



PEMILIHAN ALTERNATIF BANGUNAN PENGENDALI BANJIR
(Studi Kasus : Sungai Jeroan Kabupaten Madiun)

TESIS

PROGRAM MAGISTER TEKNIK PENGAIRAN
MINAT INFRASTRUKTUR SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



ANTONIUS L. ANTIJAK
NIM.176060400111010

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2021



LEMBAR PENGESAHAN

PEMILIHAN ALTERNATIF BANGUNAN PENGENDALI BANJIR (Studi Kasus : Sungai Jeroan Kabupaten Madiun)

TESIS

TEKNIK PENGAIRAN

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister Teknik



ANTONIUS LANTJAK

NIM : 176090409111010

Tesis ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 22 Desember 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Very Dermawan, ST, MT, IPM
NIP. 19730217199031001

Dr. Eng. Ertur Canya, ST, MT
NIP. 19711027712032001

Mengetahui

Kepala Program Studi Magister Teknik Pengairan



Dr. H. Harsono, ST, MT, IPM
NIP. 1750221999031001



PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU No.20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 22 Desember 2021
Mahasiswa,

Antonius L. Antjak
176060400111010

TUGAS

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 2/JUN/10.F07.14.25/1U/2022

Sertifikat ini diberikan kepada

ANTONIUS L. ANTJAK

Dengan Judul (Tesis):

PEMILIHAN ALTERNATIF BANGUNAN PENGENDALI BANJIR (Studi Kasus : Sungai Jeroan Kabupaten Malang)

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 5\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 21 Februari 2022

Ketua Program Studi S2 Teknik Pengairan

Dr. Eng. H. Rudianto, MT, IPM
NIP. 19770423 200312 1 001



RINGKASAN

Antonius L. Antjak, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2021, Pemilihan Alternatif Bangunan Pengendali Banjir (Studi Kasus: Sungai Jeroan Kabupaten Madiun)

Pembimbing : Very Dermawan, Evi Nur Cahya

Kajian ini menyangkut Sungai Jeroan yang merupakan salah satu sungai di Jawa Timur yang setiap tahun mengalami masalah banjir. Sungai Jeroan yang terletak di Kabupaten Madiun memegang peranan penting dalam kehidupan terutama kegiatan ekonomi di sektor pertanian bagi masyarakat sekitar. Kondisi sungai bersifat periodik. Debit sungai yang melimpah terjadi pada musim hujan, sedangkan debit sungai surut pada musim kemarau. Selain itu, Sungai Jeroan memiliki potensi sedimentasi. Penelitian ini menggunakan pengendalian banjir struktural untuk mencegah terjadinya banjir. Penelitian ini mengambil data primer melalui wawancara dan data sekunder yang dilakukan melalui BMG, Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air, Balai Wilayah Sungai dan sumber lainnya. Upaya pencegahan dilakukan dengan berpatokan pada prinsip-prinsip konservasi. Selanjutnya, ditemukan bahwa tanggul eksisting yang ada di Sungai Jeroan masih belum mampu menampung debit banjir yang terjadi. Setelah adanya penanggulangan berupa kolam retensi A (pada Sungai Jeroan) dan kolam retensi B (pada Sungai Uneng) dan normalisasi dengan debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun masih ditemukan adanya potensi luapan pada Sungai Jeroan maka perlu dilakukan perbaikan lebih lanjut berupa tanggul. Tanggul yang direncanakan dalam penelitian ini adalah tanggul berupa parapet. Parapet merupakan alternatif pengendalian banjir yang unggul karena berfungsi sebagai pengendali banjir, dan menjaga debit banjir tidak meluap. Desain tanggul pembatas baru di Sungai Jeroan direncanakan menggunakan konstruksi beton dengan tiang pancang sebagai tulangan pondasi. Selanjutnya hasil analisis program Hec Ras 6.0 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengolahan, alternatif pengendalian banjir berupa kolam retensi, normalisasi, dan parapet tanggul, tidak ada lagi potensi luapan atau banjir di sepanjang Sungai Jeroan dan Sungai Uneng. Dengan demikian, pencegahan banjir dengan alternatif yang ditawarkan pada akhirnya berhasil mengurangi banjir.

Kata Kunci : Pemilihan, Penanggulangan Banjir, Alternatif Bangunan, Sungai Jeroan



SUMMARY

Antonius L. Antjak, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, December 2021, The Selection of Flood Mitigation Building Alternatives (Case Study: Jeroan River, Madiun Regency)

Supervisor : Very Dermawan, Evi Nur Cahya

This study concerns on The Jeroan River because it is one of the rivers in East Java that is experiencing problems with floods every year. The Jeroan River, located in Madiun Regency, plays an essential role in life, especially economic activities in the agricultural sector for the local community. The condition of the river is periodic. Abundant river discharge occurs in the rainy season, while the river discharge backs down in the dry season. Besides, the Jeroan River has the potential for sedimentation. This study used structural flood control to prevent flooding. This study took primary data through interviews and the secondary data undertaken through Central Statistics Agency, BMG, Research and Development Center for Water, Department of Water Resources Management, Balai River Basin and other sources. The finding indicated that the principle of water conservation guides flood prevention efforts. Then, it also found that the existing embankment on the Jeroan River is still unable to accommodate the discharge. The planned flood return period is 50 years after mitigation in the form of a retention pond A (on the Jeroan River and retention pond B (on the Uneng River), and for normalization, it is still found that there is potential for overflow on the Jeroan River, it is necessary to improve the control building. The embankment planned in this study is an embankment in the form of a parapet. The parapet is a superior alternative to flood control because it mainly functions as a flood controller, and flood discharge does not overflow. The new parapet design on the Jeroan River is planned using concrete construction with stakes as foundation reinforcement. Furthermore, the results of the analysis of the Hec Ras 6.0 program show that after the treatment, alternative flood control in the form of retention ponds, normalization, reveinements and embankments parapet, there is no longer any potential for overflow or flooding along the Jeroan River channel and the Uneng River. Thus, flood prevention with the alternative offered ultimately succeeded in reducing flooding.

Keywords : Selection, Flood Mitigation, Building Alternatives, Jeroan River

[illegible]



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah mencurahkan rahmat, serta perlindungan-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tesis dengan Judul **“Pemilihan Alternatif Bangunan Pengendali Banjir (Studi Kasus: Sungai Jeroan Kabupaten Madiun)”**.

Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik (MT) di Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Dengan terselesainya Tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua Orang tua yang telah banyak berkorban memberikan dukungan, sehingga saya dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Very Dermawan, ST, MT, IPM, selaku Dosen Pembimbing yang telah berusaha meluangkan waktu untuk membimbing saya.
3. Ibu Dr. Eng. Evi Nur Cahya, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing yang telah berusaha meluangkan waktu untuk membimbing saya.
4. Bapak Dr. Runy Asmaranto, ST, MT, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritikan dan masukan kepada saya dalam menyempurnakan Tesis ini.
5. Ibu Sri Wahyuni, ST, MT, PhD, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritikan dan masukan kepada saya dalam menyempurnakan Tesis ini.
6. Seluruh Dosen, staf administrasi, staf Tata Usaha Program Pascasarjana Jurusan Teknik Pengairan.
7. Teman-teman Pasca Sarjana Teknik Pengairan angkatan 2017 yang telah setia membantu dan mendukung saya selama penyelesaian Tesis.
8. Kakek dan Nenek, Bapa Jho dan Mama Fany, yang sudah mendukung baik secara materi, moril maupun doa selama masa belajar.
9. Nenek Antjak, Mama Lik dan Bapa Iwan, Bapa Don dan Mama Ne, Bapa Max dan Mama Yuli, Mama Mem dan Bapa Doni yang sudah mendukung baik secara materi, moril maupun doa selama masa belajar.
10. Bapa Denny Pani, Pascal, Calvin, Axel yang sudah mendukung baik secara materi, moril maupun doa selama masa belajar.
11. Aldy, Chalvin, Chalisa, Nigi, Raim, Khanza, Eka, Acong, Dila, Chu, Dona, Dio, Yohan, Flora yang sudah mendukung dan mendoakan selama masa belajar.



12. Seluruh keluarga yang telah mendukung baik secara materi, moril maupun doa selama masa belajar.

Semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan wawasan serta masukan pada pembaca. Jika terdapat kekurangan atau kesalahan dalam penulisan ini dapat dijadikan koreksi.

