studi mengenai pemetaan daerah terdampak banjir masih belum dilakukan sehingga pada studi kali ini penulis akan membahas tentang sebaran daerah terdampak banjir akibat luapan Kali Kemuning.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibuat pada kajian ini sebagai berikut :

1. Berapa besar debit banjir rancangan yang terjadi di Kali Kemuning dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun?
2. Bagaimana kemampuan penampang Kali Kemuning pada kondisi eksisting berdasarkan debit dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun?
3. Bagaimanakah sebaran daerah terdampak banjir akibat luapan Kali Kemuning kabupaten Sampang?
4. Berapa besar kerugian yang diakibatkan oleh debit banjir rancangan dengan kala ulang 25 tahun?

1.4 Batasan Masalah

Sesuai dengan latar belakang dan identifikasi masalah, maka dibuatlah batasan masalah pada kajian ini agar dapat menghasilkan kajian yang jelas dan terarah. Batasan masalah pada studi ini dijelaskan sebagai berikut :

1. Lokasi daerah studi terletak di Kali Kemuning, kabupaten Sampang, Jawa Timur.
2. Daerah kajian adalah ruas Kali Kemuning mulai dari P 197 sampai P 158 dengan panjang ruas kajian 4,98 km.
3. Jumlah cross section pada daerah kajian adalah 40 dengan variasi jarak antara 22 m sampai 163 m tiap penampang melintang sungai.
4. Data curah hujan yang digunakan didapatkan dari empat stasiun di DAS Kali Kemuning selama 10 tahun dari tahun 2006 sampai 2015.
5. Penentuan debit banjir rancangan yang didasarkan pada analisa hidrologi dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun digunakan untuk mengetahui pada kala ulang berapa penampang sungai tak lagi dapat mengalirkan debit banjir.
6. Perhitungan kerugian hanya akan berfokus pada 25 tahun.
7. Dalam perhitungan perkiraan kerusakan dan kerugian hanya sebatas pada kerugian fisik akibat genangan air yang akan dihitung dengan metode ECLAC (*Economic Commission for Latin America and Caribbean*).
8. Analisa hidrolika aliran dan analisa peta daerah terdampak banjir menggunakan program HEC-RAS 5.0 dengan menggunakan aliran tetap (steady flow).

1.5 Tujuan

Tujuan dari studi ini adalah :

1. Mengetahui besar debit banjir rancangan Kali Kemuning dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
2. Mengetahui kapasitas Kali Kemuning pada kondisi eksisting dalam menampung debit banjir rancangan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
3. Mengetahui sebaran daerah terdampak banjir akibat luapan Kali Kemuning di kabupaten Sampang.
4. Mengetahui besar kerugian yang diakibatkan oleh debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun.

1.6 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari studi ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai banjir yang terjadi di sekitar Kali Kemuning.
2. Dapat dijadikan bahan pengambilan keputusan terhadap kemungkinan bencana banjir yang akan datang, sehingga dapat mengurangi jumlah kerugian secara ekonomi maupun sosial yang akan ditimbulkan.
3. Hasil studi ini dapat digunakan sebagai tambahan data dasar dalam perencanaan pengembangan wilayah sungai.
4. Menambah pengetahuan terhadap aplikasi HEC-RAS 5.0.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Hidrologi

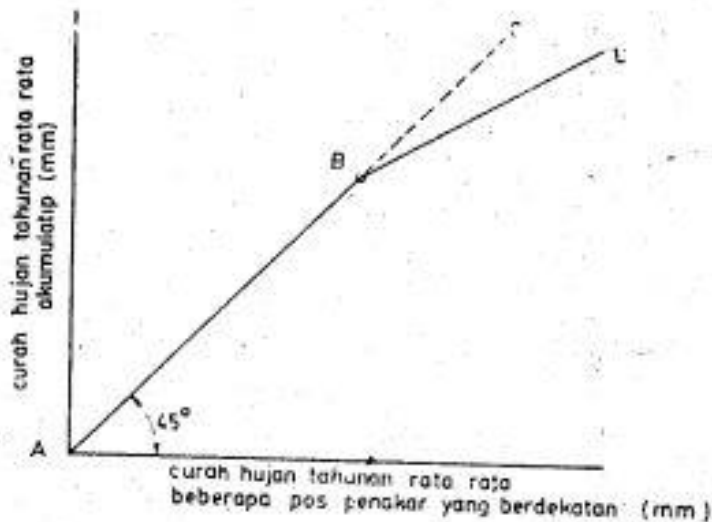
Analisa hidrologi merupakan analisis yang bertujuan untuk menghitung besar potensi air pada suatu area agar dapat dimanfaatkan dan dikembangkan sesuai dengan kepentingan masyarakat sekitar. Analisa hidrologi juga merupakan awal dari penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan dalam pengendalian banjir.

2.1.1 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data digunakan untuk mengetahui konsistensi suatu seri data yang diperoleh. Uji konsistensi data dapat dilakukan pada suatu DAS yang memiliki banyak stasiun hujan dan memiliki beberapa data yang tidak konsisten. Penyebab data tersebut tidak konsisten antara lain:

- Alat ukur dipindahkan dari tempat semula, namun secara administrasi nama stasiun tidak dirubah.
- Alat ukur mengalami kerusakan
- Alat ukur tidak mengalami pemindahan ataupun kerusakan, namun terjadi perubahan lingkungan.
- Ketidaksesuaian prosedur pengukuran seringkali membuat perubahan related terhadap nilai data hujan yang tercatat.

Pendekatan yang dapat dilakukan untuk menghitung konsistensi data hujan adalah dengan menggunakan analisa Kurva Massa Ganda (*Double Mass Curve Analysis*), yaitu menguji konsistensi hasil pengukuran pada suatu stasiun dan membandingkannya dengan akumulasi hujan tahunan dengan nilai akumulasi hujan rata-rata yang bersamaan untuk suatu kumpulan stasiun disekitarnya.



Gambar 2.1 Grafik kurva massa ganda
Sumber: Soemarto, 1987.p.87

Prosedur yang digunakan oleh *U.S. Environmental Data Service* untuk melakukan uji konsistensi data dengan menggunakan analisa kurva massa ganda adalah sebagai berikut:

1. Menghitung hujan tahunan untuk masing-masing stasiun.
2. Menghitung rata-rata hujan tahunan untuk stasiun pembanding.
3. Menghitung kumulatif hujan tahunan untuk stasiun yang akan diuji.
4. Menghitung kumulatif hujan tahunan untuk stasiun pembanding.
5. Melakukan penggambaran dalam bentuk diagram pencar (*scatter diagram*) antara stasiun yang akan diuji pada sumbu *y* dan stasiun pembanding pada sumbu *x*. Melakukan analisa terhadap konsistensi data hujan dengan cara membuat garis lurus pada diagram pencar dan melakukan analisa apakah ada perubahan *slope* atau tidak pada garis lurus yang dibuat pada diagram tersebut. Jika terjadi perubahan *slope*, maka titik setelah mengalami perubahan perlu ada koreksi pada pencatatan data hujan dengan cara mengalikan dengan koefisien (*K*) yang dihitung berdasarkan perbandingan *slope* setelah mengalami perubahan (S_2) dan *slope* sebelum mengalami perubahan (S_1) atau $K = S_2/S_1$.

Uji konsistensi data dapat dilakukan pada suatu DAS yang memiliki minimal 3 stasiun hujan. Jika pada DAS tersebut hanya memiliki 2 ataupun 1 stasiun hujan maka uji konsistensi tidak bisa dilakukan karena dianggap bahwa data yang ada adalah konsisten.

2.1.2 Curah Hujan Rerata Daerah

Dalam perhitungan curah hujan rerata daerah harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan hujan. Untuk menghitung curah hujan daerah dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain:

- Metode Rata-rata Aljabar
- Metode Poligon Thiessen
- Metode Isohiet
- Metode Garis Potongan Antara (*Intersection Line Method*)

Pada penelitian kali ini akan digunakan metode Thiessen karena pada lokasi titik pengamatan tidak merata, maka perlu memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Persamaan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana:

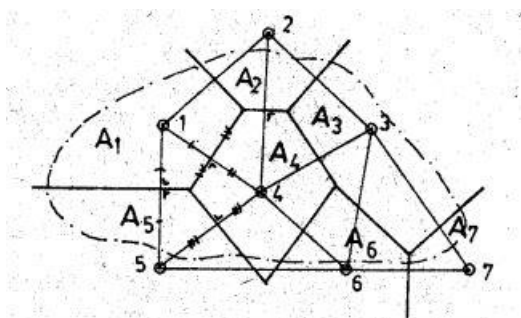
\bar{R} : curah hujan rerata daerah

R_1, R_2, \dots, R_n : hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n : luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n

Penentuan bagian-bagian daerah A_1, A_2, \dots, A_n sebagai berikut:

1. Cantumkan titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah pada peta DAS, kemudian hubungkan tiap titik yang berdekatan dengan satu garis lurus maka akan tergambar sebuah segitiga yang menutupi daerah tersebut.
2. Daerah yang bersangkutan dibagi dalam poligon-poligon yang didapat dengan menggambar garis tegak lurus pada setiap sisi segitiga. Curah hujan pada setiap poligon dianggap diwakili oleh curah hujan dari titik pengamatan tiap poligon.
3. Luas tiap poligon diukur dengan planimeter atau dengan cara lain.



Gambar 2.2 Metode Poligon Thiessen
Sumber: Soemarto, 1987:71

Metode ini banyak digunakan dalam menentukan hujan rerata daerah dan memiliki hasil yang lebih teliti daripada metode rerata aritmatik. Penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi hasil ketelitian.

2.1.3 Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi merupakan analisa yang digunakan untuk memperkirakan besarnya peluang curah hujan yang mungkin akan terjadi pada suatu wilayah tertentu dengan syarat menyamai atau melampaui nilai curah hujan tersebut dalam suatu kala ulang tertentu. Menurut (Limantara, 2010.p.53), kala ulang diartikan sebagai waktu hipotetik dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Sehingga tidak ada jaminan bahwa curah hujan atau debit tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut.

Dalam analisa frekuensi mengenal beberapa metode. Dari banyak metode yang dikenal dalam hidrologi diantaranya adalah distribusi Normal, Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson Type III. Masing-masing distribusi tersebut memiliki sifat khas tersendiri sehingga setiap data hidrologi perlu diuji kesesuaiannya terhadap sifat statistik distribusi tersebut agar tidak terjadi estimasi yang terlalu tinggi (*overestimated*) atau terlalu rendah (*underestimated*). Sifat statistik yang dimaksud adalah parameter-parameter seperti koefisien C_s , C_v , dan C_k yang perlu dihitung untuk menentukan macam analisa frekuensi yang nantinya akan digunakan.

Tabel 2.1
Pedoman Pemilihan Metode Frekuensi

Jenis Metode	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k = 3$
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$
Log Pearson Type III	$C_s \neq 0$
Log Normal	$C_s \approx 3$
	$C_v + C_v^2 = 3$
	$C_k = 5,383$

Sumber: Harto, 1993

Pada penelitian kali ini akan digunakan metode distribusi Log Pearson Type III. Parameter statistik Cs dan Ck pada distribusi Log Pearson Type III yang tidak ditentukan membuat pengerjaan menjadi mudah karena dapat disesuaikan dengan data yang ada. Sehingga, cara ini dipandang sebagai cara yang lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua jenis sebaran data.

Parameter yang digunakan pada distribusi Log Pearson Type III adalah harga rata-rata (*mean*), penyimpangan baku (*standard deviation*), dan koefisien kepengcengan (*skewness*). Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan dalam menghitung distribusi Log Pearson Type III (Soewarno, 1995.p.176):

1. Ubah data curah hujan n buah X_1, X_2, \dots, X_n menjadi $\text{Log } X_1, \text{Log } X_2, \dots, \text{Log } X_n$
2. Menghitung harga rata-rata

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{log } X_i \dots\dots\dots(2-2)$$

3. Hitung standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (\text{log } X - \overline{\text{log } X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2-3)$$

4. Hitung koefisien kepengcengan

$$C_s = \frac{n \sum_{i=0}^n (\text{log } X - \overline{\text{log } X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(2-4)$$

5. Menghitung curah hujan rancangan

$$\text{log } X = \overline{\text{log } X} + G \cdot S \dots\dots\dots(2-5)$$

6. Menghitung antilog dari logaritma XT untuk mendapatkan curah hujan rancangan

Dimana:

X_r : curah hujan rancangan (mm)

$\overline{\text{log } X}$: rata-rata logaritma dari hujan maksimum tahunan

n : jumlah data

S : standar deviasi

Cs : koefisien kepengcengan

G : koefisien frekuensi (diambil dari tabel untuk harga Cs positif dan Cs negatif)

2.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi

Data hidrologi yang akan dipakai untuk mengestimasi sebuah banjir rancangan atau debit andalan dengan menggunakan analisa frekuensi belum tentu sesuai dengan distribusi

lainnya yang akan dipakai dalam perhitungan. Terdapat dua cara untuk melakukan uji kesesuaian distribusi yaitu dengan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorof.

a. Uji Chi-Kuadrat

Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai frekuensi harapan dengan ordinat empiris. Uji Chi-Kuadrat dapat dihitung sebagai berikut (Soewarno, 1995.p.194):

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2-6)$$

Untuk banyaknya kelas distribusi dapat dihitung dengan rumus:

$$k = 1 + 3,22 \log G \dots\dots\dots(2-7)$$

Dimana:

X^2 : nilai Chi-Kuadrat terhitung

E_i : frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelas

O_i : frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

G : jumlah sub kelompok pada satu grup

k : jumlah kelas distribusi

Nilai X^2_{hitung} harus lebih kecil dari nilai X^2_{cr} , untuk suatu derajat tertentu, yang sering diambil yaitu 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan rumus:

$$DK = k - (\alpha + 1) \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana:

DK : derajat kebebasan

k : banyaknya kelas

α : banyaknya parameter, untuk Chi-Kuadrat adalah 2

Langkah-langkah perhitungan untuk uji Chi-Kuadrat sebagai berikut :

1. Urutkan data dalam urutan kecil ke besar atau sebaliknya
2. Kelompokkan data menjadi G sub-grup, tiap sub-grup minimal terdiri dari 4 data pengamatan
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i untuk tiap sub-grup
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E
5. Setiap sub-grup menghitung nilai:

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

6. Jumlahkan seluruh G sub-grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi-Kuadrat hitung
7. Tentukan derajat kebebasan.

Jika nilai Chi-Kuadrat yang dihasilkan lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima. Sedangkan, apabila nilai yang dihasilkan lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak diterima.

b. Uji Smirnov-Kolmogorof

Menurut (Limantara, 2010.p.64), Uji Smirnov-Kolmogorof merupakan uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horisontal untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Uji ini sering disebut sebagai uji kecocokan *non-parametric*, karena pada pengujiannya tidak digunakan suatu fungsi distribusi tertentu. Pengujiannya dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran teoritis dan sebaran empiris yang nantinya akan dinyatakan dalam Δ . Distribusi akan dianggap sesuai apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$. Persamaan Δ_{maks} dapat ditulis sebagai berikut (Harto, 1993.p.179):

$$\Delta_{maks} = [Pe - Pt] \dots \dots \dots (2-9)$$

Dimana:

Δ_{maks} : selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis

Pe : peluang empiris

Pt : peluang teoritis

Δ_{cr} : simpangan kritis

Kemudian dibandingkan antara Δ_{maks} dan Δ_{cr} , apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ maka distribusi tersebut dapat diterima. Namun, jika terjadi sebaliknya maka distribusi ditolak.

2.1.5 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan koefisien yang nilainya didapat dari kondisi permukaan tanah, kemiringan medan, jenis tanah, dan lamanya hujan di daerah pengaliran. Pada daerah perkotaan maupun daerah pedesaan, luas daerah pengeringan pada umumnya terdiri dari beberapa daerah yang memiliki jenis tanah yang berbeda, sehingga nilai koefisien pengalirannya juga akan berbeda satu sama lain.

Tabel 2.2
Koefisien Pengaliran (C) untuk DAS Pertanian bagi Tanah Kelompok Hidrologi B

No.	Tanaman Penutup Tanah dan Kondisi Hidrologi	Koefisien C untuk Laju Hujan		
		25 mm/jam	100 mm/jam	200 mm/jam
1.	Tanaman dalam baris, buruk	0,63	0,65	0,66
2.	Tanaman dalam baris, baik	0,47	0,56	0,62
3.	Padian, buruk	0,38	0,38	0,38
4.	Padian, baik	0,18	0,21	0,22
5.	Padang rumput potong, pergiliran tanaman, baik	0,29	0,36	0,39
6.	Padang rumput, penggembalaan tetap, baik	0,02	0,17	0,23
7.	Hutan dewasa, baik	0,02	0,10	0,15

Sumber: Schwab, *et al*, 1981, dalam Arsyad, 2006

Tabel 2.3
Koefisien Pengaliran (C) untuk Daerah Urban

No.	Jenis Daerah	Koefisien C
1.	Daerah perdagangan	
	Perkotaan (<i>downtown</i>)	0,70-0,09
	Pinggiran	0,50-0,70
2.	Permukiman	
	Perumahan satu keluarga	0,30-0,50
	Perumahan berkelompok, terpisah-pisah	0,40-0,60
	Perumahan berkelompok, bersambungan	0,60-0,75
	Suburban	0,25-0,40
	Daerah apartamen	0,50-0,70
3.	Industri	
	Daerah industri ringan	0,50-0,80
	Daerah industri berat	0,60-0,90
4.	Taman, pekuburan	0,10-0,25

Lanjutan Tabel 2.3 Koefisien Pengaliran (C) untuk Daerah Urban

No.	Jenis Daerah	Koefisien C
5.	Taman bermain	0,20-0,35
6.	Daerah stasiun kereta api	0,20-0,40
7.	Daerah belum diperbaiki	0,10-0,30
8.	Jalan	0,70-0,95
9.	Bata	
	Jalan, hamparan	0,75-0,85
	Atap	0,75-0,95

Sumber: Schwab, *et al*, 1981, dalam Arsyad, 2006

2.1.6 Distribusi Curah Hujan Jam-jaman

Dalam menghitung banjir rancangan diperlukan sebaran hujan jam-jaman dengan interval waktu tertentu. Untuk mendapatkan intensitas hujan dengan interval waktu tersebut dapat digunakan rumus Mononobe sebagai berikut (Sosrodarsono, 1987.p.32):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2-10)$$

Dimana:

I : intensitas curah hujan (mm/jam)

T : lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ : curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Setelah mencari sebaran hujan jam-jaman, kemudian dapat dihitung rasio sebaran hujan sebagai berikut:

$$R_t = t \cdot R_T - (t - 1) \cdot R_{(T-1)} \dots\dots\dots(2-11)$$

Dimana:

R_t : curah hujan pada jam ke-T

R_T : intensitas hujan rerata dalam T jam (mm'

T : waktu hujan dari awal sampai dengan jam ke-T

R_(t-1) : rerata hujan dari awal sampai dengan jam ke-T

T : waktu mulai hujan

2.1.7 Debit Banjir Rancangan

Menurut (Limantara, 2010.p.147), banjir rancangan atau *design flood* adalah besaran debit yang secara statistik disamai atau dilampaui sekali dalam kala ulang tertentu.

Terdapat beberapa cara untuk menghitung sebit banjir rancangan yaitu salah satunya dengan membuat hidrograf menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis. Terdapat beberapa Hidrograf Satuan Sintesis yang telah dikembangkan, yaitu HSS Nakayasu, HSS Snyder, HSS Gamma I, HSS Limantara, dan lainnya. Dalam studi ini akan digunakan metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu karena hidrograf ini telah diuji coba dengan kondisi yang ada di Indonesia.

Berikut merupakan karakteristik dalam analisa HSS Nakayasu (Soemarto, CD, 1987.p.76)

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

Berikut merupakan persamaan HSS Nakayasu :

$$Q_p = \frac{CA \times R_0}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots(2-12)$$

Dimana,

Q_p : debit puncak banjir ($m^3/detik$)

R_0 : hujan satuan

T_p : tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$: waktu yang diperlukan oleh penurunan debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)

CA : luas daerah pengaliran sungai (km^2)

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan rumus sebagai berikut:

$$T_p = T_g + 0,8T_r \dots\dots\dots(2-13)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g \dots\dots\dots(2-14)$$

T_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

- Panjang sungai (L) ≥ 15 km

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \dots\dots\dots(2-15)$$

$$T_{0,3} = 0,6 \cdot T_g \dots\dots\dots(2-16)$$

- Panjang sungai (L) ≤ 15 km

$$Tg = 0,2.L^{0,7} \dots\dots\dots(2-17)$$

$$Tr = 0,5.Tg \dots\dots\dots(2-18)$$

Dimana:

Tg : waktu antara hujan sampai puncak debit (jam)

L : panjang sungai

α : parameter hidrograf

: pengaliran biasa $\alpha = 1$

: bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat $\alpha = 1,5$

: bagian menurun hidrograf yang lambat dan bagian naik yang cepat $\alpha = 3$

Tr : satuan waktu dari curah hujan yang besarnya $(0,5 - 1) \times Tg$

Pembagian persamaan hidrograf satuan sebagai berikut :

- Pada waktu naik

$$0 \leq t \leq T_p$$

$$Q_a = Q_p \text{ maks } \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots(2-19)$$

- Pada waktu turun

$$\text{➤ } T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_p \text{ maks } \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right) \dots\dots\dots(2-20)$$

$$\text{➤ } (T_p + T_{0,3}) \leq t \leq y (T_p + T_{0,3} + T_{0,3}^2)$$

$$Q_t = Q_{\text{maks}} \times 0,3 \dots\dots\dots(2-21)$$

$$\text{➤ } t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_{\text{maks}} \times 0,3 \dots\dots\dots(2-22)$$

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan hidrograf satuan dengan parameter yang telah dikalibrasi sesuai banjir pengamatan yang ada, maka hidrograf banjir dengan berbagai kala ulang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Sosrodarsono, 1987.p.166):

$$Q_k = U_1 R_i + U_2 R_{i-1} + U_3 R_{i-2} + \dots + U_n R_{n-1} + B_f \dots\dots\dots(2-23)$$

Dimana:

Q_k : ordinat hidrograf banjir pada jam ke-k

U_n : ordinat hidrograf satuan

R_i : hujan netto pada jam ke-i

B_f : aliran dasar (*base flow*)

2.2 Analisa Hidrolika

2.2.1 Analisa Profil Muka Air

Elevasi muka air sungai perlu dianalisa untuk mengetahui pada sisi sungai mana yang terjadi luapan. Analisa profil muka air dimulai dengan suatu tampang dimana hubungan antara elevasi muka air dan debit diketahui. Tampang tersebut dikenal sebagai tampang (titik) kontrol (Triatmodjo, 1993.p.147).

Untuk saluran alam, menurut (Chow, VT, 1997.p.249) pada taraf air normal maka profil aliran pada bagian saluran yang pendek sangat menyerupai aliran seragam, tetapi sedikit berubah akibat ketidakaturan setempat dari saluran. Sehingga dengan penjelasan tersebut digunakan metode tahapan standar.

Dijelaskan lebih lanjut (Chow, VT, 1997.p.249), terdapat beberapa keuntungan dari metode tahapan standar. Diantaranya yaitu apabila tinggi kecepatan kecil, metode tahapan dapat dilakukan bahkan dalam arah yang salah tanpa menghasilkan kekeliruan yang berarti, walaupun selalu disarankan agar menghitung dalam arah ke hulu bila alirannya subkritis dan ke hilir bila alirannya superkritis. Pada saluran alam tidak dikenal tinggi muka air pada penampang awal dimana perhitungan profil aliran akan dimulai. Bila tahapan perhitungan dimulai dengan tinggi yang dimisalkan yang keliru untuk suatu debit tertentu, hasil profil aliran akan mendekati kebenaran setiap kali tahapan dijalani, asal perhitungan dilakukan dalam arah yang tepat.

2.2.1.1 Persamaan Energi

Profil muka air dapat dihitung dari suatu penampang dengan persamaan energi melalui suatu prosedur yang disebut dengan metode tahapan standar. Persamaan energi yang dimaksud adalah:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots \dots \dots (2-24)$$

Dimana:

Y_1, Y_2 : tinggi muka air pada penampang melintang 1 dan 2

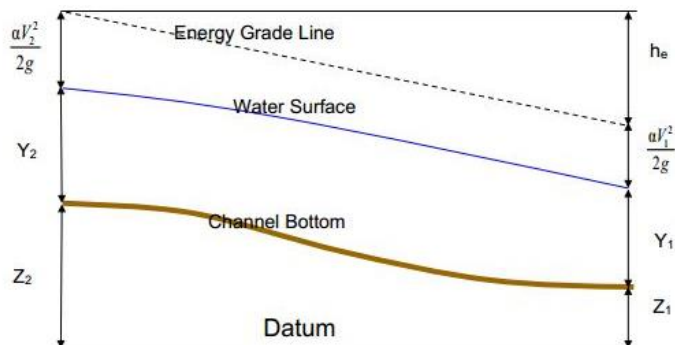
Z_1, Z_2 : garis datum persamaan pada penampang melintang 1 dan 2

V_1, V_2 : kecepatan rata-rata pada penampang melintang 1 dan 2

α_1, α_2 : koefisien Coriolis

g : percepatan gravitasi

h_e : kehilangan tinggi energi



Gambar 2.3 Profil aliran metode tahapan standar
 Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0 Hydraulic Reference Manual*, 2016.p.2-3

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots(2-25)$$

Dimana,

L : panjang penampang

\bar{S}_f : kemiringan garis energi (*friction slope*) antara dua penampang

C : koefisien kehilangan akibat pelebaran dan penyempitan

Panjang sungai rata-rata dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \dots\dots\dots(2-26)$$

Dimana:

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} : panjang melintang penampang sungai kiri, utama, kanan

Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob} : debit rata-rata penampang sungai kiri, utama, kanan

Perhitungan debit di sungai dilakukan dengan membagi penampang sungai menjadi beberapa bagian dimana kecepatan terdistribusi secara merata. HEC-RAS melakukan pendekatan ini dengan membagi beberapa penampang sungai yang bergantung pada input penampang nilai kekasaran Manning seperti yang bisa dilihat pada gambar 2.4. Sehingga perhitungan debit penampang sungai yang mengacu pada persamaan Manning berikut:

$$Q = K \cdot S_f^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2-27)$$

$$K = \frac{1}{n} A \cdot R^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2-28)$$

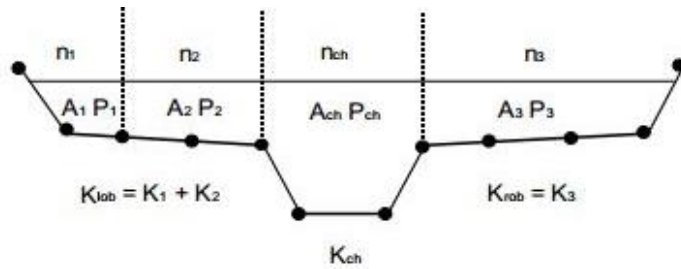
Dimana:

K : conveyance for subdivision

n : koefisien kekasaran Manning

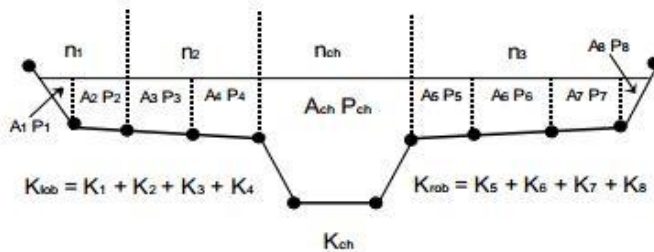
A : luas penampang

R : jari-jari hidrolis



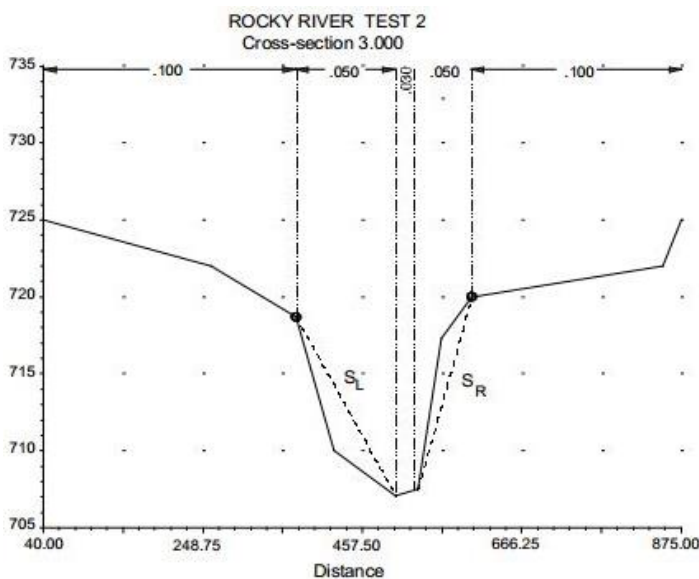
Gambar 2.4 Perhitungan debit sungai dengan *Subdivision Method*
 Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0 Hydraulic Reference Manual*, 2016.p.2-5

Metode lain yang bisa dijadikan alternatif dalam menghitung debit sungai adalah dilakukan antara setiap koordinat titik pada penampang yang sudah dibagi seperti pada gambar 2.5. Debit yang didapat merupakan penjumlahan dari penampang kiri dan kanan. Metode ini merupakan metode pilihan dalam perhitungan pada aplikasi HEC-RAS.



Gambar 2.5 Alternatif perhitungan debit dengan *Subdivision Method*
 Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0 Hydraulic Reference Manual*, 2016.p.2-5

Pada HEC-RAS *composite* nilai *n* Manning untuk saluran utama menggunakan berbagai nilai kekasaran. Aliran pada saluran tidak dibagi-bagi, kecuali jika nilai kekasaran berubah-ubah di dalam saluran.



Gambar 2.6 Alternatif perhitungan debit dengan *Subdivision Method*
 Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0 Hydraulic Reference Manual*, 2016.p.2-7

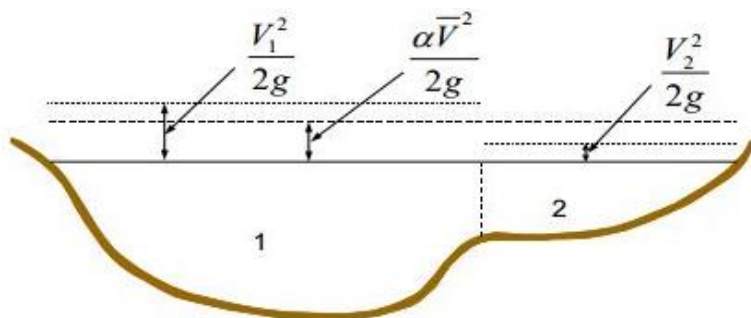
Untuk menghitung nilai $n_{composite}$ pada saluran adalah sebagai berikut:

$$n_c = \left[\frac{\sum (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2-29)$$

Dimana:

- n_c : *composite* atau ekuivalen koefisien kekasaran
- P : penampang basah saluran
- P_i : bagian ke-i penampang basah
- n_i : nilai kekasaran ke-i

HEC-RAS merupakan program menghitung profil muka air satu dimensi, dimana hanya akan ada satu energi kinetik yang dihitung pada setiap penampang saluran. Sehingga perlu dilakukan evaluasi energi kinetik. Untuk memberikan gambaran elevasi profil muka air, rata-rata energi dihitung dengan membagi penampang melintang menjadi tiga bagian.



Gambar 2.7 Pembagian penampang untuk menghitung energi rata-rata
 Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0 Hydraulic Reference Manual*, 2016.p.2-8

Dimana:

- V_1 : kecepatan rata-rata sub area I
- V_2 : kecepatan rata-rata sub area II

Energi kinetik rata-rata dihitung untuk mendapatkan koefisien kecepatan α (*coefficient Coriolis*). Koefisien kecepatan α didapat dengan menggunakan rumus berikut:

$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \dots\dots\dots(2-30)$$

$$\alpha = \frac{2g \left[Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g} \right]}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \dots\dots\dots(2-31)$$

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \dots\dots\dots(2-32)$$

Secara umum, dapat ditulis sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_n V_n^2}{Q \cdot \bar{V}^2} \dots\dots\dots(2-33)$$

Persamaan 2-33 dapat ditulis juga dengan persamaan berikut:

$$\alpha = \frac{\left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_i^3} \dots\dots\dots(2-34)$$

Dimana:

A_i : total luas penampang melintang

A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} : luas penampang kiri, utama, dan kanan

K_i : total *conveyance* dari penampang melintang

K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} : *conveyance* kiri, utama, dan kanan

Friction loss juga dievaluasi dalam program HEC-RAS sebagai hasil dari kemiringan garis energi (S_f) dan panjang (persamaan 2-25), dimana S_f mewakili *friction slope* untuk sungai dan panjang yang didefinisikan pada persamaan 2-26. *Friction slope* pada tiap penampang melintang dihitung dengan persamaan Manning sebagai berikut:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \dots\dots\dots(2-35)$$

Rumus lain juga dapat digunakan untuk menghitung *friction slope* (S_f) dalam HEC-RAS sebagai berikut:

- Average Conveyance Equation

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \dots\dots\dots(2-36)$$

- Average Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \dots\dots\dots(2-37)$$

- Geometric Mean Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \times S_{f2}} \dots\dots\dots(2-38)$$

- Harmonic Mean Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \frac{2(S_{f1} \times S_{f2})}{S_{f1} + S_{f2}} \dots\dots\dots(2-39)$$

Persamaan 2-36 merupakan persamaan yang dipilih oleh rogram HEC-RAS secara otomatis, kecuali persamaan lain diminta untuk dimasukkan ke dalam program.

Kehilangan akibat kontraksi dan pelebaran juga dihitung dalam program HEC-RAS dengan persamaan berikut:

$$h_{ce} = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right| \dots\dots\dots(2-40)$$

Dimana:

C : koefisien kontraksi/pelebaran

Program mengasumsi bahwa kontraksi terjadi jika kecepatan di hilir akan lebih besar daripada kecepatan di hulu. Sebaliknya jika pelebaran terjadi ketika kecepatan di hulu lebih besar daripada kecepatan di hilir.

2.2.1.2 Persamaan Momentum

Bila profil muka air melalui kedalaman kritis, maka persamaan energi tidak dapat digunakan. Persamaan energi hanya bisa digunakan jika berada pada kondisi aliran yang berubah lambat laun (*gradually varied flow*), dan pada kondisi aliran transisi yaitu kondisi dimana aliran berubah dari subkritis ke superkritis atau sebaliknya dimana dalam hal ini kondisi aliran dalam kondisi perubahan sangat cepat. Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan terjadinya kondisi transisi yaitu perubahan kemiringan saluran, konstruksi jembatan, *drop structure*, bendung, dan persimpangan sungai.

Dalam HEC-RAS, persamaan momentum dapat digunakan dalam permasalahan tertentu seperti peristiwa loncatan hidraulik, *low flow hydraulic* pada jembatan, dan persimpangan sungai. Persamaan momentum diturunkan dari Hukum Newton II sehingga dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x \dots\dots\dots(2-41)$$

Dimana:

P : tekanan hidrotastik pada titik 1 dan 2

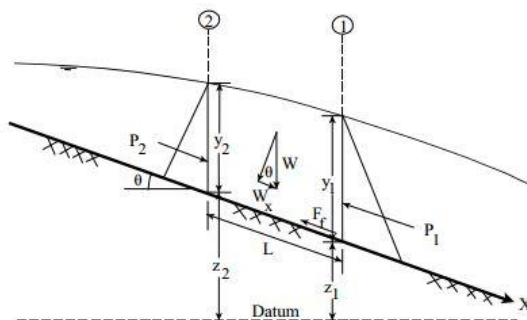
W_x : gaya karena berat air pada arah X

F_f : gaya karena kehilangan tinggi tekan akibat gesekan dari titik 2 ke 1

Q : debit

ρ : berat jenis air

ΔV_x : perubahan kecepatan dari titik 2 ke 1 ada arah X



Gambar 2.8 Aplikasi dari prinsip momentum

Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0 Hydraulic Reference Manual*, 2016.p.2-17

2.2.1.3 Koefisien Kekasaran Manning

Nilai kekasaran penampang suatu sungai bisa berbeda tergantung pada beberapa faktor sehingga perlu ditinjau mana yang memiliki pengaruh besar terhadap penentuan nilai koefisien kekasaran. Robert Manning, mengemukakan teori mengenai koefisien kekasaran yang sampai saat ini dikenal dengan rumus Manning. Rumus Manning dapat ditulis sebagai berikut:

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2-42)$$

Dimana:

v : kecepatan rata-rata (m/det)

R : jari-jari hidrolis (m)

S : kemiringan dasar rata-rata

n : koefisien kekasaran *Manning*

Koefisien kekasaran *Manning* (n) memiliki nilai yang bervariasi sesuai dengan kondisi yang dikaji. Dari perhitungan didapat hasil yang memuaskan sehingga membuat rumus Manning banyak digunakan dalam perhitungan hidrolis saluran terbuka. Menurut (Chow, V.T., 1997.p.92) berikut merupakan faktor yang memiliki pengaruh besar dalam penentuan koefisien kekasaran baik untuk saluran alami maupun buatan:

- a. Kekasaran permukaan
- b. Tumbuhan
- c. Ketidakteraturan saluran
- d. Trase saluran
- e. Pengendapan dan penggerusan
- f. Hambatan
- g. Ukuran dan bentuk saluran
- h. Taraf air dan debit

Menurut (Chow, V.T., 1997:96), semua faktor diatas harus dipelajari dan dinilai dengan memperhatikan kondisi jenis saluran, keadaan aliran, derajat pemeliharaannya dan pertimbangan lainnya yang berkaitan. Lebih lanjut lagi, hal-hal tersebut akan menjadi dasar dalam menentukan nilai koefisien kekasaran yang sesuai dengan masalah yang dihadapi di daerah kajian. Namun, tidak ada cara tertentu untuk menentukan besarnya nilai koefisien kekasaran. Sehingga, menimbulkan kesulitan besar dalam penggunaan rumus Manning. Yang bisa dilakukan hanya memperkirakan hambatan apa saja yang terjadi pada suatu

saluran. Namun, angka koefisien kekasaran Manning dapat didekati dengan rumus Cowan yang ditulis sebagai berikut (Chow, V.T., 1997.p.96):

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5 \dots \dots \dots (2-43)$$

Dimana:

- n_0 : nilai dasar n untuk saluran yang lurus
- n_1 : nilai yang ditambahkan ke n_0 untuk mengoreksi efek ketidakrataan permukaan
- n_2 : nilai untuk variasi bentuk dan ukuran penampang saluran
- n_3 : nilai untuk hambatan
- n_4 : nilai untuk kondisi tumbuhan dan aliran
- m_5 : faktor koreksi bagi belokan

2.3 Aplikasi HEC-RAS v5.0

HEC-RAS merupakan aplikasi yang dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan salah satu divisi dari Institute for Water Resources (IWR) dibawah US Army Corps of Engineer (USACE) yang digunakan untuk memodelkan aliran di sungai. HEC-RAS adalah model dua dimensi aliran tetap maupun tidak tetap.

Pada program ini diperlukan data penampang melintang maupun memanjang sungai dan data debit banjir rancangan hasil perhitungan. Data yang ada akan dimasukkan ke dalam program dan akan menghasilkan keluaran hasil berupa sifat dan karakteristik saluran yang meliputi elevasi muka air, muka air kritis, kecepatan, luas daerah aliran dan bilangan Fraude.

Secara umum, program HEC-RAS dapat digunakan dalam menghitung aliran tunak berubah perlahan dengan penampang saluran prismatic ataupun non-prismatic, baik untuk aliran subkritis maupun superkritis. Selain itu HEC-RAS juga dapat digunakan untuk menghitung saluran gabungan dan menghitung profil muka air dengan data yang sudah diolah sebelumnya dengan kriteria yang ada. Program HEC-RAS dianjurkan dalam analisa jaringan sungai maupun analisa jaringan drainase.