Malang, Desember 2021

Penyusun



DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sintesa Terhadap Studi Terdahulu	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Tinjauan Umum	7
2.2. Pengendalian dan Penanggulangan Banjir.....	7
2.2.1. Definisi Banjir	7
2.2.2. Penyebab Banjir.....	8
2.2.3. Pengendalian Banjir	9
2.2.3.1. Metode Struktural.....	10
2.2.3.2. Metode Non Struktural.....	17
2.2.4. Penanganan Sungai.....	21
2.3. Analisis Hidrologi	25
2.3.1. Perencanaan Daerah Aliran Sungai	22
2.3.2. Analisa Curah Hujan.....	27
2.3.3. Analisa Frekuensi Curah Hujan	29
2.3.3.1. Distribusi Normal	31
2.3.3.2. Distribusi Log Normal.....	32
2.3.3.3. Distribusi Gumbel.....	32
2.3.3.4. Distribusi Log Person Tipe III.....	33
2.3.4. Pengujian Kecocokan	34



2.3.4.1. Uji Chi-Kuadrat	34
2.3.4.2. Uji Smirnov-Kolmogorov	35
2.4. Analisis Debit Banjir Rencana	36
2.4.1. Metode Rasional	36
2.4.2. Metode Melchior	38
2.4.3. Hidrograf Weduwen	39
2.5. Analisa Hidrolika	39
2.5.1. Klasifikasi Aliran Pada Saluran Terbuka	40
2.5.2. Koefisien Kekasaran Manning	42
2.5.3. Debit	43
2.5.4. Penampang saluran	43
2.5.5. Pemodelan Dengan HEC-RAS	45
2.5.6. Perencanaan Kapasitas Saluran dengan HEC-RAS	46
2.5.6.1. Profil Muka Air Pada Aliran Steady	46
2.5.6.2. Profil Muka Air Pada Aliran Unsteady	47
2.5.7. Tinggi Jagaan Sungai	49
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	51
3.1. Letak Geografis Daerah Studi	51
3.2. Metode Pengumpulan Data	53
3.3. Kondisi Sungai	53
3.4. Tahapan Penelitian	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1. Ketersediaan Data	61
4.2. Validasi Data	61
4.2.1. Uji Konsistensi Data	61
4.2.2. Uji Ketiadaan Trend	67
4.2.3. Uji F (Uji Stasioner)	68
4.2.4. Uji Ketiadaan Persistensi	70
4.3. Analisa Hidrologi	72
4.2.1. Perhitungan Debit Banjir Pada Sungai Jeroan	73
4.2.1.1. Polygon Thiessen	73
4.2.1.2. Curah Hujan Rata-Rata Daerah	74
4.2.1.3. Curah Hujan Rancangan	76



4.2.1.4. Distribusi Hujan Jam-Jaman	79
4.2.1.5. Hidrograf Satuan Sintesis (HSS)	82
4.2.2. Perhitungan Debit Banjir Pada Sungai Uneng	87
4.2.2.1. Polygon Thiessen	87
4.2.2.2. Curah Hujan Rata-Rata Daerah	88
4.2.2.3. Curah Hujan Rancangan	90
4.2.2.4. Hidrograf Satuan Sintesis	93
4.2.2.5. Penentuan Kala Ulang	98
4.4. Analisa Hidrolika	100
4.4.1. Analisa Kondisi Sungai Asli (Eksisting)	101
4.4.1.1. Data Input	101
4.4.1.2. Kemiringan Sungai	101
4.4.1.3. Skema Sistem Sungai	102
4.4.1.4. Data Penampang Sungai	102
4.4.1.5. Proses Runing dan Kalibrasi Model	103
4.4.1.6. Analisa Genangan	112
4.4.1.7. Verifikasi Tinggi Genangan	115
4.4.1.8. Volume Kapasitas Sungai	117
4.4.2. Alternatif Penanggulangan Banjir	122
4.4.2.1. Kolam Retensi A (Sungai Jeron)	129
4.4.2.2. Kolam Retensi B (Sungai Uneng)	141
4.4.2.3. Alternatif Normalisasi	152
4.4.2.4. Alternatif Pembuatan Tanggul	155
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	159
5.1. Kesimpulan	159
5.2. Saran	159
DAFTAR PUSTAKA	161



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Hubungan Debit dan Lebar Penyangga.....	18
Tabel 2.2.	Lebar Puncak Tanggul Berdasarkan Debit Rencana.....	22
Tabel 2.3.	Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi.....	30
Tabel 2.4.	Nilai Koefisien Untuk Distribusi Normal.....	31
Tabel 2.5.	Reduced Mean (Y_n).....	33
Tabel 2.6.	Reduced Standard Deviasi (S_n).....	33
Tabel 2.7.	Koefisien Pengaliran (C).....	37
Tabel 2.8.	Koefisien Kekasaran Manning.....	43
Tabel 2.9.	Hubungan Debit Dengan Tinggi Jagaan.....	49
Tabel 3.1.	Dokumentasi Hasil Identifikasi Masalah Pada Sungai Jeroan.....	55
Tabel 3.2.	Stasiun Hujan.....	57
Tabel 3.3.	Skenario Simulasi Alternatif Bangunan Pengendali Banjir.....	58
Tabel 4.1.	Data Tiap Stasiun Hujan (Curah Hujan Maksimum Tahunan).....	62
Tabel 4.2.	Uji Konsistensi Data Stasiun Muneng.....	62
Tabel 4.3.	Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kuwu.....	63
Tabel 4.4.	Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Balerejo.....	64
Tabel 4.5.	Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Gamarang.....	65
Tabel 4.6.	Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kare.....	66
Tabel 4.7.	Hasil Uji Ketidadaan <i>Trend</i> Metode <i>Spearman</i>	68
Tabel 4.8.	Perhitungan Uji F (Uji Stasioner).....	69
Tabel 4.9.	Rekapitulasi Perhitungan Uji F (Uji Stasioner).....	70
Tabel 4.10.	Penyusunan Data dari Kecil ke Besar dan Pemberian Tingkat Data.....	71
Tabel 4.11.	Hasil Perhitungan Uji Persistensi.....	72
Tabel 4.12.	Pengaruh Luas Stasiun Hujan (Polygon Thiesen) Das Jeroan.....	74
Tabel 4.13.	Tinggi Curah Hujan Maximum Tahunan Das Jerdan.....	75
Tabel 4.14.	Perhitungan Tinggi Curah Hujan Rerata Daerah (Metode Thiesen).....	75
Tabel 4.15.	Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Tipe III.....	76
Tabel 4.16.	Hujan Rancangan dengan Kala Ulang Metode Log Person Type III.....	77
Tabel 4.17.	Interval Kelas Distribusi – Log Pearson III.....	78



Tabel 4.18.	Perhitungan Nilai X^2 Hitung – Log Pearson III.....	78
Tabel 4.19.	Perhitungan Smirnov-Kolmogorof.....	79
Tabel 4.20.	Pembandingan Dmaks dan Dcritis.....	79
Tabel 4.21.	Data Perhitungan Hujan Jam-jaman Metode Mononobe.....	80
Tabel 4.22.	Perhitungan Koefisien Pengaliran (c)	81
Tabel 4.23.	Perhitungan Hujan Jam-jaman.....	82
Tabel 4.24.	Ordinat Hidrograf Satian Sintesis Nakayasu	84
Tabel 4.25.	Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu	85
Tabel 4.26.	Rekapitulasi Analisa Hidrograf Nakayasu Berbagai Kala Ulang.....	86
Tabel 4.27.	Pengaruh Luas Stasiun Hujan Das Uneng (Polygon Thiesen)	88
Tabel 4.28.	Tinggi Curah Hujan Maximum Tahunan Das Uneng.....	89
Tabel 4.29.	Tinggi Curah Hujan Maximum Tahunan Das Uneng (Metode Thiesen) ..	89
Tabel 4.30.	Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Tipe III.....	90
Tabel 4.31.	Hujan Rancangan dengan Kala Ulang Metode Log Person Type III	90
Tabel 4.32.	Interval Kelas Distribusi – Log Pearson III.....	90
Tabel 4.33.	Perhitungan Nilai X^2 Hitung – Log Pearson III.....	92
Tabel 4.34.	Perhitungan Smirnov-Kolmogorof	93
Tabel 4.35.	Pembandingan Dmaks dan Dcritis.....	93
Tabel 4.36.	Ordinat Hidrograf Satian Sintesis Nakayasu	95
Tabel 4.37.	Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu	96
Tabel 4.38.	Rekapitulasi Perhitungan Hidrograf Nakayasu Berbagai Kala Ulang	97
Tabel 4.39.	Tabel Debit Harian Tahun 2007 (m^3/dt) AWLR Jeroan.....	98
Tabel 4.40.	Tabel Debit Harian Tahun 2020 (m^3/dt) AWLR Jeroan	99
Tabel 4.41.	Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan dan Data AWLR	99
Tabel 4.42.	Rekapitulasi Hasil HEC-RAS 6.0. Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun.....	107
Tabel 4.43.	Verifikasi Hasil Wawancara dan Model Runing Hec Ras 6.0.....	116
Tabel 4.44.	Perhitungan Volume Kapasitas Sungai Jeroan.....	117
Tabel 4.45.	Perhitungan Volume Kapasitas Sungai Uneng.....	120
Tabel 4.46.	Volume Genangan Sungai Jeroan dan Sungai Uneng	124
Tabel 4.47.	Rekapitulasi Luas dan Volume Genangan pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng	125
Tabel 4.48.	Hubungan Elevasi dan Volume Tampung Kolam Retensi 1.....	129
Tabel 4.49.	Hubungan h dan Q pada Cross 157.....	131



Tabel 4.50.	Rekapitulasi Perhitungan Lebar Bangunan Pelimpah Samping Kolam Retensi 1	134
Tabel 4.51.	Pola Operasi Pintu Pengeluaran pada Kolam Retensi 1.....	136
Tabel 4.52.	Analisa Pola Operasi Pintu Pengeluaran pada Kolam Retensi 1.....	138
Tabel 4.53.	Rekapitulasi Analisa Hec-Ras Cross 100 – 125.....	141
Tabel 4.54.	Hubungan Elevasi dan Volume Tampungan Kolam Retensi 2	141
Tabel 4.55.	Hubungan h dan Q pada Cross 03	143
Tabel 4.56.	Rekapitulasi Perhitungan Lebar Bangunan Pelimpah Samping Kolam Retensi 2	146
Tabel 4.57.	Pola Operasi Pintu Pengeluaran Kolam Retensi 2 Sungai Uneng.....	149
Tabel 4.58.	Analisa Pola Operasi Pintu Pengeluaran Kolam Retensi 2 Sungai Uneng ..	150
Tabel 4.59.	Rekapitulasi Alternatif Penanggulangan Banjir Sungai Jeroan Dengan Normalisasi.....	153
Tabel 4.60.	Rekapitulasi Penanggulangan Banjir Lanjutan Sungai Jeroan Berupa Tanggul.....	156



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Pengendalian Banjir Metode Struktur dan Non Struktural	10
Gambar 2.2.	Bentuk-Bentuk Pertemuan Sungai	13
Gambar 2.3.	Contoh Penanganan Pertemuan Sungai	14
Gambar 2.4.	Sketsa Bendung Samping Dengan Puncak Lebar	23
Gambar 2.5.	Pengaruh bentuk DAS pada aliran permukaan	26
Gambar 2.6.	Rata-Rata Aritmatik	28
Gambar 2.7.	Poligon Thiessen	29
Gambar 2.8.	Isohyet	29
Gambar 2.9.	Aliran Seragam (a) dan Berubah (b)	40
Gambar 2.10.	Penampang Persegi Panjang	44
Gambar 2.11.	Penampang Melintang Saluran Berbentuk Trapesium	45
Gambar 2.12.	Contoh penampang saluran dalam HEC-RAS	47
Gambar 2.13.	Penggambaran Persamaan Energi Pada Saluran Terbuka	48
Gambar 3.1.	Peta Lokasi Studi	52
Gambar 3.2.	Skema Sungai pada Lokasi Studi	56
Gambar 3.3.	Diagram Alir Penyelesaian Studi	59
Gambar 3.4.	Diagram Alir Analisa Hidrolika	60
Gambar 4.1.	Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan K Muneng	63
Gambar 4.2.	Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kuwu	64
Gambar 4.3.	Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Balerejo	65
Gambar 4.4.	Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Gamarang	66
Gambar 4.5.	Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kare	67
Gambar 4.6.	Skema Sungai pada Lokasi Penelitian	73
Gambar 4.7.	Pembagian Pengaruh Luas Wilayah Das Jeroan	74
Gambar 4.8.	Pola Distribusi Hujan (Mononobe)	80
Gambar 4.9.	Rasio Distribusi Hujan (Mononobe)	81
Gambar 4.10.	Diagram Batang Distribusi Hujan Jam-jaman	82
Gambar 4.11.	Grafik Debit Banjir HSS dengan Berbagai Kala Ulang	87
Gambar 4.12.	Pembagian Pengaruh Luas Wilayah Sub Das Uneng	88



Gambar 4.13. Grafik Hidrograf HSS Nakayasu dengan Berbagai Kala Ulang	97
Gambar 4.14. Skema Debit Banjir Rancangan Pada Lokasi Studi	100
Gambar 4.15. Window Utama Hec Ras 6.0	102
Gambar 4.16. Window Geometri Sungai	102
Gambar 4.17. Window Editing Cross Section	103
Gambar 4.18. Input Data Debit Q10 tahun Sungai Jeroan.....	104
Gambar 4.19. Input Data Debit Q10 tahun Sungai Uneng	104
Gambar 4.20. Analisis <i>Unsteady Flow</i>	105
Gambar 4.21. Proses Running Program HEC-RAS (<i>Unsteady Flow</i>)	105
Gambar 4.22. Profil Memanjang Sungai Jeroan dan Sungai Uneng debit Q10 th	106
Gambar 4.23. Profil Muka Air Sungai Jeroan debit Q10 th.....	106
Gambar 4.24. Input Data Debit <i>Unsteady Flow</i> Q ₁₀ tahun.....	113
Gambar 4.25. Input Data <i>New Terrain</i> Das Jeroan	113
Gambar 4.26. Analisa <i>Unsteady Flow</i>	114
Gambar 4.27. Proses Running Program HEC-RAS (<i>Unsteady Flow</i>)	114
Gambar 4.28. Sebaran Genangan Pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng (Q _{10th}).....	115
Gambar 4.29. Sebaran Genangan Pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng (Q _{50th}).....	123
Gambar 4.30. Sebaran dan Volume Genangan dengan Aplikasi ArcScane	124
Gambar 4.31. Letak Kolam Retensi A (Sungai Jeroan) dan B (Sungai Uneng)	126
Gambar 4.32. Layout Kolam Retensi A (Sungai Jeroan)	127
Gambar 4.33. Layout Kolam Retensi B (Sungai Uneng)	128
Gambar 4.34. Kurva Lengkung Kapasitas Kolam Retensi A	130
Gambar 4.35. Grafik Hubungan Q dan H pada <i>Cross Section</i> 157.....	132
Gambar 4.36. Sketsa Bangunan Pelimpah Samping	132
Gambar 4.37. Input data Lateral Structure Pelimpah Samping Patok 46.5	134
Gambar 4.38. Penampang Pelimpah Samping Kolam Retensi A	135
Gambar 4.39. Potongan Melintang Pelimpah Samping Kolam Retensi A	135
Gambar 4.40. Skema Pintu Outflow Sungai Jeroan	136
Gambar 4.41. Grafik Pola Operasi Pintu Outflow pada Kolam Retensi 1 Sungai Jeroan	137
Gambar 4.42. Input data Lateral Structure Pintu Outflow Sungai Jeroan Patok 42.5.....	138
Gambar 4.43. Perubahan Muka Air Banjir Cross Section Patok 96.....	139
Gambar 4.44. Potongan Memanjang Sungai Jeroan Setelah Adanya Kolam Retensi A.....	140
Gambar 4.45. Tampak Potongan Melintang yang Masih Melimpas.....	140



Gambar 4.46. Kurva Lengkung Kapasitas Kolam Retensi B.....	142
Gambar 4.47. Grafik Hubungan Q dan H pada <i>Cross Section</i> 03.....	144
Gambar 4.48. Sketsa Bangunan Pelimpah Samping Sungai Uneng.....	145
Gambar 4.49. Input data Lateral Structure Pelimpah Samping pada Hec Ras 6.0	147
Gambar 4.50. Penampang Pelimpah Samping Kolam Retensi B.....	147
Gambar 4.51. Penampang Pelimpah Samping Kolam Retensi B.....	148
Gambar 4.52. Skema Pintu Outflow Sungai Jeroan.....	149
Gambar 4.53. Grafik Pola Operasi Pintu Outflow Kolam Retensi B Sungai Uneng.....	149
Gambar 4.54. Input data Lateral Structure Pintu Outflow Parok 1.5	151
Gambar 4.55. Potongan Memanjang Sungai Uneng Setelah Adanya Kolam Retensi.....	151
Gambar 4.56. Detail Rencana Normalisasi pada Cross 118	152
Gambar 4.57. Detail Rencana Perkuatan Tebing Cross Section 118	153
Gambar 4.58. Cross Section 118 Sungai Jeroan Setelah Adanya Normalisasi.....	154
Gambar 4.59. Profil Memanjang Sungai Jeroan Setelah Adanya Normalisasi.....	154
Gambar 4.60. Detail Tanggul Parapet Pada Cross Section 118	155
Gambar 4.61. Pengendalian Banjir Berupa Tanggul Cross Section 118	155
Gambar 4.62. Cross Section 118 Sungai Jeroan Setelah Adanya Penanggulangan	156
Gambar 4.63. Profil Memanjang Sungai Jeroan Setelah Adanya Penanggulangan	15

[illegible]



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permasalahan banjir yang sering dijumpai bukan lagi merupakan hal baru yang mengejutkan, melainkan sudah menjadi salah satu bencana yang *predictable* dimana penyebabnya ialah adanya kombinasi kegiatan manusia dan faktor-faktor alam yang terkait dengan pemanfaatan sumber daya alam. Dalam kejadian banjir, rusaknya lingkungan sering memberikan dampak terhadap kehidupan manusia, terutama kepada masyarakat sekitar area banjir. Selain merugikan masyarakat karena kehilangan harta bendanya, banjir juga dapat menelan korban jiwa jika tidak disikapi dengan penanggulangan secara dini.

Sungai Jeroan sebagai sungai di Jawa Timur sering mengalami masalah banjir setiap tahunnya. Sungai Jeroan yang terletak di Kabupaten Madiun merupakan sungai yang berperan penting untuk kehidupan terutama kegiatan perekonomian di bidang pertanian bagi masyarakat setempat. Kondisi sungai bersifat periodik yang debit sungai secara melimpah terjadi saat musim penghujan, sedangkan pada musim kemarau debit sungai kembali menurun atau berkurang. Di samping itu Sungai Jeroan berpotensi terhadap sedimentasi, mengakibatkan penyempitan penampang sungai serta terjadi erosi di beberapa titik ruas sungai.

Oleh karena permasalahan banjir di atas serta mengacu pada Ketentuan Pemerintah Republik Indonesia No. 121 tahun 2015 yang menyatakan bahwa Pengelolaan Sumber Daya Air ialah upaya dalam merancang, menjalankan, mengamati atau mengawasi, dan menilai (evaluasi) pengurusan proteksi serta pemanfaatan sumber daya air dan penanggulangan daya rusak air, maka pihak Balai Wilayah Sungai (BWS) Bengawan Solo bertindak secara dini untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Namun pada kenyataannya dari ketiga aspek pengelolaan tersebut tidak secara keseluruhan dapat ditangani sekaligus oleh karena keterbatasan alokasi anggaran infrastruktur serta meningkatnya tuntutan permintaan dari masyarakat yang terkena dampak banjir secara langsung. Untuk itu perlu adanya studi terkait dalam penentuan langkah penanggulangan banjir dari segi infrastruktur yang tepat guna dan tepat sasaran.