Pada HEC-RAS terdapat tiga komponen analisa hidrolika, diantaranya :

- Perhitungan profil muka air *steady flow*
- Simulasi aliran *unsteady flow*
- Perhitungan transport sedimen

2.3.1 Tahapan Penggunaan Aplikasi HEC-RAS v5.0

Berikut merupakan tahapan yang digunakan dalam pengenalan program HEC-RAS sebagai alat bantu analisa hidrolika sungai:

1. Membuka aplikasi HEC-RAS

Pada setiap awal pembukaan program HEC-RAS versi berapapun akan diperlihatkan menu utama sebagai berikut:



Gambar 2.9 Menu utama aplikasi HEC-RAS

Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-2

Pada bagian menu utama HEC-RAS terdapat beberapa *Menu Bar* dengan beberapa penjelasan singkat sebagai berikut:

- *File*

Menu yang digunakan untuk mengolah *file*. Terdapat beberapa pilihan yang berada di menu *file* yaitu *New Project*, *Open Project*, *Project as*, *Rename Project*, *Delete Project*, *Project Summary*, *Import HEC-2 Data*, *Import HER-RAS Data*, *Export GIS Data*, *Export to HEC-DSS*, *Generate Report*, *Restore Backup Data* dan *Exit*.

- *Edit*

Menu yang digunakan untuk memasukkan dan mengedit data. Data dikategorikan menjadi enam jenis yaitu *Geometric Data*, *Steady Flow Data*, *Quasi-Unsteady Flow Data*, *Unsteady Flow Data*, *Sediment Data*, dan *Water Quality Data*.

- *Run*

Menu yang digunakan untuk menampilkan perhitungan hidrolika. Pilihan yang berada pada menu ini adalah *Steady Flow Analysis*, *Unsteady Flow Analysis*, *Sediment Analysis*, *Water Quality Data*, *Hydraulic Design Functions*, dan *Run Multiple Plan*.

- *View*

Menu yang menyediakan tampilan grafik dan tabel berdasarkan hasil yang didapatkan. Pilihan yang berada pada menu ini adalah *Cross Section*, *Water*

Surface Profiles, General Profile Plot, Rating Curve, X-Y-Z Perspective Plots, Stage and Flow Hydrograph, Hydraulic Property Plots, Hydraulic Properties Plots, Detailed Output, Profile Summary Tables, Summary Err, Warn, DSS Data, Unsteady Flow Spatial Plot, Unsteady Slow Time Series, WQ Spatial Plot, Sediment Spatial Plot, dan Sediment XS Changes Plot.

- *Option*

Menu yang difungsikan untuk pengguna dapat mengubah *Program Setup, Default Parameter, Unit System (US Customary SI), dan Convert Project Unit (US Customary to SI atau SI to US Customary).*

- *Help*

Menu digunakan untuk pengguna mendapatkan bantuan secara *online*, seperti informasi yang ditampilkan pada versi terbaru HEC-RAS.

Pada HEC-RAS juga terdapat *Button Bar* dibawah *Menu Bar* yang menyediakan akses cepat untuk menu-menu yang sering digunakan. Berikut merupakan penjelasan dari menu-menu tersebut:

- *Open Project*, digunakan untuk membukan kembali lembar kerja yang pernah dikerjakan.
- *Save Project*, digunakan untuk menyimpan lembar kerja yang sudah selesai dikerjakan.
- *Geometric Data*, digunakan untuk mengedit dan/atau memasukkan data geometri yang sudah ada.
- *Steady Flow Data*, digunakan untuk mengedit dan/atau memasukkan data aliran tetap (*steady*).
- *Unsteady Flow Data*, digunakan untuk mengedit dan/atau memasukkan data aliran tidak tetap (*unsteady*).
- *Sediment Data*, digunakan untuk mengedit dan/atau memasukkan data sedimen.
- *Water Quality Data*, digunakan untuk mengedit dan/atau memasukkan data kualitas air.
- *Steady Flow Analysis*, digunakan untuk menampilkan simulasi aliran tetap (*steady*).
- *Unsteady Flow Analysis*, digunakan untuk menampilkan simulasi aliran tidak tetap (*unsteady*).
- *Sediment Analysis*, digunakan untuk menampilkan analisa angkutan sedimen pada suatu sungai.

- *Water Quality Data*, digunakan untuk analisa kualitas air pada suatu sungai.
- *Hydraulic Design Functions*, digunakan untuk menampilkan perhitungan hidrolika.
- *Cross Section*, digunakan untuk menampilkan penampang melintang suatu sungai.
- *Profile Plot*, digunakan untuk menampilkan profil penampang sungai.
- *General Profile Plot*, digunakan untuk menampilkan profil penampang sungai secara keseluruhan.
- *X-Y-Z Perspective Plots*, digunakan untuk menampilkan gambar tiga dimensi pada penampang melintang sungai.
- *Stage and Flow Hydrograph*, digunakan untuk menampilkan hidrograf aliran.
- *Hydraulic Properties*, digunakan untuk menampilkan tabel hidrolika.
- *Detailed Output Table*, digunakan untuk menampilkan detail tabel hasil.
- *Profile Summary Tables*, digunakan untuk menampilkan ringkasan hasil dari beberapa lokasi.
- *Summary Err, Warn, Notes*, digunakan untuk menampilkan ringkasan dari *error*, peringatan, dan catatan.
- *View DSS*, digunakan untuk melihat data DSS.

2. Membuat lembar kerja

Langkah pertama untuk membuat suatu pemodelan hidrolika pada program HEC-RAS adalah dengan membuat *directory* yang diinginkan dan memberi judul pada lembar kerja tersebut. hal ini dapat dilakukan melalui menu *File* yang berada pada *menu bar*, kemudian pilih *New Project*.



Gambar 2.10 Jendela pembuatan lembar kerja pada HEC-RAS

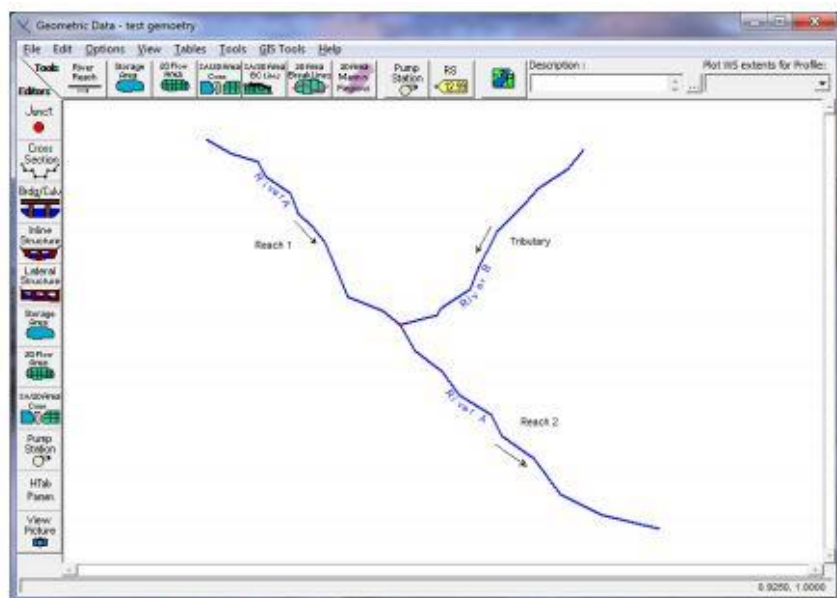
Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-5

Pada gambar 2.10, pengguna diharuskan memilih *drive* dan bagiannya yang diinginkan untuk dikerjakan, kemudian masukkan judul dan nama *file* dari lembar kerja. *File name* lembar kerja harus pada format ".prj". Setelah nama lembar kerja sudah

dimasukkan, tekan "OK", maka akan muncul *message box* yang memperlihatkan judul lembar kerja dan *directory* tempat dimana lembar kerja akan disimpan.

3. Memasukkan data geometri

Data geometri merupakan informasi yang terdiri dari sistem sungai (skema sistem sungai), data penampang melintang sungai, dan data struktur hidrolika (jembatan, gorong gorong, bendung, dan sebagainya). Data geometri dimasukkan dengan memilih menu *Geometric Data* yang berada pada menu *Edit*. Pada gambar 2.11 akan di tampilkan jendela dari *Geometric Data*.



Gambar 2.11 Jendela *Geometric Data* pada HEC-RAS

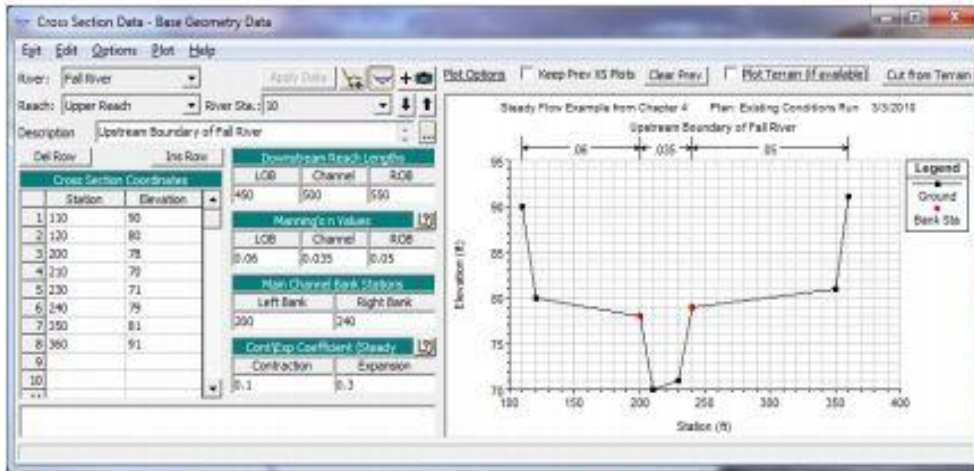
Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-6

Pengguna mengembangkan data geometri dengan menggambar skema sungai yang dapat dilakukan dengan program Autocad atau dengan bantuan program lain. Penggambaran skema alur sungai pada program HEC-RAS dilakukan melalui tahap berikut:

- a. Pilih *tools* "river reach" kemudian tarik garis yang menunjukkan skema alur sungai dan program akan mulai membaca pembacaan dari hulu sampai ke hilir.
- b. Tampilan penamaan/identifikasi (16 karakter) akan muncul.
- c. Pilih menu *Edit/reach Schematic River* untuk memasukkan koordinat x dan y sebagai penyesuaian bentuk denah agar sama dengan kondisi yang diinginkan.

Setelah semua langkah tersebut dilakukan, akan muncul bentuk isian hubungan x dan y untuk masing-masing skema alur sungai. Setelah selesai menggambar skema alur sungai, pengguna dapat memulai dengan memasukkan data penampang melintang sungai dan

struktur hidrolika. Data melintang sungai dimasukkan dengan memilih *editors* "Cross Section". Data penampang melintang sungai akan dimasukkan sesuai dengan jendela yang ditunjukkan pada gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 Tampilan jendela pengisian data penampang melintang sungai
Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-8

Masing-masing penampang melintang akan memiliki nama sungai, daerah sungai, stasiun sungai, dan gambaran sungai. Nama sungai, daerah sungai, dan stasiun sungai digunakan sebagai penggambaran lokasi sungai. Penampang melintang sungai digambarkan dari stasiun sungai tertinggi di hulu ke stasiun terendah di hilir. Penambahan penampang melintang sungai dapat dilakukan dengan memilih menu *Option* di menu utama.

Setelah data penampang melintang selesai dimasukkan, pemodelan berlanjut dengan menambahkan struktur hidrolika seperti jembatan, gorong-gorong, bendung, dan lainnya. Pengisian data ini hampir sama dengan pengisian pada data penampang melintang.

4. Analisa dan *Running* data

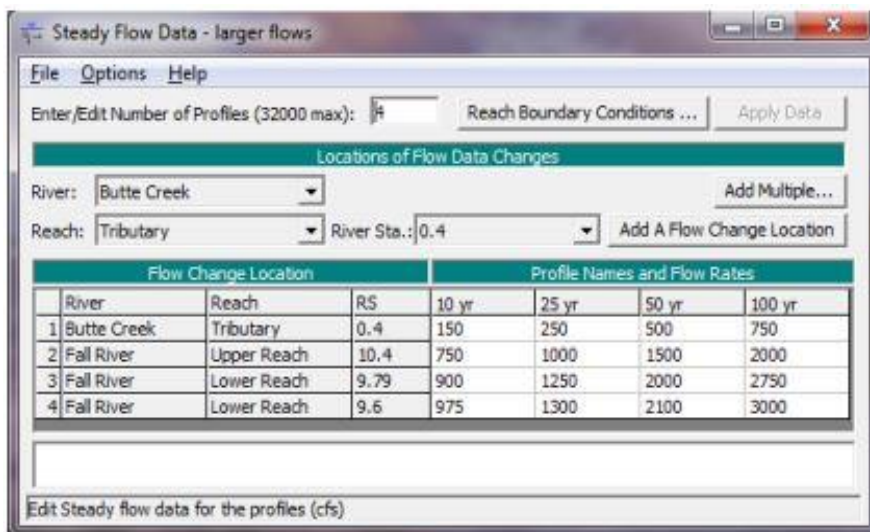
a. *Entering flow data* dan kondisi batas

Program HEC-RAS dapat menganalisa kajian hidrolik dengan dua kondisi aliran yaitu *steady flow* dan *unsteady flow*. Dasar pemodelan numerik ini akan selalu membutuhkan identifikasi awal yang disebut dengan kondisi batas (*boundary conditions*). Dalam hal ini, kondisi batas bagian hulu yaitu debit yang akan dilewatkan. Sedangkan, kondisi batas untuk bagian hilir berupa:

- Tinggi muka air bagian hilir
- *Slope*/kemiringan dasar sluran bagian hilir

- *Stage hydrograph* (hubungan tinggi muka air dan debit)

Pada gambar 2.13 dicontohkan pengisian data aliran, dimana data tersebut berupa data aliran *steady flow*.

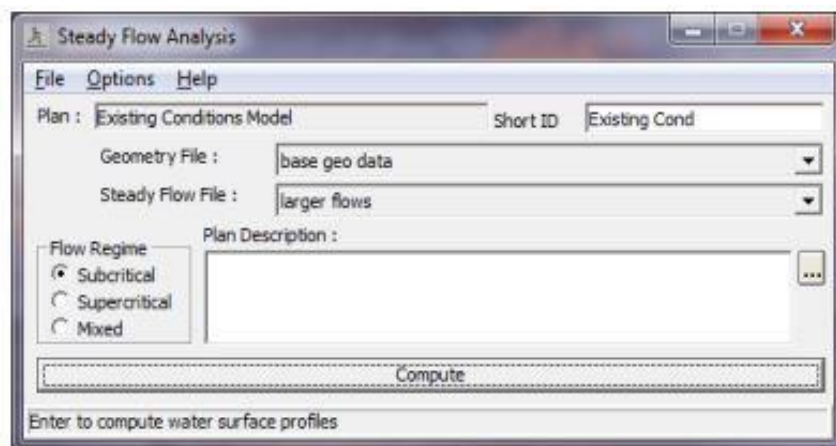


Gambar 2.13 Tampilan jendela pengisian data aliran *steady*

Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-10

- Perhitungan hidrolika (*performa hydraulic calculation*)

Perhitungan hidrolika adalah menu pilihan pada metode perhitungan hidrolik pada setiap kondisi hidrolik. Berikut merupakan contoh tampilan pada gambar 2.14.

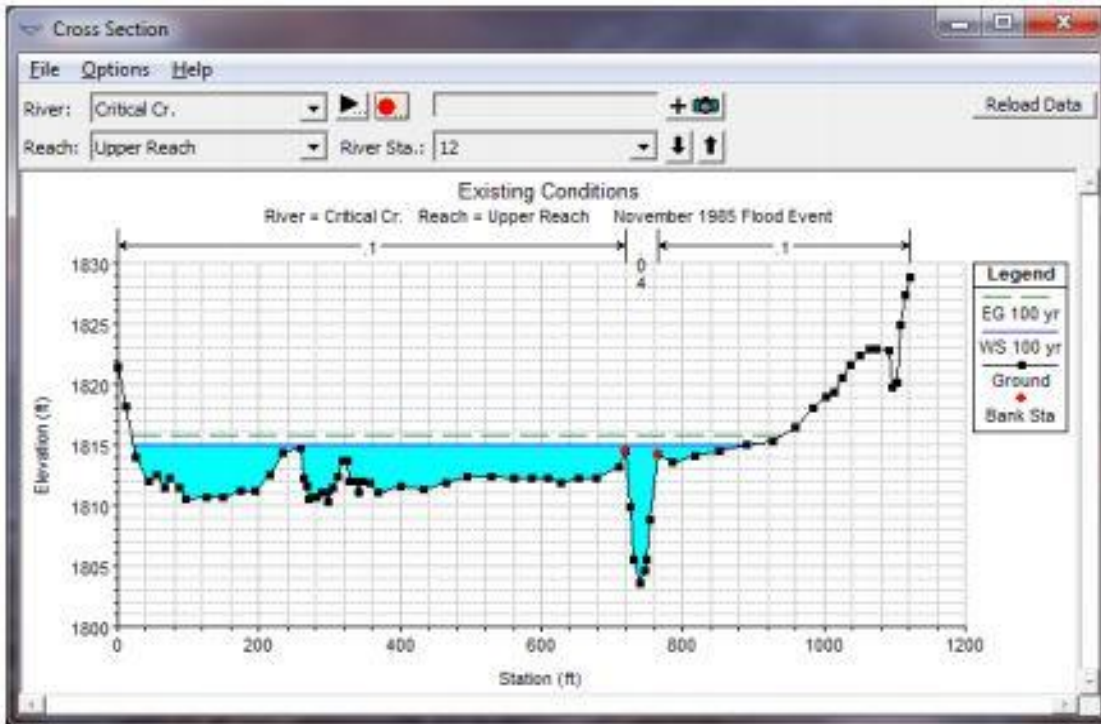


Gambar 2.14 Tampilan proses analisa aliran *steady*

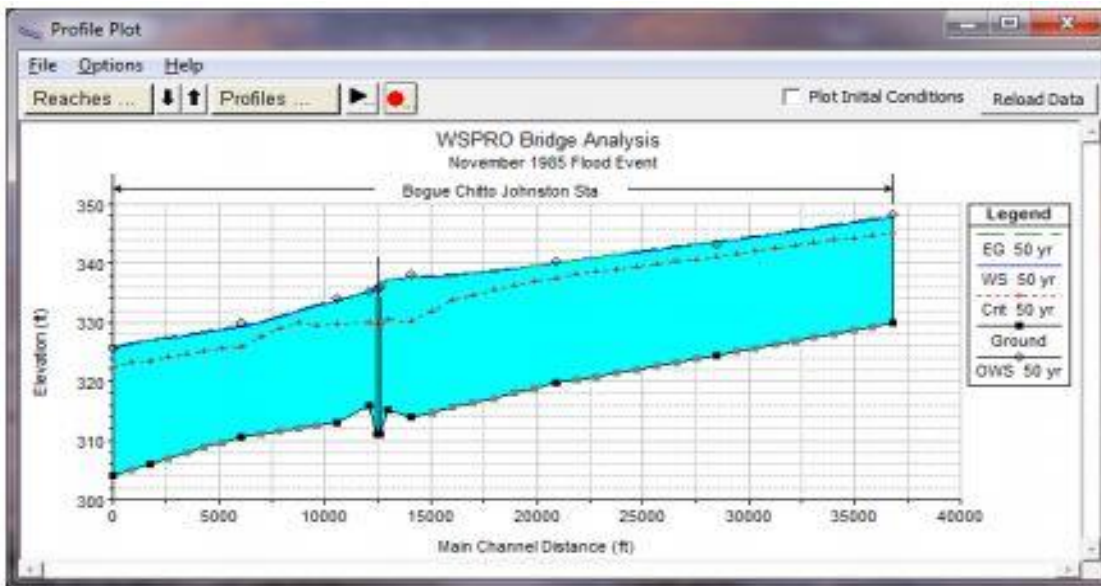
Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-11

5. Hasil simulasi

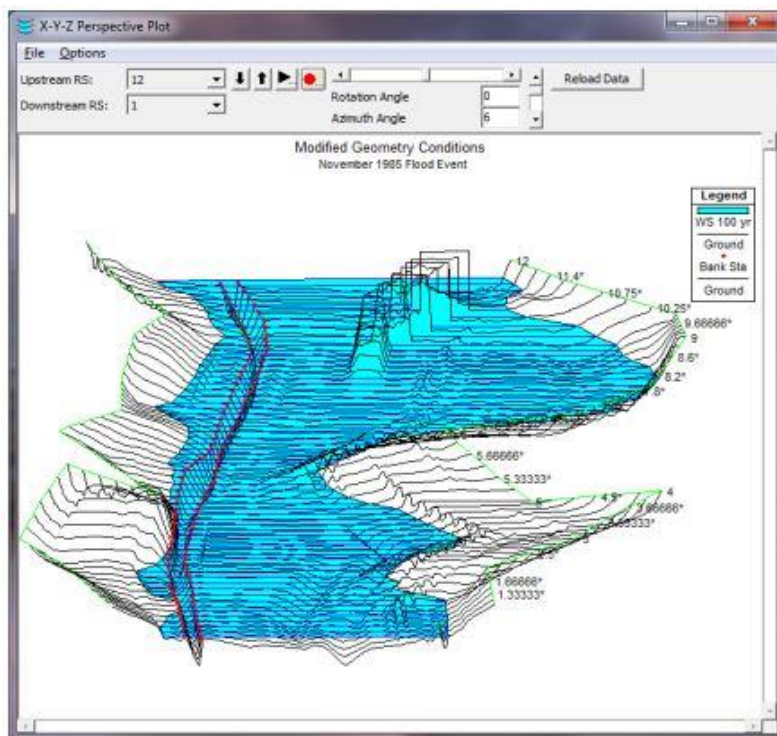
Setelah seluruh proses selesai, pengguna dapat melihat hasilnya. Untuk melihat hasil dapat dilakukan dengan memilih menu *View* pada menu utama ataupun melalui *Button Bar*.



Gambar 2.15 Tampilan hasil simulasi penampang melintang sungai
 Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-13



Gambar 2.16 Tampilan hasil simulasi penampang memanjang sungai
 Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-13



Gambar 2.17 Tampilan hasil simulasi tiga dimensi penampang memanjang sungai
Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-14

Hasil akhir berupa tabel yang akan tersedia dalam dua format yaitu tabel hasil yang memberikan gambaran detail hasil perhitungan hidrolika pada masing masing penampang dan tabel hasil yang menggambarkan variable hidrolika yang terbatas untuk beberapa profil dan penampang melintang.

Plan: Modified Geo Critical Cr. Upper Reach RS: 12 Profile: 100 yr				
Element	Left OB	Channel	Right OB	
E.G. Elev (ft)	1816.02			
Vel Head (ft)	0.48			
W.S. Elev (ft)	1815.54			
Crit W.S. (ft)	1814.46			
E.G. Slope (ft/ft)	0.004560			
Q Total (cfs)	9000.00			
Top Width (ft)	915.35			
Vel Total (ft/s)	3.00			
Max Chl Dpth (ft)	11.94			
Conv. Total (cfs)	133281.1			
Length Wtd. (ft)	100.00			
Min Ch El (ft)	1803.60			
Alpha	3.41			
Frctn Loss (ft)	0.54			
C & E Loss (ft)	0.04			
Wt. n-Val.	0.100	0.040	0.100	
Reach Len. (ft)	100.00	100.00	100.00	
Flow Area (sq ft)	2474.88	342.55	178.06	
Area (sq ft)	2474.88	342.55	178.06	
Flow (cfs)	5749.10	3067.11	183.79	
Top Width (ft)	699.72	45.00	170.63	
Avg. Vel. (ft/s)	2.32	8.95	1.03	
Hydr. Depth (ft)	3.54	7.61	1.04	
Conv. (cfs)	85138.5	45420.9	2721.7	
Wetted Per. (ft)	702.57	50.80	170.66	
Shear (lb/sq ft)	1.00	1.92	0.30	
Stream Power (lb/ft s)	2.33	17.19	0.31	
Cum Volume (acre-ft)	216.74	42.88	10.32	
Cum SA (acres)	79.59	6.44	7.90	

Gambar 2.18 Tabel hasil untuk tiap penampang melintang sungai
Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-15

Reach	River Sta	Profile	Q Total (cfs)	Min Ch El (ft)	W.S. Elev (ft)	Crit W.S. (ft)	E.G. Elev (ft)	E.G. Slope (ft/ft)	Vel Chnl (ft/s)	Flow Area (sq ft)	Top Width (ft)	Froude # Ch
Upper Reach 12		100 yr	9000.00	1803.60	1815.06		1815.76	0.006855	10.51	2557.91	878.49	0.69
Upper Reach 11		100 yr	9000.00	1800.70	1810.42	1810.42	1811.87	0.008544	12.03	1735.43	562.66	0.82
Upper Reach 10		100 yr	9000.00	1794.40	1804.47		1804.98	0.010255	10.48	2479.90	914.78	0.79
Upper Reach 9		100 yr	9000.00	1788.70	1799.31	1799.31	1800.16	0.008846	11.48	2720.40	1216.83	0.80
Upper Reach 8		100 yr	9500.00	1784.30	1793.89	1793.89	1795.08	0.008608	12.38	2525.34	1110.76	0.81
Upper Reach 7		100 yr	9500.00	1777.20	1789.88		1791.00	0.007413	13.16	2155.24	526.60	0.76
Upper Reach 6		100 yr	9500.00	1774.50	1784.30	1784.30	1786.35	0.011132	13.38	1266.83	332.46	0.93
Upper Reach 5		100 yr	9500.00	1768.90	1776.81	1776.81	1778.18	0.013225	13.53	1829.84	583.32	0.97
Upper Reach 4		100 yr	9500.00	1763.00	1773.44		1773.88	0.004986	9.32	2989.65	760.45	0.59
Upper Reach 3		100 yr	9500.00	1759.40	1767.29	1765.75	1769.34	0.019801	16.09	1611.29	621.78	1.20
Upper Reach 2		100 yr	9500.00	1753.60	1761.54		1762.10	0.009421	10.36	2322.95	682.60	0.80
Upper Reach 1		100 yr	9500.00	1747.40	1756.71	1755.71	1757.21	0.010002	9.91	2403.99	728.01	0.79

Total flow in cross section.

Gambar 2.19 Tabel hasil pada seluruh penampang melintang sungai
Sumber: *User's Manual HEC-RAS 5.0*, 2016.p.3-16

Untuk hasil perhitungan hidrolika dapat ditampilkan sesuai kebutuhan pengguna. Dalam kajian ini, hasil perhitungan hidrolika dari program HEC-RAS yang dibutuhkan adalah tinggi muka air untuk beberapa kala ulang dan debit yang lewat pada setiap penampang.

2.4 Analisa Kerusakan dan Kerugian.

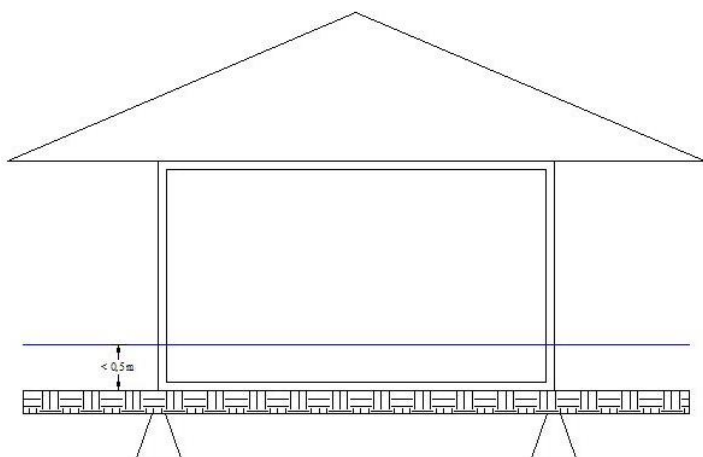
2.4.1 Metode ECLAC (*Economic Commission for Latin America and the Caribbean*).

Setelah banjir terjadi, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah pendistribusian bantuan kemanusiaan. Setelah fase bantuan kemanusiaan ini berakhir, segera dilakukan penilaian kerusakan dan kerugian untuk menjadi dasar pemulihan pasca bencana. Metode yang digunakan dalam penilaian kerusakan dan kerugian ini adalah Metode ECLAC (*Economic Commission for Latin America and the Caribbean*), untuk memperkirakan dampak bencana terhadap kondisi ekonomi, lingkungan hidup dan sosial. Metode ECLAC awalnya dikembangkan oleh Komisi Ekonomi PBB untuk Amerika Latin dan Karibia pada awal tahun 1970-an karena pada negara-negara tersebut paling umum terjadi bencana banjir maupun bencana lain dan telah dimodifikasi melalui aplikasi selama lebih dari tiga dekade terhadap konteks pasca bencana di seluruh dunia.

Metode ECLAC menganalisa tiap sektor dari kerusakan maupun kerugian. pola pencatatan dan pengumpulan informasi khusus pada setiap sector dilakukan agar tidak terjadi duplikasi dan tambahan perhitungan dari setiap sektor. Menurut P3B Bappenas metode ECLAC menganalisis tiga aspek utama, yaitu:

- Kerusakan (dampak langsung), merupakan dampak terhadap aset, saham, properti yang dinilai dengan harga unit penggantian (bukan rekonstruksi) yang disepakati. Perkiraan itu harus memperhitungkan tingkat kerusakan (apakah aset masih bisa dipulihkan/diperbaiki, atau sudah sama sekali hancur).
- Kerugian (dampak tidak langsung), merupakan proyeksi hambatan produktivitas akibat aset yang rusak/hilang akibat bencana, seperti potensi pendapatan yang berkurang, pengeluaran yang bertambah dan lain lain selama beberapa waktu hingga aset dipulihkan; berdasarkan nilai saat ini. Kesepakatan atas periode pemulihan sangat penting, dengan pertimbangan bahwa semakin lama waktu yang diperlukan untuk pemulihan, seperti dalam kasus Aceh, dampak kerugian akan meningkat secara signifikan.
- Dampak ekonomi (kadang disebut dampak sekunder) meliputi dampak fisik, dampak pertumbuhan PDB, dan lain-lain. Analisis ini juga bisa diterapkan pada tingkat sub-nasional.

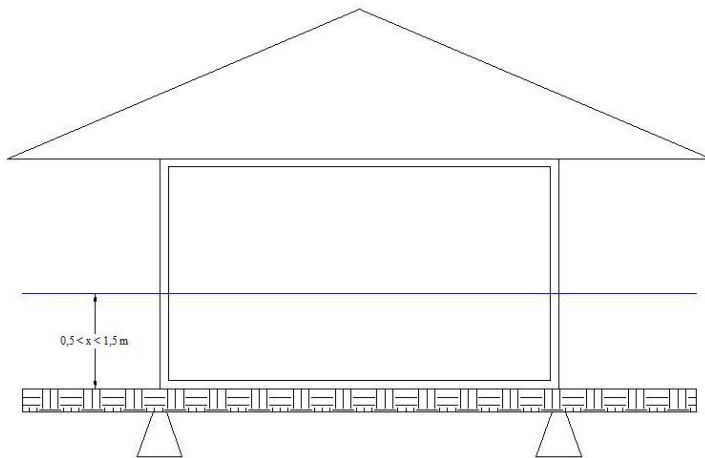
Jenis kerusakan dibagi menjadi 3 yaitu rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat. Batasan yang digunakan pada tulisan ini dalam menentukan properti ataupun aset mana yang akan masuk dalam 3 kategori tersebut dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.20 Ilustrasi bangunan rusak ringan
Sumber: Dokumentasi pribadi

- Rusak ringan adalah kerusakan yang tidak menimbulkan perubahan fungsi secara drastis ataupun tidak menimbulkan bahaya terhadap penghuni bangunan tersebut.
- Rusak sedang adalah kerusakan yang dapat mengganggu fungsi bangunan tersebut dan menyebabkan kekuatan komponen struktur pada bangunan tersebut mengalami

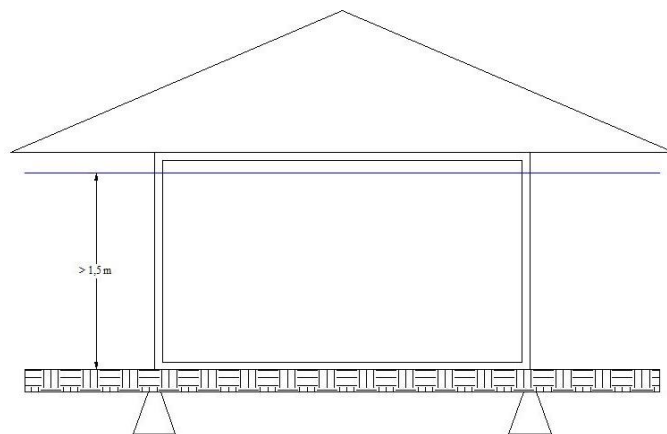
penurunan namun masih dalam kondisi aman walaupun dapat mengurangi kenyamanan penghuni bangunan tersebut.



Gambar 2.21 Ilustrasi bangunan rusak sedang

Sumber: Dokumentasi pribadi

- Rusak berat adalah kerusakan yang tidak hanya mengganggu namun juga dapat menghilangkan fungsi bangunan tersebut dan menyebabkan kekuatan komponen struktur bangunan tidak hanya mengalami pengurangan tetapi juga menyebabkan kondisi tidak aman pada bangunan tersebut maupun penghuninya.



Gambar 2.22 Ilustrasi bangunan rusak berat

Sumber: Dokumentasi pribadi

Dalam perkiraan biaya kerusakan dan kerugian pada penelitian kali ini didasarkan pada hasil tinggi genangan dan peta sebaran banjir yang telah terlebih dahulu dihitung lalu di-*overlay* dengan peta satelit agar dapat diperkirakan mana saja sektor yang terkena dampak banjir. Berikut merupakan sektor yang terdampak oleh banjir:

Tabel 2.4
Sektor yang terdampak banjir

Sektor	Subsektor
Perumahan	Perumahan
Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan • Jembatan
Sosial	Pendidikan <ul style="list-style-type: none"> • SD • SMP Agama <ul style="list-style-type: none"> • Masjid Lembaga lain <ul style="list-style-type: none"> • Pondok pesantren
Pertanian	Sawah

Sumber: Hasil Analisa

Untuk menilai jenis kerusakan pada sektor yang diakibatkan oleh banjir perlu diasumsikan besar depresiasi aset yang diperlukan untuk memperkirakan biaya perbaikan pada setiap kerusakan. Berikut merupakan pendekatan depresiasi aset untuk setiap jenis kerusakan:

Tabel 2.5
Depresiasi aset pada tiap jenis kerusakan

Jenis kerusakan	Depresiasi aset (%)
Rusak ringan	20-30
Rusak sedang	40-50
Rusak berat	60-70

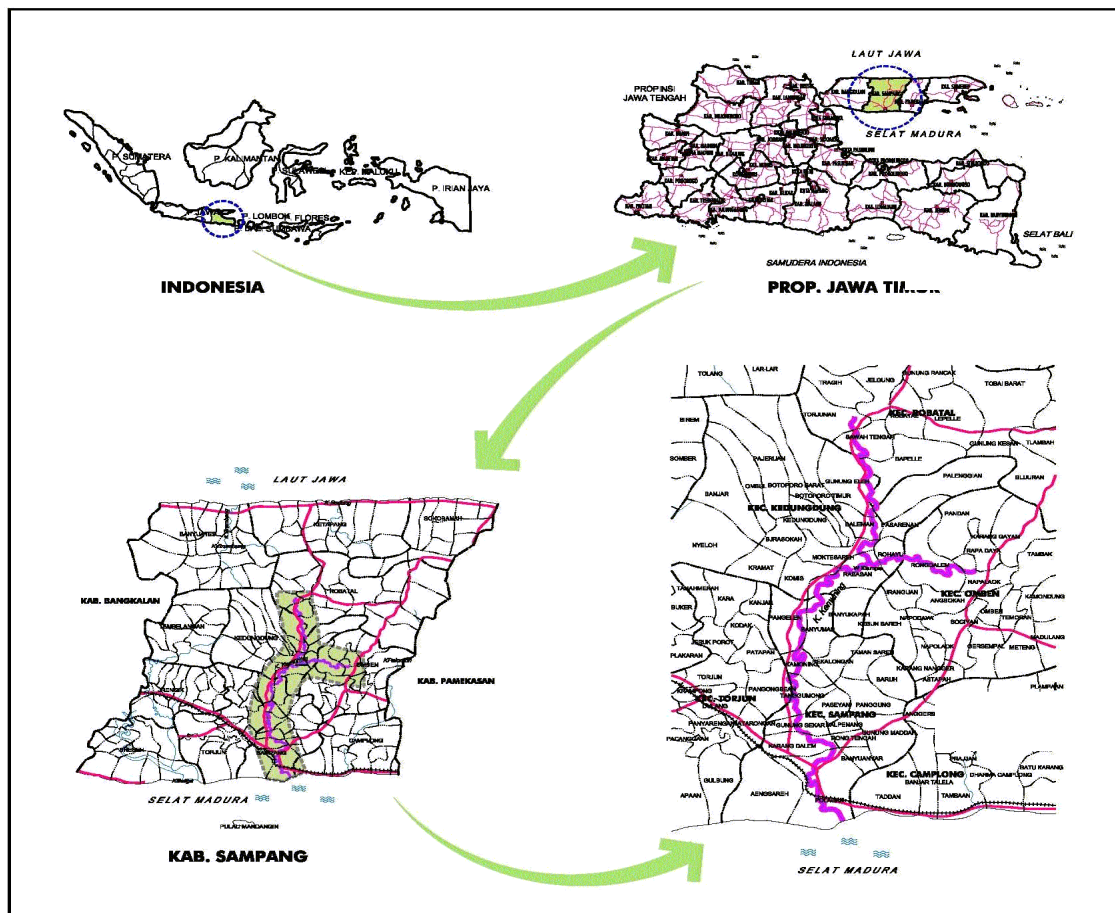
Sumber: Bappenas, 2008

BAB III METODOLOGI

3.1 Deskripsi Daerah Studi

Kali Kemuning dengan DAS-nya berada pada wilayah kabupaten Sampang, pulau Madura. Kali Kemuning merupakan kali terbesar di kabupaten Sampang dengan posisi geografi yang terletak pada 113°08' BT sampai 113°39' BT dan 6°05' LS sampai 7°13' LS. Berbatasan dengan laut Jawa di sebelah utara, kabupaten Pamekasan di sebelah timur, selat Madura di sebelah selatan, dan kabupaten Bangkalan di sebelah barat.

Secara umum luas wilayah kabupaten Sampang mencapai 1233,33 km² dibagi menjadi 14 kecamatan dan 186 desa. Dengan wilayah DAS Kali Kemuning seluas 433,94 km² yang meliputi 5 kecamatan



Gambar 3.1 Peta lokasi Wilayah Kali Kemuning
Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2011

3.2 Kondisi Daerah Studi

3.2.1 Kondisi Klimatologi

Kabupaten Sampang merupakan daerah kering dibandingkan dengan pulau Jawa. Pada kabupaten Sampang rata-rata curah hujan berkisar antara 1800-2000 mm selama rata-rata 75 hari per tahun. Rata-rata curah hujan di kabupaten Sampang sekitar 91,78 mm/tahun, sedangkan rata-rata jumlah hari hujan mencapai 6,47 hh/tahun. Untuk curah hujan tertinggi terdapat di kecamatan Kedungdung dengan 173,58 mm/tahun. Sedangkan curah hujan terendah terdapat di kecamatan Sreseh, namun kecamatan ini tidak termasuk dalam wilayah DAS Kali Kemuning.

3.2.2 Kondisi Topografi

Secara topografi, kabupaten Sampang terdiri dari bentangan perbukitan dengan ketinggian tempat antara 0-300 mdpl dan kemiringan lereng rata-rata antara 2-25%. Dengan rincian kemiringan 0-2% merupakan daerah pertanian semusim dengan luas 37.785,64 ha, kemiringan 2-15% merupakan daerah pertanian ataupun pemukiman dengan luas 67.807,14 ha, kemiringan 15-25% dan 25-40% merupakan lahan pertanian keras/tahunan dengan luas 15.246,93, dan kemiringan > 40% merupakan lahan konservasi yang berpotensi mengalami erosi lahan dengan luas 2.490,03 ha.

3.2.3 Kondisi Lokasi Studi

Pada studi ini dilakukan survei lokasi yang bertujuan untuk memberikan gambaran bagaimana keadaan daerah studi saat ini.