Dalam keterkaitannya dengan studi ini akan dibahas mengenai usaha dalam menangani banjir dimana secara langsung akan diwujudkan di lapangan yakni dengan adanya

penanggulangan jangka pendek atau penanggulangan secara struktural dari beberapa bangunan pengendali banjir seperti Normalisasi, Tanggul, *Ground Sill*, Kolam Retensi dan bangunan lainnya. Tetapi pada kenyataannya perlu adanya upaya yang dilakukan dalam penentuan alternatif bangunan pengendali yang paling sesuai ditinjau dari aspek teknis. Solusi dimana dapat diambil ialah yakni: (1) melalui penyelidikan karakter banjir dan situasi eksistingnya guna menetapkan ruas-ruas sungai yang rentan terhadap banjir. (2) Melakukan analisa terhadap alternatif bangunan pengendali banjir berdasarkan kelayakan hidrolika dengan menggunakan program HEC RAS 6.0, yaitu terhadap kemampuan dan keamanan dalam mengalirkan debit banjir rancangan.

Berikutnya ialah beragam studi terdahulu diinnana berguna dalam memberikan pendapat ataupun referensi dalam pelaksanaan studi, yakni berupa:

1. Vindha (2016) melakukan studi terkait penanganan banjir pada Sub Das Jeroan Kabupaten Madiun, memperoleh kesimpulan untuk melakukan upaya penanggulangan banjir melalui upaya struktur yaitu normalisasi, pembuatan bendung dan peninggian tanggul banjir.
2. Tendeana (2015) melakukan studi penanganan banjir pada Sungai Anafre di Kota Jayapura, memperoleh kesimpulan dalam upaya penanggulangan banjir yaitu dengan cara normalisasi, meninggikan tanggul dan aksi campuran dengan melebarkan serta meninggikan tanggul.
3. Hendra Pramana (2015) melakukan studi pengendalian banjir Sungai Remu di Kota Sorong dan memperoleh dua alternatif dalam upaya penanganan banjir yaitu pembuatan tanggul dan pembuatan *retarding basin*.
4. Herlina (2011) melakukan penyelidikan alternatif terkait pengendalian banjir Sungai Jerohan kabupaten ngawi, memperoleh kesimpulan menggunakan alternatif normalisasi dan kolam retensi dengan efektifitas reduksi sebesar 29 % atau sekitar 1,7 meter penurunan tinggi muka air banjir.

1.2. Identifikasi Masalah

1. Tingginya besaran presipitasi ialah satu dari sekian banyaknya alasan terjadinya banjir pada Sungai Jeroan. Merujuk pada informasi BMKG, curah hujan tahunan Kota Madiun mencapai 2000 mm/hari sementara curah hujan harian terbesar bisa menembus 100 mm.
2. Di Kabupaten Madiun secara angka, disadari bahwa pembangunan penduduk menyentuh persentase yakni 3,6% setiap tahun. Perkembangan penduduk memotivasi

munculnya pemukiman baru yang membawa perubahan penggunaan lahan, dimana kemudian mengakibatkan peningkatan koefisien limpahan.

3. Banyaknya jumlah rumah dan kandang ternak dimana berada di bantaran Sungai Jeroan yang jelas-jelas mengabaikan PP 38 Tahun 2011 tentang Sungai. Ini secara langsung mempengaruhi bagian melintang dari saluran air, atau kata lainnya ialah memberikan dampak terhadap penampang sungai.
4. Tampungan sungai mengalami penyempitan akibat endapan sedimen di beberapa ruas sungai mengakibatkan luapan saat debit sungai meningkat.
5. Erosi yang terjadi di beberapa titik Sungai Jeroan semakin merambat mendekati rumah warga serta mengikis sebagian besar dari lahan pertanian.
6. Lokasi Sungai Jeroan di dekat jembatan Balerejo. Pada lokasi ini terdapat stasiun AWLR yang tidak berfungsi karena struktur bangunannya kurang kokoh (miring). Serta adanya kerusakan pada konstruksi perkuatan tebing sungai di bawah jembatan yang berpotensi menggerus pondasi dari jembatan.

1.3. Rumusan Masalah

Mengacu pada penggalan latar belakang dimana disampaikan, berikutnya ialah perumusan masalah dimana bisa diringkas, yakni berupa:

1. Berapa besaran debit (pelepasan) banjir terstruktur untuk kala ulang 2th, 5th, 10th, 25th dan 50th tahun di Sungai Jeroan?
2. Bagaimana kapasitas Sungai Jeroan eksisting dengan Hec-Ras 6.0?
3. Bagaimana alternatif penanggulangan banjir berupa normalisasi, tanggul dan kolam retensi sesuai debit banjir rancangan di Sungai Jeroan?

1.4. Tujuan Penelitian

Temunya terdapat juga serangkaian tujuan yang dapat dicapai, dimana tujuan terkait sejalan dengan permasalahan penelitian, yakni berupa:

1. Mendapatkan besar debit (pelepasan) banjir terstruktur untuk kala ulang 2th, 5th, 10th, 25th dan 50th tahun di Sungai Jeroan.
2. Mengetahui kapasitas Sungai Jeroan eksisting dengan Hec-Ras 6.0
3. Mendapatkan alternatif penanggulangan banjir berupa normalisasi, tanggul dan kolam retensi sesuai debit banjir rancangan di Sungai Jeroan.

1.5. Batasan Masalah

Mengingat bahwa masalah ini sangatlah kompleks dan bertautan, konsentrasi pada kajian harus dibatasi untuk memusatkan perhatian pada pengujian pengendalian banjir. Merujuk pada berbagai hal dimana sudah dibahas, berikutnya berupa batasan masalah dari penelitian ini yakni:

1. Daerah kajian adalah Sungai Jeroan dengan panjang Sungai ± 49.82 km dan luas DAS ± 428.89 km².
2. Analisa profil aliran dengan memanfaatkan pemrograman HEC-RAS (6.0) dengan menggunakan aliran *unsteady*.
3. Teknologi dimana digunakan untuk perbaikan Sungai Jeroan hanya difokuskan untuk perbaikan kelancaran aliran sungai yaitu Normalisasi, Tanggul, dan Kolam Retensi.
4. Tidak membahas mengenai tinjauan terhadap erosi, sedimen, dampak sosial dan Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL).
5. Tidak membahas mengenai dampak pengaruh pembangunan Jalan Tol Solo Kertosono dikarenakan studi ini dimulai dan dijalankan sebelum adanya pembangunan Jalur Tol Solo – Kertosono pada tahun 2018.

1.6. Sintesa Terhadap Studi Terdahulu

No	Judul Studi	Hasil Studi	Sintesa
1	Herlina (2011) melakukan kajian alternatif pengendalian banjir Sungai Jerohan kabupaten ngawi.	Memperoleh kesimpulan menggunakan alternatif normalisasi dan kolam retensi dengan efektifitas reduksi sebesar 29 % atau sekitar 1,7 meter penurunan tinggi muka air banjir.	a. Hanya membahas Kali Jeroan sedangkan pada studi ini membahas Kali Uneng yang juga memberi kontribusi langsung terhadap potensi banjir yang terjadi. b. Perbedaan waktu dari tahun 2011 ke tahun 2021 sehingga terdapat banyak perbedaan data hidrologi, data hidrolika dan juga perubahan terhadap tata guna lahan.

Lanjutan:

No	Judul Studi	Hasil Studi	Sintesa
2	Vindha (2016) melakukan studi pengendalian banjir di Sub Das Jeroan Kabupaten Madiun.	Memperoleh kesimpulan untuk melakukan upaya penanggulangan banjir melalui upaya struktur yaitu normalisasi, pembuatan bendung dan peninggian tanggul banjir.	c. Perbedaan dalam penentuan lokasi dan kapasitas kolam retensi serta hasil dari pada prosentase mereduksi dampak banjir. a Data hidrologi dan data Hidrolika (data yang digunakan data terbaru) b Perbedaan alternatif penanggulangan banjir yang ditawarkan c Alternatif yang diterapkan hanya pada Sungai Jeroan. d Desain bangunan pengendali banjir hanya menggunakan Q 25.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Pengendalian ataupun penanganan banjir penting untuk kepentingan pengolahan air dimana lebih eksplisit dan mengontrol pelepasan banjir dimana biasanya hal terkait dilaksanakan melalui bendungan pengendali banjir, ataupun dapat lebih mengembangkan kerangka transporter (saluran air, limbah) dan mencegah hal-hal yang mungkin merugikan dengan mengawasi penggunaan lahan dan daerah banjir (Kodoatie, 2013, p.53) Berbagai jenis penanganan telah dilakukan namun masih bersifat pecahan dan belum ideal sehingga belum tuntas seluruhnya. Oleh karena itu, penanganan yang lengkap diperlukan dengan mengikutsertakan setiap pihak yang berlaku

2.2. Pengendalian dan Penanggulangan Banjir

2.2.1. Definisi Banjir

Menurut Suripin (2006), banjir ialah keadaan saat air tidak dapat mengalir ke arah dalam saluran (kali) karena adanya penghambat pada saluran terkait. Banjir berupa kejadian khas dimana bisa menyebabkan kerugian harta serta benda penghuninya dan juga bisa menyebabkan kematian. Diduga kewalahan jika terjadi banjir atau jebol dan disebabkan oleh tidak adanya batas penampang saluran pembuang.

Banjir juga diartikan serta dicirikan sebagai penenggelaman (penggenangan) atau aliran berlebihan dimana berasal dari saluran air atau saluran air lainnya dan merusak atau menyebabkan kerugian. Perbedaan antara aliran banjir dan debit normal ditetapkan oleh ketinggian aliran air yang banjirnya digambarkan dengan tinggi badan aliran air yang melebihi batas penimbunan saluran air sehingga menenggelamkan wilayah sekitarnya.