Gambar 3.2 Foto Udara Kali Kemuning Hilir Melalui Kota Sampang
Sumber: *Google Earth*



Gambar 3.3 Kondisi Muara Kali Kemuning
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Kali Kemuning memiliki panjang 35 km dan mempunyai beberapa fungsi yaitu sebagai muara dari beberapa anak sungai yang berada di kabupaten Sampang sebelum masuk ke hilir selat Madura dan sebagai sarana aktivitas pelayaran dan penyebrangan untuk warga kabupaten Sampang menuju pulau-pulau kecil yang berada di sekitar selat Madura. Pada beberapa pelindung tebing kondisi konstruksi masih cukup baik. Namun pada beberapa ruas Kali Kemuning di bagian hilir dan tengah terjadi erosi pada tebing lokasi belokan luar dan tempat-tempat dimana penampang sungai menyempit. Pada bagian hilir dan muara Kali Kemuning terdapat permasalahan berupa sedimentais yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh keadaan tanah disepanjang daerah aliran Kali Kemuning yang berupa tanah alluvial yang memiliki kadar porositas rendah, sehingga air yang melimpas karena hujan akan sulit meresap ke dalam tanah dan mengakibatkan terangkutnya material sedimen bersama dengan air hujan menuju sungai.

3.2 Data-data yang diperlukan

Data yang digunakan dalam pengerjaan studi ini merupakan data sekunder yang didapat dari instansi terkait. Berikut data yang akan digunakan dalam studi:

Tabel 3.1
Data-data yang diperlukan

No.	Data	Sumber	Keterangan
1.	Data curah hujan	Badan Pusat Statistik Kabupaten Sampang	Digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan
2.	Peta layout sungai	Konsultan Perencana	Digunakan untuk mengetahui panjang sungai
3.	Peta tata guna lahan	Pemerintah Kabupaten Sampang	Sebagai <i>input</i> untuk mengetahui koefisien limpasan (C)
4.	Peta topografi kabupaten Sampang	Pemerintah Kabupaten Sampang	Digunakan untuk mengetahui luas area (A)
5.	Data penampang melintang Kali Kemuning	Hasil Perencanaan Konsultan Perencana	Digunakan sebagai <i>input</i> pada analisa hidrolika dalam program HEC-RAS 5.0

Sumber: Hasil Analisa

3.3 Tahapan Analisa

Dalam studi perencanaan batas layak huni ini diperlukan beberapa langkah dalam analisa agar tidak terjadi kesalahan dan untuk mempermudah pengerjaan. Tahapan analisa yang disusun berdasarkan dari data yang sudah didapat, sebagai berikut :

Tabel 3.2
Tahapan Analisa

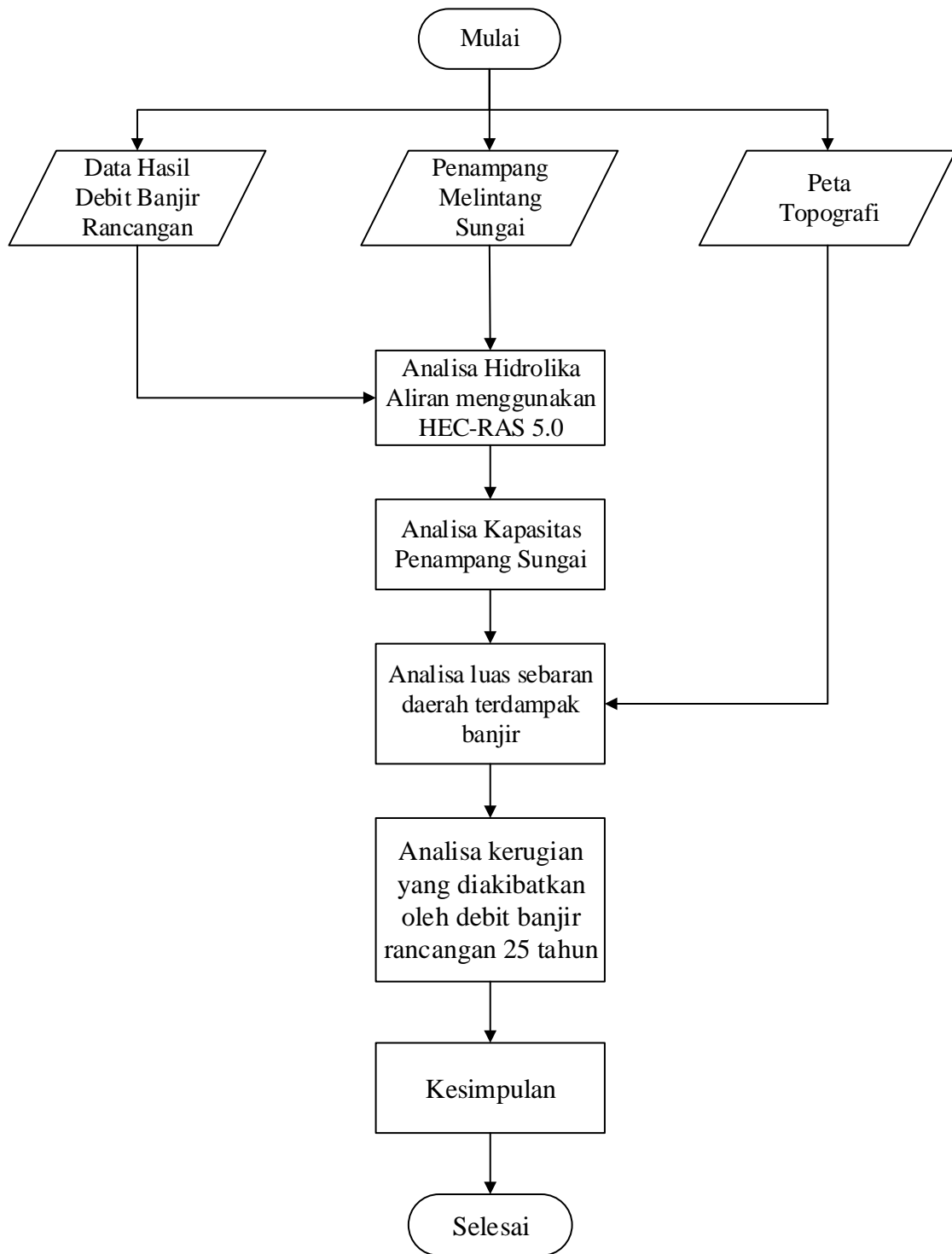
No.	Tahapan Analisa	Data	Metode yang digunakan
1.	Uji konsistensi data	Data Hujan 2006-2015 (10 tahun)	Metode Kurva Massa Ganda
2.	Analisis curah hujan rerata daerah	Data Hujan 2006-2015 (10 tahun)	Metode Thiessen
3.	Analisis curah hujan rancangan	Data Hujan 2006-2015 (10 tahun)	Metode Log Pearson Type III
4.	Uji kesesuaian distribusi hujan	Data Hujan 2006-2015 (10 tahun)	<ul style="list-style-type: none"> • Uji Smirnov-Kolmogorof • Uji Chi-Kuadrat

Lanjutan Tabel 3.2 Tahapan Analisa

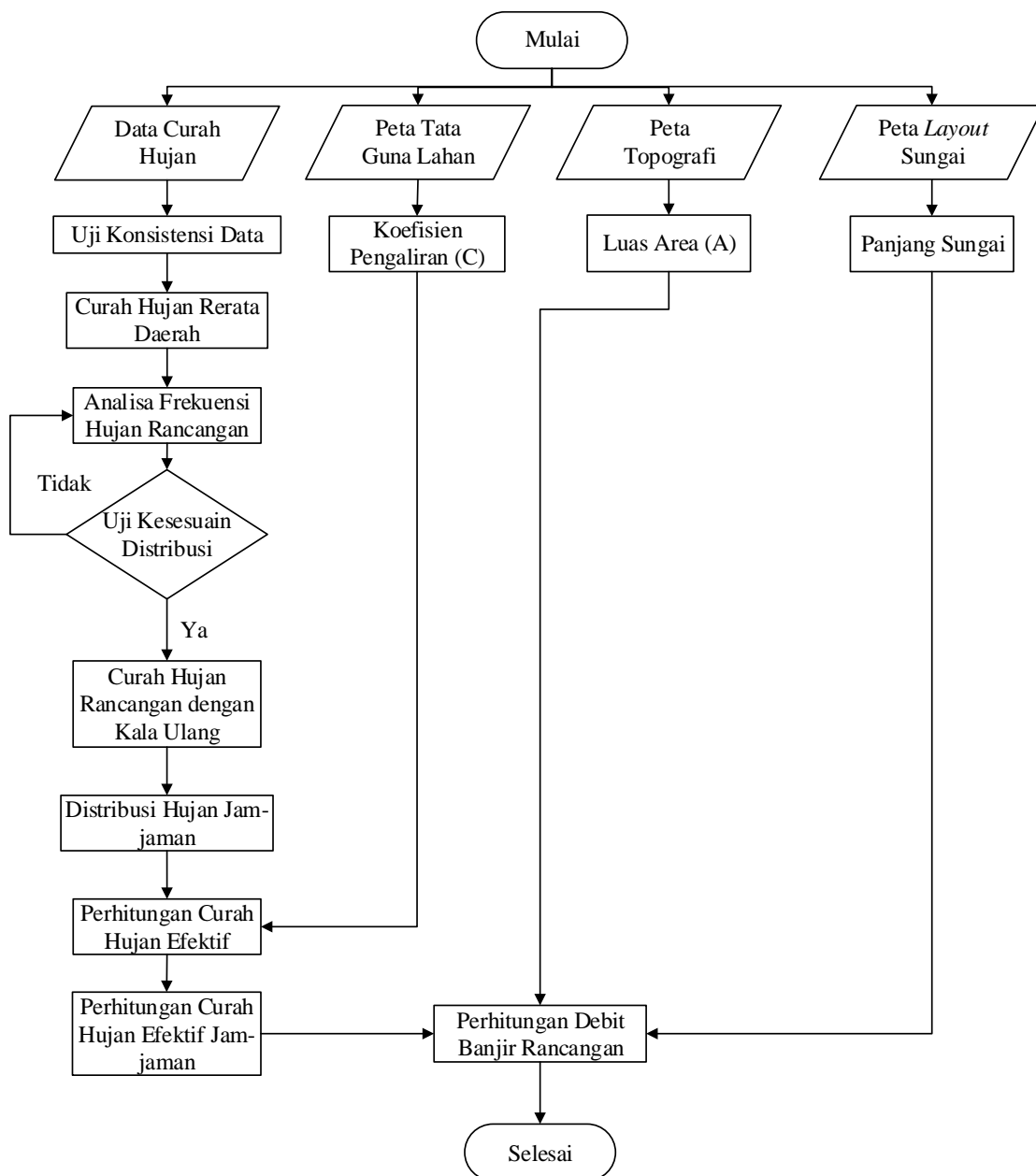
No.	Tahapan Analisa	Data	Metode yang digunakan
5.	Analisis debit banjir rancangan	<ul style="list-style-type: none"> • Data curah hujan jam-jaman • Data koefisien aliran (C) • Data luas area (A) • Data panjang sungai 	Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu
6.	Analisis hidrolika aliran	<ul style="list-style-type: none"> • Data debit banjir rancangan • Data kondisi melintang sungai 	Menggunakan HEC-RAS 5.0
7.	Analisa kapasitas penampang sungai	<ul style="list-style-type: none"> • Data kondisi melintang sungai • Data tinggi muka air maksimum sungai 	Menggunakan HEC-RAS 5.0
8.	Analisa sebaran daerah terdampak banjir	<ul style="list-style-type: none"> • Data tinggi muka air maksimum sungai • Peta topografi kabupaten Sampang 	Menggunakan HEC-RAS 5.0
9.	Analisa kerusakan dan kerugian akibat banjir	<ul style="list-style-type: none"> • Peta luas genangan • Peta topografi kabupaten Sampang • Data tinggi muka air • Peta tata guna lahan 	Metode ECLAC (<i>Economic Commission for Latin America and Caribbean</i>)

Sumber: Hasil Analisa

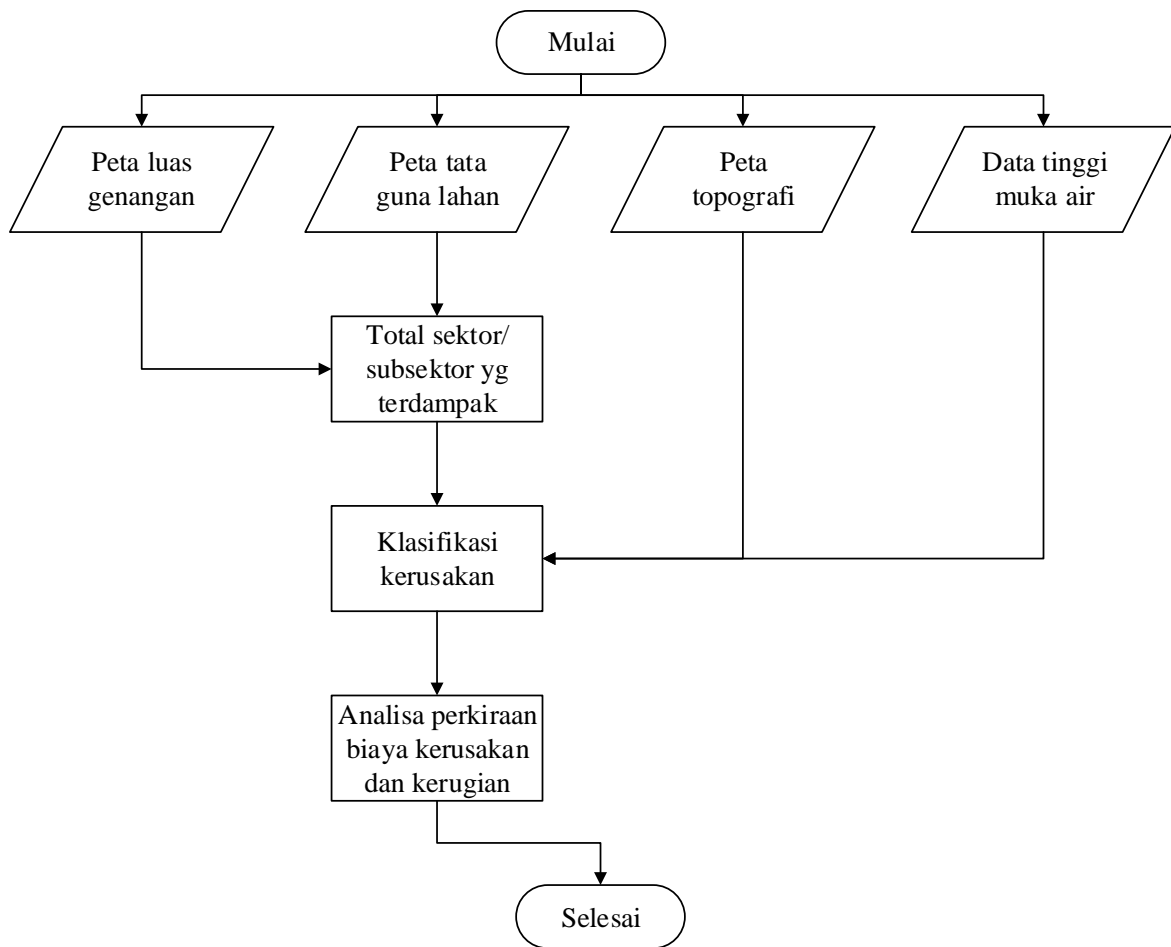
3.4 Diagram Alir



Gambar 3.4 Diagram alir pengerjaan skripsi
Sumber: Hasil Analisa



Gambar 3.5 Diagram alir perhitungan hidrologi
Sumber: Hasil Analisa



Gambar 3.6 Diagram alir perhitungan kerusakan dan kerugian
Sumber: Hasil Analisa

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Perhitungan Hidrologi

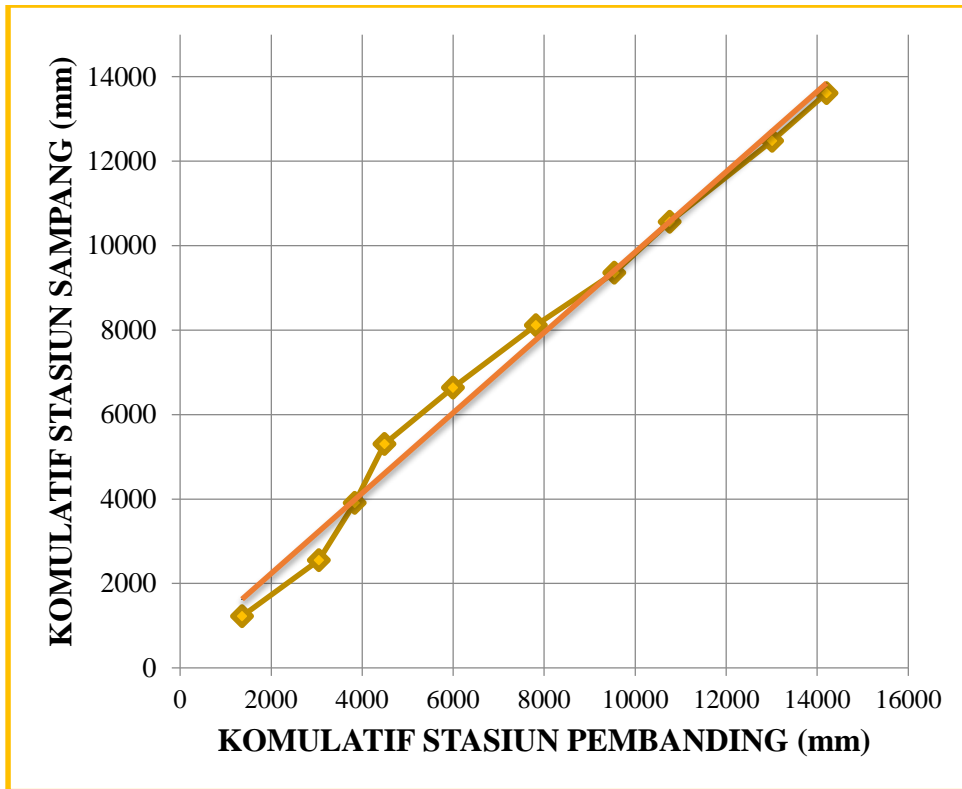
4.1.1 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data bertujuan untuk mengetahui apakah data hujan yang didapat memenuhi syarat baik digunakan atau tidak. Dalam perhitungan debit banjir rancangan digunakan data curah hujan dari 4 stasiun hujan yaitu Sampang, Omben, Kedungdung, dan Robatal. Pendekatan yang digunakan dalam uji konsistensi dalam studi ini adalah analisa Kurva Massa Ganda. Berikut merupakan hasil uji konsistensi untuk setiap stasiun.

Tabel 4.1
Uji konsistensi data stasiun Sampang

No	Tahun	St. Sampang (mm)	Kumulatif (mm)	Rerata St. Lain (mm)	Kumulatif (mm)
1	2006	1358	1358	1225.667	1225.667
2	2007	1693	3051	1330.000	2555.667
3	2008	785	3836	1353.667	3909.333
4	2009	656	4492	1392.500	5301.833
5	2010	1504	5996	1340.333	6642.167
6	2011	1822	7818	1475.000	8117.167
7	2012	1726	9544	1245.333	9362.500
8	2013	1215	10759	1206.667	10569.167
9	2014	2250	13009	1912.000	12481.167
10	2015	1199	14208	1133.333	13614.500

Sumber: Hasil Perhitungan

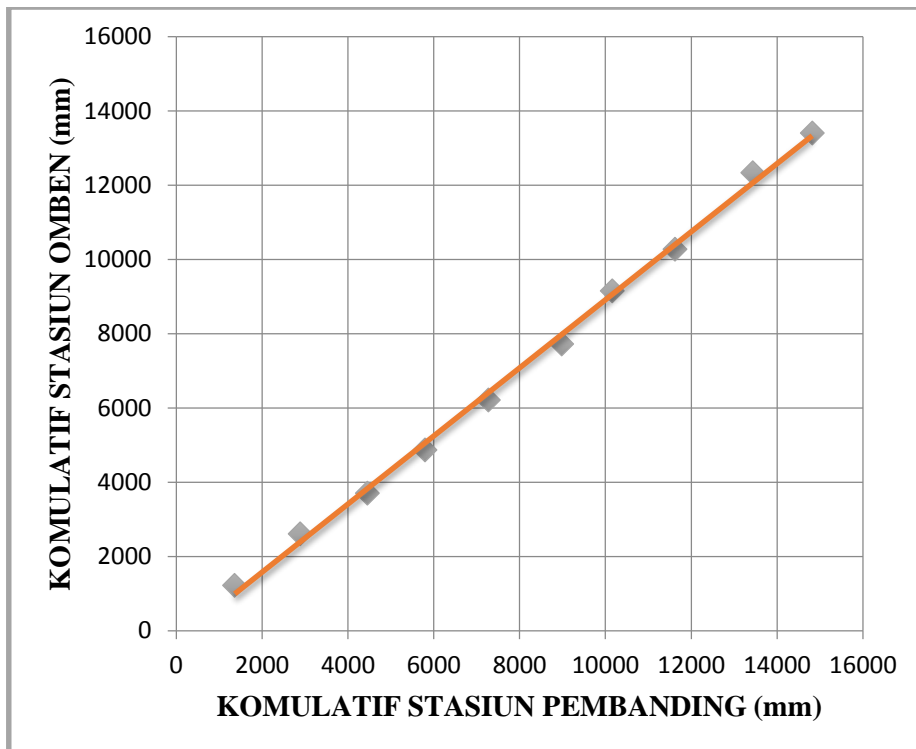


Gambar 4.1 Grafik kurva massa ganda stasiun Sampang
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.2
Uji konsistensi data stasiun Omben

No	Tahun	Sta. Omben (mm)	Kumulatif (mm)	Rerata St. Lain (mm)	Kumulatif (mm)
1	2006	1360	1360	1225.000	1225.000
2	2007	1527	2887	1385.333	2610.333
3	2008	1565	4452	1093.667	3704.000
4	2009	1343	5795	1163.500	4867.500
5	2010	1478	7273	1349.000	6216.500
6	2011	1708	8981	1513.000	7729.500
7	2012	1176	10157	1428.667	9158.167
8	2013	1467	11624	1122.667	10280.833
9	2014	1809	13433	2059.000	12339.833
10	2015	1387	14820	1070.667	13410.500

Sumber: Hasil Perhitungan

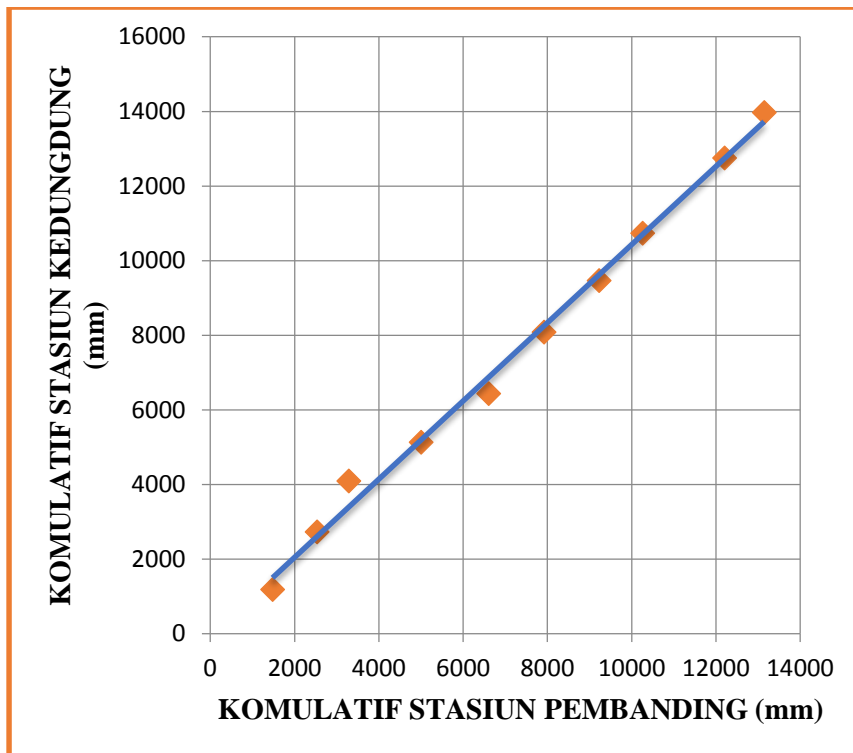


Gambar 4.2 Grafik kurva massa ganda stasiun Omben
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.3
Uji konsistensi stasiun Kedungdung

No	Tahun	Sta. Kedungdung (mm)	Kumulatif (mm)	Rerata St. Lain (mm)	Kumulatif (mm)
1	2006	1476	1476	1186.333	1186.333
2	2007	1057	2533	1542.000	2728.333
3	2008	752	3285	1364.667	4093.000
4	2009	1720.5	5005.5	1037.667	5130.667
5	2010	1605	6610.5	1306.667	6437.333
6	2011	1309	7919.5	1646.000	8083.333
7	2012	1307	9226.5	1385.000	9468.333
8	2013	1039	10265.5	1265.333	10733.667
9	2014	1941	12206.5	2015.000	12748.667
10	2015	941	13147.5	1219.333	13968.000

Sumber: Hasil Perhitungan



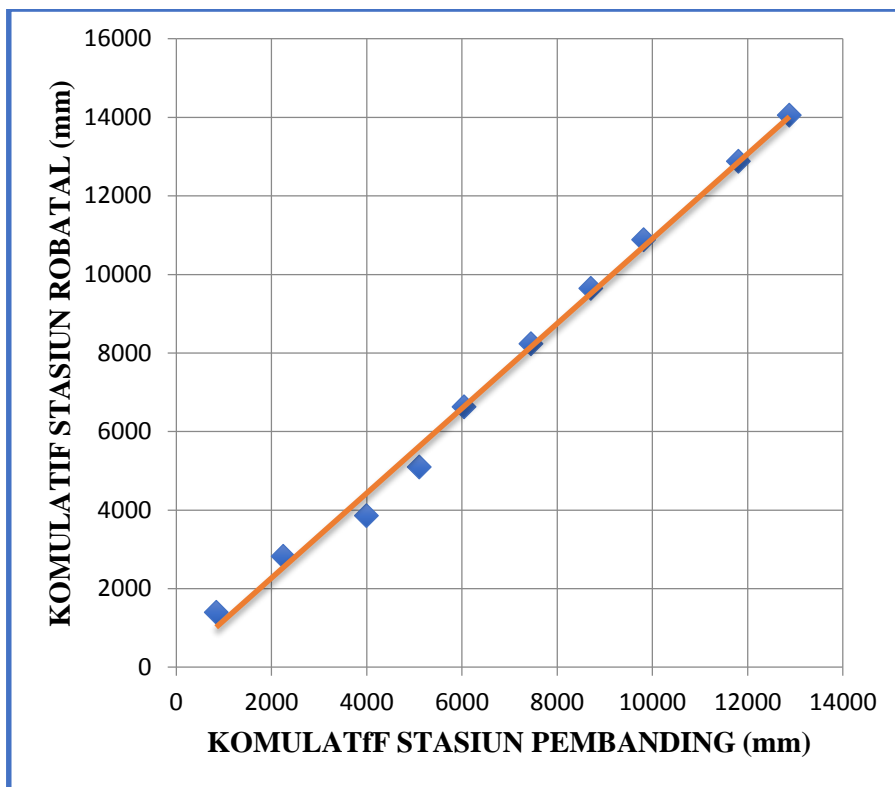
Gambar 4.3 Grafik kurva massa ganda stasiun Kedungdung
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.4

Uji konsistensi stasiun Robatal

No	Tahun	Sta. Robatal (mm)	Kumulatif (mm)	Rerata St. Lain (mm)	Kumulatif (mm)
1	2006	841	841	1398.000	1398.000
2	2007	1406	2247	1425.667	2823.667
3	2008	1744	3991	1034.000	3857.667
4	2009	1114	5105	1239.833	5097.500
5	2010	938	6043	1529.000	6626.500
6	2011	1408	7451	1613.000	8239.500
7	2012	1253	8704	1403.000	9642.500
8	2013	1114	9818	1240.333	10882.833
9	2014	1986	11804	2000.000	12882.833
10	2015	1072	12876	1175.667	14058.500

Sumber: Hasil Perhitungan

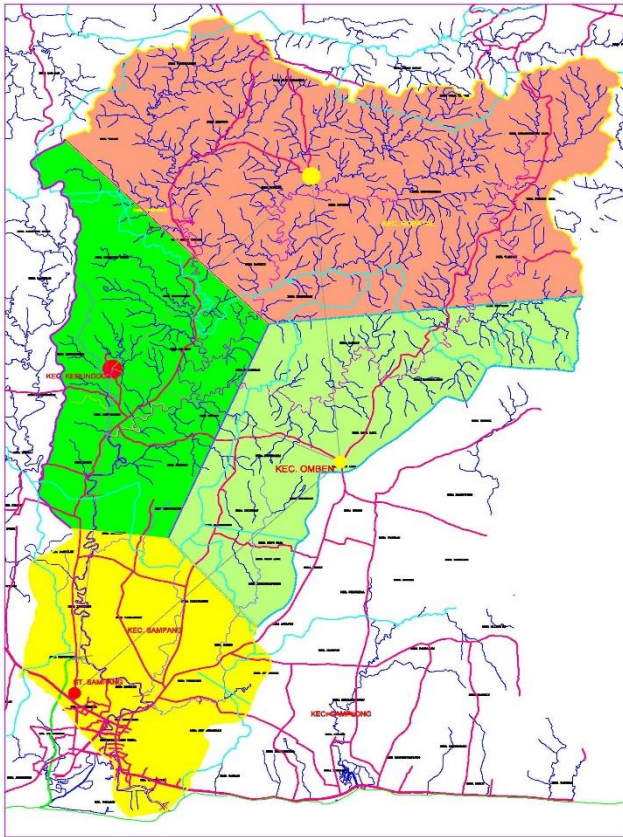


Gambar 4.4 Grafik kurva massa ganda stasiun Robatal
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil uji konsistensi di atas menunjukkan bahwa tidak adanya penyimpangan yang berarti, sehingga dapat disimpulkan bahwa data hujan pada 4 stasiun daerah target konsisten.

4.1.2 Curah Hujan Rerata Daerah

Dalam studi ini, perhitungan curah hujan rerata daerah menggunakan metode Poligon Thiessen. Data yang akan digunakan didapat dari 4 stasiun yang berada dalam DAS Kali Kamuning yang berpengaruh dan cukup lengkap. Berikut merupakan hasil peta Poligon Thiessen dari DAS Kali Kamuning:



Gambar 4.5 Peta Poligon Thiessen DAS Kali Kamuning
Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah mendapatkan gambar peta Poligon Thiessen, maka akan diketahui luas-luas poligon untuk setiap stasiun hujan. Dari luas-luas tersebut kemudian akan didapatkan nilai presentase luas pengaruh yang nantinya akan menjadi nilai koefisien Thiessen.

Tabel 4.5
Hasil perhitungan Poligon Thiessen

Stasiun Hujan	Luas (km²)	Luas DAS Kali Kamuning (km²)	Presentase (%)	Kofisien Thiessen
Omben	63.250	310.20	20.39	0.204
Robatal	132.604	310.20	42.75	0.427
Sampang	51.150	310.20	16.49	0.165
Kedundung	63.195	310.20	20.37	0.204
Jumlah				1.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Sebagai contoh perhitungan presentase luas pengaruh stasiun Omben, dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{A_1}{A} \times 100\% = \frac{63,25}{310,20} = 20.39\%$$

Maka, didapat nilai koefisien Thiessen sebesar 0,204.

Tabel 4.6
Perhitungan curah hujan rerata daerah

No.	Tahun	St.	St.	St.	St.	Curah Hujan Rerata Daerah (mm/hari)
		Sampang	Omben	Kedungdung	Robatal	
		0.165	0.204	0.204	0.427	
1	2006	96.0	141	60	55.0	80.31
2	2007	132.0	95	43	88.0	87.52
3	2008	80.0	40.0	80.0	75.0	69.71
4	2009	65.0	115	30	35.0	55.24
5	2010	89.0	130	65	45.0	73.66
6	2011	132.0	95.0	60.0	88.0	90.98
7	2012	95.0	97	43	87.5	81.61
8	2013	65.0	115	30	35.0	55.24
9	2014	89.0	130	65	45.0	73.66
10	2015	67.0	73	69	43.0	58.37
Jumlah		910.0	1031.0	545.0	596.5	726.3
Rerata		91.0	103.1	54.5	59.7	72.6

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan tinggi curah hujan daerah metode Poligon Thiessen pada tahun 2006 :

$$\begin{aligned} \bar{R} &= (R_{\text{Sampang}} \times \text{Koef. Thiessen}) + (R_{\text{Omben}} \times \text{Koef. Thiessen}) + (R_{\text{Kedundung}} \times \text{Koef. Thiessen}) \\ &\quad + (R_{\text{Robatal}} \times \text{Koef. Thiessen}) \\ &= (96,0 \times 0,165) + (141 \times 0,204) + (60 \times 0,204) + (55 \times 0,427) \\ &= 80,31 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Dalam perhitungan curah hujan rancangan dalam studi ini digunakan metode Log Pearson III, hal ini mempertimbangkan bahwa metode ini lebih fleksibel dan dapat digunakan untuk semua sebaran data serta umum dipakai. Secara garis besar, langkah perhitungan dengan menggunakan metode ini diuraikan sebagai berikut:

1. Ubah data curah hujan n buah X_1, X_2, \dots, X_n menjadi $\text{Log } X_1, \text{Log } X_2, \dots, \text{Log } X_n$
Misal dipakai data hujan tahun 2006 dengan tinggi curah hujan sebesar 80,31 mm/hari.
kemudian ditentukan nilai $\text{Log } X$ data tersebut.

$$\begin{aligned}\text{Log } X &= \text{Log } 80,31 \\ &= 1,9048\end{aligned}$$

2. Hitung harga rata-rata

Dari hasil perhitungan selama periode 2006-2015, didapatkan $\overline{\text{Log } x} = 1,85$

3. Hitung standar deviasi

Standar deviasi dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-3)

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{0,06}{(10-1)}} \\ &= 0,08\end{aligned}$$

4. Hitung koefisien kepengcengan (Cs)

Koefisien kepengcengan (Cs) dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-4)

$$\begin{aligned}Cs &= \frac{10 \times (-0,00141)}{(10-1)(10-2) \times 0,08^3} \\ &= -0,379\end{aligned}$$

Nilai $Cs = -0,379$ sesuai dengan persyaratan dalam pedoman pemilihan metode frekuensi untuk metode Log Pearson III, yaitu $Cs \neq 0$.

Sehingga, untuk perhitungan lainnya dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.7
Data perhitungan Log Pearson III

NO	Tahun	Curah Hujan (mm/hari)	Log X	(LogX - Log X_{rt}) ²	(Log X-Log X_{rt}) ³
1	2006	80.31	1.9048	0.0025	0.0001
2	2007	87.52	1.9421	0.0077	0.0007
3	2008	69.71	1.8433	0.0001	0.0000
4	2009	55.24	1.7423	0.0126	-0.0014
5	2010	73.66	1.8672	0.0002	0.0000
6	2011	90.98	1.9589	0.0109	0.0011

Lanjutan Tabel 4.7 Data perhitungan Log Pearson III

NO	Tahun	Curah Hujan	Log X	$(\text{Log X} - \text{Log } X_{rt})^2$	$(\text{Log X} - \text{Log } X_{rt})^3$
		(mm/hari)			
7	2012	81.61	1.9117	0.0033	0.0002
8	2013	55.24	1.7423	0.0126	-0.0014
9	2014	73.66	1.8672	0.0002	0.0000
10	2015	58.37	1.7662	0.0078	-0.0007
Jumlah		726.30	18.55	0.06	-0.00141
Rerata		72.63	1.85	0.01	0.00
Deviasi		0.08	0.08	0.01	0.00
n		10.00	10.00	10.00	10.00
Cs			-0.38		

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Menghitung curah hujan rancangan

Sebagai contoh perhitungan diambil data untuk hujan rancangan dengan kala ulang 25 tahun sebagai berikut:

Data yang diketahui:

$$\overline{\text{Log } x} = 1,85$$

$$Sd \text{ Log } X = 0,08$$

$$Cs = -0,38$$

$$Tr = 25, \text{ maka } Pr = \frac{100\%}{25} = 4\%$$

Untuk nilai $Cs = -0,38$ dan nilai $Pr = 4\%$, didapat nilai $K = 1,614$

$$\begin{aligned} \text{Log } X &= \overline{\text{Log } X} + K \times Sd \text{ Log } X \\ &= 1,85 + (1,614) \times 0,08 \\ &= 1,860 \end{aligned}$$

6. Menghitung antilog dari logaritma XT untuk mendapatkan curah hujan rancangan

Hujan Rancangan

$$\begin{aligned} X_{\text{rancangan}} &= 10^{\text{Log } X} \\ &= 10^{1,860} = 72,381 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.8
Hasil perhitungan hujan rancangan dengan metode Log Pearson III

Kala Ulang	Log X_{rt}	K	Sd	Hujan Rancangan (mm/hari)	
2	1.85	0.063	0.08	1.860	72.381
5	1.85	0.855	0.08	1.923	83.773
10	1.85	1.234	0.08	1.954	89.848
25	1.85	1.614	0.08	1.984	96.373
50	1.85	1.846	0.08	2.003	100.589
100	1.85	2.045	0.08	2.018	104.351

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi

4.1.4.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis atau frekuensi harapan dengan ordinat empiris. Untuk mengetahui hasil dari uji ini maka digunakan persamaan (2-6) untuk menghitung X^2 hitung beserta dengan banyaknya kelas distribusi yang menggunakan persamaan (2-8).

Dalam perhitungan uji chi-kuadrat ini, data pengamatan diurutkan dari kecil ke besar. Berikut merupakan data hujan yang telah diurutkan dari kecil ke besar.

Tabel 4.9
Data tinggi hujan

No	Tinggi Hujan (X) (mm/hari)	Log X
1	55.24	1.742
2	55.24	1.742
3	58.37	1.766
4	69.71	1.843
5	73.66	1.867
6	73.66	1.867
7	80.31	1.905
8	81.61	1.912

Lanjutan Tabel 4.9 Data tinggi hujan

No	Tinggi Hujan (X)	Log X
	(mm/hari)	
9	87.52	1.942
10	90.98	1.959

Sumber: Hasil Perhitungan

Pengelompokkan data :

$$\begin{aligned} k &= 1 + 3,22 \log n \\ &= 1 + 3,22 \log 10 \\ &= 4,22 \sim 5 \end{aligned}$$

Menghitung batas kelas dengan sebaran peluang :

$$\frac{100\%}{5} = 20\%$$

Sebagai contoh perhitungan akan menggunakan nilai $Pr = 20\%$

Untuk $Pr = 20\%$ dan $Cs = -0,379$ didapatkan nilai $K = 0,855$

$$\begin{aligned} \text{Log X} &= \overline{\text{Log X}} + K \times Sd\text{Log X} \\ &= 1,855 + (0,855) \times 0,08 \\ &= 1,923 \\ X &= 10^{\text{Log X}} \\ &= 10^{1,923} \\ &= 83,785 \end{aligned}$$

Perhitungan lainnya dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.10

Uji Simpangan Vertikal-1

Probabilitas	K	Log X	X
80	-0.819	1.789	61.508
60	-0.231	1.836	68.565
40	0.327	1.881	76.006
20	0.855	1.923	83.785

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.11
Hasil Perhitungan Chi-Kuadrat

No.	Batas Kelas	Expected Frequency (Ef)	Observed Frequency (Of)	Ef - Of	(Ef - Of) ²
1	0-61.508	2.000	3	1.000	1.000
2	61.508 - 68.565	2.000	0	2.000	4.000
3	68.565 - 76.006	2.000	3	1.000	1.000
4	76.0059 - 83.785	2.000	2	0.000	0.000
5	83.785 ~	2.000	2	0.000	0.000
JUMLAH		10.00	10.00		6.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh Perhitungan :

Banyak data = 10

Banyak kelas (k) = 5

Derajat Bebas (n) = $k - h - 1$; $h=2$
= 2

Dari Tabel 2.4, untuk $\alpha = 5\%$ diperoleh $x^2_{cr} = 5,991$ dan untuk $\alpha = 1\%$ diperoleh $x^2_{cr} = 9,210$.

Expected Frequency (Ef)

$$Ef = \frac{n}{k} = \frac{10}{5} = 2$$

Observed Frequency (Of)

Nilai Observed Frequency ini didapat dari perhitungan probabilitas distribusi teoritis dengan memakai interval probabilitas.

Dari Tabel nilai kritis untuk kecocokan Chi-Kuadrat (Lampiran), untuk $\alpha = 5\%$ diperoleh $x^2_{cr} = 5,991$ dan didapat $x^2_{hitung} = 3,0$. Sehingga $x^2_{hitung} < x^2_{cr} \rightarrow 3,0 < 5,991$ maka hipotesa dapat diterima. Sedangkan untuk $\alpha=1\%$ diperoleh $x^2_{cr} = 9,210$ dan didapat $x^2_{hitung} = 3,0$. Sehingga $x^2_{hitung} < x^2_{cr} \rightarrow 3,0 < 9,210$ maka hipotesa dapat diterima.

4.1.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian Smirnov-Kolmogorov sering disebut sebagai uji kecocokan *non-parametric*, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Sebagai contoh perhitungan akan digunakan data pada tahun 2011 dengan besar curah hujan 90,98 mm/hari.

data hujan sebelumnya akan disusun mulai dari besar ke kecil. Dengan menghitung peluang empiris menggunakan rumus Weibull sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{m}{n+1} \\
 &= \frac{1}{10+1} \\
 &= 9,1
 \end{aligned}$$

Mencari nilai Log dari hujan rerata

$$\text{Log } 90,98 = 1,96$$

Mencari nilai K dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{\text{Log}X - \overline{\text{Log}X}}{Sd} \\
 &= \frac{1,96 - 1,85}{0,08} \\
 &= 1,302
 \end{aligned}$$

Menghitung selisih Pe dan Pt dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{maks}} &= [Pe - Pt] \\
 &= [9,091 - 8,941] \\
 &= 0,150
 \end{aligned}$$

Mencari nilai Δ_{maks} kemudian dicocokkan dengan Δ_{cr} (Tabel Nilai Kritis Smirnov-Kolmogorof), jika $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{cr}}$ maka distribusi diterima.

Untuk perhitungan lainnya dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.12
Perhitungan Δ_{maks}

No.	X (mm/hari)	Distribusi Empiris (Pe) (%)	Distribusi Teoritis (Pt) (%)	Pe-Pt (%)
1	90.98	9.091	8.941	0.150
2	87.52	18.182	13.779	4.403
3	81.61	27.273	25.404	1.869
4	80.31	36.364	28.682	7.681
5	73.66	45.455	46.431	0.976
6	73.66	54.545	46.431	8.115
7	69.71	63.636	56.959	6.677

Lanjutan Tabel 4.12 Perhitungan Δ_{maks}

No.	X (mm/hari)	Distribusi Empiris (Pe) (%)	Distribusi Teoritis (Pt) (%)	Pe-Pt (%)
8	58.37	72.727	85.717	12.989
9	55.24	81.818	91.000	9.181
10	55.24	90.909	91.000	0.090
$\Delta_{maks} (\%) =$				12.99

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel Nilai Kritis Smirnov-Kolmogorof (lampiran) diketahui untuk $\alpha = 5\%$ diperoleh nilai $\Delta_{cr} = 41,0$ dan untuk $\alpha = 1\%$ diperoleh nilai $\Delta_{cr} = 49,0$. Dengan demikian dapat disimpulkan sebagai berikut.

Tabel 4.13
Perbandingan Nilai Δ_{maks} dengan Δ_{cr}

No.	Δ_{cr}	Δ_{maks}		Keterangan
1	41,0	12.99	$\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$	Hipotesa Log Pearson III Diterima
2	49,0	12.99	$\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$	Hipotesa Log Pearson III Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.5 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman

Untuk menghitung hidrograf banjir rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan, perlu diketahui dahulu sebaran hujan jam-jaman. Dengan demikian perhitungan dapat dilakukan dengan rumus Mononobe (2-10) dan (2-11), maka contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

Rata-rata waktu konsentrasi hujan untuk Indonesia adalah $t = 6$ jam

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

Maka,

$$T = 1 \text{ jam} \quad R_1 = \frac{R_{24}}{6} \left(\frac{6}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.5503 R_{24}$$

$$T = 2 \text{ jam} \quad R_2 = \frac{R_{24}}{6} \left(\frac{6}{2} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.3467 R_{24}$$

$$T = 3 \text{ jam} \quad R_3 = \frac{R_{24}}{6} \left(\frac{6}{3} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.2646 R_{24}$$

$$T = 4 \text{ jam} \quad R_4 = \frac{R_{24}}{6} \left(\frac{6}{4} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.2184 R_{24}$$

$$T = 5 \text{ jam} \quad R_5 = \frac{R_{24}}{6} \left(\frac{6}{5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.1882 R_{24}$$

$$T = 6 \text{ jam} \quad R_6 = \frac{R_{24}}{6} \left(\frac{6}{6} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.1667 R_{24}$$

Curah hujan jam-jaman

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

Dengan R_T = presentasi intensitas

$$\begin{aligned} 1 \text{ jam} : R_1 &= 1 \times 0,5503R_{24} - (1-1) \times R_0 \\ &= 0,5503R_{24} - 0 \\ &= 0,55 \times 100\% \\ &= 55,03\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \text{ jam} : R_2 &= 2 \times 0,3467R_{24} - (2-1) \times 0,5503R_{24} \\ &= 0,6934R_{24} - 0,5503R_{24} \\ &= 0,1430 \times 100\% \\ &= 14,30\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \text{ jam} : R_3 &= 3 \times 0,2646R_{24} - (3-1) \times 0,3467R_{24} \\ &= 0,7937R_{24} - 0,6934R_{24} \\ &= 0,1003 \times 100\% \\ &= 10,03\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4 \text{ jam} : R_4 &= 4 \times 0,2184R_{24} - (4-1) \times 0,2646R_{24} \\ &= 0,8736R_{24} - 0,7937R_{24} \\ &= 0,0799 \times 100\% \\ &= 7,99\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5 \text{ jam} : R_5 &= 5 \times 0,1882R_{24} - (5-1) \times 0,2184R_{24} \\ &= 0,941R_{24} - 0,8736R_{24} \end{aligned}$$

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

$$= 6,75 \%$$

$$6 \text{ jam} : R_6 = 6 \times 0,55R_{24} - (6-1) \times 0,1882R_{24}$$

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

$$= 0,059 \times 100\%$$

$$= 5,90\%$$

Tabel 4.14
Perhitungan Rasio Hujan Jam-jaman

Jam ke- (t)	Distribusi hujan		Curah hujan		Rasio (%)	Kumulatif [%]
	(Rt)		jam ke-			
	1 jam-an					
1	0.5503	R24	0.550	R24	55.03	55.03
2	0.3467	R24	0.143	R24	14.30	69.34
3	0.2646	R24	0.100	R24	10.03	79.37
4	0.2184	R24	0.080	R24	7.99	87.36
5	0.1882	R24	0.067	R24	6.75	94.10
6	0.1667	R24	0.059	R24	5.90	100.00
Jumlah			1.000		100	

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.6 Perhitungan Koefisien Pengaliran

Perhitungan koefisien pengaliran didapat dari menghitung jumlah luas tutupan lahan pada DAS Kali Kamuning. Dari peta tata guna lahan, dapat diketahui bentuk penutupan lahan apa saja dan berapa luas setiap lahannya.

Berikut adalah peta tata guna lahan pada DAS Kali Kamuning.

Tabel 4.15
Perhitungan Koefisien Pengaliran

No.	Bentuk Penutupan	A (km ²)	C	A x C
1	Semak Belukar	4.30	0.07	0.30
2	Kebun	12.44	0.40	4.98
3	Ladang	158.20	0.40	63.28
4	Pemukiman	54.64	0.60	32.78
5	Pertanian	73.52	0.15	11.03

Lanjutan Tabel 4.15 Perhitungan Koefisien Pengaliran

No.	Bentuk Penutupan	A (km ²)	C	A x C
6	Rawa	0.44	0.05	0.02
7	Tambak	6.60	0.05	0.33
8	Tanah Kosong	0.06	0.20	0.01
Jumlah		310.20		112.73

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan koefisien pengaliran adalah sebagai berikut.

$$\text{Luas DAS} = 310,20 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien pengaliran} &= \sum \left(\frac{\text{Luaslahan}}{\text{LuasDAS}} \times C \right) \\ &= \frac{112,73}{310,20} \\ &= 0,3634 \end{aligned}$$

4.1.7 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Hujan efektif didapatkan dengan mengalikan hujan rancangan dengan koefisien pengaliran.

- Curah hujan dengan kala ulang 25 tahun = 96,373 mm/hari
- Koefisien pengaliran (c) = 0,3634

Dengan begitu, curah hujan efektif untuk kala ulang 25 tahun adalah:

$$\begin{aligned} R_n &= c \times R \\ &= 0,3634 \times 96,373 \\ &= 35,022 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.16
Curah Hujan Tiap Jam

Waktu Jam	Ratio (%)	Curah Hujan Tiap Jam					
		2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
1	55.03	14.475	16.753	17.968	19.273	20.116	20.869
2	14.30	3.762	4.355	4.670	5.010	5.229	5.424
3	10.03	2.639	3.055	3.276	3.514	3.668	3.805
4	7.99	2.101	2.432	2.608	2.798	2.920	3.029
5	6.75	1.774	2.054	2.202	2.362	2.466	2.558

Lanjutan Tabel 4.16 Curah Hujan Tiap Jam

Waktu Jam	Ratio (%)	Curah Hujan Tiap Jam					
		2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
6	5.90	1.551	1.795	1.925	2.065	2.155	2.236
Hujan Rancangan (mm/hari)		72.381	83.773	89.848	96.373	100.589	104.351
Koefisien Pengaliran		0.363	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363
Hujan Efektif (mm/hari)		26.303	30.443	32.651	35.022	36.554	37.921

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.8 Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan merupakan debit maksimum yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Dalam studi ini metode dalam penentuan debit banjir rancangan dilakukan dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintesis Nakayasu.

Parameter-parameter perhitungan yang diperlukan adalah sebagai berikut::

- Karakteristik DAS

$$\begin{aligned} \text{Luas DAS (A)} &= 310,2 \text{ km}^2 \\ \text{Panjang sungai utama (L)} &= 27,68 \text{ km} \\ \text{Koefisien karakteristik fisik DAS } (\alpha) &= 2 \\ \text{Hujan netto satuan (R}_e) &= 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Aliran dasar

$$\begin{aligned} Q_b &= 0,4751 \times A^{0,6444} \times \left(\frac{L}{A}\right)^{0,943} \\ &= 0,4751 \times 310,2^{0,6444} \times \left(\frac{27,68}{310,2}\right)^{0,943} \\ &= 1,96 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

- Parameter-parameter hidrograf

Waktu konsentrasi hujan (tg)

Dengan $L > 15 \text{ km}$, maka $tg = 0,40 + 0,058 \times L$

$$\begin{aligned} tg &= 0,40 + 0,058 \times L \\ &= 0,40 + 0,058 \times 27,68 \\ &= 2,01 \text{ jam} \end{aligned}$$

Satuan waktu hujan (T_r)

$$\begin{aligned} T_r &= 0,64 T_g \\ &= 0,64 \times 2,01 \\ &= 1,29 \text{ jam} \end{aligned}$$

Tenggang waktu (T_p)

$$\begin{aligned} T_p &= t_g + 0,8 T_r \\ &= 2,01 + (0,8 \times 1,29) \\ &= 3,04 \text{ jam} \\ &= 3 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu penurunan debit, dari debit puncak sampai dengan menjadi 0,30 Q_{\max}

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= \alpha t_g \\ &= 2 \times 2,01 \\ &= 4,01 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,5 T_{0,3} &= 0,5 \times 4,01 \\ &= 2,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,5 T_{0,3} &= 1,5 \times 4,01 \\ &= 6,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 T_{0,3} &= 2 \times 4,01 \\ &= 8,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0,3} &= 3,0 + 4,01 \\ &= 7,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} &= 3,0 + 4,01 + 6,02 \\ &= 13,03 \end{aligned}$$

Debit puncak (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{A \cdot R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \\ &= \frac{310,2 \times 1}{3,6(0,3 \times 3,0 + 4,01)} = 17,325 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Menghitung koordinat kurva naik dan kurva turun hidrograf.

- Kurva naik

$$0 \leq t \leq T_p \rightarrow 0 \leq t \leq 3,0$$

Rumus kurva naik:

$$\begin{aligned}
 Q_n &= Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \\
 &= 17,325 \left(\frac{t}{3,0} \right)^{2,4}
 \end{aligned}$$

▪ Kurva turun

$$T_p \leq t < (T_p + T_{0,3}) \rightarrow 3,0 \leq t < 7,01$$

$$\begin{aligned}
 Q_{t1} &= Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right) \\
 &= 17,325 \times 0,3 \left(\frac{t-3,0}{7,01} \right)
 \end{aligned}$$

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) \rightarrow 7,01 \leq t < 13,03$$

$$\begin{aligned}
 Q_{t2} &= Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right) \\
 &= 17,325 \times 0,3 \left(\frac{t-3,0+2,01}{6,02} \right) \\
 &= 17,325 \times 0,3 \left(\frac{t-5,01}{6,02} \right)
 \end{aligned}$$

$$t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) \rightarrow t \geq 13,03$$

$$\begin{aligned}
 Q_{t3} &= Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right) \\
 &= 17,325 \times 0,3 \left(\frac{t-3,0+6,02}{8,02} \right) \\
 &= 17,325 \times 0,3 \left(\frac{t-9,02}{8,02} \right)
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.17

Tabulasi Perhitungan Ordinat Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

T (jam)	Q (m ³ /dt/mm)	Keterangan
0.00	0.00	
1.00	1.06	Q_n
2.00	5.57	
3.00	17.33	T_p
4.00	12.83	
5.00	9.50	Q_{t1}
6.00	7.04	
7.00	5.21	
8.00	4.26	
9.00	3.49	Q_{t2}
10.00	2.86	
11.00	2.34	
12.00	1.92	
13.00	1.57	
14.00	1.35	
15.00	1.16	
16.00	1.00	
17.00	0.86	
18.00	0.74	
19.00	0.64	
20.00	0.55	Q_{t3}
21.00	0.47	
22.00	0.41	
23.00	0.35	
24.00	0.30	
25.00	0.26	
26.00	0.22	
27.00	0.19	
28.00	0.16	

Lanjutan Tabel 4.17 Tabulasi Perhitungna Ordinat Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

T (jam)	Q (m ³ /dt/mm)	Keterangan
29.00	0.14	
30.00	0.12	
31.00	0.11	
32.00	0.09	
33.00	0.08	
34.00	0.07	
35.00	0.06	
36.00	0.05	
37.00	0.04	
38.00	0.04	
39.00	0.03	
40.00	0.03	
41.00	0.02	
42.00	0.02	
43.00	0.02	
44.00	0.01	
45.00	0.01	
46.00	0.01	
47.00	0.01	
48.00	0.01	
49.00	0.01	
50.00	0.01	
51.00	0.01	
52.00	0.00	
53.00	0.00	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.18
 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 2 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 14.48	R ₂ 3.76	R ₃ 2.64	R ₄ 2.10	R ₅ 1.77	R ₆ 1.55		
0.00	0.00							1.96	1.96
1.00	1.06	15.28						1.96	17.24
2.00	5.57	80.65	3.97					1.96	86.58
3.00	17.33	250.79	20.96	2.79				1.96	276.50
4.00	12.83	185.75	65.18	14.70	2.22			1.96	269.82
5.00	9.50	137.59	48.28	45.73	11.71	1.87		1.96	247.13
6.00	7.04	101.91	35.76	33.87	36.40	9.89	1.64	1.96	221.42
7.00	5.21	75.40	26.49	25.09	26.96	30.74	8.64	1.96	195.28
8.00	4.26	61.72	19.60	18.58	19.97	22.77	26.87	1.96	171.48
9.00	3.49	50.53	16.04	13.75	14.79	16.86	19.90	1.96	133.84
10.00	2.86	41.37	13.13	11.25	10.94	12.49	14.74	1.96	105.89
11.00	2.34	33.86	10.75	9.21	8.96	9.24	10.92	1.96	84.91
12.00	1.92	27.72	8.80	7.54	7.33	7.57	8.08	1.96	69.01
13.00	1.57	22.66	7.21	6.17	6.00	6.19	6.61	1.96	56.82
14.00	1.35	19.50	5.89	5.05	4.92	5.07	5.41	1.96	47.81
15.00	1.16	16.79	5.07	4.13	4.02	4.15	4.43	1.96	40.56
16.00	1.00	14.45	4.36	3.56	3.29	3.40	3.63	1.96	34.64
17.00	0.86	12.43	3.76	3.06	2.83	2.78	2.97	1.96	29.79
18.00	0.74	10.70	3.23	2.63	2.44	2.39	2.43	1.96	25.78
19.00	0.64	9.21	2.78	2.27	2.10	2.06	2.09	1.96	22.46
20.00	0.55	7.93	2.39	1.95	1.80	1.77	1.80	1.96	19.61
21.00	0.47	6.82	2.06	1.68	1.55	1.52	1.55	1.96	17.15
22.00	0.41	5.87	1.77	1.45	1.34	1.31	1.33	1.96	15.03
23.00	0.35	5.05	1.53	1.24	1.15	1.13	1.15	1.96	13.21
24.00	0.30	4.35	1.31	1.07	0.99	0.97	0.99	1.96	11.64
25.00	0.26	3.74	1.13	0.92	0.85	0.84	0.85	1.96	10.29
26.00	0.22	3.22	0.97	0.79	0.73	0.72	0.73	1.96	9.13

Lanjutan Tabel 4.18 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 2 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 14.48	R ₂ 3.76	R ₃ 2.64	R ₄ 2.10	R ₅ 1.77	R ₆ 1.55		
27.00	0.19	2.77	0.84	0.68	0.63	0.62	0.63	1.96	8.13
28.00	0.16	2.39	0.72	0.59	0.54	0.53	0.54	1.96	7.27
29.00	0.14	2.05	0.62	0.51	0.47	0.46	0.47	1.96	6.53
30.00	0.12	1.77	0.53	0.43	0.40	0.39	0.40	1.96	5.90
31.00	0.11	1.52	0.46	0.37	0.35	0.34	0.35	1.96	5.35
32.00	0.09	1.31	0.40	0.32	0.30	0.29	0.30	1.96	4.88
33.00	0.08	1.13	0.34	0.28	0.26	0.25	0.26	1.96	4.47
34.00	0.07	0.97	0.29	0.24	0.22	0.22	0.22	1.96	4.12
35.00	0.06	0.83	0.25	0.21	0.19	0.19	0.19	1.96	3.82
36.00	0.05	0.72	0.22	0.18	0.16	0.16	0.16	1.96	3.56
37.00	0.04	0.62	0.19	0.15	0.14	0.14	0.14	1.96	3.34
38.00	0.04	0.53	0.16	0.13	0.12	0.12	0.12	1.96	3.15
39.00	0.03	0.46	0.14	0.11	0.10	0.10	0.10	1.96	2.98
40.00	0.03	0.39	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	1.96	2.84
41.00	0.02	0.34	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	1.96	2.72
42.00	0.02	0.29	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	1.96	2.61
43.00	0.02	0.25	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	1.96	2.52
44.00	0.01	0.22	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	1.96	2.44
45.00	0.01	0.19	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	1.96	2.38
46.00	0.01	0.16	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	1.96	2.32
47.00	0.01	0.14	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.27
48.00	0.01	0.12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.23
49.00	0.01	0.10	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	1.96	2.19
50.00	0.01	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.16
51.00	0.01	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.13
52.00	0.00	0.07	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	1.96	2.11

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.19
Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 5 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 16.75	R ₂ 4.35	R ₃ 3.05	R ₄ 2.43	R ₅ 2.05	R ₆ 1.80		
0.00	0.00							1.96	1.96
1.00	1.06	17.68						1.96	19.65
2.00	5.57	93.34	4.60					1.96	99.90
3.00	17.33	290.26	24.26	3.22				1.96	319.70
4.00	12.83	214.99	75.44	17.02	2.57			1.96	311.98
5.00	9.50	159.24	55.88	52.92	13.55	2.17		1.96	285.72
6.00	7.04	117.95	41.39	39.20	42.13	11.44	1.89	1.96	255.96
7.00	5.21	87.27	30.66	29.03	31.21	35.58	10.00	1.96	225.71
8.00	4.26	71.44	22.68	21.51	23.11	26.35	31.10	1.96	198.16
9.00	3.49	58.48	18.57	15.91	17.12	19.52	23.03	1.96	154.60
10.00	2.86	47.88	15.20	13.03	12.67	14.46	17.06	1.96	122.25
11.00	2.34	39.19	12.44	10.66	10.37	10.70	12.64	1.96	97.97
12.00	1.92	32.08	10.19	8.73	8.49	8.76	9.35	1.96	79.56
13.00	1.57	26.23	8.34	7.15	6.95	7.17	7.65	1.96	65.45
14.00	1.35	22.57	6.82	5.85	5.69	5.87	6.27	1.96	55.03
15.00	1.16	19.43	5.87	4.78	4.66	4.80	5.13	1.96	46.63
16.00	1.00	16.72	5.05	4.12	3.81	3.93	4.20	1.96	39.79
17.00	0.86	14.39	4.35	3.54	3.28	3.22	3.44	1.96	34.17
18.00	0.74	12.38	3.74	3.05	2.82	2.77	2.81	1.96	29.53
19.00	0.64	10.66	3.22	2.62	2.43	2.38	2.42	1.96	25.69
20.00	0.55	9.17	2.77	2.26	2.09	2.05	2.08	1.96	22.38
21.00	0.47	7.89	2.38	1.94	1.80	1.76	1.79	1.96	19.54
22.00	0.41	6.79	2.05	1.67	1.55	1.52	1.54	1.96	17.09
23.00	0.35	5.85	1.77	1.44	1.33	1.31	1.33	1.96	14.98
24.00	0.30	5.03	1.52	1.24	1.15	1.12	1.14	1.96	13.17
25.00	0.26	4.33	1.31	1.07	0.99	0.97	0.98	1.96	11.60
26.00	0.22	3.73	1.13	0.92	0.85	0.83	0.85	1.96	10.26

Lanjutan Tabel 4.19 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 5 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 16.75	R ₂ 4.35	R ₃ 3.05	R ₄ 2.43	R ₅ 2.05	R ₆ 1.80		
27.00	0.19	3.21	0.97	0.79	0.73	0.72	0.73	1.96	9.10
28.00	0.16	2.76	0.83	0.68	0.63	0.62	0.63	1.96	8.11
29.00	0.14	2.38	0.72	0.58	0.54	0.53	0.54	1.96	7.25
30.00	0.12	2.05	0.62	0.50	0.47	0.46	0.46	1.96	6.51
31.00	0.11	1.76	0.53	0.43	0.40	0.39	0.40	1.96	5.88
32.00	0.09	1.51	0.46	0.37	0.34	0.34	0.34	1.96	5.33
33.00	0.08	1.30	0.39	0.32	0.30	0.29	0.30	1.96	4.86
34.00	0.07	1.12	0.34	0.28	0.26	0.25	0.25	1.96	4.46
35.00	0.06	0.97	0.29	0.24	0.22	0.22	0.22	1.96	4.11
36.00	0.05	0.83	0.25	0.20	0.19	0.19	0.19	1.96	3.81
37.00	0.04	0.72	0.22	0.18	0.16	0.16	0.16	1.96	3.55
38.00	0.04	0.62	0.19	0.15	0.14	0.14	0.14	1.96	3.33
39.00	0.03	0.53	0.16	0.13	0.12	0.12	0.12	1.96	3.14
40.00	0.03	0.46	0.14	0.11	0.10	0.10	0.10	1.96	2.98
41.00	0.02	0.39	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	1.96	2.84
42.00	0.02	0.34	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	1.96	2.71
43.00	0.02	0.29	0.09	0.07	0.07	0.06	0.07	1.96	2.61
44.00	0.01	0.25	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	1.96	2.52
45.00	0.01	0.22	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	1.96	2.44
46.00	0.01	0.19	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	1.96	2.37
47.00	0.01	0.16	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	1.96	2.32
48.00	0.01	0.14	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.27
49.00	0.01	0.12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.23
50.00	0.01	0.10	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	1.96	2.19
51.00	0.01	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.16
52.00	0.00	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.13

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.20
Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 10 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 17.97	R ₂ 4.67	R ₃ 3.28	R ₄ 2.61	R ₅ 2.20	R ₆ 1.93		
0.00	0.00							1.96	1.96
1.00	1.06	18.97						1.96	20.93
2.00	5.57	100.11	4.93					1.96	107.00
3.00	17.33	311.31	26.02	3.46				1.96	342.75
4.00	12.83	230.58	80.92	18.25	2.75			1.96	334.46
5.00	9.50	170.79	59.93	56.76	14.53	2.32		1.96	306.30
6.00	7.04	126.50	44.39	42.04	45.19	12.27	2.03	1.96	274.39
7.00	5.21	93.60	32.88	31.14	33.47	38.16	10.73	1.96	241.93
8.00	4.26	76.62	24.33	23.06	24.79	28.26	33.35	1.96	212.38
9.00	3.49	62.72	19.92	17.07	18.36	20.93	24.71	1.96	165.67
10.00	2.86	51.35	16.30	13.97	13.59	15.51	18.30	1.96	130.97
11.00	2.34	42.04	13.35	11.44	11.12	11.47	13.55	1.96	104.93
12.00	1.92	34.41	10.93	9.36	9.10	9.39	10.03	1.96	85.19
13.00	1.57	28.13	8.94	7.66	7.45	7.69	8.21	1.96	70.05
14.00	1.35	24.21	7.31	6.27	6.10	6.29	6.72	1.96	58.88
15.00	1.16	20.84	6.29	5.13	4.99	5.15	5.50	1.96	49.87
16.00	1.00	17.93	5.42	4.41	4.08	4.22	4.50	1.96	42.53
17.00	0.86	15.43	4.66	3.80	3.51	3.45	3.69	1.96	36.51
18.00	0.74	13.28	4.01	3.27	3.02	2.97	3.01	1.96	31.53
19.00	0.64	11.43	3.45	2.81	2.60	2.55	2.59	1.96	27.41
20.00	0.55	9.84	2.97	2.42	2.24	2.20	2.23	1.96	23.86
21.00	0.47	8.47	2.56	2.08	1.93	1.89	1.92	1.96	20.81
22.00	0.41	7.29	2.20	1.79	1.66	1.63	1.65	1.96	18.19
23.00	0.35	6.27	1.89	1.54	1.43	1.40	1.42	1.96	15.92
24.00	0.30	5.40	1.63	1.33	1.23	1.21	1.22	1.96	13.98
25.00	0.26	4.65	1.40	1.14	1.06	1.04	1.05	1.96	12.30
26.00	0.22	4.00	1.21	0.98	0.91	0.89	0.91	1.96	10.86

Lanjutan Tabel 4.20 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 10 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 17.97	R ₂ 4.67	R ₃ 3.28	R ₄ 2.61	R ₅ 2.20	R ₆ 1.93		
27.00	0.19	3.44	1.04	0.85	0.78	0.77	0.78	1.96	9.62
28.00	0.16	2.96	0.89	0.73	0.67	0.66	0.67	1.96	8.55
29.00	0.14	2.55	0.77	0.63	0.58	0.57	0.58	1.96	7.64
30.00	0.12	2.19	0.66	0.54	0.50	0.49	0.50	1.96	6.85
31.00	0.11	1.89	0.57	0.46	0.43	0.42	0.43	1.96	6.16
32.00	0.09	1.62	0.49	0.40	0.37	0.36	0.37	1.96	5.58
33.00	0.08	1.40	0.42	0.34	0.32	0.31	0.32	1.96	5.07
34.00	0.07	1.20	0.36	0.30	0.27	0.27	0.27	1.96	4.64
35.00	0.06	1.04	0.31	0.25	0.24	0.23	0.24	1.96	4.27
36.00	0.05	0.89	0.27	0.22	0.20	0.20	0.20	1.96	3.95
37.00	0.04	0.77	0.23	0.19	0.17	0.17	0.17	1.96	3.67
38.00	0.04	0.66	0.20	0.16	0.15	0.15	0.15	1.96	3.43
39.00	0.03	0.57	0.17	0.14	0.13	0.13	0.13	1.96	3.23
40.00	0.03	0.49	0.15	0.12	0.11	0.11	0.11	1.96	3.05
41.00	0.02	0.42	0.13	0.10	0.10	0.09	0.10	1.96	2.90
42.00	0.02	0.36	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08	1.96	2.77
43.00	0.02	0.31	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	1.96	2.66
44.00	0.01	0.27	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	1.96	2.56
45.00	0.01	0.23	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	1.96	2.48
46.00	0.01	0.20	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	1.96	2.40
47.00	0.01	0.17	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	1.96	2.34
48.00	0.01	0.15	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	1.96	2.29
49.00	0.01	0.13	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.24
50.00	0.01	0.11	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	1.96	2.20
51.00	0.01	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.17
52.00	0.00	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.14

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.21
 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 25 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 19.27	R ₂ 5.01	R ₃ 3.51	R ₄ 2.80	R ₅ 2.36	R ₆ 2.07		
0.00	0.00							1.96	1.96
1.00	1.06	20.34						1.96	22.31
2.00	5.57	107.38	5.29					1.96	114.63
3.00	17.33	333.91	27.91	3.71				1.96	367.49
4.00	12.83	247.33	86.79	19.58	2.95			1.96	358.61
5.00	9.50	183.19	64.29	60.88	15.59	2.49		1.96	328.40
6.00	7.04	135.69	47.62	45.09	48.47	13.16	2.18	1.96	294.17
7.00	5.21	100.39	35.27	33.40	35.90	40.93	11.50	1.96	259.36
8.00	4.26	82.18	26.09	24.74	26.59	30.32	35.78	1.96	227.66
9.00	3.49	67.28	21.36	18.30	19.70	22.45	26.50	1.96	177.56
10.00	2.86	55.08	17.49	14.98	14.57	16.63	19.63	1.96	140.34
11.00	2.34	45.09	14.32	12.27	11.93	12.31	14.54	1.96	112.41
12.00	1.92	36.91	11.72	10.04	9.77	10.07	10.76	1.96	91.23
13.00	1.57	30.18	9.59	8.22	7.99	8.25	8.81	1.96	75.00
14.00	1.35	25.97	7.84	6.73	6.54	6.75	7.21	1.96	63.01
15.00	1.16	22.35	6.75	5.50	5.36	5.53	5.90	1.96	53.35
16.00	1.00	19.24	5.81	4.74	4.38	4.52	4.83	1.96	45.48
17.00	0.86	16.55	5.00	4.08	3.77	3.70	3.95	1.96	39.01
18.00	0.74	14.25	4.30	3.51	3.24	3.18	3.23	1.96	33.68
19.00	0.64	12.26	3.70	3.02	2.79	2.74	2.78	1.96	29.26
20.00	0.55	10.55	3.19	2.60	2.40	2.36	2.39	1.96	25.46
21.00	0.47	9.08	2.74	2.24	2.07	2.03	2.06	1.96	22.18
22.00	0.41	7.82	2.36	1.92	1.78	1.75	1.77	1.96	19.36
23.00	0.35	6.73	2.03	1.66	1.53	1.50	1.53	1.96	16.94
24.00	0.30	5.79	1.75	1.43	1.32	1.29	1.31	1.96	14.85
25.00	0.26	4.98	1.50	1.23	1.13	1.11	1.13	1.96	13.05
26.00	0.22	4.29	1.30	1.06	0.98	0.96	0.97	1.96	11.51

Lanjutan Tabel 4.21 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 25 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 19.27	R ₂ 5.01	R ₃ 3.51	R ₄ 2.80	R ₅ 2.36	R ₆ 2.07		
27.00	0.19	3.69	1.11	0.91	0.84	0.82	0.84	1.96	10.18
28.00	0.16	3.18	0.96	0.78	0.72	0.71	0.72	1.96	9.03
29.00	0.14	2.73	0.83	0.67	0.62	0.61	0.62	1.96	8.05
30.00	0.12	2.35	0.71	0.58	0.54	0.53	0.53	1.96	7.20
31.00	0.11	2.02	0.61	0.50	0.46	0.45	0.46	1.96	6.47
32.00	0.09	1.74	0.53	0.43	0.40	0.39	0.40	1.96	5.84
33.00	0.08	1.50	0.45	0.37	0.34	0.34	0.34	1.96	5.30
34.00	0.07	1.29	0.39	0.32	0.29	0.29	0.29	1.96	4.84
35.00	0.06	1.11	0.34	0.27	0.25	0.25	0.25	1.96	4.44
36.00	0.05	0.96	0.29	0.24	0.22	0.21	0.22	1.96	4.09
37.00	0.04	0.82	0.25	0.20	0.19	0.18	0.19	1.96	3.79
38.00	0.04	0.71	0.21	0.17	0.16	0.16	0.16	1.96	3.54
39.00	0.03	0.61	0.18	0.15	0.14	0.14	0.14	1.96	3.32
40.00	0.03	0.52	0.16	0.13	0.12	0.12	0.12	1.96	3.13
41.00	0.02	0.45	0.14	0.11	0.10	0.10	0.10	1.96	2.97
42.00	0.02	0.39	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	1.96	2.83
43.00	0.02	0.33	0.10	0.08	0.08	0.07	0.08	1.96	2.71
44.00	0.01	0.29	0.09	0.07	0.07	0.06	0.07	1.96	2.60
45.00	0.01	0.25	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	1.96	2.51
46.00	0.01	0.21	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	1.96	2.44
47.00	0.01	0.18	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	1.96	2.37
48.00	0.01	0.16	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	1.96	2.31
49.00	0.01	0.14	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.26
50.00	0.01	0.12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.22
51.00	0.01	0.10	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.19
52.00	0.00	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.15

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.22
 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 50 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 20.12	R ₂ 5.23	R ₃ 3.67	R ₄ 2.92	R ₅ 2.47	R ₆ 2.16		
0.00	0.00							1.96	1.96
1.00	1.06	21.23						1.96	23.20
2.00	5.57	112.07	5.52					1.96	119.56
3.00	17.33	348.52	29.13	3.87				1.96	383.48
4.00	12.83	258.14	90.59	20.43	3.08			1.96	374.21
5.00	9.50	191.20	67.10	63.55	16.27	2.60		1.96	342.68
6.00	7.04	141.62	49.70	47.07	50.59	13.74	2.28	1.96	306.95
7.00	5.21	104.78	36.81	34.86	37.47	42.72	12.01	1.96	270.62
8.00	4.26	85.78	27.24	25.82	27.75	31.64	37.34	1.96	237.54
9.00	3.49	70.22	22.30	19.11	20.56	23.44	27.66	1.96	185.24
10.00	2.86	57.49	18.25	15.64	15.21	17.36	20.49	1.96	146.40
11.00	2.34	47.06	14.94	12.80	12.45	12.84	15.17	1.96	117.24
12.00	1.92	38.53	12.23	10.48	10.19	10.51	11.23	1.96	95.14
13.00	1.57	31.50	10.01	8.58	8.34	8.61	9.19	1.96	78.19
14.00	1.35	27.11	8.19	7.02	6.83	7.05	7.52	1.96	65.68
15.00	1.16	23.33	7.05	5.74	5.59	5.77	6.16	1.96	55.60
16.00	1.00	20.08	6.06	4.94	4.57	4.72	5.04	1.96	47.38
17.00	0.86	17.28	5.22	4.25	3.93	3.86	4.13	1.96	40.64
18.00	0.74	14.87	4.49	3.66	3.39	3.32	3.37	1.96	35.07
19.00	0.64	12.80	3.87	3.15	2.91	2.86	2.90	1.96	30.45
20.00	0.55	11.01	3.33	2.71	2.51	2.46	2.50	1.96	26.48
21.00	0.47	9.48	2.86	2.33	2.16	2.12	2.15	1.96	23.07
22.00	0.41	8.16	2.46	2.01	1.86	1.82	1.85	1.96	20.12
23.00	0.35	7.02	2.12	1.73	1.60	1.57	1.59	1.96	17.59
24.00	0.30	6.04	1.82	1.49	1.38	1.35	1.37	1.96	15.41
25.00	0.26	5.20	1.57	1.28	1.18	1.16	1.18	1.96	13.54
26.00	0.22	4.48	1.35	1.10	1.02	1.00	1.02	1.96	11.93

Lanjutan Tabel 4.22 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 50 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 20.12	R ₂ 5.23	R ₃ 3.67	R ₄ 2.92	R ₅ 2.47	R ₆ 2.16		
27.00	0.19	3.85	1.16	0.95	0.88	0.86	0.87	1.96	10.54
28.00	0.16	3.32	1.00	0.82	0.75	0.74	0.75	1.96	9.34
29.00	0.14	2.85	0.86	0.70	0.65	0.64	0.65	1.96	8.31
30.00	0.12	2.46	0.74	0.60	0.56	0.55	0.56	1.96	7.43
31.00	0.11	2.11	0.64	0.52	0.48	0.47	0.48	1.96	6.67
32.00	0.09	1.82	0.55	0.45	0.41	0.41	0.41	1.96	6.01
33.00	0.08	1.57	0.47	0.39	0.36	0.35	0.36	1.96	5.45
34.00	0.07	1.35	0.41	0.33	0.31	0.30	0.31	1.96	4.96
35.00	0.06	1.16	0.35	0.29	0.26	0.26	0.26	1.96	4.54
36.00	0.05	1.00	0.30	0.25	0.23	0.22	0.23	1.96	4.18
37.00	0.04	0.86	0.26	0.21	0.20	0.19	0.19	1.96	3.87
38.00	0.04	0.74	0.22	0.18	0.17	0.17	0.17	1.96	3.61
39.00	0.03	0.64	0.19	0.16	0.14	0.14	0.14	1.96	3.38
40.00	0.03	0.55	0.17	0.13	0.12	0.12	0.12	1.96	3.18
41.00	0.02	0.47	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11	1.96	3.01
42.00	0.02	0.41	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	1.96	2.86
43.00	0.02	0.35	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08	1.96	2.74
44.00	0.01	0.30	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	1.96	2.63
45.00	0.01	0.26	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	1.96	2.54
46.00	0.01	0.22	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	1.96	2.46
47.00	0.01	0.19	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	1.96	2.39
48.00	0.01	0.16	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	1.96	2.33
49.00	0.01	0.14	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.28
50.00	0.01	0.12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.23
51.00	0.01	0.11	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	1.96	2.20
52.00	0.00	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.16

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.23
 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 100 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 20.87	R ₂ 5.42	R ₃ 3.80	R ₄ 3.03	R ₅ 2.56	R ₆ 2.24		
0.00	0.00							1.96	1.96
1.00	1.06	22.03						1.96	23.99
2.00	5.57	116.27	5.73					1.96	123.96
3.00	17.33	361.56	30.22	4.02				1.96	397.76
4.00	12.83	267.80	93.98	21.20	3.20			1.96	388.14
5.00	9.50	198.36	69.61	65.92	16.88	2.70		1.96	355.42
6.00	7.04	146.92	51.56	48.83	52.48	14.25	2.36	1.96	318.36
7.00	5.21	108.70	38.19	36.17	38.87	44.32	12.46	1.96	280.67
8.00	4.26	88.99	28.25	26.79	28.79	32.83	38.74	1.96	246.35
9.00	3.49	72.85	23.13	19.82	21.33	24.31	28.69	1.96	192.09
10.00	2.86	59.64	18.93	16.23	15.78	18.01	21.25	1.96	151.80
11.00	2.34	48.82	15.50	13.28	12.92	13.32	15.74	1.96	121.55
12.00	1.92	39.97	12.69	10.87	10.57	10.91	11.65	1.96	98.62
13.00	1.57	32.67	10.39	8.90	8.66	8.93	9.53	1.96	81.05
14.00	1.35	28.12	8.49	7.29	7.09	7.31	7.81	1.96	68.06
15.00	1.16	24.20	7.31	5.96	5.80	5.98	6.39	1.96	57.60
16.00	1.00	20.83	6.29	5.13	4.74	4.90	5.23	1.96	49.08
17.00	0.86	17.93	5.41	4.41	4.08	4.00	4.28	1.96	42.08
18.00	0.74	15.43	4.66	3.80	3.51	3.45	3.50	1.96	36.31
19.00	0.64	13.28	4.01	3.27	3.02	2.97	3.01	1.96	31.52
20.00	0.55	11.43	3.45	2.81	2.60	2.55	2.59	1.96	27.40
21.00	0.47	9.83	2.97	2.42	2.24	2.20	2.23	1.96	23.85
22.00	0.41	8.46	2.56	2.08	1.93	1.89	1.92	1.96	20.80
23.00	0.35	7.28	2.20	1.79	1.66	1.63	1.65	1.96	18.18
24.00	0.30	6.27	1.89	1.54	1.43	1.40	1.42	1.96	15.92
25.00	0.26	5.40	1.63	1.33	1.23	1.21	1.22	1.96	13.97
26.00	0.22	4.64	1.40	1.14	1.06	1.04	1.05	1.96	12.30