Dari pengertian banjir tersebut, pengertian yang tepat ataupun sesuai untuk eksplorasi ini ialah luapan air dari aliran sungai yang disebabkan tidak terikatnya komponen-komponen dasar sungai karena berkurangnya batas alur air sehingga menenggelamkan beberapa daerah dalam rentang waktu yang singkat atau signifikan.

Beberapa ciri atau karakteristik yang berhubungan dengan banjir seperti yang ditunjukkan oleh Kodoatie dan Sjarief (2013, p.58):

1. Lamanya banjir bergantung pada luasnya banjir, cenderung pendek atau panjang. Hal ini menunjukkan bahwa banjir dapat mengalir dan segera mengalir atau tenggelam dengan durasi waktu yang lama.
2. Banjir bisa datang entah dari mana dengan kekuatan yang luar biasa namun bisa serentak berderai.
3. Banjir muncul dengan bertahap, tetapi cenderung bisa berlangsung lama (dalam hitungan hari ataupun minggu) khususnya di daerah-daerah terpencil.
4. Pola banjirnya musiman.
5. Hasil sebagai dampaknya adalah perendaman, disintegrasi dan sedimentasi. Sementara itu, hasil yang berbeda adalah pengasingan lokasi lokal dan kebutuhan untuk mengevakuasi populasi.

2.2.2. Penyebab Banjir

Menurut Kodoatie dan Sjanief (2005, p.418), banjir serta genangan dimana terdapat di suatu kawasan diantaranya disebabkan oleh variabel atau faktor manusia dan unsur-unsur reguler antara lain, yakni:

1. Faktor Manusia

- a. Berubahnya penggunaan lahan (*land use*).
- b. Meningkatnya intensitas buangan sampah.
- c. Wilayah kumuh di sepanjang aliran (rembesan).
- d. Penyusunan kerangka kerja penanganan banjir yang keliru.
- e. Kerangka rembesan tanah tidaklah berfungsi.
- f. Kerusakan bendungan dan bangunan air.
- g. Kerusakan pada struktur pengendalian banjir.

2. Faktor Alam

- a. Curah Hujan (presipitasi).
- b. Disintegrasi dan sedimentasi.
- c. Dampak fisiografis/geofisik dari jalur air.
- d. Saluran air dan batas limbah tidak mencukupi.
- e. Dampak pasang surut.
- f. Penyusutan ketinggian tanah dan rob (palung dimana penyebabnya berupa pasang surutnya air laut).

2.2.3. Pengendalian Banjir

Secara umum, pengendalian banjir adalah hal yang membingungkan karena sangat kompleks. Aspek perancangan mencakup beragam kedisipinan ilmu perancangan, yakni berupa: hidrologi, hidrodinamika, disintegrasi DAS, penataan aliran, morfologi dan sedimentasi saluran air, penataan sistem dalam penanganan banjir, sistem kerja sampah metropolitan, struktur air, dan lainnya. Di sisi lain, kesuksesan perancangan dikatakan bergantung pula pada beragam perspektif yang tidak sama yakni berkaitan perihal sosial, kelembagaan, ekologi, hukum ataupun aspek berbeda lainnya.

Basisnya, kegiatan penanganan banjir ialah berupa latihan dimana menggabungkan serangkaian aksi sebagaimana disebut dibawah (Kodoatie, 2013, p.166):

1. Memahami sejauh mana pelepasan banjir.
2. Melakukan isolasi pada daerah perendaman banjir.
3. Mengurangi naiknya air naik.

Pada dasarnya, pengendalian banjir harus dimungkinkan dengan cara yang berbeda, namun tetap mengingat sasaran utama yakni melakukan pertimbangan secara umum dan menggali kerangka kerja mana yang paling ideal. Latihan pada kegiatan terkait yang ditunjukkan dengan wilayah/kawasan pengendalian dapat dirangkai menjadi dua (Kodoatie, 2013, p.166):

1. Bagian hulu: lebih spesifik dengan mendirikan bendungan pengendali banjir dimana bisa memutar kembali musim datangnya banjir dan mengurangi seberapa besar pelepasan banjir, pembangunan repositori lapangan yang bisa mengubah contoh hidrograf banjir dan aksi reboisasi di DAS.
2. Bagian hilir: lebih spesifik yakni dengan memperbaiki saluran dan tanggul sungai, melewati saluran dasar, membuat saluran pengendali banjir atau saluran banjir, menggunakan daerah perendaman untuk mangkuk penghalang dan sebagainya.

Sementara itu, sesuai dengan perlakuan khusus pengendalian banjir, hal itu dapat dipisahkan menjadi dua, lebih spesifiknya ialah (Kodoatie, 2013, pp.166-167):

1. Pengendalian banjir khusus (strategi utama).
2. Pengendalian banjir non-primer (strategi non-struktur).

Keseluruhan kegiatan terkait bisa dijalankan sesuai dengan prinsip dimana tujuannya ialah, yakni:

1. Kurangi dan putar balik pelepasan banjir di hulu, agar tidak mempengaruhi wilayah yang ditetapkan di sepanjang arah sungai.

2. Menderaikan pelepasan banjir ke muara dengan derajat kecepatan sesegera mungkin dengan batas hilir yang memadai.
3. Menambah atau menumbuhkan keberadaan saluran aliran.
4. Mengurangi nilai kekerasan saluran air.
5. Memperbaiki atau memperpendek saluran saluran air pada sungai yang melengkung atau mengembara.
6. Pengontrolan transport sedimen.

Unsur-unsur yang harus diperhatikan dalam memilih jenis bangunan pengendali banjir adalah sebagai berikut (Kodoatie, 2013, p.167):

1. Dampak sistem saluran air, khususnya disintegrasi dan sedimentasi (korupsi dan gradasi sungai) serta kaitannya dengan biaya pemeliharannya.
2. Persyaratan jaminan disintegrasi pada daerah-daerah dasar.
3. Dampak struktur pada iklim.
4. Kemajuan perbaikan daerah.
5. Dampak struktur pada keadaan aliran baik di hulu ataupun hilir saluran air.

Rincian strategi struktur serta non-struktur ditunjukkan melalui sajian Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pengendalian Banjir Metode Struktur & Non-Struktur

Sumber: Kodoatie (2013, p.167)

2.2.3.1. Metode Struktur

Teknik pengendalian banjir dimana bisa dimanfaatkan dan dijalankan guna menanggulangi kejadian banjir terstruktur ialah, yakni:

1. Gedung Pengendali Banjir

a. Bendung (*Dam*)

Bendung dipasang melintasi jalur air, untuk mengarahkan aliran pada sungai melalui puntiran. Mengacu pada kapasitasnya, bendung bisa pula dikelompokkan menjadi bendung penahan banjir, bendung aliran, serta bendung sadap. Dalam penentuan kedudukan bendung, perlu diperhatikan hal-hal mengenai formasi dan dimensi bendung sebagai berikut (Sosrodarsono, 1994, p.207):

- 1) Luas bendung sadap diusahakan cukup jauh ke hulu, dengan tujuan supaya ketinggian bendung tidak melampaui ketinggian standar.
- 2) Bendungan penahan banjir harus diletakkan mendekati pada titik penyebaran saluran air.
- 3) Upaya yang dilakukan untuk menempatkan bendung pada ruas jalan air yang lurus dengan ruas melintang yang tetap, dimana penyesuaian kecepatan pasang dan surut tidak terlalu luar biasa.
- 4) Bendung harus diletakkan pada segmen sungai yang alirannya stabil dan perubahan dasar sungai tidak menonjol.
- 5) Upaya yang dilakukan agar dampak *back water* karena bendung tidak terlalu jauh ke hulu.
- 6) Pastikan bahwa bendungan terletak di tanah yang layak untuk didirikan.

b. Bangunan Penangkap Sedimen (*Check Dam*)

Check Dam adalah struktur permanen kecil yang tahan lama yang bekerja melintasi sungai/saluran untuk membatasi kemiringan dasar sungai di sepanjang saluran air sehingga dapat mengurangi kecepatan air, disintegrasi dan membuat lumpur tetap berada di hulu struktur (Kodoatie, 2013, p.175). Kapasitas *Check Dam* meliputi:

- 1) Mengakomodasi beberapa transportasi residu di danau penampungan
- 2) Mengatur berapa banyak residu yang gerakannya bersifat fluviat di derajat kesadaran tinggi, supaya berapa banyak lumpur yang membanjiri hilir tidak melebihi. Dengan cara ini, berapa banyak residu yang mendekat akan diimbangi dengan batas pengangkutan aliran air sungai, sehingga sedimentasi di *off-settlement* di jauhi.