Lanjutan Tabel 4.23 Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu Kala Ulang 100 Tahun

T	U(t,1) m ³ /det/mm	Hujan Jam - Jaman (mm)						Base Flow m ³ /det	Q m ³ /det
		R ₁ 20.87	R ₂ 5.42	R ₃ 3.80	R ₄ 3.03	R ₅ 2.56	R ₆ 2.24		
27.00	0.19	4.00	1.21	0.98	0.91	0.89	0.91	1.96	10.86
28.00	0.16	3.44	1.04	0.85	0.78	0.77	0.78	1.96	9.62
29.00	0.14	2.96	0.89	0.73	0.67	0.66	0.67	1.96	8.55
30.00	0.12	2.55	0.77	0.63	0.58	0.57	0.58	1.96	7.63
31.00	0.11	2.19	0.66	0.54	0.50	0.49	0.50	1.96	6.84
32.00	0.09	1.89	0.57	0.46	0.43	0.42	0.43	1.96	6.16
33.00	0.08	1.62	0.49	0.40	0.37	0.36	0.37	1.96	5.58
34.00	0.07	1.40	0.42	0.34	0.32	0.31	0.32	1.96	5.07
35.00	0.06	1.20	0.36	0.30	0.27	0.27	0.27	1.96	4.64
36.00	0.05	1.04	0.31	0.25	0.24	0.23	0.23	1.96	4.27
37.00	0.04	0.89	0.27	0.22	0.20	0.20	0.20	1.96	3.95
38.00	0.04	0.77	0.23	0.19	0.17	0.17	0.17	1.96	3.67
39.00	0.03	0.66	0.20	0.16	0.15	0.15	0.15	1.96	3.43
40.00	0.03	0.57	0.17	0.14	0.13	0.13	0.13	1.96	3.23
41.00	0.02	0.49	0.15	0.12	0.11	0.11	0.11	1.96	3.05
42.00	0.02	0.42	0.13	0.10	0.10	0.09	0.10	1.96	2.90
43.00	0.02	0.36	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08	1.96	2.77
44.00	0.01	0.31	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	1.96	2.66
45.00	0.01	0.27	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	1.96	2.56
46.00	0.01	0.23	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	1.96	2.48
47.00	0.01	0.20	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	1.96	2.40
48.00	0.01	0.17	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	1.96	2.34
49.00	0.01	0.15	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	1.96	2.29
50.00	0.01	0.13	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	1.96	2.24
51.00	0.01	0.11	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	1.96	2.20
52.00	0.00	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	1.96	2.17

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.24
Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu

Waktu (jam)	Debit Banjir Rancangan (m ³ /dt)					
	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
0.00	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
1.00	17.24	19.65	20.93	22.31	23.20	23.99
2.00	86.58	99.90	107.00	114.63	119.56	123.96
3.00	276.50	319.70	342.75	367.49	383.48	397.76
4.00	269.82	311.98	334.46	358.61	374.21	388.14
5.00	247.13	285.72	306.30	328.40	342.68	355.42
6.00	221.42	255.96	274.39	294.17	306.95	318.36
7.00	195.28	225.71	241.93	259.36	270.62	280.67
8.00	171.48	198.16	212.38	227.66	237.54	246.35
9.00	133.84	154.60	165.67	177.56	185.24	192.09
10.00	105.89	122.25	130.97	140.34	146.40	151.80
11.00	84.91	97.97	104.93	112.41	117.24	121.55
12.00	69.01	79.56	85.19	91.23	95.14	98.62
13.00	56.82	65.45	70.05	75.00	78.19	81.05
14.00	47.81	55.03	58.88	63.01	65.68	68.06
15.00	40.56	46.63	49.87	53.35	55.60	57.60
16.00	34.64	39.79	42.53	45.48	47.38	49.08
17.00	29.79	34.17	36.51	39.01	40.64	42.08
18.00	25.78	29.53	31.53	33.68	35.07	36.31
19.00	22.46	25.69	27.41	29.26	30.45	31.52
20.00	19.61	22.38	23.86	25.46	26.48	27.40
21.00	17.15	19.54	20.81	22.18	23.07	23.85
22.00	15.03	17.09	18.19	19.36	20.12	20.80
23.00	13.21	14.98	15.92	16.94	17.59	18.18
24.00	11.64	13.17	13.98	14.85	15.41	15.92
25.00	10.29	11.60	12.30	13.05	13.54	13.97
26.00	9.13	10.26	10.86	11.51	11.93	12.30
27.00	8.13	9.10	9.62	10.18	10.54	10.86
28.00	7.27	8.11	8.55	9.03	9.34	9.62

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu

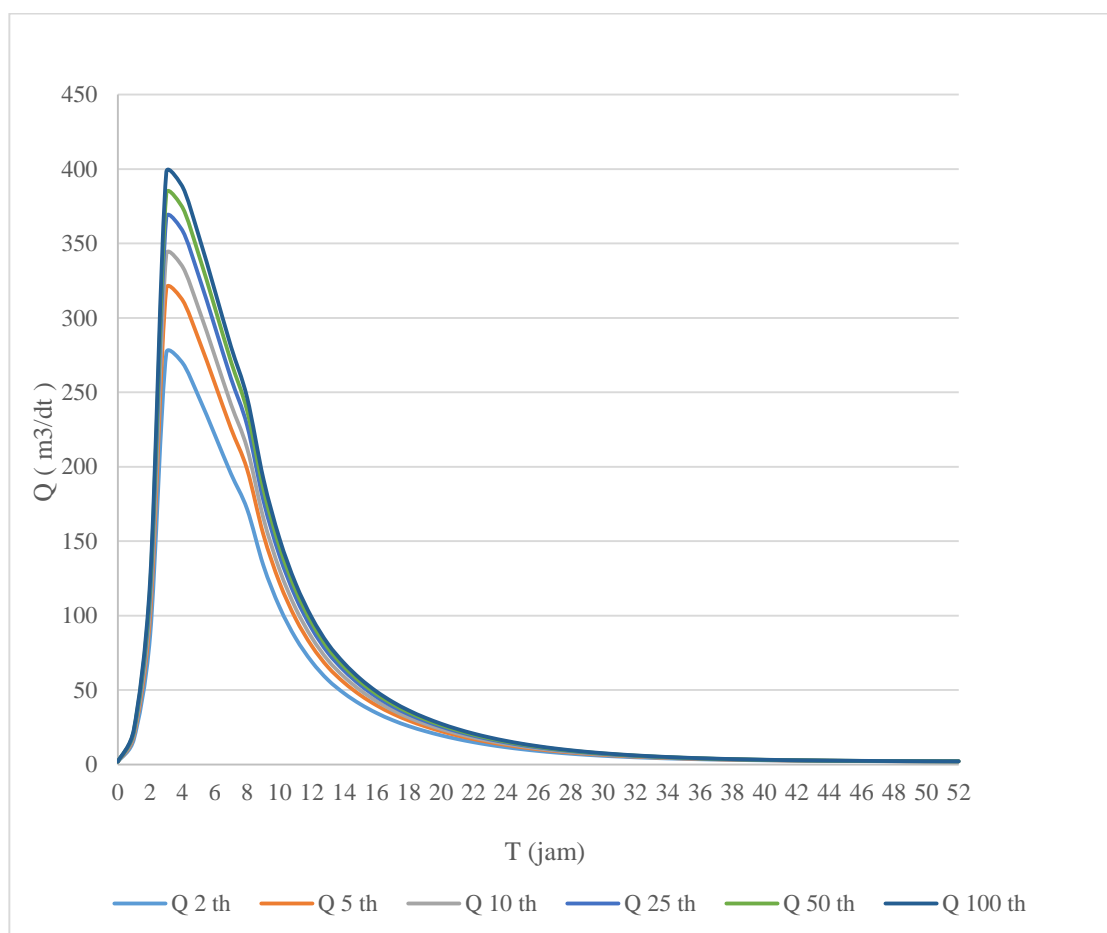
Waktu (jam)	Debit Banjir Rancangan (m ³ /dt)					
	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
29.00	6.53	7.25	7.64	8.05	8.31	8.55
30.00	5.90	6.51	6.85	7.20	7.43	7.63
31.00	5.35	5.88	6.16	6.47	6.67	6.84
32.00	4.88	5.33	5.58	5.84	6.01	6.16
33.00	4.47	4.86	5.07	5.30	5.45	5.58
34.00	4.12	4.46	4.64	4.84	4.96	5.07
35.00	3.82	4.11	4.27	4.44	4.54	4.64
36.00	3.56	3.81	3.95	4.09	4.18	4.27
37.00	3.34	3.55	3.67	3.79	3.87	3.95
38.00	3.15	3.33	3.43	3.54	3.61	3.67
39.00	2.98	3.14	3.23	3.32	3.38	3.43
40.00	2.84	2.98	3.05	3.13	3.18	3.23
41.00	2.72	2.84	2.90	2.97	3.01	3.05
42.00	2.61	2.71	2.77	2.83	2.86	2.90
43.00	2.52	2.61	2.66	2.71	2.74	2.77
44.00	2.44	2.52	2.56	2.60	2.63	2.66
45.00	2.38	2.44	2.48	2.51	2.54	2.56
46.00	2.32	2.37	2.40	2.44	2.46	2.48
47.00	2.27	2.32	2.34	2.37	2.39	2.40
48.00	2.23	2.27	2.29	2.31	2.33	2.34
49.00	2.19	2.23	2.24	2.26	2.28	2.29
50.00	2.16	2.19	2.20	2.22	2.23	2.24
51.00	2.13	2.16	2.17	2.19	2.20	2.20
52.00	2.11	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25
Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan

Kala Ulang	Q Banjir Rancangan
	m ³ /det
Q2th	276,50
Q5th	319,70
Q10th	342,75
Q25th	367,49
Q50th	383,48
Q100th	397,76

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.6 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu
Sumber: Hasil Perhitungan

4.2 Analisa Hidrolika

4.2.1 Data Geometri

Data utama yang dibutuhkan pada suatu sistem sungai antara lain adalah data potongan melintang, data potongan memanjang dan koefisien Manning.

4.2.1.1 Skema Sistem Sungai

Pada studi ini, skema sungai dikaji mulai dari patok 197 sampai patok 158 dengan panjang sungai 4,983 km dan jarak antar patok yang bervariasi rata-rata 164 m.

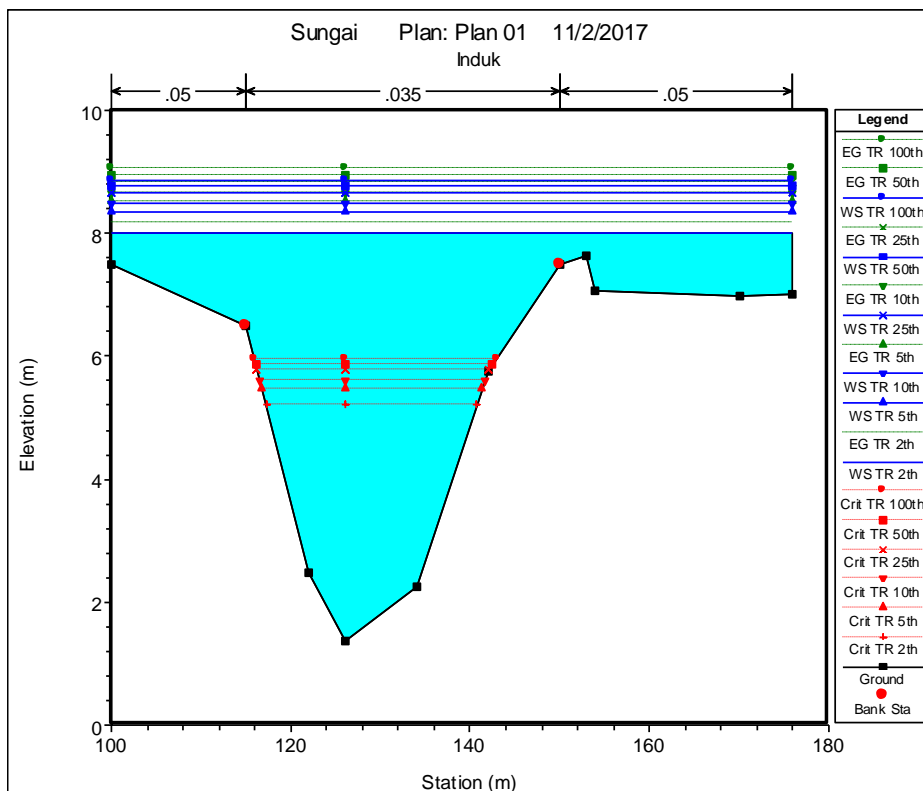
4.2.1.2 Geometri Potongan Melintang

Data penampang melintang digambarkan dengan memasukkan data titik koordinat yang merupakan stasiun dan elevasi dari kiri ke kanan secara berurutan dan dibuat sistematis dari hulu ke hilir. Dalam studi ini terdapat 40 patok dengan lebar yang bervariasi setelah naik ke hulu 200m sungai menyempit menjadi sekitar 45 m dan selanjutnya melebar lagi, namun semakin 7 km ke arah hulu lebar sungai menjadi sekitar 25 m dan seterusnya akan menyempit.

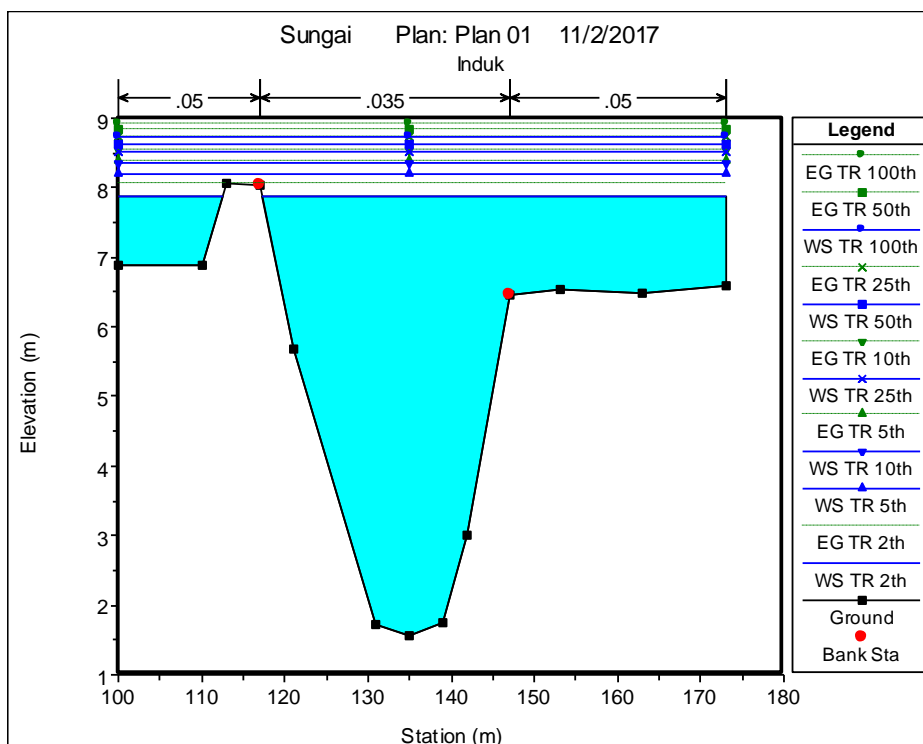
4.2.2 Data Aliran Tetap (*Steady Flow*)

Debit yang didapat dan yang akan dimasukkan pada hulu diasumsi akan konstan untuk penampang berikutnya. Hal ini juga ditinjau dari lokasi studi yang masih jauh dari pantai sehingga tidak ada pengaruh pasang-surut.

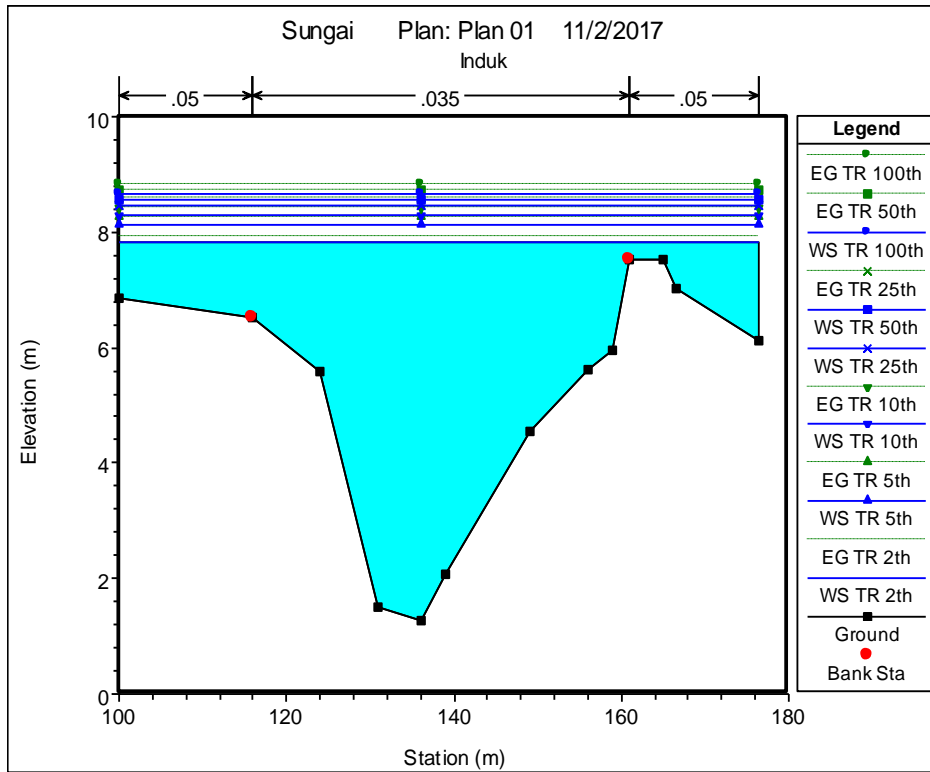
Pada *reach boundary condition* (kondisi batas) digunakan dua kondisi batas yaitu, kondisi batas hulu dan kondisi batas hilir. Untuk kondisi batas hulu digunakan *critical depth* (kedalaman kritis) dari debit rancangan. Debit yang digunakan untuk proses *running* pada aplikasi ini adalah debit rancangan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun (Tabel 4.24). Sedangkan untuk kondisi batas hilir digunakan *normal depth* (kedalaman normal). Berikut gambar hasil pengolahan data.



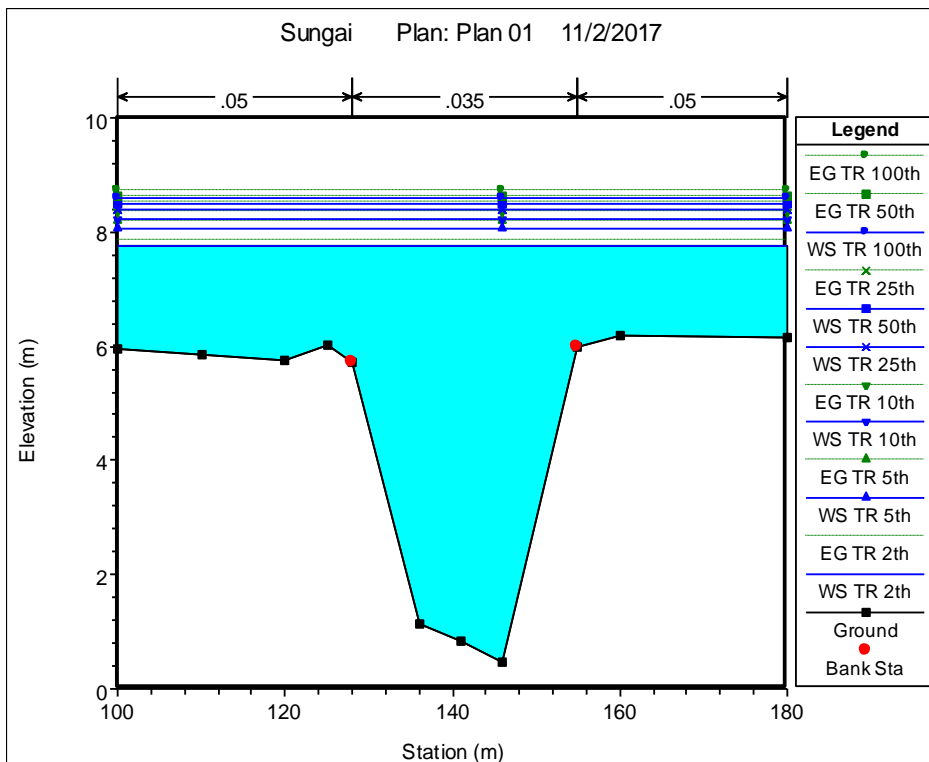
Gambar 4.7 Cross Section 197 (hulu)
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



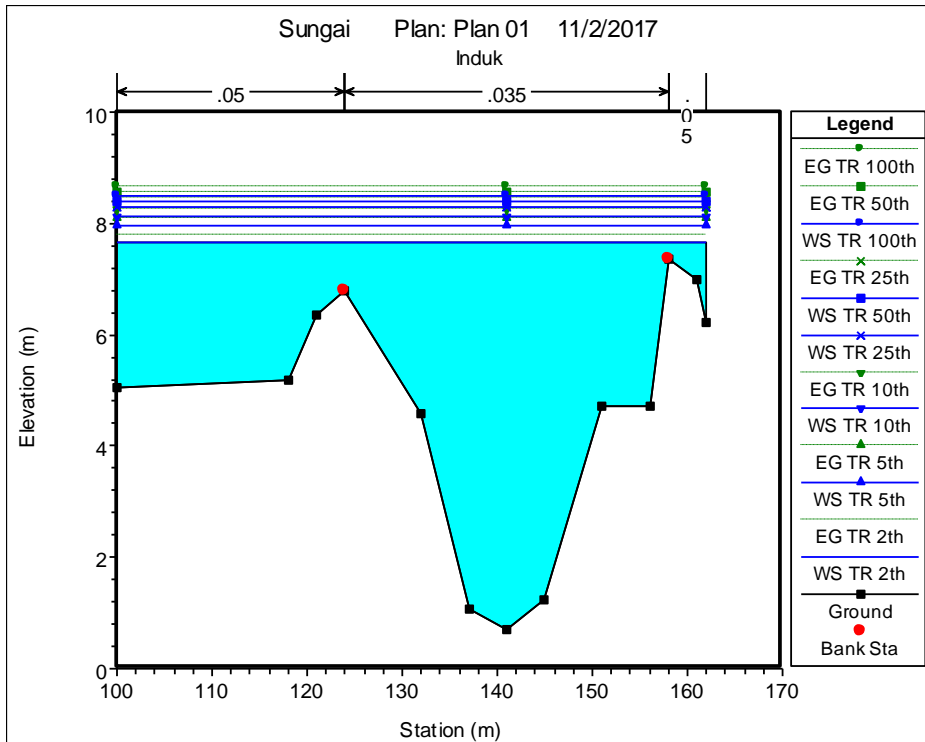
Gambar 4.8 Cross Section 196
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



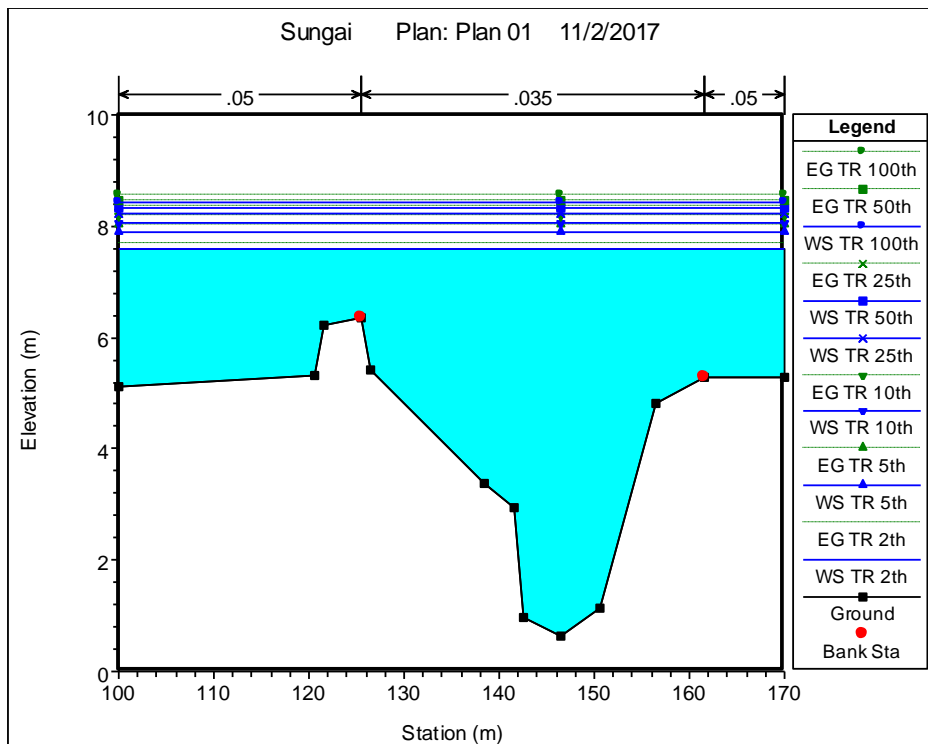
Gambar 4.9 Cross Section 195
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



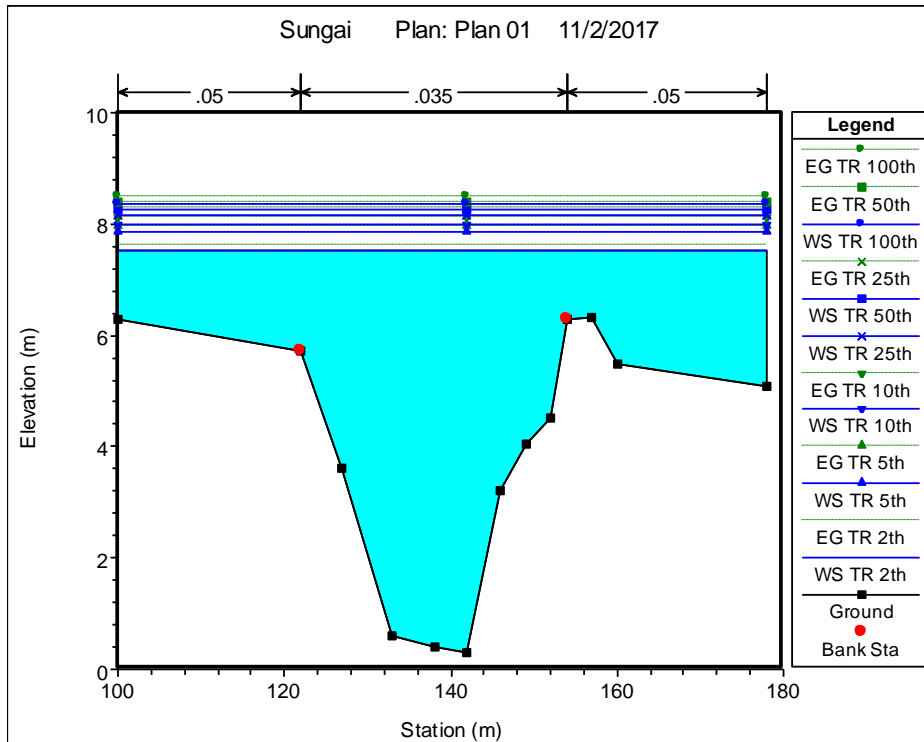
Gambar 4.10 Cross Section 194
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



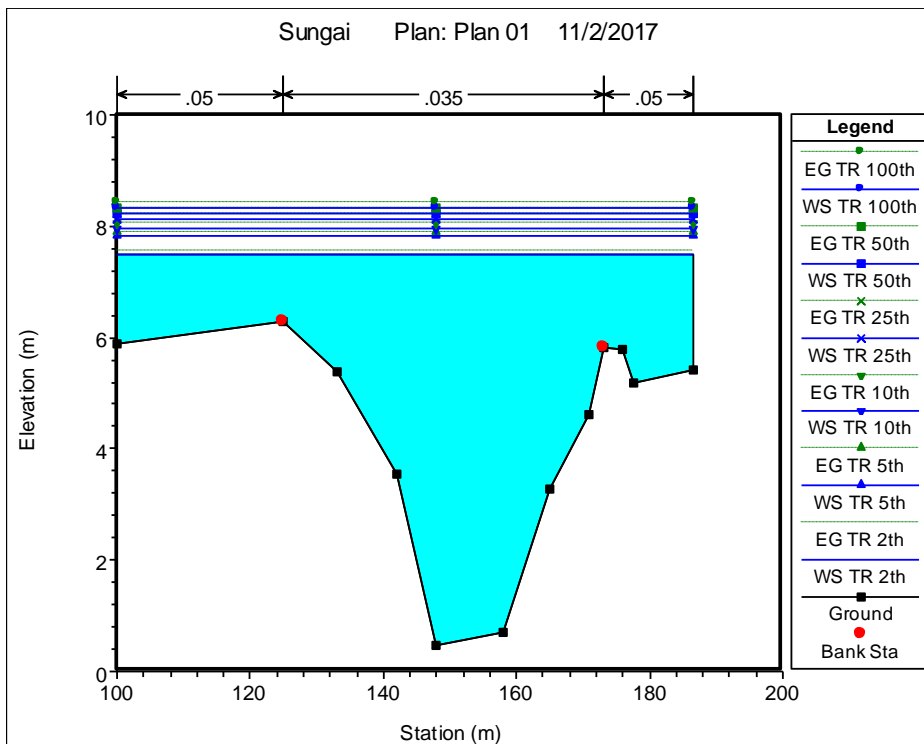
Gambar 4.11 Cross Section 193
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



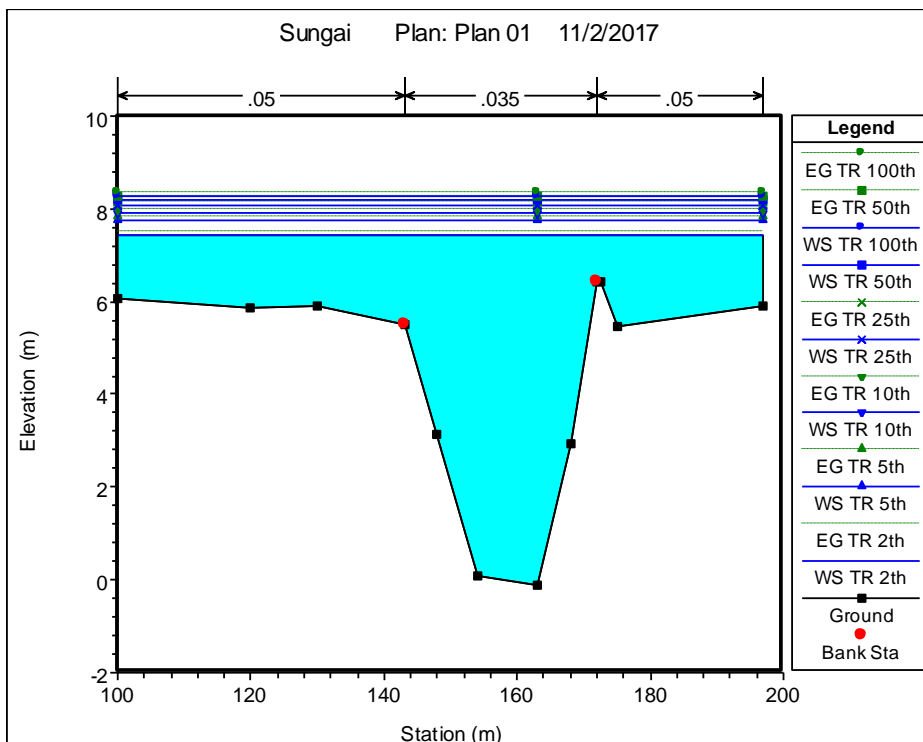
Gambar 4.12 Cross Section 192
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



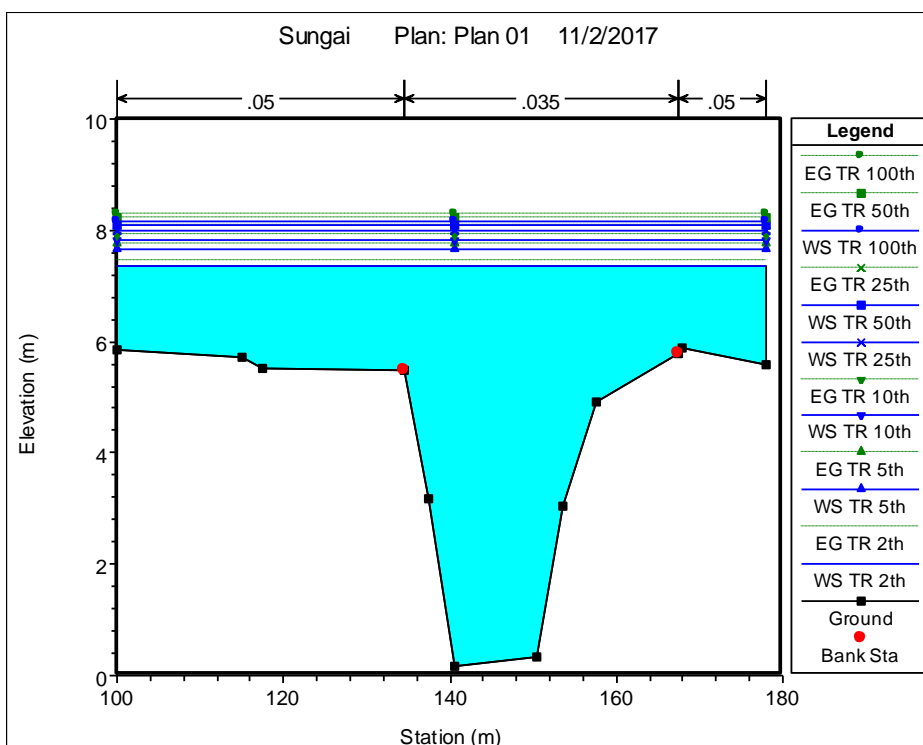
Gambar 4.13 Cross Section 191
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



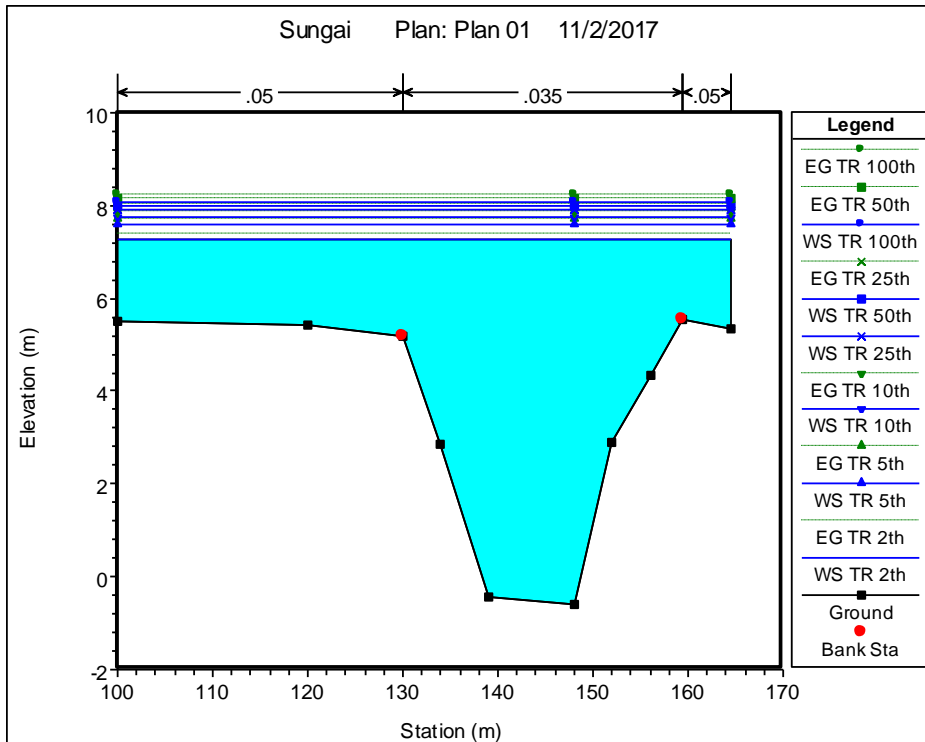
Gambar 4.14 Cross Section 190
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



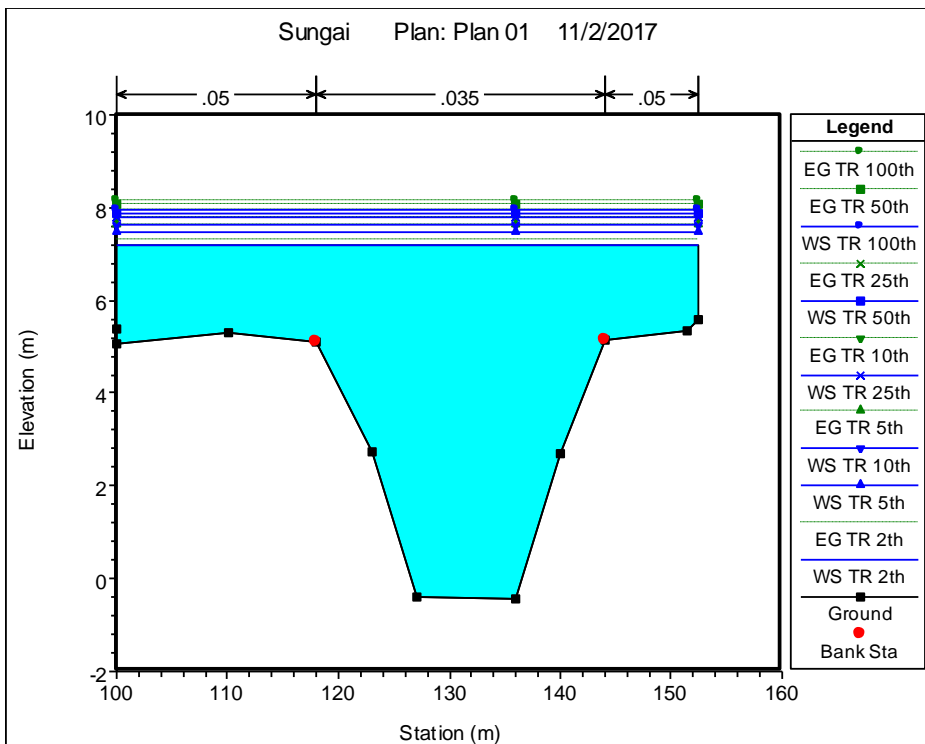
Gambar 4.15 Cross Section 189
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



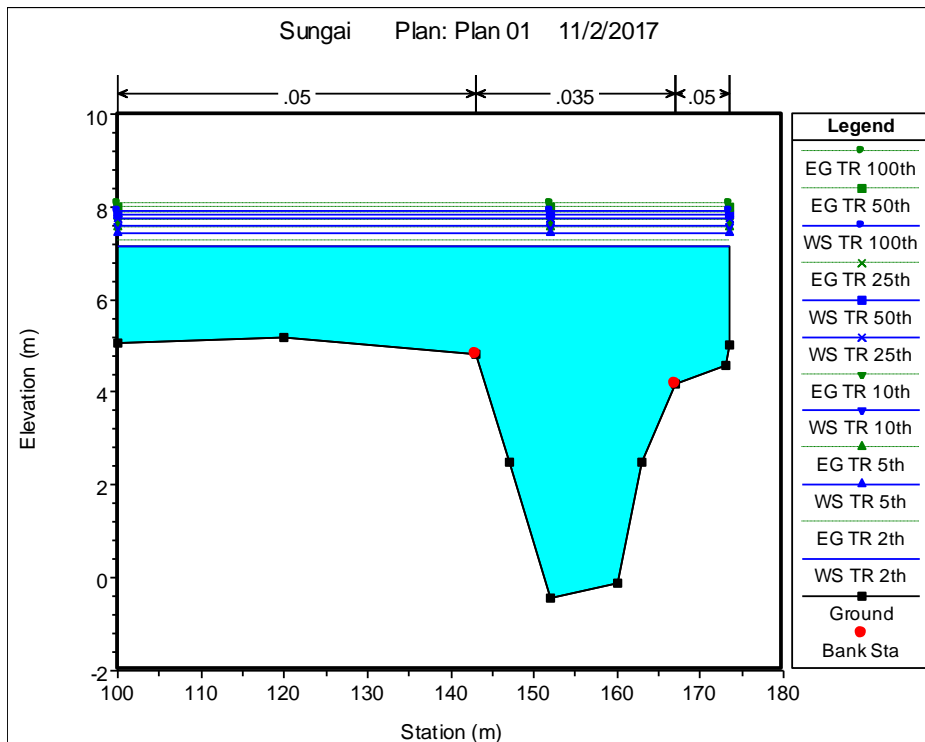
Gambar 4.16 Cross Section 188
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



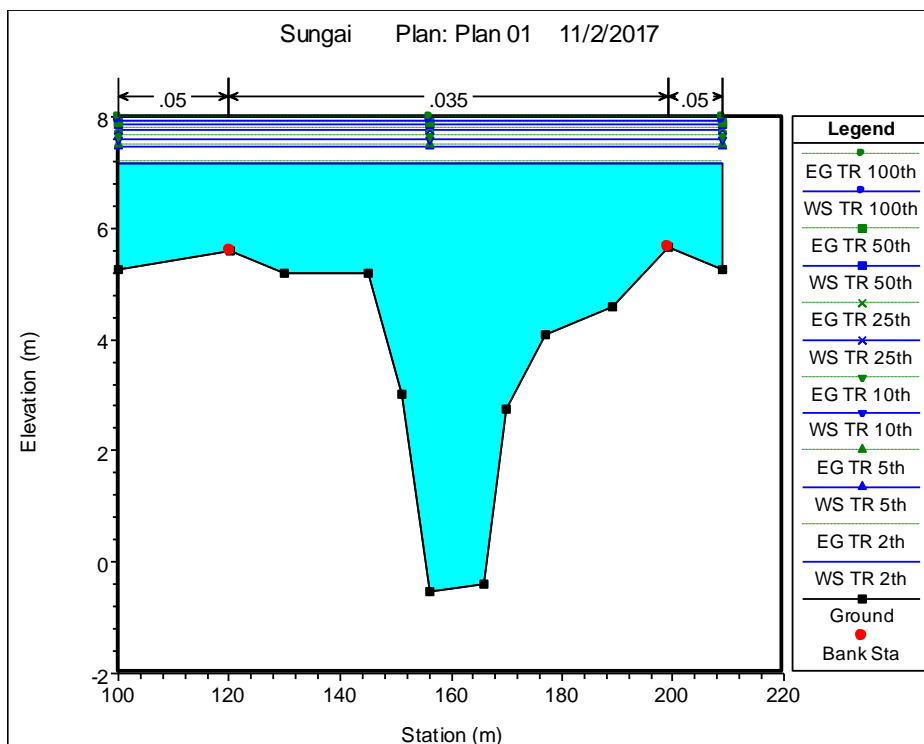
Gambar 4.17 Cross Section 187
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



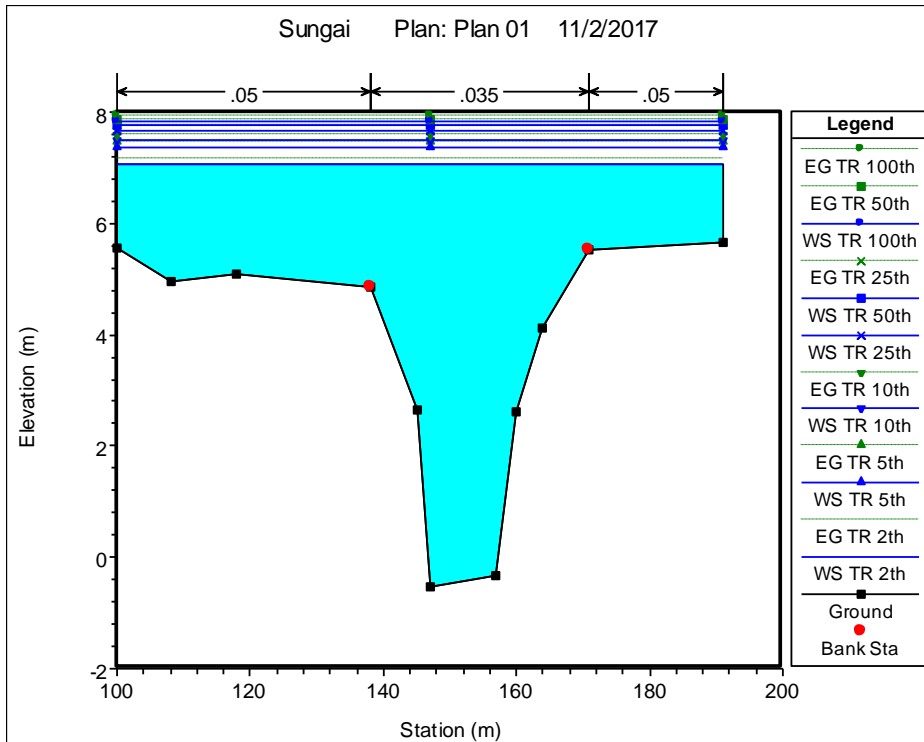
Gambar 4.18 Cross Section 186
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



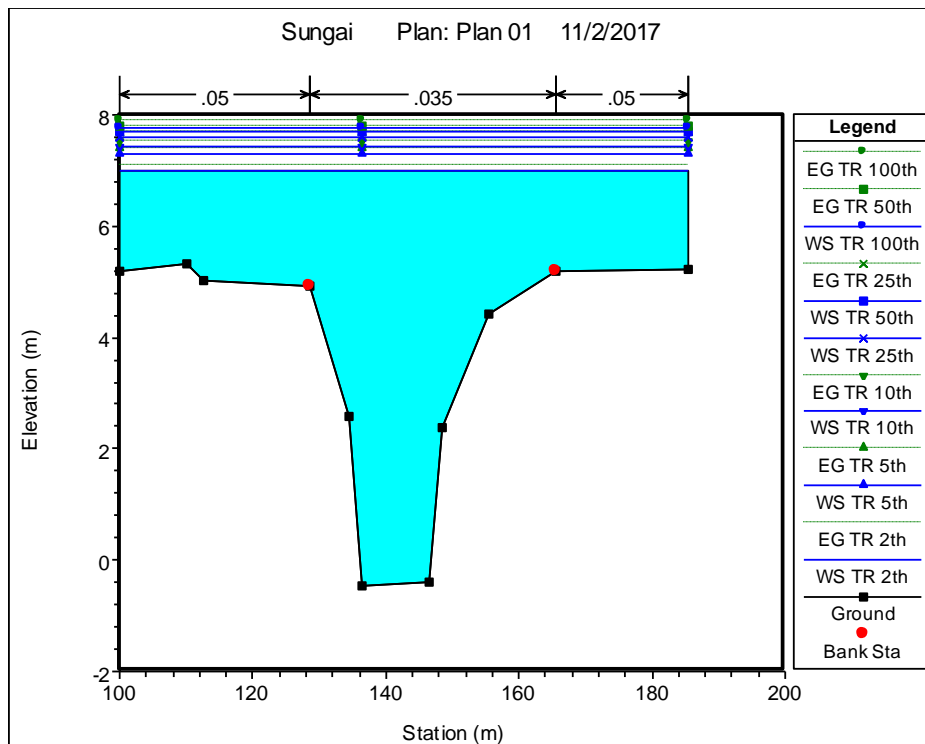
Gambar 4.19 Cross Section 185
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



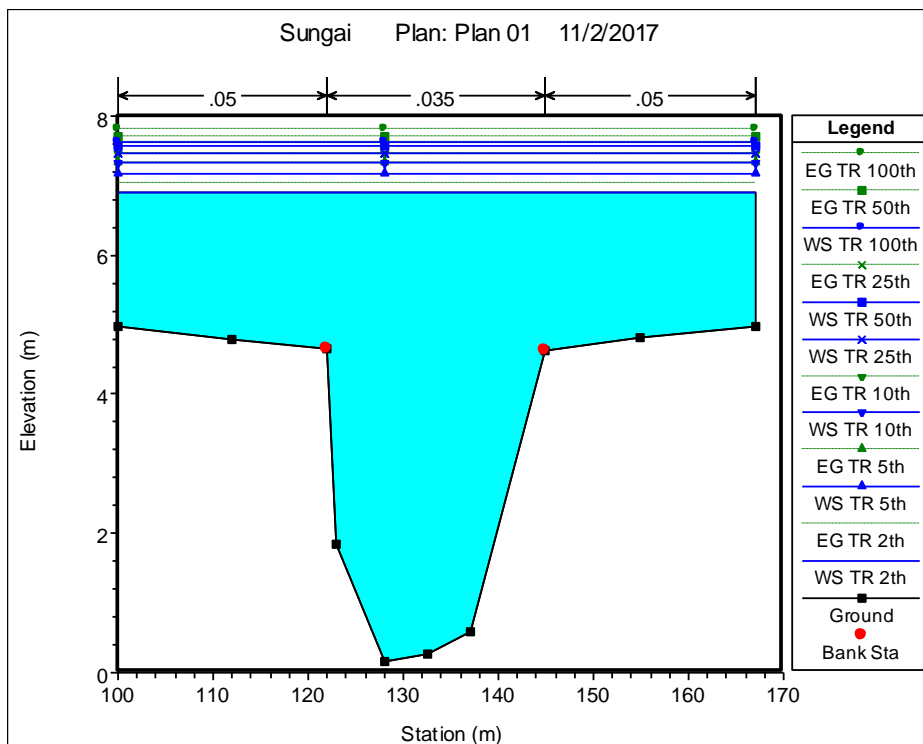
Gambar 4.20 Cross Section 184
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



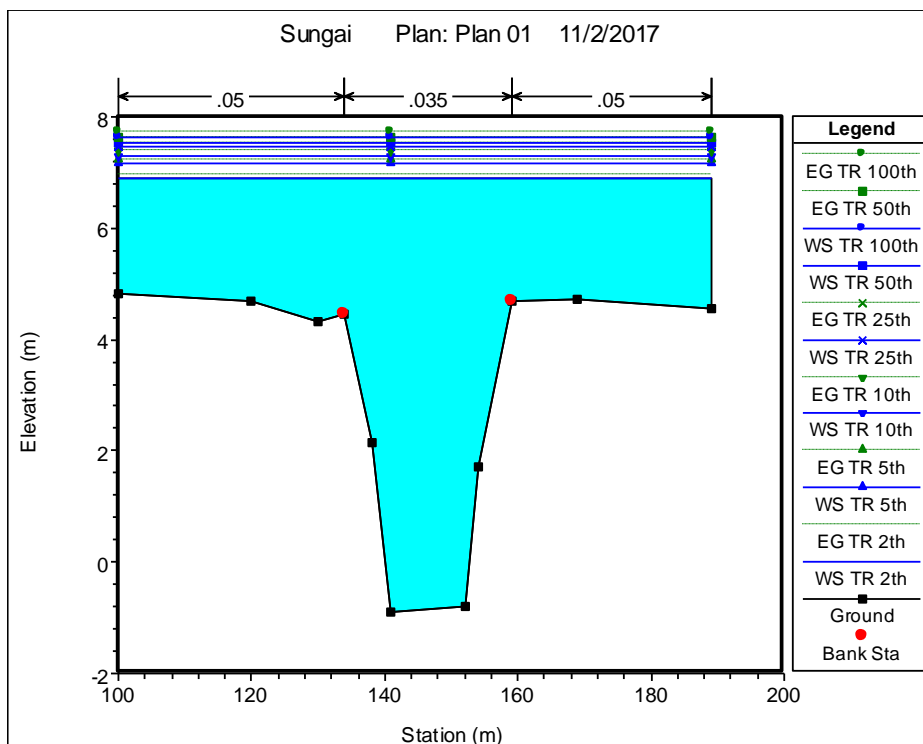
Gambar 4.21 Cross Section 183
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



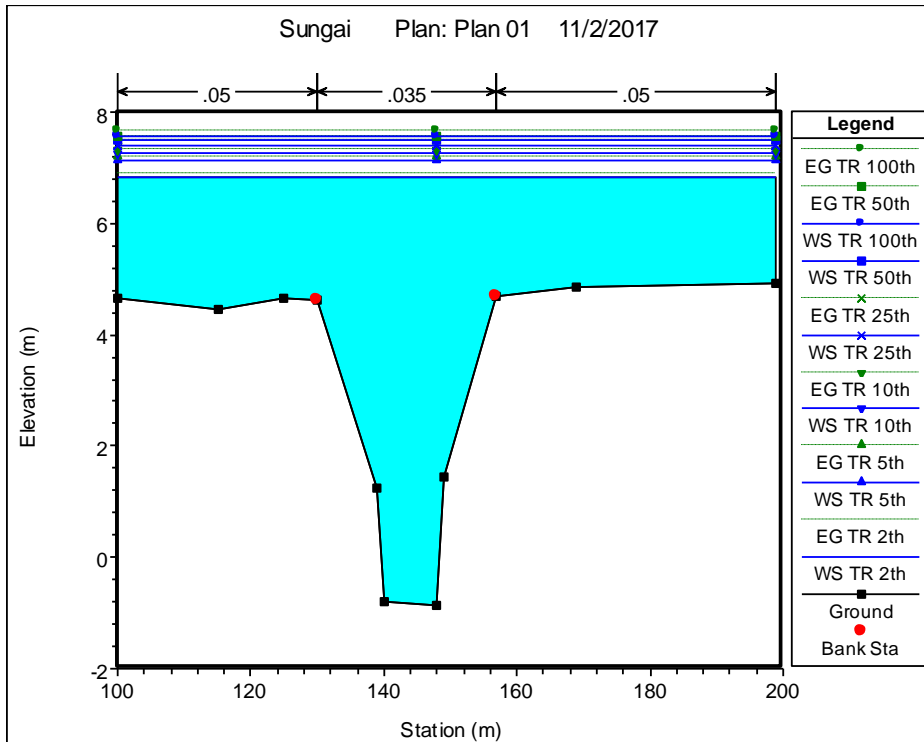
Gambar 4.22 Cross Section 182
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



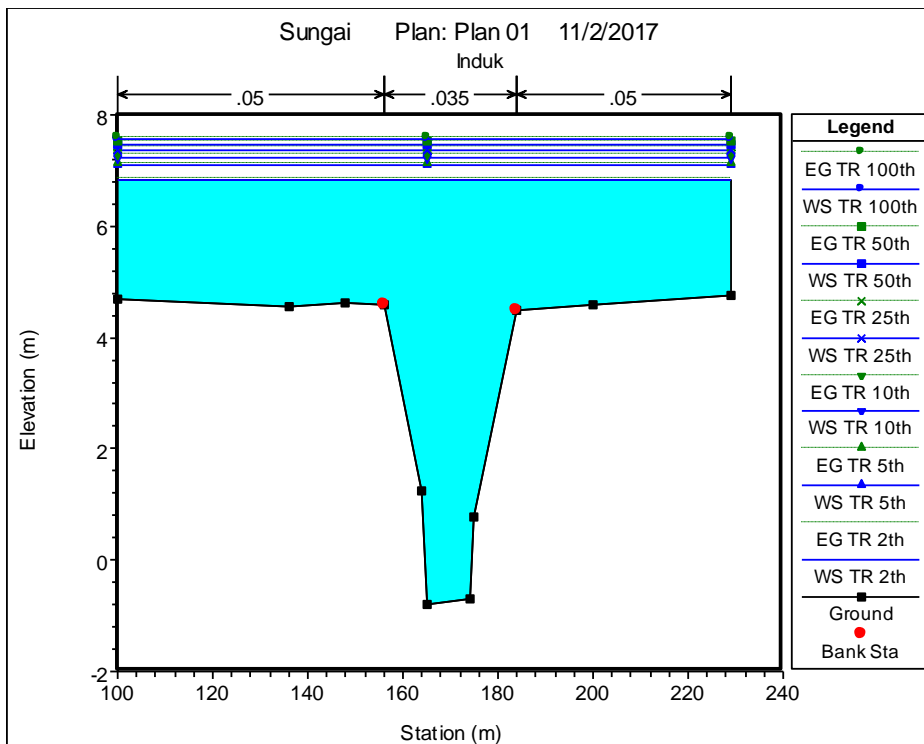
Gambar 4.23 Cross Section 181
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



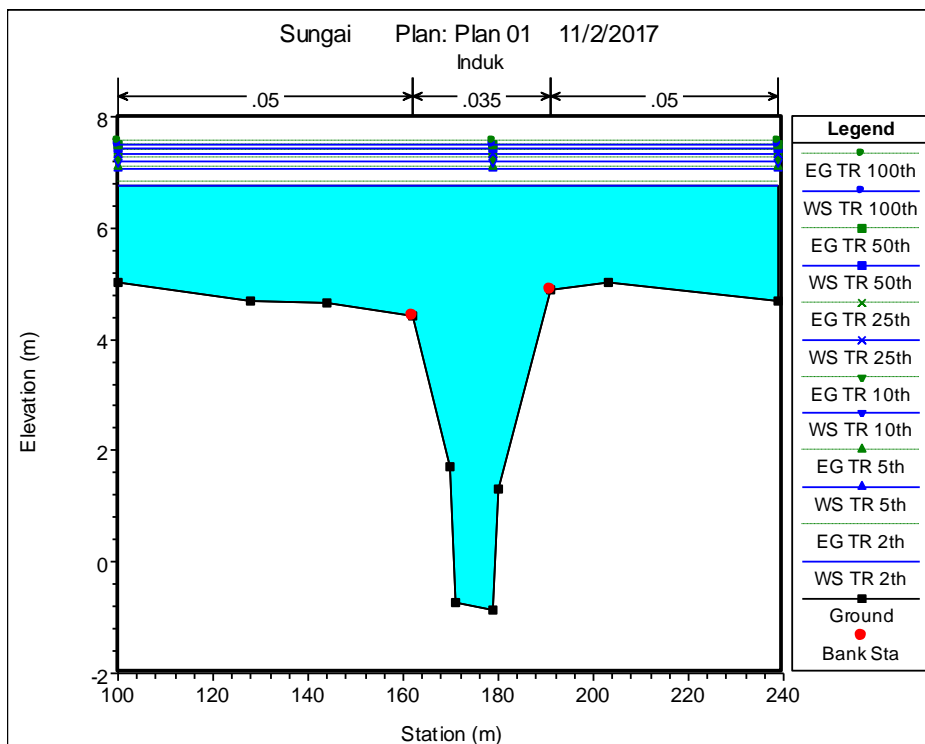
Gambar 4.24 Cross Section 180
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



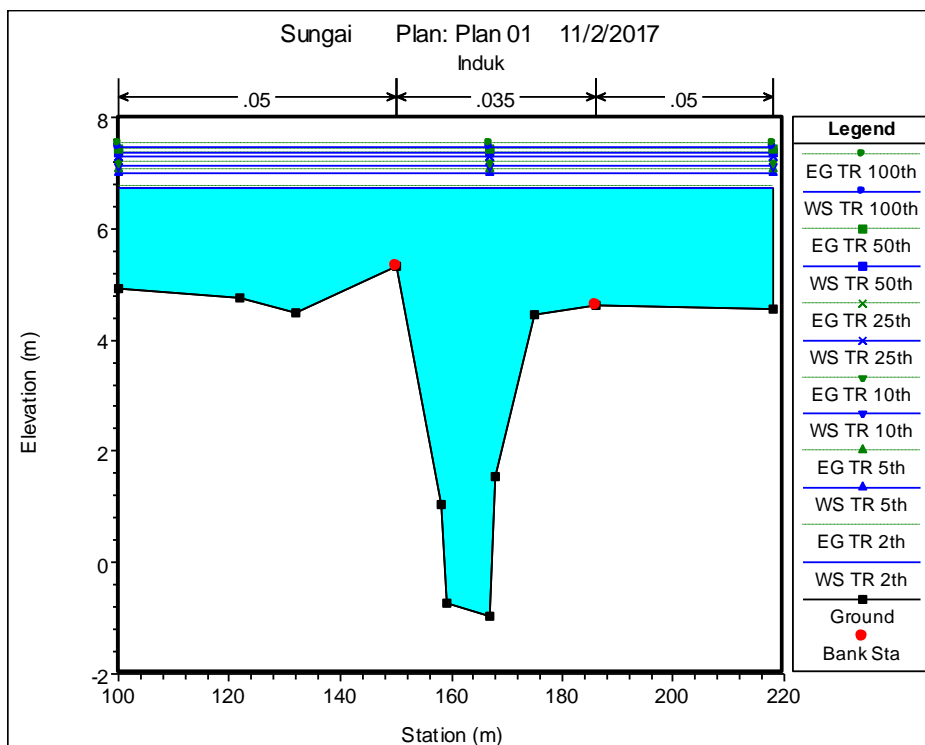
Gambar 4.25 Cross Section 179
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



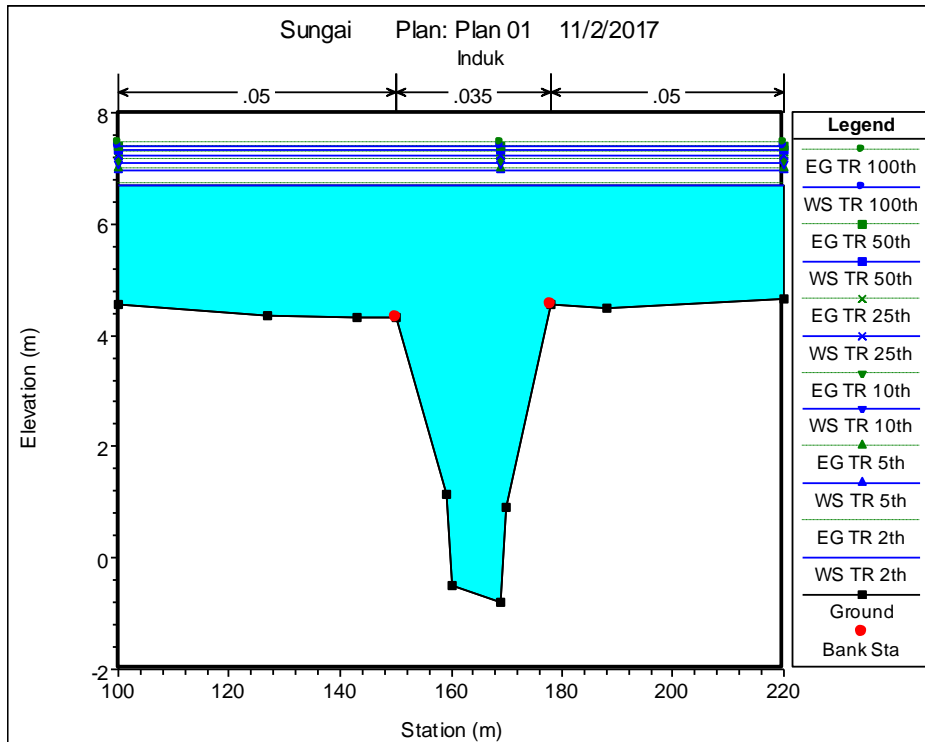
Gambar 4.26 Cross Section 178
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



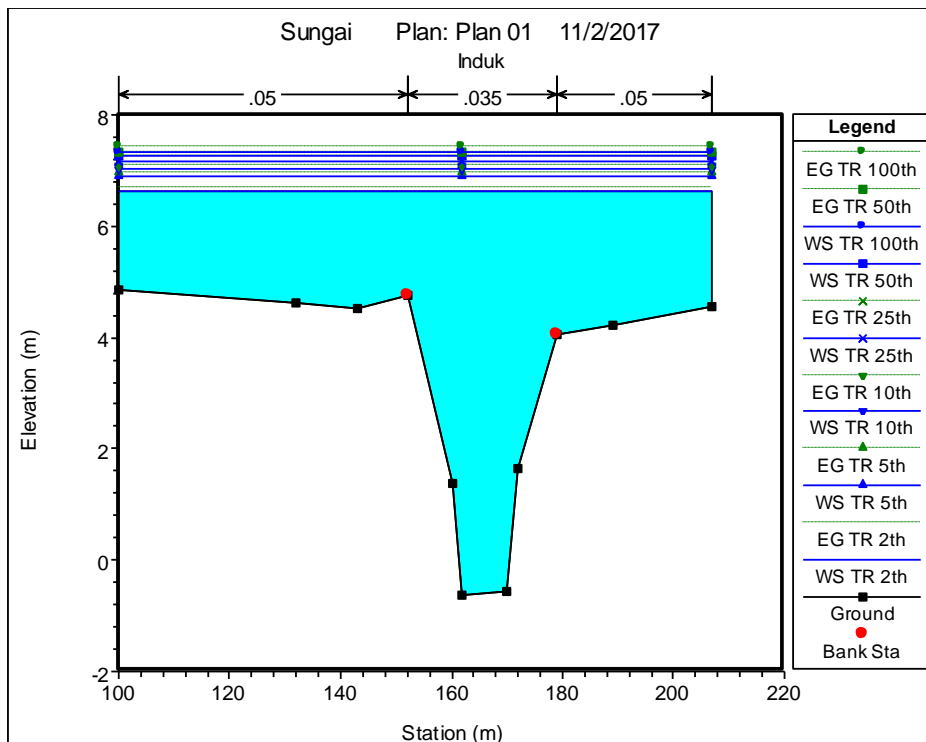
Gambar 4.27 Cross Section 177
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



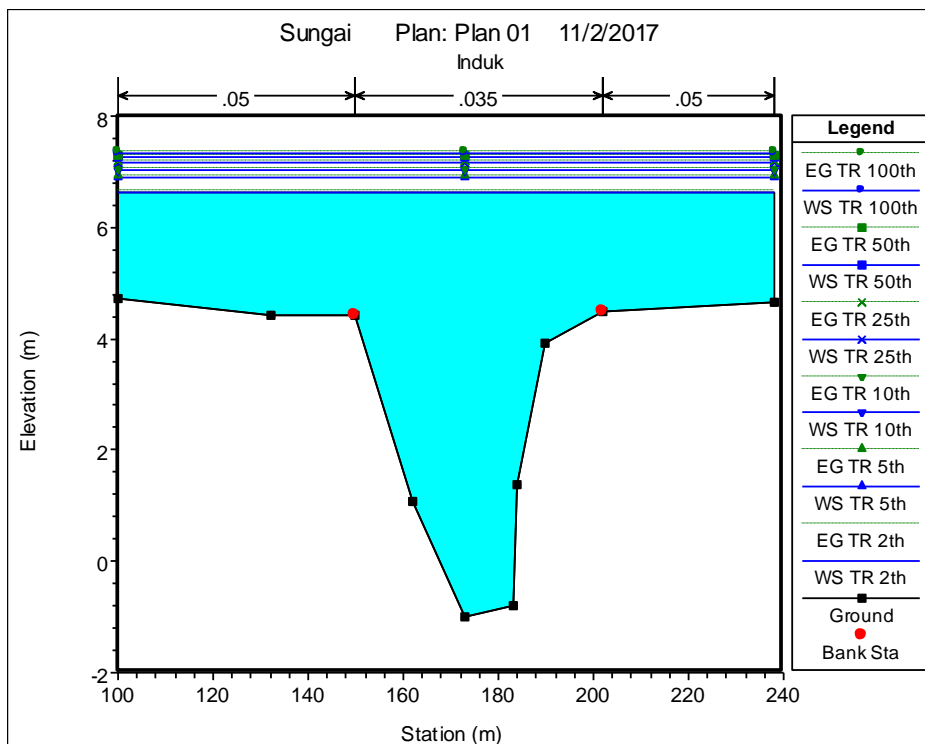
Gambar 4.28 Cross Section 176
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



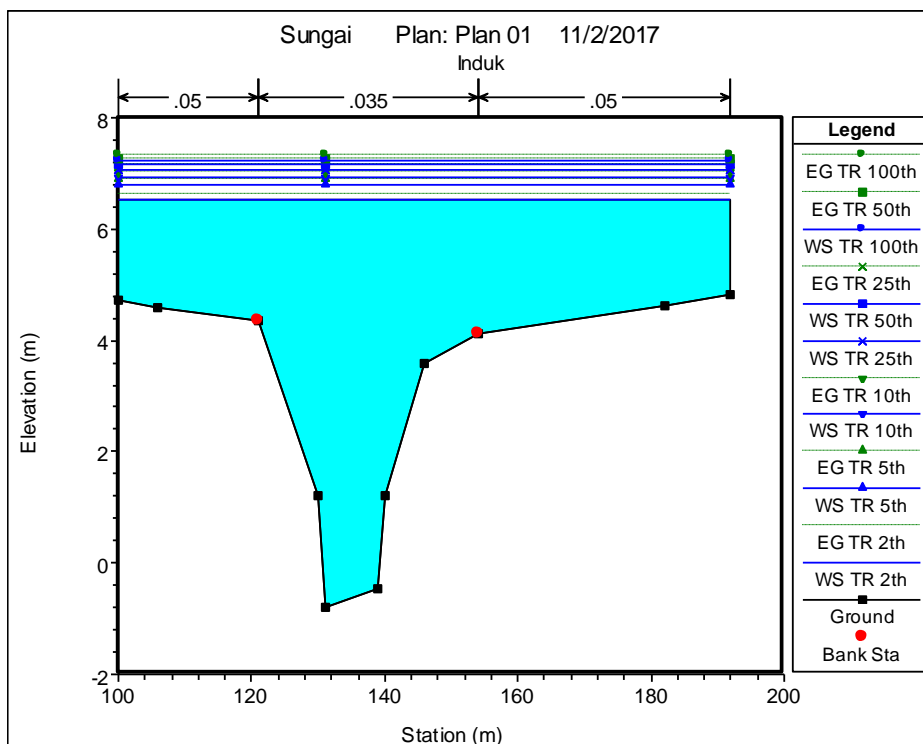
Gambar 4.29 Cross Section 175
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



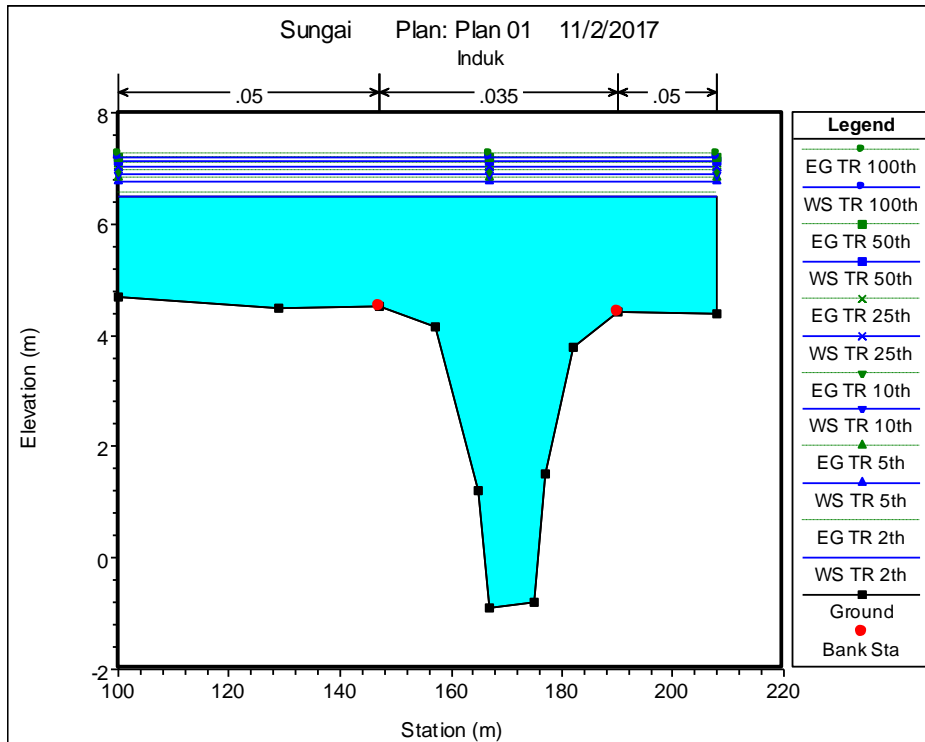
Gambar 4.30 Cross Section 174
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



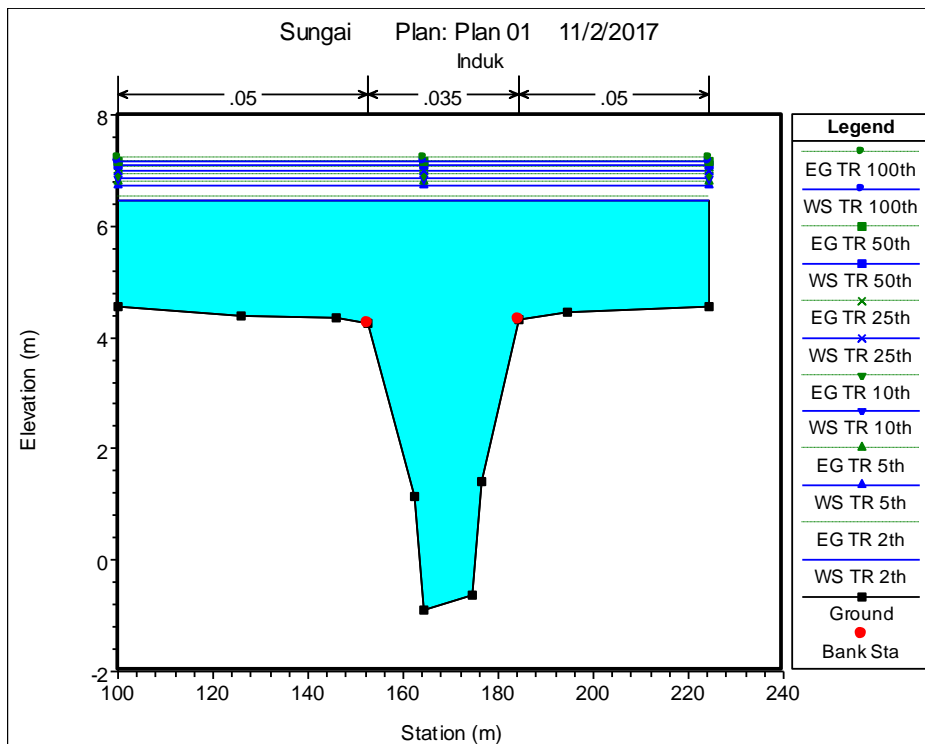
Gambar 4.31 Cross Section 173
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



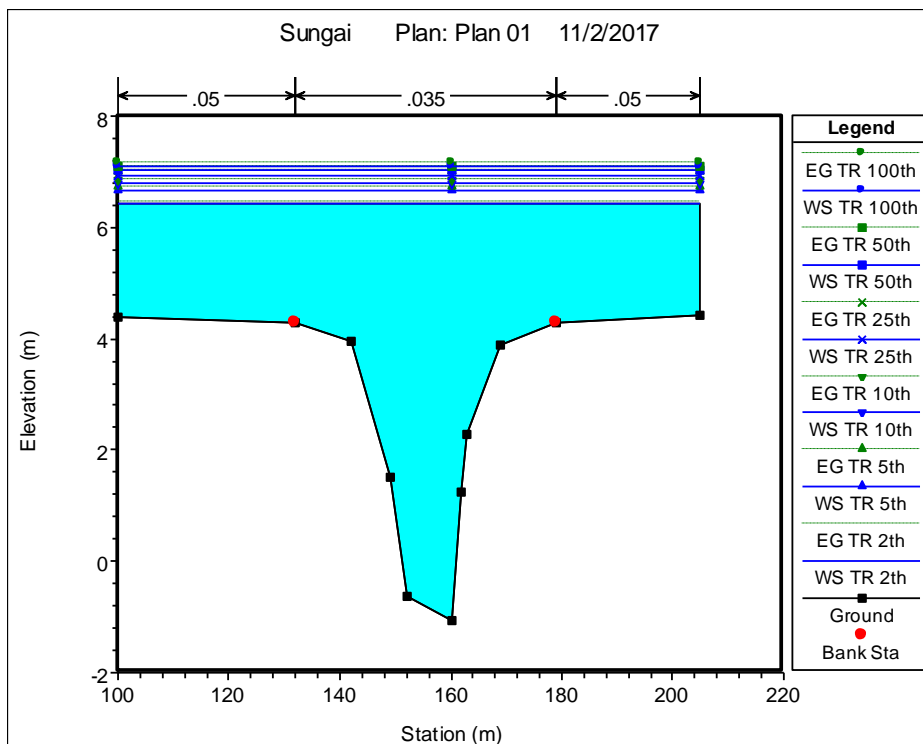
Gambar 4.32 Cross Section 172
Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



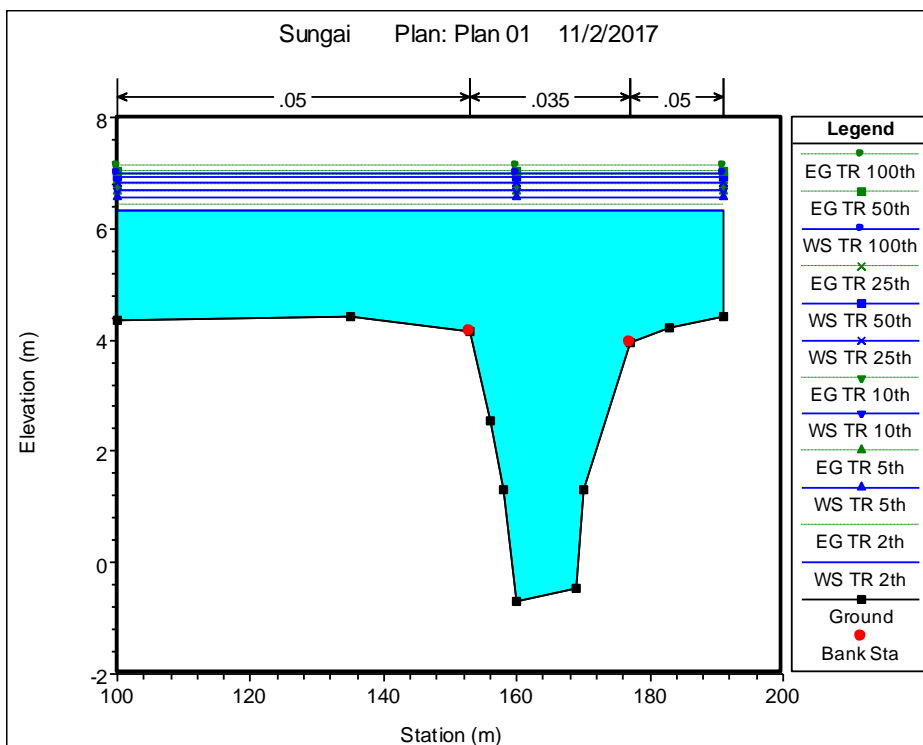
Gambar 4.33 Cross Section 171
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



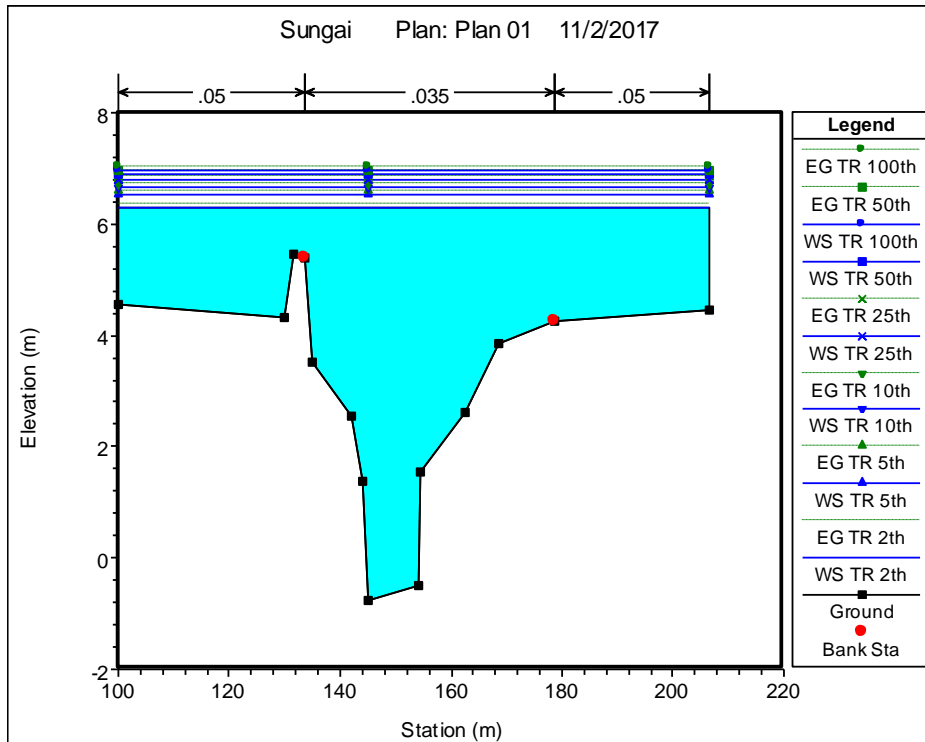
Gambar 4.34 Cross Section 170
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