- 3) Membentuk kemiringan dasar langsung aliran lain di saluran saluran air hulu. Bendungan Pemeriksa yang baru akan melihat keuntungannya dengan asumsi jumlah yang sangat besar tersirat di saluran saluran air yang serupa.

c. *Ground Sill*

Ground sill merupakan pengembangan guna memperkuat kerangka di dasar sungai dimana berfungsi dalam mencegah atau merintang terjadinya disintegrasi pada lokasi tersebut. Terlebih lagi, *Groundsill* mempunyai manfaat atau keuntungan dalam mengurangi kecepatan aliran air dan mencegah gerusan di hilir bendung atau titik-titik perpanjangan penyangga (Kodoatie, 2013, p. 176).

d. *Retarding Basin*

Dengan cara demikian daerah hilir atau cekungan diharapkan dapat memuat besaran volume (isi) banjir dimana muncul dari hulu dalam beberapa waktu serta kemudian dialirkan kembali tatkala banjir telah surut (hilang). Bersamaan dengan situasi di lapangan nyata serta mengacu pada studi lapangan, panduan geologi, serta foto yang ditinggikan, area untuk genangan banjir dapat dikenali. Wilayah cekungan/suram dimana bisa dimanfaatkan guna kolam banjir diharuskan untuk mencermati ataupun mengamati berbagai hal yang menyertainya, yakni berupa (Kodoatie, 2013, p.178):

- 1) Wilayah cekungan dimana akan dimanfaatkan sebagai wilayah pemeliharaan harus berupa wilayah yang intensitas penggunaannya rendah (tidak terlalu digunakan) serta memiliki efisiensi yang rendah atau tidak digunakan.
- 2) Pemanfaatan danau banjir harus bernilai dan layak untuk daerah hilir.
- 3) Wilayah tersebut memiliki potensi dan berhasil mengisi sebagai wilayah pemeliharaan.
- 4) Wilayah tersebut harus memiliki wilayah atau rantai yang besar.

e. *Pembuatan Polder*

Polder ialah kerangka kerja pengurusan sampah metropolitan yakni dengan membatasi wilayah dimana ditanggapi (*catchment area*) pada aliran air dari luar kerangka sebagai limpahan (*overflow*) dan aliran yang bergerak di bawah muka tanah (kursus dan kebocoran), serta mencegah tinggi air supaya tidak terus naik dalam kerangka sesuai perancangan.

Kerangka limbah polder digunakan ketika pemanfaatan kerangka rembesan gravitasi sampai saat ini belum memungkinkan, meskipun biaya spekulasi dan kegiatan lebih mahal. Bagian rembesan rangka polder terdiri dari pintu conduit, tanggul, stasiun siphoning, danau pemeliharaan, parit limbah, dan saluran otoritas.

Kerangka limbah polder digunakan untuk keadaan berikut:

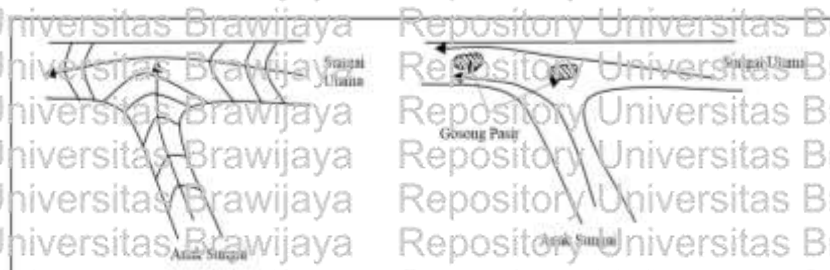
- 1) Naik/tingginya permukaan tanah lebih kecil daripada kenaikan muka air laut yang mengalir. Di sekitar sini ada perendaman berturut-turut karena pasang naik.
- 2) Permukaan tanah lebih kecil dari besaran kenaikan air muka di sungai (pengendalian banjir) dimana berupa saluran keluar daripada saluran limbah kota.
- 3) Kawasan dimana mengalami penyusutan pada muka tanahnya, sehingga ketinggian kawasan terkait yang mulanya melebihi pasang naik dan naiknya muka air pada sungai penahan banjir diantisipasi akan tenggelam karena pasang naik dan air balik dari saluran air penahan banjir.

2. Reparasi dan Penyetelan Pola Sungai

a. Pola Jaringan Sungai

Dengan asumsi beragam aliran dengan berbagai ukuran dan kualitas aliran yang bersebelahan akhirnya bertemu, maka, pada titik itu, pada titik berkumpul, dasar sungai akan berubah secara serius. Karena perubahan ini, perkembangan banjir di satu atau semua aliran mungkin terhambat.

Untuk sementara, jika pengumpulan dengan momentum yang solid dan membawa kumpulan lumpur mengalir ke saluran air utama, maka, pada saat itu, pengendapan akan terjadi dengan bentuk berupa kipas. Aliran akan digerakkan oleh anak sungai. Keadaan pertemuan ini umumnya akan bergerak ke hulu seperti yang digambarkan melalui penyajian di Gambar 2.2



(a) Pertemuan anak sungai berarus deras (b) Pertemuan anak sungai berarus tidak deras

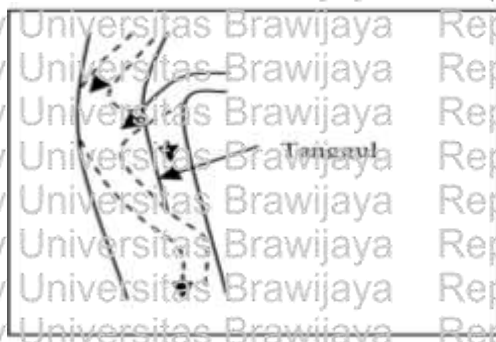
Gambar 2.2. Percabangan Sungai

Sumber: Sosrodarsono (1989, p.24)

Akibatnya, pasang surut anak sungai dapat merusak tepian jalur air utama yang berlawanan dengan muara anak sungai atau secara tidak menguntungkan mempengaruhi struktur aliran yang ditemukan di hilir pertemuan di mana momentumnya tidak sekuat itu. Lebar sungai utama pada konversinya dengan anak sungai akan meningkat secara umum sehingga sering muncul sebagai pasir (gosong) dan menggeser arah pasang surut aliran air seperti yang ditunjukkan pada sajian Gambar 2.2b.

Untuk menangkai atau membendung adanya kejadian hal seperti yang digambarkan, dilakukanlah serangkaian pemeliharaan pada sambungan-sambungan saluran air yakni berupa (Sosrodarsono, 1989, p.25):

1. Pada penghubung dua aliran dengan sistem yang berbeda, perbaikan dilakukan pada dua saluran air sehingga sistemnya secara praktis adalah sesuatu yang sangat mirip. Peningkatannya adalah dengan membangun tanggul pemisah antara dua saluran air (Gambar 2.3) serta konversi dipindahkan agak ke hilir jika anak sungai dengan kemiringan genting bertemu dengan aliran utama, batas dapat dibuat dekat dengan titik berkumpul.
2. Pada pertemuan dua aliran diusahakan agar susunan simpang tersebut membingkai garis penyimpangan.



Gambar 2.3. Contoh Penanganan Pertemuan Sungai
Sumber: Sosrodarsono (1989, p.24)

b. Perbaikan Sungai (*River Improvement*)

Kerangka kegiatan guna memperbaiki saluran air lewat penggalian dan pembesaran saluran diarahkan untuk memperluas kemampuan sungai dan bekerja dengan sungai. Pemeriksaan yang perlu diperhatikan adalah pemeriksaan hidrologi, daya tembus dan penyelidikan sedimentasi. Pemeriksaan estimasi harus dilakukan dengan hati-hati mengingat jalur air kembali ke struktur uniknya sangat besar.

Untuk mengkoordinasikan jalur air dan menambah luasan lintasnya, pengadaan tanah secara berkala diperlukan. Oleh karena itu, peninjauan juga harus mempertimbangkan sudut pandang moneter (remunerasi) dan sudut pandang sosial, terutama bagi daerah setempat atau mitra lain yang merasa terbebani karena berkurangnya lahan.

c. Perlindungan Tanggul Banjir

Tanggul banjir berupa batas dimaksudkan guna menangkai naiknya air di dasar sungai dengan tujuan supaya wilayah di sekitarnya bisa terlindungi dari kejadian banjir yakni.

Faktor-faktor esensial yang perlu diperhatikan tatkala melaksanakan pembuatan tanggul yakni (Kodoatie, 2013, p.188):

- 1) Pengaruh tanggul pada sistem jalur air.
- 2) Sebuah hidrograf banjir yang lewat.
- 3) Perawakan penjaga dan batas pelepasan saluran air dalam struktur sungai seperti perancah.
- 4) Ketersediaan bahan bangunan lingkungan.
- 5) Prasyarat teknis dan pengaruhnya terhadap pergantian teritorial.
- 6) Efek luapan, penambangan, slide dan jeda yang deras.
- 7) Dampak tanggul terhadap iklim.
- 8) Tingkat air yang lebih tinggi di saluran saluran air.
- 9) Kemiringan tanggul dimana tepian sungainya telah cukup stabil.

d. Sudetan (*Bypass/Short Cut*)

Sudetan adalah saluran dimana dimanfaatkan guna memindahkan sebagian ataupun keseluruhan deraian air yang naik untuk menghilangkan pelepasan banjir di kawasan yang dibentengi atau diamankan. Variabel-variabel yang utama untuk dipertimbangkan kala perencanaan terusan *Short Cut* ialah berupa (Kodoatie, 2013, p.202):

- a) Biaya eksekusi agak mahal.
- b) Keadaan topografi saluran baru.
- c) Desain penurunan mungkin diharapkan pada terusan *Short Cut* guna memonitor tempo pada air serta disintegrasi.
- d) Keterbatasan geologi muncul di sejauh saluran *Short Cut* (misalnya membuat saluran melalui batuan).

e) Pengadaan air dengan kerangka peningkatan wilayah di sekitar jalur air.

f) Keperluan air harus dipenuhi di sejauh aliran hilir dari daerah penyebaran.

g) Penyebaran air akan mempengaruhi gagasan daerah nilir dimulai dari daerah cabang *Short Cut*.

e. *Flood Way*

Perakitan *flood way* diharapkan dapat menghilangkan intensitas pelepasan banjir di saluran lama dan menyalurkan sebagian pelepasan banjir melalui *flood way*. Ini harus dimungkinkan jika keadaan di sekitar sangat kuat untuk membuat *flood way*, *flood way* menghabiskan sebagian dari pelepasan banjir ke jalur banjir, karena terbatasnya saluran lama. Variabel yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *flood way* ialah yakni (Kodoatie, 2013, p.207):

- 1) Jalur lama yang melewati kota sulit untuk diperbaiki seperti yang ditunjukkan oleh rencana pelepasan, karena kesulitan lahan yang sampai sekarang dipenuhi pemukiman.
- 2) Saluran lama berkelok-kelok terlalu jauh, untuk sampai ke laut, jadi menurut perspektif yang didorong oleh tekanan itu tidak menguntungkan.
- 3) Ada cara untuk saluran produktif baru (lebih terbatas), memanfaatkan aliran kecil saat ini.
- 4) Pengadaan tanah pada *flood way* dengan cara banjir tentunya mudah.
- 5) Tidak menghambat pemanfaatan sumber air yang ada.
- 6) Akibat yang merugikan (negatif) dari arus (sosial ekonomi) diusahakan sesedikit mungkin.

f. Sistem drainase khusus

System drainase khusus (yang unik) secara teratur diharapkan untuk bisa menghilangkan air dari daerah yang kewalahan karena rembesan normal atau buatan manusia. Kerangka rembesan cenderung sering digunakan dalam keadaan yang menyertainya, yakni (Kodoatie, 2013, p.214):

- 1) Daerah perkotaan yang rembesannya kurang memadai.
- 2) Dimanfaatkan guna menjaga kawasan depan pantai dari dampak ombak atau arus.