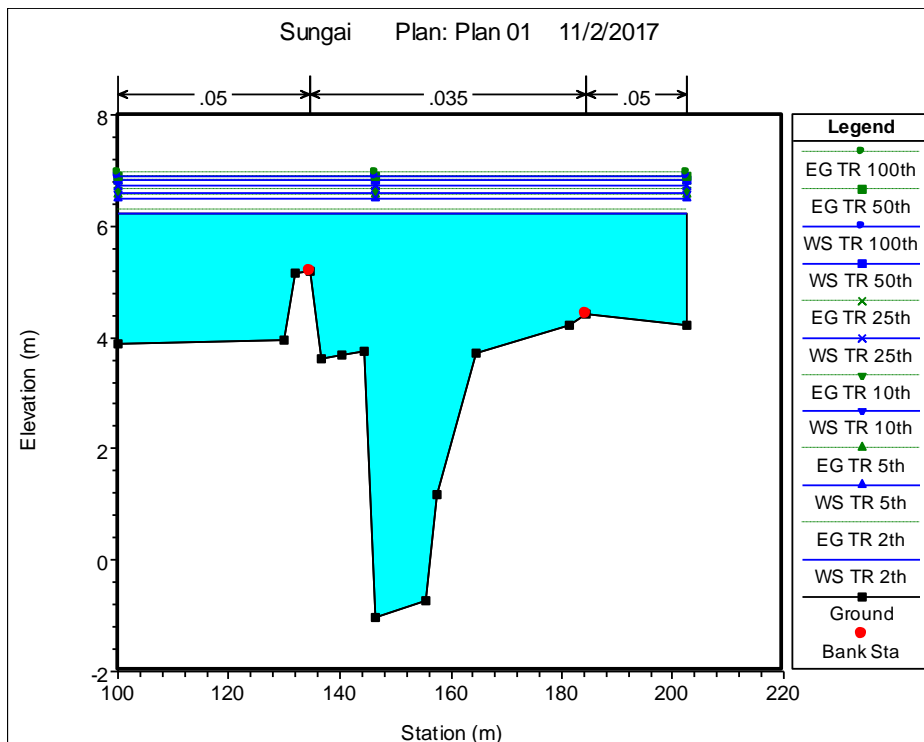
Gambar 4.35 Cross Section 169
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



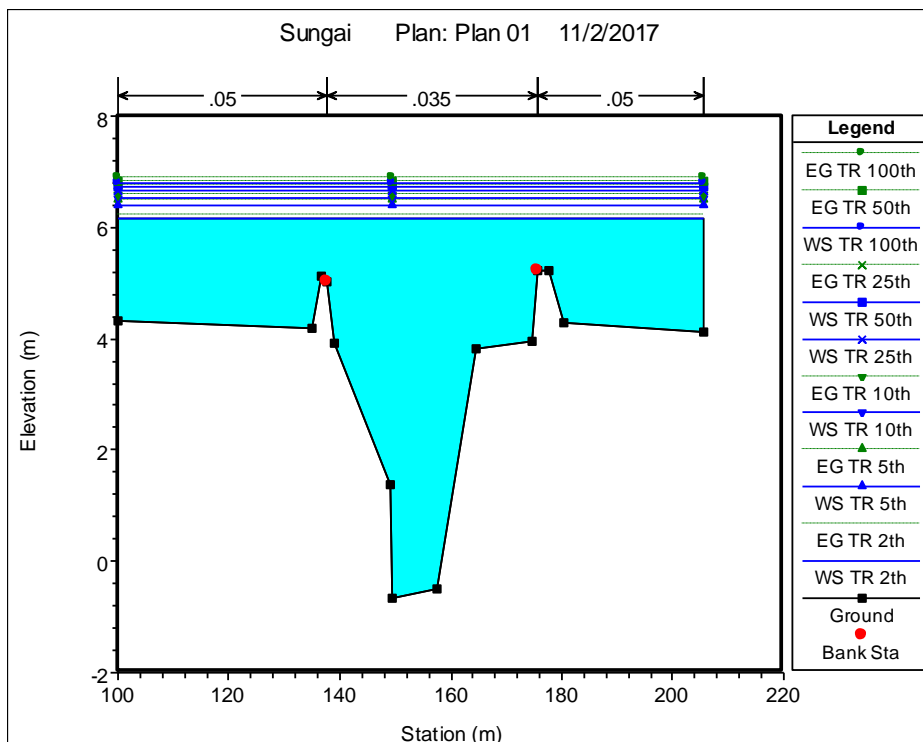
Gambar 4.36 Cross Section 168
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



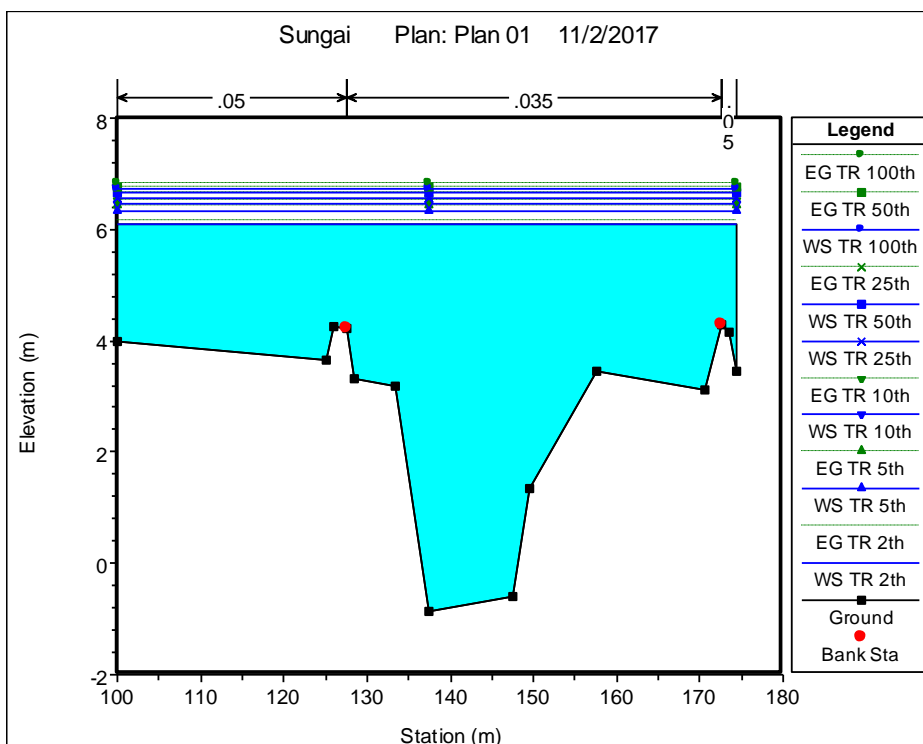
Gambar 4.37 Cross Section 167
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



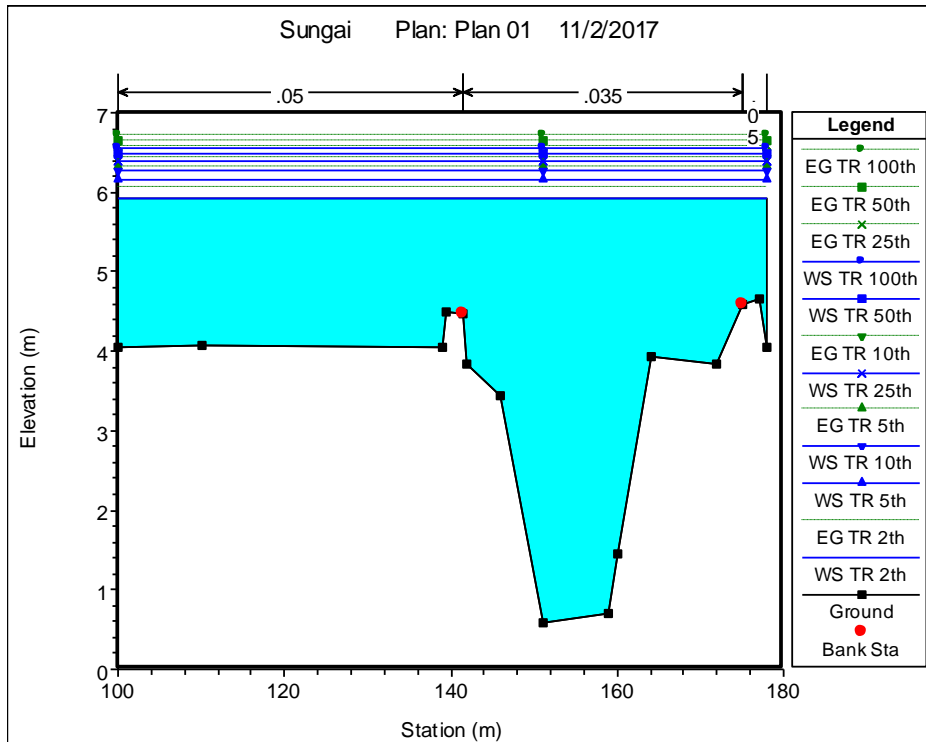
Gambar 4.38 Cross Section 166
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



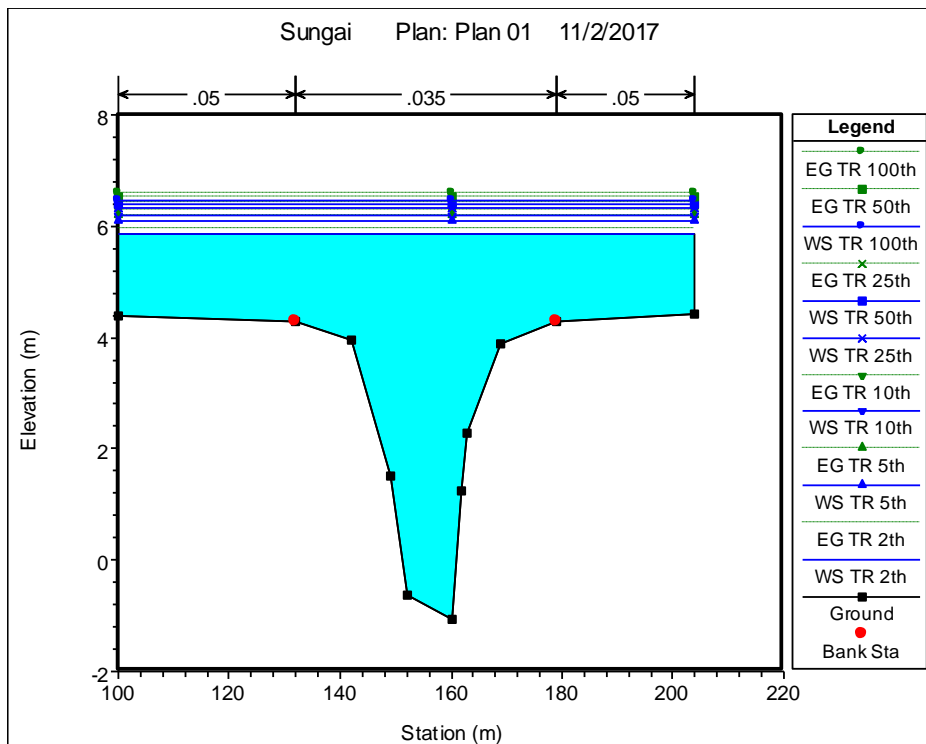
Gambar 4.39 Cross Section 165
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0.



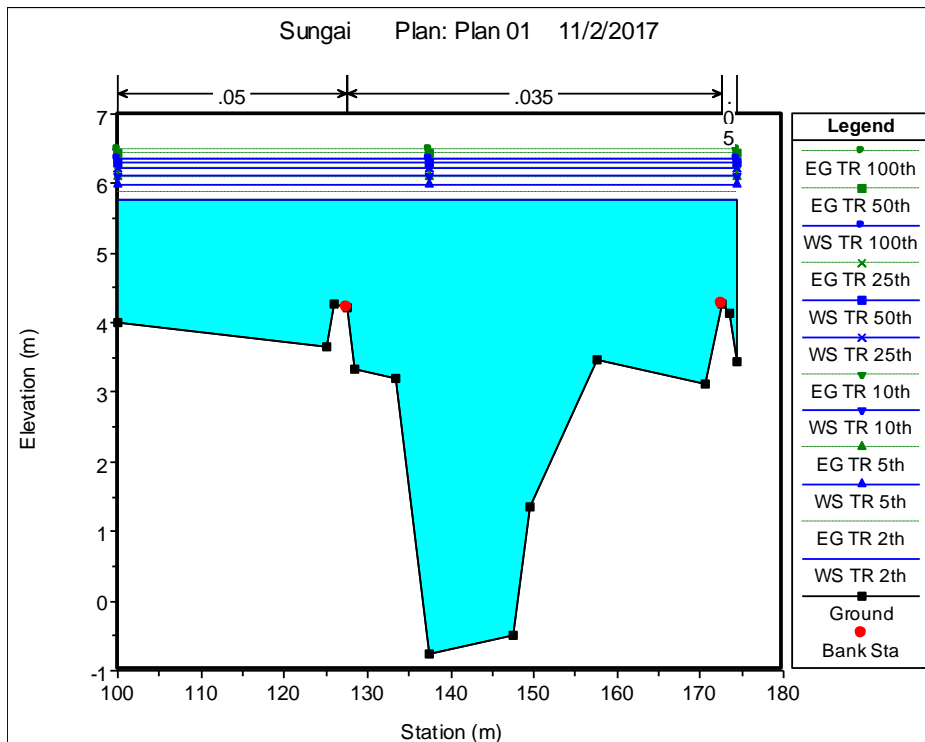
Gambar 4.40 Cross Section 164
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0



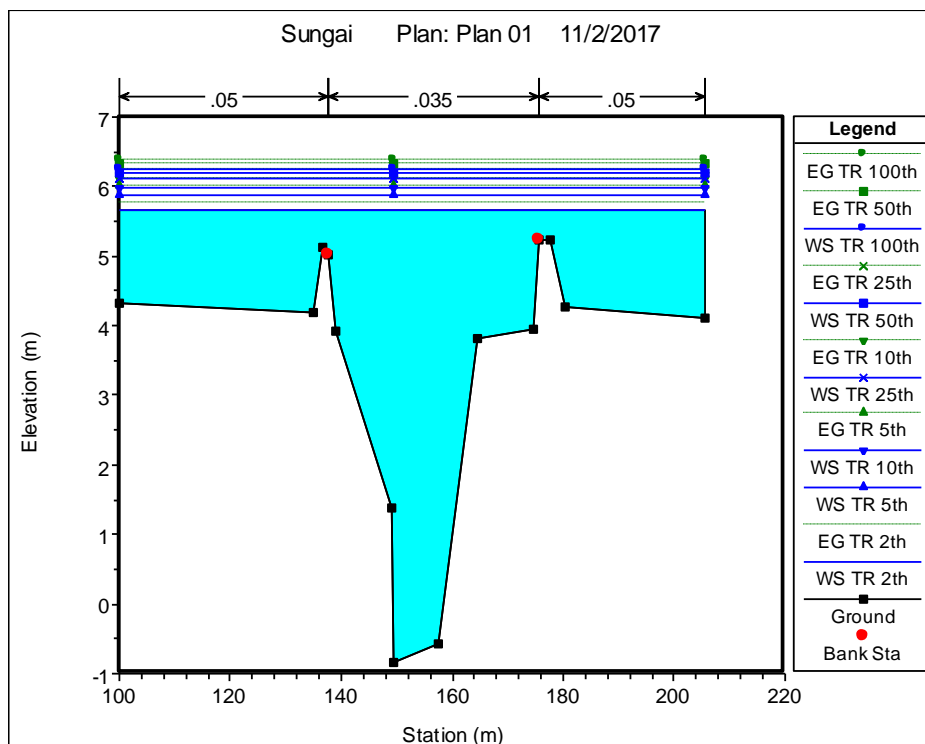
Gambar 4.41 Cross Section 163
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0



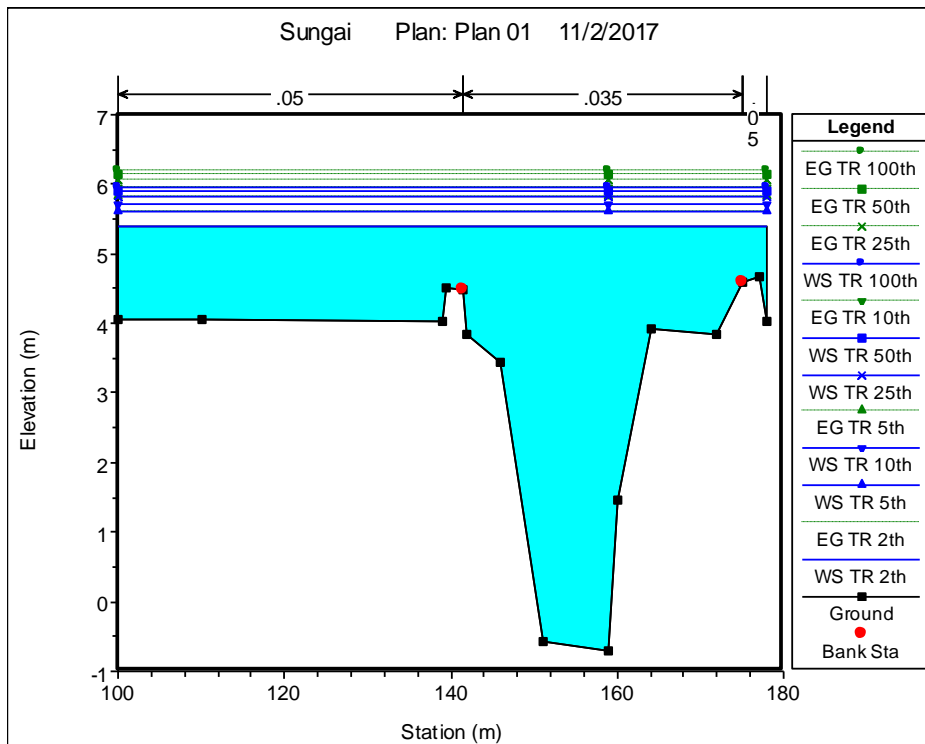
Gambar 4.42 Cross Section 162
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0



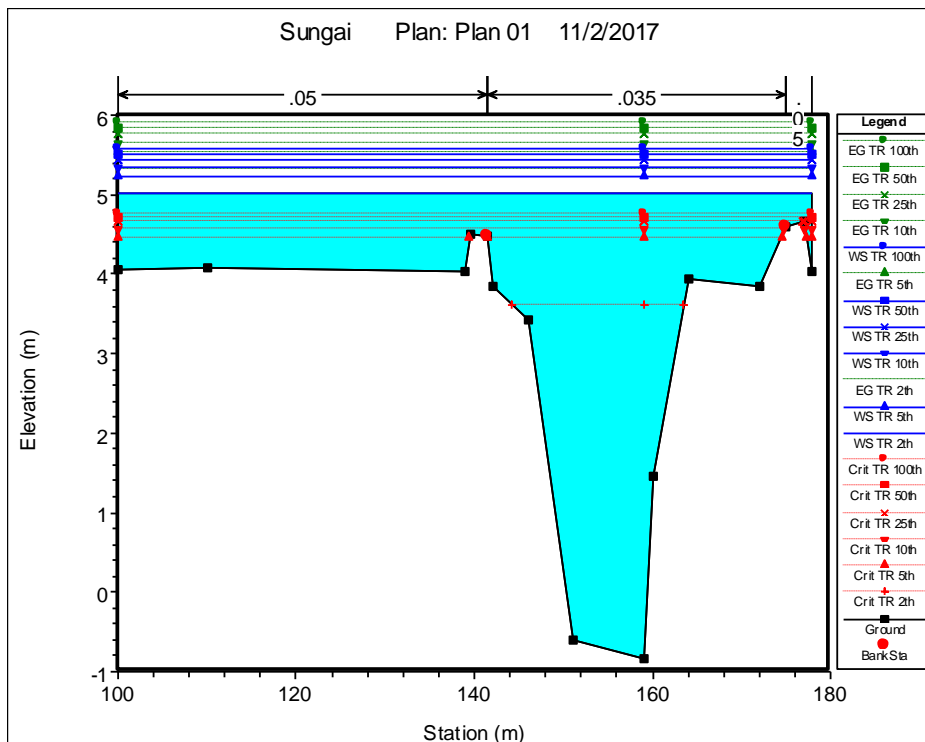
Gambar 4.43 Cross Section 161
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0



Gambar 4.44 Cross Section 160
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0



Gambar 4.45 Cross Section 159
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0



Gambar 4.46 Cross Section 158
 Sumber: Pengolahan Data HEC-RAS v.5.0

Setelah diketahui tinggi muka air menggunakan aplikasi HEC-RAS maka perlu divalidasi untuk melihat apakah hasil perhitungan melalui aplikasi sudah sesuai dengan hasil

di terukur di lapangan. Dengan menggunakan metode *rating curve* dapat dilihat kesesuaian hasil aplikasi dengan hasil lapangan.

Tabel 4.26

Perhitungan tampungan sungai patok 168 dengan kondisi eksisting

No	Elevasi	H (m)	A (m ²)	P	R	V (m/dt)	Q (m ³ /det)	T	D
0	-0.69	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
I	1.310	2.000	21.5920	13.3761	1.6142	1.8441	39.8179	2.000	10.796
II	2.560	3.250	38.7351	16.7362	2.3145	2.3448	90.8269	2.000	19.368
III	4.170	4.860	64.9504	21.0639	3.0835	2.8390	184.3968	3.000	21.650
IV	4.410	5.100	69.2570	21.7091	3.1902	2.9042	201.1354	18.000	3.848
V	4.360	5.050	68.3512	21.5747	3.1681	2.8908	197.5869	35.000	1.953

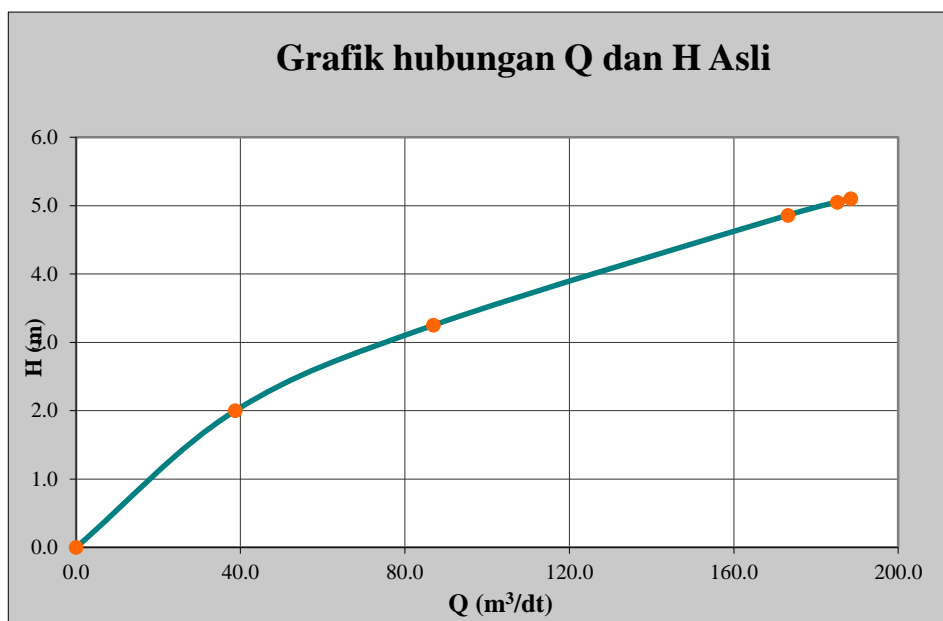
Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

Slope yang digunakan = 0,002235

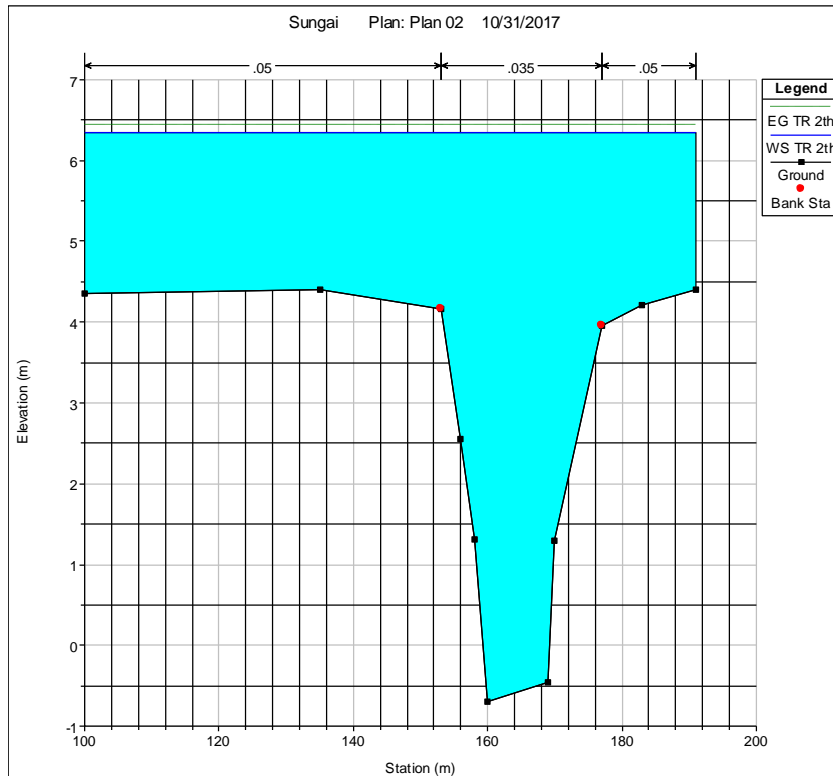
Sehingga, untuk $h = 5,83$ m (didapat dari pembacaan tinggi muka air tanggal 10 Mei 2010), didapatkan $Q = 252,944$ m³/det

Berikut merupakan hasil grafik dari perhitungan diatas:



Gambar 4.47 Grafik hubungan Q dan H asli

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.48 Cross section 168

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

Slope yang digunakan = 0,002235

Jadi melalui perhitungan debit banjir rancangan metode Nakayasu didapat Q_{2th} sebesar 276,5 m³/det. Setelah diolah dalam aplikasi HEC-RAS maka didapatkan $h = 6,34$ m.

Sehingga, dapat disimpulkan melalui tabel dibawah bahwa:

Tabel 4.27

Perbandingan hasil *rating curve* dengan HEC-RAS

Pengolahan melalui	Q (m ³ /det)	H (m)
Aplikasi HEC-RAS v5.0	276,5	6,34
Perhitungan <i>Rating Curve</i>	252,94	5,83
Kesalahan relative (%)	8,52	8

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.28
Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 2 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air		Keterangan	
	Tanggul (m)					Dari Atas			
	Kiri	Kanan				Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
197	6.49	7.48	1.36	8.02	6.66	1.53	0.54	Melimpas	Melimpas
196	8.04	6.47	1.57	7.88	6.31	-	1.41	Aman	Melimpas
195	6.52	7.53	1.26	7.82	6.56	1.3	0.29	Melimpas	Melimpas
194	5.71	6	0.47	7.75	7.28	2.04	1.75	Melimpas	Melimpas
193	6.8	7.35	0.7	7.66	6.96	0.86	0.31	Melimpas	Melimpas
192	6.35	5.27	0.63	7.59	6.96	1.24	2.32	Melimpas	Melimpas
191	5.71	6.28	0.3	7.53	7.23	1.82	1.25	Melimpas	Melimpas
190	6.28	5.83	0.46	7.5	7.04	1.22	1.67	Melimpas	Melimpas
189	5.49	6.42	-0.1	7.43	7.53	1.94	1.01	Melimpas	Melimpas
188	5.5	5.83	0.18	7.33	7.15	1.83	1.5	Melimpas	Melimpas
187	5.17	5.56	-0.6	7.28	7.88	2.11	1.72	Melimpas	Melimpas
186	5.12	5.15	-0.42	7.19	7.61	2.07	2.04	Melimpas	Melimpas
185	4.81	4.19	-0.45	7.15	7.6	2.34	2.96	Melimpas	Melimpas
184	5.6	5.65	-0.54	7.15	7.69	1.55	1.5	Melimpas	Melimpas
183	4.84	5.54	-0.53	7.07	7.6	2.23	1.53	Melimpas	Melimpas
182	4.93	5.2	-0.47	7.01	7.48	2.08	1.81	Melimpas	Melimpas
181	4.66	4.62	0.17	6.9	6.73	2.24	2.28	Melimpas	Melimpas
180	4.45	4.69	-0.88	6.88	7.76	2.43	2.19	Melimpas	Melimpas
179	4.61	4.68	-0.86	6.84	7.7	2.23	2.16	Melimpas	Melimpas
178	4.6	4.5	-0.81	6.81	7.62	2.21	2.31	Melimpas	Melimpas
177	4.41	4.88	-0.86	6.77	7.63	2.36	1.89	Melimpas	Melimpas
176	5.31	4.61	-0.95	6.72	7.67	1.41	2.11	Melimpas	Melimpas
175	4.32	4.55	-0.78	6.68	7.46	2.36	2.13	Melimpas	Melimpas
174	4.77	4.07	-0.64	6.62	7.26	1.85	2.55	Melimpas	Melimpas
173	4.43	4.5	-1.01	6.62	7.63	2.19	2.12	Melimpas	Melimpas
172	4.37	4.11	-0.79	6.53	7.32	2.16	2.42	Melimpas	Melimpas
171	4.53	4.42	-0.9	6.49	7.39	1.96	2.07	Melimpas	Melimpas

Lanjutan Tabel 4.28 Rekapitulasi elevasi Muka Air Q 2 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Tanggul (m)					Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
	Kiri	Kanan							
170	4.26	4.32	-0.9	6.46	7.36	2.2	2.14	Melimpas	Melimpas
169	4.28	4.3	-1.07	6.41	7.48	2.13	2.11	Melimpas	Melimpas
168	4.17	3.96	-0.69	6.32	7.01	2.15	2.36	Melimpas	Melimpas
167	5.4	4.26	-0.75	6.28	7.03	0.88	2.02	Melimpas	Melimpas
166	5.19	4.43	-1.03	6.23	7.26	1.04	1.8	Melimpas	Melimpas
165	5.01	5.23	-0.67	6.15	6.82	1.14	0.92	Melimpas	Melimpas
164	4.21	4.28	-0.85	6.08	6.93	1.87	1.8	Melimpas	Melimpas
163	4.48	4.6	0.58	5.93	5.35	1.45	1.33	Melimpas	Melimpas
162	4.28	4.3	-1.07	5.84	6.91	1.56	1.54	Melimpas	Melimpas
161	4.21	4.28	-0.75	5.77	6.52	1.56	1.49	Melimpas	Melimpas
160	5.01	5.23	-0.85	5.65	6.5	0.64	0.42	Melimpas	Melimpas
159	4.48	4.6	-0.71	5.41	6.12	0.93	0.81	Melimpas	Melimpas
158	4.46	4.6	-0.84	5.03	5.87	0.57	0.43	Melimpas	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.29
Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 5 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Kiri	Kanan				Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
197	6.49	7.48	1.36	8.34	6.98	1.85	0.86	Melimpas	Melimpas
196	8.04	6.47	1.57	8.2	6.63	0.16	1.73	Melimpas	Melimpas
195	6.52	7.53	1.26	8.14	6.88	1.62	0.61	Melimpas	Melimpas
194	5.71	6	0.47	8.07	7.6	2.36	2.07	Melimpas	Melimpas
193	6.8	7.35	0.7	7.97	7.27	1.17	0.62	Melimpas	Melimpas
192	6.35	5.27	0.63	7.91	7.28	1.56	2.64	Melimpas	Melimpas
191	5.71	6.28	0.3	7.84	7.54	2.13	1.56	Melimpas	Melimpas
190	6.28	5.83	0.46	7.81	7.35	1.53	1.98	Melimpas	Melimpas
189	5.49	6.42	-0.1	7.75	7.85	2.26	1.33	Melimpas	Melimpas
188	5.5	5.83	0.18	7.66	7.48	2.16	1.83	Melimpas	Melimpas
187	5.17	5.56	-0.6	7.59	8.19	2.42	2.03	Melimpas	Melimpas
186	5.12	5.15	-0.42	7.49	7.91	2.37	2.34	Melimpas	Melimpas
185	4.81	4.19	-0.45	7.45	7.9	2.64	3.26	Melimpas	Melimpas
184	5.6	5.65	-0.54	7.45	7.99	1.85	1.8	Melimpas	Melimpas
183	4.84	5.54	-0.53	7.36	7.89	2.52	1.82	Melimpas	Melimpas
182	4.93	5.2	-0.47	7.3	7.77	2.37	2.1	Melimpas	Melimpas
181	4.66	4.62	0.17	7.18	7.01	2.52	2.56	Melimpas	Melimpas
180	4.45	4.69	-0.88	7.16	8.04	2.71	2.47	Melimpas	Melimpas
179	4.61	4.68	-0.86	7.12	7.98	2.51	2.44	Melimpas	Melimpas
178	4.6	4.5	-0.81	7.09	7.9	2.49	2.59	Melimpas	Melimpas
177	4.41	4.88	-0.86	7.05	7.91	2.64	2.17	Melimpas	Melimpas
176	5.31	4.61	-0.95	7	7.95	1.69	2.39	Melimpas	Melimpas
175	4.32	4.55	-0.78	6.96	7.74	2.64	2.41	Melimpas	Melimpas
174	4.77	4.07	-0.64	6.89	7.53	2.12	2.82	Melimpas	Melimpas
173	4.43	4.5	-1.01	6.89	7.9	2.46	2.39	Melimpas	Melimpas
172	4.37	4.11	-0.79	6.8	7.59	2.43	2.69	Melimpas	Melimpas
171	4.53	4.42	-0.9	6.76	7.66	2.23	2.34	Melimpas	Melimpas

Lanjutan Tabel 4.29 Rekapitulasi elevasi Muka Air Q 5 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Tanggul (m)					Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
	Kiri	Kanan							
170	4.26	4.32	-0.9	6.72	7.62	2.46	2.4	Melimpas	Melimpas
169	4.28	4.3	-1.07	6.68	7.75	2.4	2.38	Melimpas	Melimpas
168	4.17	3.96	-0.69	6.57	7.26	2.4	2.61	Melimpas	Melimpas
167	5.4	4.26	-0.75	6.54	7.29	1.14	2.28	Melimpas	Melimpas
166	5.19	4.43	-1.03	6.48	7.51	1.29	2.05	Melimpas	Melimpas
165	5.01	5.23	-0.67	6.4	7.07	1.39	1.17	Melimpas	Melimpas
164	4.21	4.28	-0.85	6.33	7.18	2.12	2.05	Melimpas	Melimpas
163	4.48	4.6	0.58	6.16	5.58	1.68	1.56	Melimpas	Melimpas
162	4.28	4.3	-1.07	6.09	7.16	1.81	1.79	Melimpas	Melimpas
161	4.21	4.28	-0.75	5.99	6.74	1.78	1.71	Melimpas	Melimpas
160	5.01	5.23	-0.85	5.88	6.73	0.87	0.65	Melimpas	Melimpas
159	4.48	4.6	-0.71	5.62	6.33	1.14	1.02	Melimpas	Melimpas
158	4.46	4.6	-0.84	5.23	6.07	0.77	0.63	Melimpas	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.30
Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 10 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Kiri	Kanan				Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
197	6.49	7.48	1.36	8.5	7.14	2.01	1.02	Melimpas	Melimpas
196	8.04	6.47	1.57	8.36	6.79	0.32	1.89	Melimpas	Melimpas
195	6.52	7.53	1.26	8.3	7.04	1.78	0.77	Melimpas	Melimpas
194	5.71	6	0.47	8.24	7.77	2.53	2.24	Melimpas	Melimpas
193	6.8	7.35	0.7	8.13	7.43	1.33	0.78	Melimpas	Melimpas
192	6.35	5.27	0.63	8.07	7.44	1.72	2.8	Melimpas	Melimpas
191	5.71	6.28	0.3	8	7.7	2.29	1.72	Melimpas	Melimpas
190	6.28	5.83	0.46	7.97	7.51	1.69	2.14	Melimpas	Melimpas
189	5.49	6.42	-0.1	7.91	8.01	2.42	1.49	Melimpas	Melimpas
188	5.5	5.83	0.18	7.81	7.63	2.31	1.98	Melimpas	Melimpas
187	5.17	5.56	-0.6	7.74	8.34	2.57	2.18	Melimpas	Melimpas
186	5.12	5.15	-0.42	7.64	8.06	2.52	2.49	Melimpas	Melimpas
185	4.81	4.19	-0.45	7.6	8.05	2.79	3.41	Melimpas	Melimpas
184	5.6	5.65	-0.54	7.6	8.14	2	1.95	Melimpas	Melimpas
183	4.84	5.54	-0.53	7.51	8.04	2.67	1.97	Melimpas	Melimpas
182	4.93	5.2	-0.47	7.45	7.92	2.52	2.25	Melimpas	Melimpas
181	4.66	4.62	0.17	7.32	7.15	2.66	2.7	Melimpas	Melimpas
180	4.45	4.69	-0.88	7.3	8.18	2.85	2.61	Melimpas	Melimpas
179	4.61	4.68	-0.86	7.26	8.12	2.65	2.58	Melimpas	Melimpas
178	4.6	4.5	-0.81	7.23	8.04	2.63	2.73	Melimpas	Melimpas
177	4.41	4.88	-0.86	7.2	8.06	2.79	2.32	Melimpas	Melimpas
176	5.31	4.61	-0.95	7.14	8.09	1.83	2.53	Melimpas	Melimpas
175	4.32	4.55	-0.78	7.1	7.88	2.78	2.55	Melimpas	Melimpas
174	4.77	4.07	-0.64	7.03	7.67	2.26	2.96	Melimpas	Melimpas
173	4.43	4.5	-1.01	7.03	8.04	2.6	2.53	Melimpas	Melimpas
172	4.37	4.11	-0.79	6.94	7.73	2.57	2.83	Melimpas	Melimpas
171	4.53	4.42	-0.9	6.9	7.8	2.37	2.48	Melimpas	Melimpas