- 3) Kawasan palung/penghematan banjir dengan struktur penopang banjir/pembatas penahan banjir.

Rencana kerangka drainase khusus tergantung pada pertimbangan berikut:

- 1) Topografi, atribut invasi dan wilayah yang akan dijaga.
- 2) Kecepatan dan musim hujan dan luapan.
- 3) Volume air yang ditahan.
- 4) Periode banjir.

Aturan yang digunakan dalam penentuan struktur adalah:

- 1) Jika ketinggian pelepasan air lebih kecil daripada kenaikan kawasan yang dijaga, maka bisa memanfaatkan saluran keluar dasar.
- 2) Jika ketinggian air berubah terombang-ambing, jalan masuk terprogram diperlukan.
- 3) Stasiun pompa diperlukan dengan asumsi ketinggian air pelepasan melebihi wilayah atau kawasan dimana dijaga.

2.2.3.2. Metode Non Struktur

Strategi non-struktur berupa teknik dalam mengendalikan banjir yang tidak melibatkan struktur khusus untuk penanganan banjir. Penanganan banjir yang tak memanfaatkan struktur pengendali diyakini dapat berdampak pada sistem aliran. Pada akhirnya, pencapaian teknik ini dapat menyumbangkan kontribusi yang lebih menonjol daripada strategi yang mendasarinya. Selain itu, bilamana dari segi/aspek biaya, teknik ini juga lebih cocok daripada strategi dasar karena kemurahannya, sebagaimana bahwa teknik ini ialah bentuk pencegahan dimana tindakannya dibuat sebelum banjir terjadi.

Teknik pengendalian banjir dimana bisa diselesaikan dalam kerangka penanganan banjir non-struktur bisa berupa berikutnya, yakni (Kodoatie, 2013, pp.215-219):

1. Pengelolaan DAS

DAS dalam pengelolaannya terkait erat dengan pedoman, pengaturan, pelaksanaan dan persiapan. Pengelolaan tersebut direncanakan untuk memantau dan memoderasi air dan menghemat tanah. DAS biasanya menggabungkan latihan atau kegiatan berikut:

- a) Pemeliharaan vegetasi di hulu DAS.
- b) Penanaman vegetasi guna mengontrol tempo deraian air dan penguraian tanah.

- c) Pemeliharaan vegetasi secara teratur, atau penanaman yang sesuai dari vegetasi yang aman terhadap air, di sepanjang tanggul limbah, saluran air dan daerah yang berbeda guna mengendalikan banjir atau disintegrasi tanah.
- d) Merencanakan kontur dan teknik pengolahan tanah.

Target signifikan dari pengelolaan pada DAS ialah guna meraih berbagai kondisi terbaik yakni berupa:

- a) Membatasi pelepasan banjir di kawasan bagian hilir.
- b) Membatasi disintegrasi tanah serta penumpukan residu di saluran air.
- c) Mempertumbuh penciptaan hortikultura yang terjadi karena sistematisasi tata guna lahan dan ketahanan air.
- d) Memperbaiki iklim di daerah aliran sungai dan badan sungai.

Tujuan-tujuan (target) ini harus ditegakkan dengan latihan yang berbeda lainnya, misalnya:

- a) Pembatasan penebangan dan strategi yang memasukkan atau memberdayakan reboisasi pada kawasan yang rusak.
- b) Stimulasi atau penghiburan, guna mendorong panen yang layak dan memberi keuntungan yang secara finansial (misalnya kakao, turi, jambu mete, lamtorogung, hasil alam).
- c) Penunjukan (memilih) teknik pendirian dimana mampu memutar balik arus dan disintegrasi.
- d) Budidaya belang (kerangka curah hujan), dan teknik bertingkat (berlapis) untuk mengurangi limbah dan disintegrasi tanah dari kawasan agraria.
- e) Tidak ada budidaya atau latihan perbaikan lainnya di sepanjang bantaran sungai.
- f) Bagaimanapun juga, minimum area bantalan atau area tumbuh-tumbuhan dimana tidak diizinkan untuk terusik di sepanjang sungai. Jumlah tersebut bisa dicermati lewat sajian Tabel 2.1 berikutnya, yakni:

Tabel 2.1.

Hubungan Debit Dan Lebar Penyangga

Debit Rata-rata (Q)	Lebar Penyangga
Kurang dari $1 \text{ m}^3/\text{dt}$	5 m
$1 \text{ m}^3/\text{dt} < Q < 5 \text{ m}^3/\text{dt}$	10 m
Lebih dari $5 \text{ m}^3/\text{dt}$	15 m

Sumber: Kodoatie (2013, p.219)

2. Pengaturan Tata Guna Lahan

Pedoman penggunaan lahan di DAS direncanakan guna mengarahkan pemanfaatan lahan yang telah maksimal, yakni sejalan bersama tata ruang lokal saat ini. Hal terkait dibuat guna mencegah adanya pemanfaatan lahan yang tak terstruktur hingga masalah kendali susah untuk didapatkan, dimana kemudian bisa merugikan DAS yang fungsinya terpakai sebagai wadah (area) hujan. Secara dasarnya, pedoman pemanfaatan lahan di DAS direncanakan guna (Kodoatie, 2013, pp.220-221):

- a) Memperbaiki keadaan hidrologi DAS, supaya tidak memunculkan atau menyebabkan adanya banjir pada musim berangin dan kering di musim panas.
- b) Menahan atau menghambat laju disintegrasi DAS yang tidak wajar, supaya bisa meredam laju disintegrasi di saluran air hilir.

Tindakan setiap wilayah, luas setiap wilayah penggunaan lahan dan pendekatan untuk menangani setiap wilayah perlu mendapatkan pertimbangan yang besar. Daerah hulu DAS dimana merupakan kawasan penunjang kapasitasnya sebagai *recharge* (pengisian ulang) air tanah. Dengan cara ini, penting untuk fokus pada area zona bantalan setiap area. Sebagai contohnya, yakni bagi wilayah hutan, minimal 30% dari luas DAS.

Untuk sementara, untuk mencegah disintegrasi DAS yang cepat, penting untuk memiliki strategi administrasi yang tepat untuk setiap wilayah. Lahan yang dikelola pengelola dapat berupa kerangka administrasi, contoh pengeditan dan juga variasi tanaman apa yang cocok, dimana berupa kondisi yang sudah dilakukan penyesuaian pada jenis tanah, kapasitas tanah, ketinggian serta kemiringan lahan. Hal ini dikarenakan disintegrasi daratan yang tinggi akan menentukan seberapa banyak endapan lumpur yang terangkut di saluran air dan mendorong kecepatan atau laju pengendapan di sungai, terkhusus pada arah hilir. Sebuah pengendapan dimana terjadi, akan dapat mengubah segmen lintas saluran air dan mengurangi batas saluran air untuk mengalir.

3. Pengendalian Erosi dan Sedimentasi

Endapan pada ruas membelintang sungai ialah akibat dari hancurnya DAS di hulu daerah persilangan dan lanau dibawa oleh sungai dari mana terjadi disintegrasi pada ruas melintang tersebut. Oleh karena itu, penyelidikan disintegrasi dan pengendalian ampas juga didasarkan pada dua hal tersebut di atas, khususnya dalam penyelidikan tentang timbunan terbatas DAS atau batas kendaraan di jalur air.

Faktor pembentukan eksekutif memberikan komitmen terbaik kala ingin menurunkan derajat laju disintegrasi. Variasi serta keadaan flora dan tanaman penutup dimana dapat memberi naungan pada tanaman di bawah pada dasarnya mempengaruhi kecepatan disintegrasi. Pandangan terkait dikatakan lebih eksplisit memberi pernyataan bahwa penanaman yang tepat para eksekutif seperti yang ditunjukkan oleh pedoman khusus menyiratkan bahwa hal itu secara mendasar dapat mengurangi laju disintegrasi.