Lanjutan Tabel 4.30 Rekapitulasi elevasi Muka Air Q 10 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Tanggul (m)					Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
	Kiri	Kanan							
170	4.26	4.32	-0.9	6.86	7.76	2.6	2.54	Melimpas	Melimpas
169	4.28	4.3	-1.07	6.81	7.88	2.53	2.51	Melimpas	Melimpas
168	4.17	3.96	-0.69	6.7	7.39	2.53	2.74	Melimpas	Melimpas
167	5.4	4.26	-0.75	6.66	7.41	1.26	2.4	Melimpas	Melimpas
166	5.19	4.43	-1.03	6.61	7.64	1.42	2.18	Melimpas	Melimpas
165	5.01	5.23	-0.67	6.53	7.2	1.52	1.3	Melimpas	Melimpas
164	4.21	4.28	-0.85	6.45	7.3	2.24	2.17	Melimpas	Melimpas
163	4.48	4.6	0.58	6.28	5.7	1.8	1.68	Melimpas	Melimpas
162	4.28	4.3	-1.07	6.21	7.28	1.93	1.91	Melimpas	Melimpas
161	4.21	4.28	-0.75	6.11	6.86	1.9	1.83	Melimpas	Melimpas
160	5.01	5.23	-0.85	5.99	6.84	0.98	0.76	Melimpas	Melimpas
159	4.48	4.6	-0.71	5.72	6.43	1.24	1.12	Melimpas	Melimpas
158	4.46	4.6	-0.84	5.33	6.17	0.87	0.73	Melimpas	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.31
Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 25 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Kiri	Kanan				Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
197	6.49	7.48	1.36	8.67	7.31	2.18	1.19	Melimpas	Melimpas
196	8.04	6.47	1.57	8.53	6.96	0.49	2.06	Melimpas	Melimpas
195	6.52	7.53	1.26	8.47	7.21	1.95	0.94	Melimpas	Melimpas
194	5.71	6	0.47	8.41	7.94	2.7	2.41	Melimpas	Melimpas
193	6.8	7.35	0.7	8.29	7.59	1.49	0.94	Melimpas	Melimpas
192	6.35	5.27	0.63	8.23	7.6	1.88	2.96	Melimpas	Melimpas
191	5.71	6.28	0.3	8.17	7.87	2.46	1.89	Melimpas	Melimpas
190	6.28	5.83	0.46	8.14	7.68	1.86	2.31	Melimpas	Melimpas
189	5.49	6.42	-0.1	8.07	8.17	2.58	1.65	Melimpas	Melimpas
188	5.5	5.83	0.18	7.98	7.8	2.48	2.15	Melimpas	Melimpas
187	5.17	5.56	-0.6	7.9	8.5	2.73	2.34	Melimpas	Melimpas
186	5.12	5.15	-0.42	7.79	8.21	2.67	2.64	Melimpas	Melimpas
185	4.81	4.19	-0.45	7.75	8.2	2.94	3.56	Melimpas	Melimpas
184	5.6	5.65	-0.54	7.76	8.3	2.16	2.11	Melimpas	Melimpas
183	4.84	5.54	-0.53	7.66	8.19	2.82	2.12	Melimpas	Melimpas
182	4.93	5.2	-0.47	7.6	8.07	2.67	2.4	Melimpas	Melimpas
181	4.66	4.62	0.17	7.47	7.3	2.81	2.85	Melimpas	Melimpas
180	4.45	4.69	-0.88	7.45	8.33	3	2.76	Melimpas	Melimpas
179	4.61	4.68	-0.86	7.4	8.26	2.79	2.72	Melimpas	Melimpas
178	4.6	4.5	-0.81	7.38	8.19	2.78	2.88	Melimpas	Melimpas
177	4.41	4.88	-0.86	7.34	8.2	2.93	2.46	Melimpas	Melimpas
176	5.31	4.61	-0.95	7.28	8.23	1.97	2.67	Melimpas	Melimpas
175	4.32	4.55	-0.78	7.24	8.02	2.92	2.69	Melimpas	Melimpas
174	4.77	4.07	-0.64	7.17	7.81	2.4	3.1	Melimpas	Melimpas
173	4.43	4.5	-1.01	7.17	8.18	2.74	2.67	Melimpas	Melimpas
172	4.37	4.11	-0.79	7.08	7.87	2.71	2.97	Melimpas	Melimpas
171	4.53	4.42	-0.9	7.03	7.93	2.5	2.61	Melimpas	Melimpas

Lanjutan Tabel 4.31 Rekapitulasi elevasi Muka Air Q 25 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Tanggul (m)					Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
	Kiri	Kanan							
170	4.26	4.32	-0.9	7	7.9	2.74	2.68	Melimpas	Melimpas
169	4.28	4.3	-1.07	6.95	8.02	2.67	2.65	Melimpas	Melimpas
168	4.17	3.96	-0.69	6.83	7.52	2.66	2.87	Melimpas	Melimpas
167	5.4	4.26	-0.75	6.8	7.55	1.4	2.54	Melimpas	Melimpas
166	5.19	4.43	-1.03	6.74	7.77	1.55	2.31	Melimpas	Melimpas
165	5.01	5.23	-0.67	6.66	7.33	1.65	1.43	Melimpas	Melimpas
164	4.21	4.28	-0.85	6.58	7.43	2.37	2.3	Melimpas	Melimpas
163	4.48	4.6	0.58	6.4	5.82	1.92	1.8	Melimpas	Melimpas
162	4.28	4.3	-1.07	6.33	7.4	2.05	2.03	Melimpas	Melimpas
161	4.21	4.28	-0.75	6.22	6.97	2.01	1.94	Melimpas	Melimpas
160	5.01	5.23	-0.85	6.11	6.96	1.1	0.88	Melimpas	Melimpas
159	4.48	4.6	-0.71	5.83	6.54	1.35	1.23	Melimpas	Melimpas
158	4.46	4.6	-0.84	5.44	6.28	0.98	0.84	Melimpas	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.32
Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 50 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Kiri	Kanan				Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
197	6.49	7.48	1.36	8.77	7.41	2.28	1.29	Melimpas	Melimpas
196	8.04	6.47	1.57	8.64	7.07	0.6	2.17	Melimpas	Melimpas
195	6.52	7.53	1.26	8.58	7.32	2.06	1.05	Melimpas	Melimpas
194	5.71	6	0.47	8.51	8.04	2.8	2.51	Melimpas	Melimpas
193	6.8	7.35	0.7	8.4	7.7	1.6	1.05	Melimpas	Melimpas
192	6.35	5.27	0.63	8.34	7.71	1.99	3.07	Melimpas	Melimpas
191	5.71	6.28	0.3	8.27	7.97	2.56	1.99	Melimpas	Melimpas
190	6.28	5.83	0.46	8.24	7.78	1.96	2.41	Melimpas	Melimpas
189	5.49	6.42	-0.1	8.18	8.28	2.69	1.76	Melimpas	Melimpas
188	5.5	5.83	0.18	8.08	7.9	2.58	2.25	Melimpas	Melimpas
187	5.17	5.56	-0.6	8	8.6	2.83	2.44	Melimpas	Melimpas
186	5.12	5.15	-0.42	7.88	8.3	2.76	2.73	Melimpas	Melimpas
185	4.81	4.19	-0.45	7.85	8.3	3.04	3.66	Melimpas	Melimpas
184	5.6	5.65	-0.54	7.85	8.39	2.25	2.2	Melimpas	Melimpas
183	4.84	5.54	-0.53	7.76	8.29	2.92	2.22	Melimpas	Melimpas
182	4.93	5.2	-0.47	7.69	8.16	2.76	2.49	Melimpas	Melimpas
181	4.66	4.62	0.17	7.56	7.39	2.9	2.94	Melimpas	Melimpas
180	4.45	4.69	-0.88	7.54	8.42	3.09	2.85	Melimpas	Melimpas
179	4.61	4.68	-0.86	7.49	8.35	2.88	2.81	Melimpas	Melimpas
178	4.6	4.5	-0.81	7.47	8.28	2.87	2.97	Melimpas	Melimpas
177	4.41	4.88	-0.86	7.43	8.29	3.02	2.55	Melimpas	Melimpas
176	5.31	4.61	-0.95	7.37	8.32	2.06	2.76	Melimpas	Melimpas
175	4.32	4.55	-0.78	7.33	8.11	3.01	2.78	Melimpas	Melimpas
174	4.77	4.07	-0.64	7.26	7.9	2.49	3.19	Melimpas	Melimpas
173	4.43	4.5	-1.01	7.26	8.27	2.83	2.76	Melimpas	Melimpas
172	4.37	4.11	-0.79	7.16	7.95	2.79	3.05	Melimpas	Melimpas
171	4.53	4.42	-0.9	7.12	8.02	2.59	2.7	Melimpas	Melimpas

Lanjutan Tabel 4.32 Rekapitulasi elevasi Muka Air Q 50 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Tanggul (m)					Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
	Kiri	Kanan							
170	4.26	4.32	-0.9	7.08	7.98	2.82	2.76	Melimpas	Melimpas
169	4.28	4.3	-1.07	7.03	8.1	2.75	2.73	Melimpas	Melimpas
168	4.17	3.96	-0.69	6.92	7.61	2.75	2.96	Melimpas	Melimpas
167	5.4	4.26	-0.75	6.88	7.63	1.48	2.62	Melimpas	Melimpas
166	5.19	4.43	-1.03	6.82	7.85	1.63	2.39	Melimpas	Melimpas
165	5.01	5.23	-0.67	6.74	7.41	1.73	1.51	Melimpas	Melimpas
164	4.21	4.28	-0.85	6.66	7.51	2.45	2.38	Melimpas	Melimpas
163	4.48	4.6	0.58	6.48	5.9	2	1.88	Melimpas	Melimpas
162	4.28	4.3	-1.07	6.41	7.48	2.13	2.11	Melimpas	Melimpas
161	4.21	4.28	-0.75	6.3	7.05	2.09	2.02	Melimpas	Melimpas
160	5.01	5.23	-0.85	6.18	7.03	1.17	0.95	Melimpas	Melimpas
159	4.48	4.6	-0.71	5.9	6.61	1.42	1.3	Melimpas	Melimpas
158	4.46	4.6	-0.84	5.51	6.35	1.05	0.91	Melimpas	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan

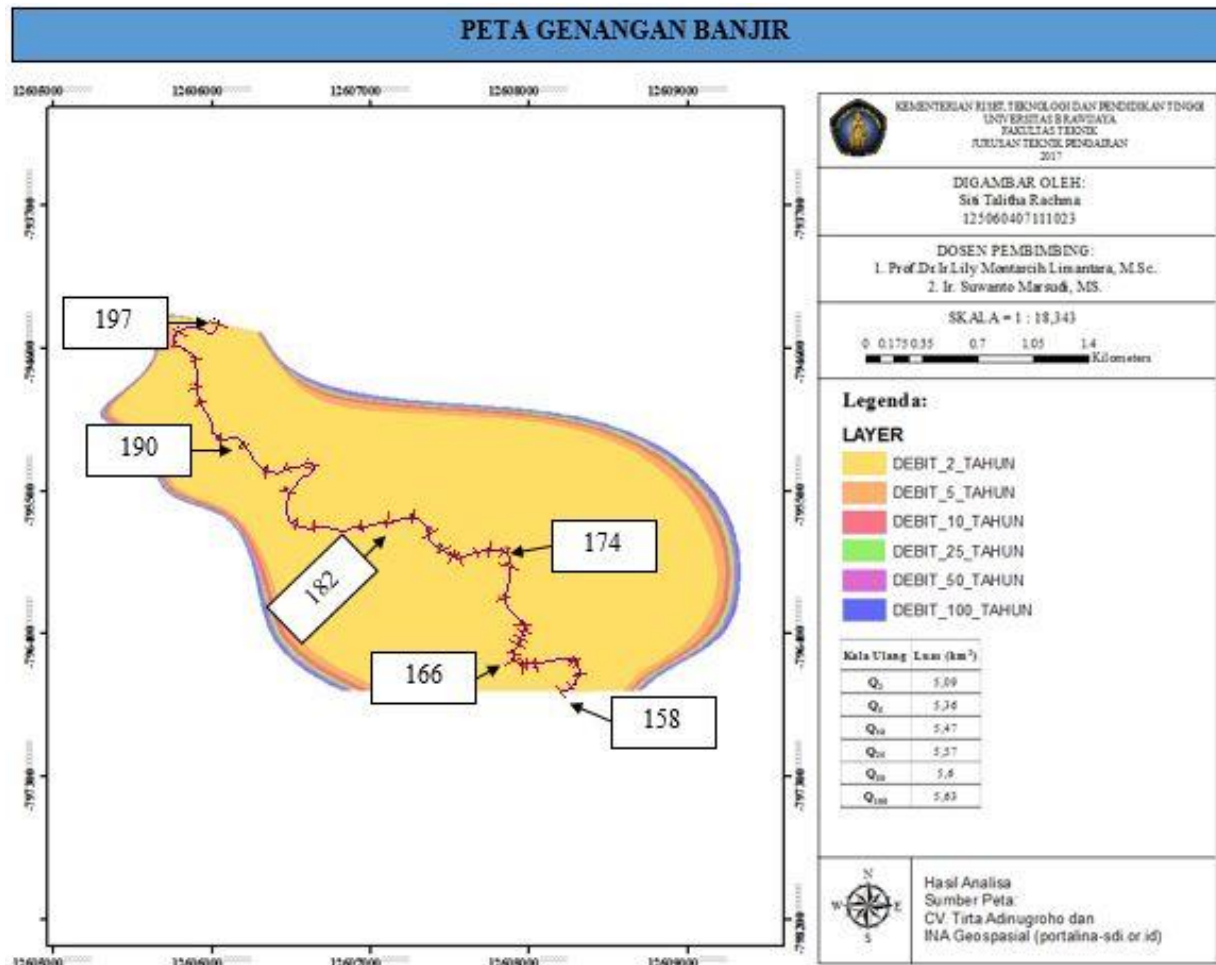
Tabel 4.33
Rekapitulasi Elevasi Muka Air Q 100 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Kiri	Kanan				Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
197	6.49	7.48	1.36	8.87	7.51	2.38	1.39	Melimpas	Melimpas
196	8.04	6.47	1.57	8.73	7.16	0.69	2.26	Melimpas	Melimpas
195	6.52	7.53	1.26	8.67	7.41	2.15	1.14	Melimpas	Melimpas
194	5.71	6	0.47	8.6	8.13	2.89	2.6	Melimpas	Melimpas
193	6.8	7.35	0.7	8.49	7.79	1.69	1.14	Melimpas	Melimpas
192	6.35	5.27	0.63	8.43	7.8	2.08	3.16	Melimpas	Melimpas
191	5.71	6.28	0.3	8.36	8.06	2.65	2.08	Melimpas	Melimpas
190	6.28	5.83	0.46	8.33	7.87	2.05	2.5	Melimpas	Melimpas
189	5.49	6.42	-0.1	8.27	8.37	2.78	1.85	Melimpas	Melimpas
188	5.5	5.83	0.18	8.17	7.99	2.67	2.34	Melimpas	Melimpas
187	5.17	5.56	-0.6	8.09	8.69	2.92	2.53	Melimpas	Melimpas
186	5.12	5.15	-0.42	7.97	8.39	2.85	2.82	Melimpas	Melimpas
185	4.81	4.19	-0.45	7.93	8.38	3.12	3.74	Melimpas	Melimpas
184	5.6	5.65	-0.54	7.94	8.48	2.34	2.29	Melimpas	Melimpas
183	4.84	5.54	-0.53	7.84	8.37	3	2.3	Melimpas	Melimpas
182	4.93	5.2	-0.47	7.78	8.25	2.85	2.58	Melimpas	Melimpas
181	4.66	4.62	0.17	7.64	7.47	2.98	3.02	Melimpas	Melimpas
180	4.45	4.69	-0.88	7.62	8.5	3.17	2.93	Melimpas	Melimpas
179	4.61	4.68	-0.86	7.57	8.43	2.96	2.89	Melimpas	Melimpas
178	4.6	4.5	-0.81	7.55	8.36	2.95	3.05	Melimpas	Melimpas
177	4.41	4.88	-0.86	7.51	8.37	3.1	2.63	Melimpas	Melimpas
176	5.31	4.61	-0.95	7.45	8.4	2.14	2.84	Melimpas	Melimpas
175	4.32	4.55	-0.78	7.41	8.19	3.09	2.86	Melimpas	Melimpas
174	4.77	4.07	-0.64	7.34	7.98	2.57	3.27	Melimpas	Melimpas
173	4.43	4.5	-1.01	7.34	8.35	2.91	2.84	Melimpas	Melimpas
172	4.37	4.11	-0.79	7.24	8.03	2.87	3.13	Melimpas	Melimpas
171	4.53	4.42	-0.9	7.2	8.1	2.67	2.78	Melimpas	Melimpas

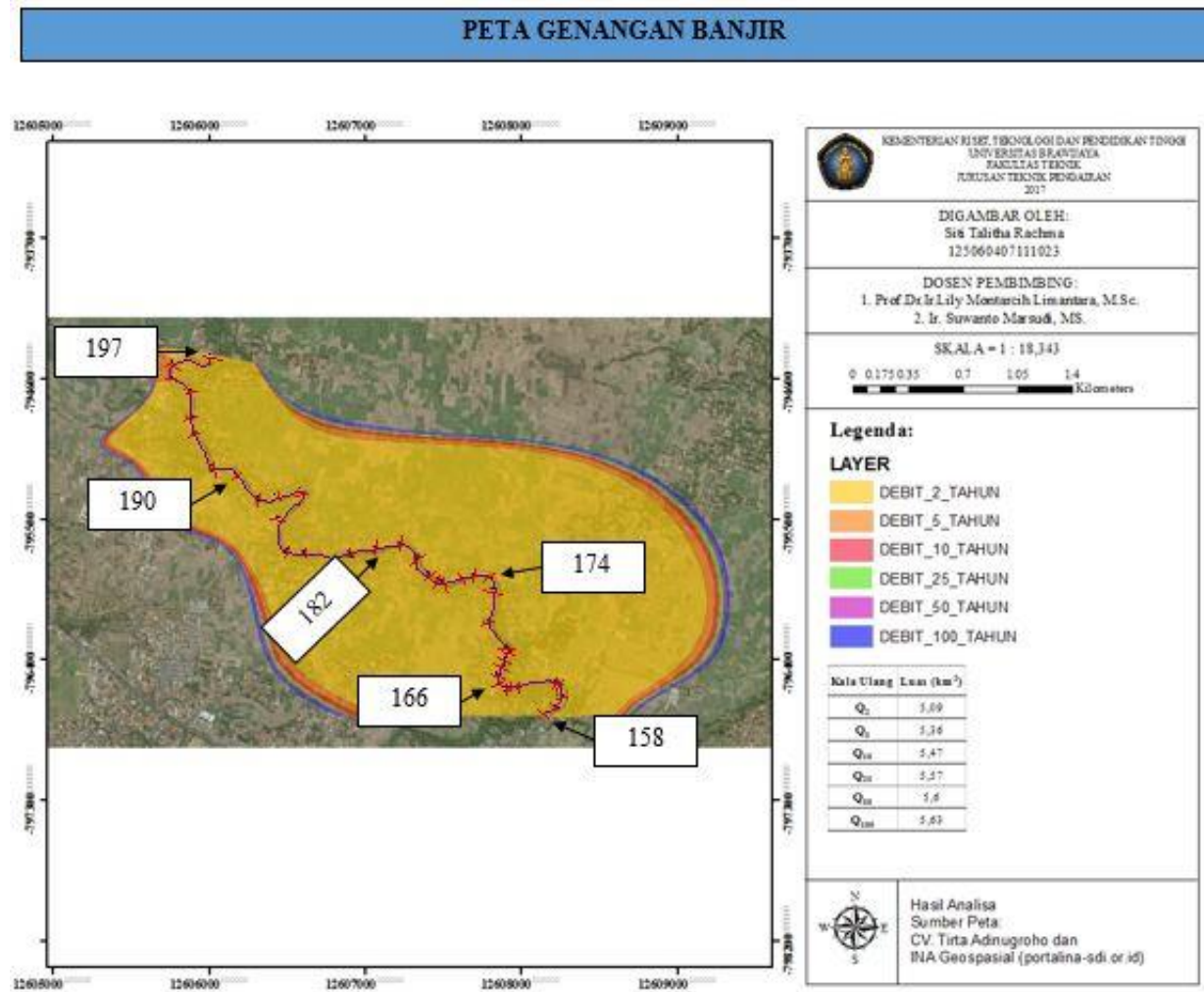
Lanjutan Tabel 4.33 Rekapitulasi elevasi Muka Air Q 100 Tahun

Patok	Elevasi		El. Dasar Sungai	El. Muka Air	Kedalaman Air (m)	Kedalaman Air Dari Atas Tanggul (m)		Keterangan	
	Kiri	Kanan				Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
170	4.26	4.32	-0.9	7.16	8.06	2.9	2.84	Melimpas	Melimpas
169	4.28	4.3	-1.07	7.11	8.18	2.83	2.81	Melimpas	Melimpas
168	4.17	3.96	-0.69	6.99	7.68	2.82	3.03	Melimpas	Melimpas
167	5.4	4.26	-0.75	6.95	7.7	1.55	2.69	Melimpas	Melimpas
166	5.19	4.43	-1.03	6.9	7.93	1.71	2.47	Melimpas	Melimpas
165	5.01	5.23	-0.67	6.81	7.48	1.8	1.58	Melimpas	Melimpas
164	4.21	4.28	-0.85	6.72	7.57	2.51	2.44	Melimpas	Melimpas
163	4.48	4.6	0.58	6.54	5.96	2.06	1.94	Melimpas	Melimpas
162	4.28	4.3	-1.07	6.48	7.55	2.2	2.18	Melimpas	Melimpas
161	4.21	4.28	-0.75	6.36	7.11	2.15	2.08	Melimpas	Melimpas
160	5.01	5.23	-0.85	6.25	7.1	1.24	1.02	Melimpas	Melimpas
159	4.48	4.6	-0.71	5.96	6.67	1.48	1.36	Melimpas	Melimpas
158	4.46	4.6	-0.84	5.57	6.41	1.11	0.97	Melimpas	Melimpas

Sumber: Hasil Perhitungan

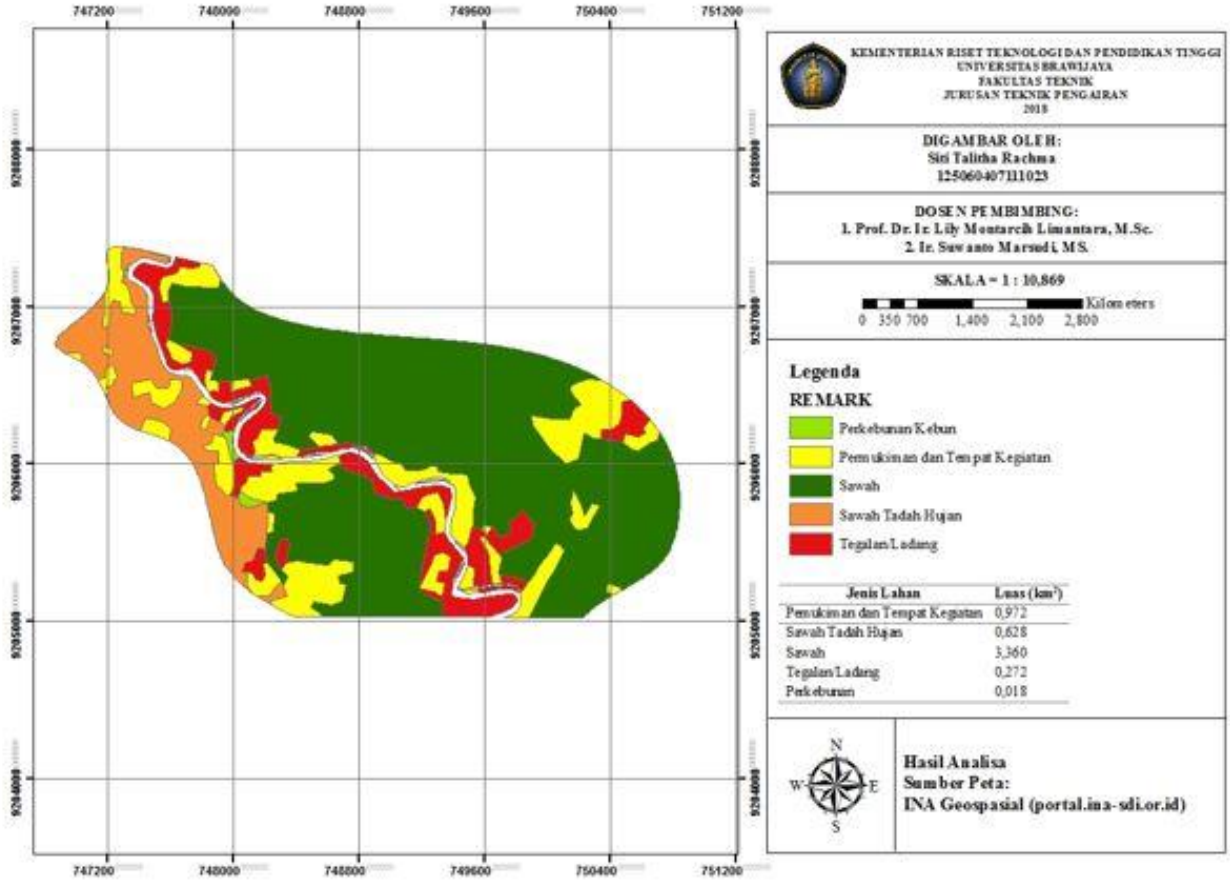


Gambar 4.49 Peta genangan banjir Kabupaten Sampang
 Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.50 Peta genangan banjir dengan overlay dari peta satelit
 Sumber: Hasil Analisa

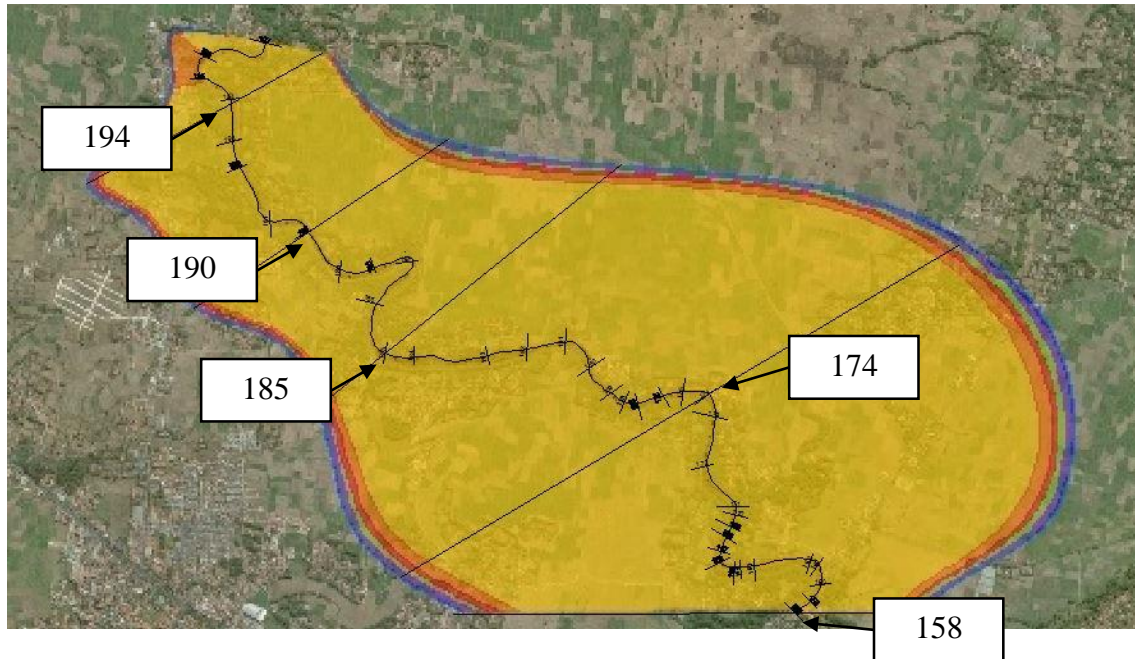
PETA TATA GUNA LAHAN PADA DAERAH TERGENANG (Q 25 TH)



Gambar 4.51 Peta genangan dengan overlay peta tata guna lahan pada debit 25 tahun
Sumber: Hasil Analisa

4.3 Analisa Kerusakan dan Kerugian

Dalam analisa kerusakan dan kerugian yang disebabkan oleh banjir pada Kali Kamuning dibutuhkan data luas genangan dan tinggi genangan pada debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun. Berikut merupakan pembagian daerah potongan melintang pada daerah genangan :



Gambar 4.52 Pembagian potongan melintang daerah genangan
Sumber: Hasil Analisa

Setelah mengetahui pembagian daerah genangan dapat dihitung kerusakan dan kerugian pada debit banjir 25 tahun dengan menggunakan metode ECLAC (*Economic Commission for Latin America and Carribean*). Dalam studi ini diketahui sektor/subsektor yang berada pada daerah terdampak banjir adalah sebagai berikut :

1. Perumahan, dengan asumsi tipe rumah merupakan rumah tunggal dengan struktur bangunan menggunakan struktur beton bertulang dan memiliki luas 200 m².
2. Jalan, dengan asumsi yang akan dihitung hanya jalan kabupaten.
3. Jembatan, dengan asumsi jarak dasar jembatan dengan muka air banjir berjarak 2 m.
4. SD, dengan asumsi memiliki 6 RKB (Ruang Kelas Baru).
5. SMP, dengan asumsi memiliki 9 RKB (Ruang Kelas Baru).
6. Masjid
7. Pondok Pesantren
8. Sawah, dengan asumsi semua lahan menanam padi.

Tabel 4.34

Perhitungan perkiraan kerusakan dan kerugian Q 25 tahun

Sektor/Subs ektor	Data Kerusakan/Kerugian				Harga Satuan			Perkiraan Kerusakan (Rp)	Perkiraan Kerugian (Rp)	Total (Rp)
	Rusak Berat	Rusak Sedang	Rusak Ringan	Sat uan	Rusak Berat (Rp)	Rusak Sedang (Rp)	Rusak Ringan (Rp)			
	1	2	3		4	5	6	7	8	9
I. Perumahan										65.305.000.000
A. Perumahan										65.305.000.000
	3461	1279	120	unit	15.000.000	10.000.000	5.000.000	65.305.000.000		65.305.000.000
II. Infrastruktur										5.300.000.000
A. Transportasi Darat										5.300.000.000
a. Jalan		5,2		km		1.000.000.000		5.200.000.000		5.200.000.000
b. Jembatan			2	unit			50.000.000	100.000.000		100.000.000
III. Sosial										37.500.000
1. Pendidikan										37.500.000
A. SD			1	unit			15.000.000	15.000.000		15.000.000
B. SMP			1	unit			22.500.000	22.500.000		22.500.000
2. Agama										1.645.000.000
A. Rumah Ibadah										170.000.000
Masjid	1	2	2	unit	100.000.000	30.000.000	5.000.000	170.000.000		170.000.000
B. Lembaga Lain										1.475.000.000

Lanjutan Tabel 4.34 Perhitungan perkiraan kerusakan dan kerugian Q 25 tahun

Pondok Pesantren	1			unit	1.475.000.000			1.475.000.000	1.475.000.000	
IV. Ekonomi									6.301.735.000	
A. Pertanian									6.301.735.000	
Sawah	116,7	180,2	101,9	ha	16.900.000	15.500.000	13.750.000	6.166.455.000	6.166.455.000	
Ladang	25,8	0,2	1,2	ha	5.000.000	2.000.000	1.000.000	130.600.000	130.600.000	
Kebun	0,9	0,9		ha	3.000.000	2.200.000		4.680.000,00	4.680.000	
Total								72.287.500.000	6.301.735.000	78.589.235.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

1. Didapatkan dari data
2. Didapatkan dari data
3. Didapatkan dari data
4. Diketahui
5. Diketahui
6. Diketahui
7. $(1*4)+(2*5)+(3*6)$
8. $(1*4)+(2*5)+(3*6)$
9. $(7)+(8)$

Dengan didapatkan hasil kerusakan dan kerugian senilai total Rp78.589.235.000 yang mengacu pada harga barang pada tahun 2008, sehingga perlu disesuaikan nilai total tersebut dengan keadaan saat ini. Mengacu pada kenaikan inflasi dari tahun 2008-2018 sebesar 6-7% maka didapatkan faktor eskalasi melalui perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F &= 1 \times (1 + \text{besar inflasi})^{(2018-2008)} \\ &= 1 \times \left(1 + \frac{7}{100}\right)^{(2018-2008)} \\ &= 1,967 \approx 2 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan faktor eskalasi, maka dapat disimpulkan total nilai kerusakan dan kerugian jika disesuaikan dengan harga barang saat ini akan menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Harga saat ini} &= \text{Rp}78.589.235.000 \times \text{faktor eskalasi} \\ &= \text{Rp}78.589.235.000 \times 2 \\ &= \text{Rp}157.178.470.000 \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian dan analisa yang telah dijelaskan pada bab IV, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan hidrologi yang telah dilakukan didapatkan hasil debit banjir rancangan pada titik pengamatan banjir 197 (titik pengamatan awal) yang terletak pada desa Tanggumong dengan rincian sebagai berikut :
 - Debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun (Q2th) sebesar 276,5 m³/det.
 - Debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun (Q5th) sebesar 319,7 m³/det.
 - Debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q10th) sebesar 342,75 m³/det.
 - Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun (Q25th) sebesar 367,49 m³/det.
 - Debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun (Q50th) sebesar 383,48 m³/det.
 - Debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun (Q100th) sebesar 397,76 m³/det.
2. Dengan menggunakan keenam debit banjir rancangan pada kondisi penampang eksisting didapat rata-rata ketinggian banjir untuk setiap debit banjir rancangan dengan tinggi :
 - Titik pengamatan 197-190 dengan panjang ruas sungai 1,3 km dan rata-rata jarak tiap titik pengamatan yaitu 163 m yang terletak pada desa Tanggumong, memiliki variasi kedalaman air dari atas tanggul sebagai berikut :
 - a. Debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun (Q2th) antara 0,29-2,32 m dengan rata-rata ketinggian 1,3 m.
 - b. Debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun (Q5th) antara 0,16-2,64 m dengan rata-rata ketinggian 1,54 m.
 - c. Debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q10th) antara 0,32-2,80 m dengan rata-rata ketinggian 1,69 m.
 - d. Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun (Q25th) antara 0,49-2,96 m dengan rata-rata ketinggian 1,86 m.
 - e. Debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun (Q50th) antara 0,6-3,07 m dengan rata-rata ketinggian 1,96 m

- f. Debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun (Q_{100th}) antara 0,69-3,16 m dengan rata rata ketinggian 2,05 m.
- Titik pengamatan 190-182 dengan panjang ruas sungai 1,56 km dan rata-rata jarak tiap titik pengamatan yaitu 163 m yang terletak pada desa Tanggumong sampai desa Paseyan, memiliki variasi kedalaman air dari atas tanggul sebagai berikut :
 - a. Debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun (Q_{2th}) antara 1,01-2,96 m dengan rata rata ketinggian 1,89 m.
 - b. Debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun (Q_{5th}) antara 1,33-3,26 m dengan rata rata ketinggian 2,19 m.
 - c. Debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10th}) antara 1,49-3,41 m dengan rata rata ketinggian 2,35 m.
 - d. Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun (Q_{25th}) antara 1,65-3,56 m dengan rata rata ketinggian 2,5 m.
 - e. Debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun (Q_{50th}) antara 1,76-3,66 m dengan rata rata ketinggian 2,6 m.
 - f. Debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun (Q_{100th}) antara 1,85-3,74 m dengan rata rata ketinggian 2,69 m.
 - Titik pengamatan 182-174 dengan panjang ruas sungai 886 m rata-rata jarak tiap titik pengamatan yaitu 60 m yang terletak pada desa Paseyan, memiliki variasi kedalaman air dari atas tanggul sebagai berikut :
 - a. Debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun (Q_{2th}) antara 1,41-2,55 m dengan rata rata ketinggian 2,17 m.
 - b. Debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun (Q_{5th}) antara 1,69-2,82 m dengan rata rata ketinggian 2,45 m.
 - c. Debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10th}) antara 1,83-2,96 m dengan rata rata ketinggian 2,59 m.
 - d. Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun (Q_{25th}) antara 1,97-3,10 m dengan rata rata ketinggian 2,73 m.
 - e. Debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun (Q_{50th}) antara 2,06-3,19 m dengan rata rata ketinggian 2,82 m.
 - f. Debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun (Q_{100th}) antara 2,14-3,27 m dengan rata rata ketinggian 2,90 m.

- Titik pengamatan 174-166 dengan panjang ruas sungai 741 m dan rata-rata jarak tiap titik pengamatan yaitu 57,5 m yang terletak pada desa Paseyan sampai desa Panggung, memiliki variasi kedalaman air dari atas tanggul sebagai berikut :
 - a. Debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun (Q_{2th}) antara 0,88-2,42 m dengan rata rata ketinggian 1,98 m.
 - b. Debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun (Q_{5th}) antara 1,14-2,69 m dengan rata rata ketinggian 2,25 m.
 - c. Debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10th}) antara 1,26-2,83 m dengan rata rata ketinggian 2,38 m.
 - d. Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun (Q_{25th}) antara 1,40-2,97 m dengan rata rata ketinggian 2,52 m.
 - e. Debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun (Q_{50th}) antara 1,48-3,05 m dengan rata rata ketinggian 2,60 m.
 - f. Debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun (Q_{100th}) antara 1,55-3,13 m dengan rata rata ketinggian 2,68 m.
 - Titik pengamatan 166-158 dengan panjang ruas sungai 496 m dan rata-rata jarak tiap titik pengamatan yaitu 22 m yang terletak pada desa Panggung sampai desa Dalpenang, memiliki variasi kedalaman air dari atas tanggul sebagai berikut :
 - a. Debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun (Q_{2th}) antara 0,42-1,87 m dengan rata rata ketinggian 1,15 m.
 - b. Debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun (Q_{5th}) antara 0,63-2,12 m dengan rata rata ketinggian 1,38 m.
 - c. Debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10th}) antara 0,73-2,24 m dengan rata rata ketinggian 1,50 m.
 - d. Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun (Q_{25th}) antara 0,84-2,37 m dengan rata rata ketinggian 1,62 m.
 - e. Debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun (Q_{50th}) antara 0,91-2,45 m dengan rata rata ketinggian 1,69 m.
 - f. Debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun (Q_{100th}) antara 0,97-2,51 m dengan rata rata ketinggian 1,76 m.
3. Dengan menggunakan keenam debit banjir rancangan didapatkan luas genangan yang menggenang mulai dari desa Tanggumong, Paseyan, Panggung, Gunung Sekar dan Dalpenang dengan rincian luas untuk tiap debit banjir rancangan sebagai berikut :
- Debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun (Q_{2th}) dengan luas genangan 5,09 km²

- Debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun (Q_{5th}) dengan luas genangan 5,36 km²
 - Debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10th}) dengan luas genangan 5,47 km²
 - Debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun (Q_{25th}) dengan luas genangan 5,57 km²
 - Debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun (Q_{50th}) dengan luas genangan 5,6 km²
 - Debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun (Q_{100th}) dengan luas genangan 5,63 km²
4. Perkiraan nilai kerusakan dan kerugian yang diakibatkan oleh debit banjir rancangan 25 tahun menggunakan metode ECLAC (*Economic Commission for Latin America and Caribbean*) sebesar Rp78.589.235.000 (nilai tersebut merupakan nilai kerugian menurut harga barang pada tahun 2008, sehingga jika disesuaikan dengan harga barang tahun 2018 maka akan menjadi Rp157.178.470.000).

5.2 Saran

Selain beberapa kesimpulan diatas, adapun beberapa saran guna mendukung studi yang lebih lanjut yang berkaitan dengan pengendalian banjir di Kali Kamuning :

1. Analisa hidrologi yang lebih mendalam lebih baik dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Pada patok-patok yang masih terdampak banjir, diperlukan adanya normalisasi sungai dan peninggian maupun pembuatan tanggul dengan melihat ketinggian maksimum genangan pada setiap patok.
3. Untuk mengurangi dampak kerugian dan kerusakan yang disebabkan oleh banjir diperlukan adanya perencanaan pemanfaatan sungai yang terintegrasi, sistem pemantauan dan peringatan di daerah rawan banjir dan melakukan penataan pada daerah aliran.
4. Agar hasil yang didapatkan lebih maksimal, perlu adanya studi lebih lanjut mengenai perencanaan normalisasi, perencanaan tanggul dan perencanaan saluran banjir di kawasan Kali Kamuning.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2006). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press. ISBN 978-979-493-415-9
- Brunner, Gary W., Ackerman, Cameron T., Goodell, Chris R. & Lowney Cindy. (2016). *HEC-RAS, River Analysis System, User's Manual*. Davis, CA: US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 547 hal. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>. (diakses 28 Oktober 2016)
- Brunner, Gary W., Goodell, Chris R. & Gibson, Stanford. (2016). *HEC-RAS, River Analysis System, Hydraulic Reference Manual*. Davis, CA: US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 962 hal. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>. (diakses 28 Oktober 2016)
- Chow, Ven Te. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Harto, Sri. (1993). *Analisa Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional. (2008). *Pengalaman Penyusunan Penilaian Kerusakan dan Kerugian*. Jakarta: Bappenas. 43 hal. https://darmadi18.files.wordpress.com/2013/03/tatacara_menyusun_dla.pdf. (diakses 16 Desember 2017)
- Limantara, Lily Montarcih. (2010). *Hidrologi Praktis*. Bandung: CV. Lubuk Agung, ISBN 978-979-505-182-4. pp. 53-147
- Soemarto, C.D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi – Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: Nova.
- Sosrodarsono, Suyono & Takeda, Kensaku. (1987). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Erlangga.
- Triatmodjo, Bambang. (1993). *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.