4. Pengembangan dan Pengaturan Daerah Banjir/Genangan

Motivasi di balik pengendalian banjir ialah guna membentuk batasan atau memutuskan jenis perbaikan yang bagus berdasarkan pertimbangan pertaruhan dan kerugian dimana diakibatkan oleh banjir. Unsur-unsur perniagaan, sosial serta alam juga harus dilihat untuk memperoleh pergantian peristiwa yang cerdas. Tahap awal dalam pengerjaan pengendalian daerah perendaman di daerah rawan banjir dan dasar tidak diatur dengan variabel-variabel yang menyertainya, yakni (Kodoatie, 2013, pp.225):

- a) Besaran atau banyaknya banjir yang ada.
- b) Waktu peringatan efektif.
- c) Pemahaman terkait dengan banjir.
- d) Derajat banjir.
- e) Intensitas dalamnya serta tempo banjir.
- f) Durasi banjir.
- g) Permasalahan atau persoalan evakuasi.
- h) Aksesibilitas (kenyamanan).
- i) Kekuatan dampak banjir, misalnya kerusakan.

Dua fase dimana harus dilakukan, sesuai dan sejalan bersama skenario penanggulangan banjir yakni ialah berupa:

- i. Tahap pertama: melarang pemanfaatan di daerah yang meluap, seperti pembangunan bangunan, rumah atau pembangunan tanaman.
- ii. Tahap kedua: pengaturna atau rencana penanggulangan pemanfaatan lahan guna menurunkan kadar kerusakannya yang diakibatkan oleh banjir.

2.2.4. Penanganan Sungai

Target utama umum dari tugas penanganan sungai ialah guna membuat kesehatan saluran air yang signifikan guna meraih keseimbangan serta tidak akan ada modifikasi kritis dalam aliran sungai, lumpur, penurunan, dan sebagainya. Terdapat beragam teknik dimana digunakan pada aliran penanganan sungai, yakni spesifiknya ialah:

1. Normalisasi Sungai

Pekerjaan perbaikan saluran sungai adalah untuk menentukan beberapa kualitas saluran saluran air, khususnya pengaturan pengaturan saluran sungai, pengembangan segmen lintas sungai (lebar aliran rencana, bentuk rencana area lintas saluran air), kemiringan memanjang sungai, dan susunan struktur saluran air (Sosrodarsono, 1994, p.328).

Dengan asumsi lebar saluran air berkurang, hampir pasti luapan atau tanggul akan meledak, karena batas sungai akan berkurang. Selain itu, dapat dibayangkan adanya penurunan dasar sungai yang membahayakan perkuatan struktur saluran air, mengingat semakin dalam sungai akan semakin menonjol daya lentingnya.

Kemudian lagi, dengan asumsi lebar sungai diperbesar, arah aliran banjir tidak dapat ditentukan. Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, penentuan lebar denah sungai merupakan salah satu tahapan utama dalam mengantisipasi perbaikan dan pedoman saluran air.

Untuk mempermudah penentuan lebar susunan, biasanya lebar sungai dikomunikasikan sebagai komponen pelepasan saluran air pada kondisi yang menyertainya, yakni (Sosrodarsono, 1994, p.329):

$$B = \alpha Q^{1/2} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

B = lebar sungai (m)

α = koefisien (grafik)

Q = Debit (m³/dt)

2. Tanggul (*Embankment*)

Tanggul berarti berupa salah satu struktur dimana paling signifikan serta utama (esensial) dengan tujuan akhir untuk melindungi kehidupan individu dan harta benda dari tenggelamnya air akibat banjir (Sosrodarsono, 1985, p.83). Tepian biasanya terbuat dari pasir, tanah dan semacam desain yang digerakkan oleh tekanan yang selalu terbuka untuk gerusan atau invasi karena aliran air.

Keadaan standar tanggul harus dibicarakan terlebih dahulu menurut perspektif sistem tanah. Rencana HWL, jangka waktu curah hujan, keadaan geografis, mekanika tanah pembentukan, bahan tanggul, dukungan permukaan, dan lain sebagainya sangat penting untuk dipelajari.

Material tanggul biasanya diambil dari daerah tetangga sehingga material dasar sungai sering digunakan untuk material tanggul. Dalam penataan tanggul, drainase longsor dan pemukiman akan dikonsentrasikan lebih hati-hati. Ketinggian tanggul akan diselesaikan sesuai dengan rencana HWL dengan perlindungan ekstra yang diperlukan.

Untuk sementara, guna menentukan lebar titik tertinggi tanggul standard, norma khususnya ialah berupa, yakni:

Tabel 2.2.

Lebar Puncak Tanggul Berdasarkan Debit Rencana.

No	Debit Banjir Rencana (m ³ /dt)	Lebar Puncak Tanggul (m)
1	< 500	3,0
2	500 - 2000	4,0
3	2000 - 5000	5,0
4	5000 - 10000	6,0
5	>10000	7,0

Sumber: Sosrodarsono (1994, p.88)

3. Lapisan Pelindung Tebing (*Revetment*)

Ini berupa lapisan atau suatu bangunan dimana diletakkan di lapisan luar suatu bidang miring untuk mengamankan suatu tebing saluran air atau lapisan terluar dari kemiringan tebing dan secara keseluruhan berperan dalam memperbesar kekuatan saluran atau badan tanggul yang diamanakannya. Berdasarkan wilayahnya, penyangga miring dapat dibagi jadi 3 macam, yakni akan dirincikan berikutnya:

- Perkuatan Lereng Tanggul (*levee revetment*). Hal ini didasarkan pada lapisan luar tanggul yang miring untuk membentengi dan menjaganya dari gerusan dari arus pasang surut serta pengembangan yang kokoh harus dilakukan pada tanggul yang sangat dekat tepi saluran air atau di mana palu air normal (*water hammer*).
- Perbaikan Sisi Tebing Sungai. Dukungan ragam ini dilakukan untuk tebing saluran air, untuk menjaga tebing atas potensi gerusan momentum aliran serta menahan pengembaraan di saluran air.

Demikian juga, perisai harus dibuat terhadap kemungkinan kerusakan pada jenis kerusakan ini, mengingat fakta bahwa jika terjadi banjir, struktur akan diturunkan total.

- c. Perkuatan Lereng Menerus (*high water revetment*). Dukungan kemiringan terus menerus didasarkan pada kemiringan tanggul serta tepi sungai yang berulang-ulang (pada struktur yang tidak memiliki tepian atau bantaran).

4. Dinding Kendali (*Training Wall*)

Dinding kendali/pengendali terkait umumnya dimanfaatkan pada aliran sungai yang berguna dalam mengarah, penyesuaian putaran saluran air dan pembatasan saluran saluran air. Dinding kendali ini sering dibuat bersamaan dengan tepian, terutama pada tikungan tajam. Dinding kendali juga dipakai dalam melindungi pembangunan perancah, bendung, dan lainnya.

5. Bendung Sampung

Bendungan sampung adalah teknik tipikal untuk menghilangkan atau menuangkan aliran yang melimpah dalam kerangka pengangkutan atau penyaluran air. Dalam perancangan tata air, bendung sampung dengan puncak lebar dimanfaatkan sebagai konstruksi sadap dasar saluran bantu dan saluran buang.

Suatu bendung sampung yang dipasang pada saluran empat persegi dapat dirumuskan (Raju, 1986, p.260):

$$E = h + \frac{Q^2}{2g B^2 h^3} \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk menentukan dimensi lebar bendung sampung digunakan persamaan:

$$\phi = \frac{2E - 3W}{E - W} \sqrt{\frac{E - h}{h - W}} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E - h}{h - W}} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan :

E = energy spesifik aliran (m)

h = kedalaman aliran (m)

Q = Pelepasan (m³/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

B = lebar dasar saluran (m)

W = Derajat Ketinggian Pelimpah (m)

Koefisien debit (C_M) pada bendung sampung puncak lebar dirumuskan (Raju, 1986, p.262):

$$C_M = (0,81 - 0,60 F_1) K \dots \dots \dots (2.4)$$

Rencana *retarding basin* disusun secara sederhana dengan penampang berbentuk persegi. Rumus dimana dimanfaatkan dalam mengkalkulasi volume atau isi dari suatu penampang ialah berupa (Soemarto: 1986, p.176):

$$Q_i = Q_t - Q_s \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan:

Q_i = debit inflow (m^3/dt)

Q_t = pelepasan puncak banjir (m^3/dt)

Q_s = pelepasan sungai normalisasi (m^3/dt)

$Q_{i+1} = Q_{t+1} - Q_s$

dengan:

Q_{i+1} = debit inflow kala periode awal (m^3/dt)

Q_{t+1} = debit puncak banjir kala periode awal (m^3/dt)

2.3. Analisis Hidrologi

Informasi hidrologi berupa rangkaian atau kelompok data atau kenyataan tentang fenomena atau kekhasan hidrologi, misalnya besaran: presipitasi, suhu, kelangkaan, jangka waktu siang hari, kecepatan angin, pelepasan aliran, tingginya muka air saluran, tempo aliran, fiksasi residu aliran akan terus berubah mengenai waktu.

Informasi hidrologi diselidiki untuk memutuskan dan mencapai kesimpulan tentang kekhasan hidrologi mengacu pada setengah dari informasi hidrologi dimana didapatkan (Soewarno, 1995).

2.3.1. Perencanaan DAS (Daerah Aliran Sungai)

DAS adalah wilayah seluruh air berderai ke jalur air yang ditentukan. Wilayah ini sebagian besar dikontrol sama batas-batas geologis, dan itu berarti dicirikan oleh aliran air permukaan. Titik putus ini tidak ditentukan berdasarkan air tanah karena muka air tanah pada umumnya berubah-ubah sebagaimana seair dengan musim serta derajat pergerakan pemanfaatannya.

Nama DAS ditunjukkan dengan nama jalur air dimana dirujuk serta dikontrol oleh titik kontrol, yang sebagian besar berupa stasiun hidrometri. Berfokus pada hal ini menyiratkan bahwa suatu DAS dapat menjadi penting bagi DAS lainnya (Harto, 1993).

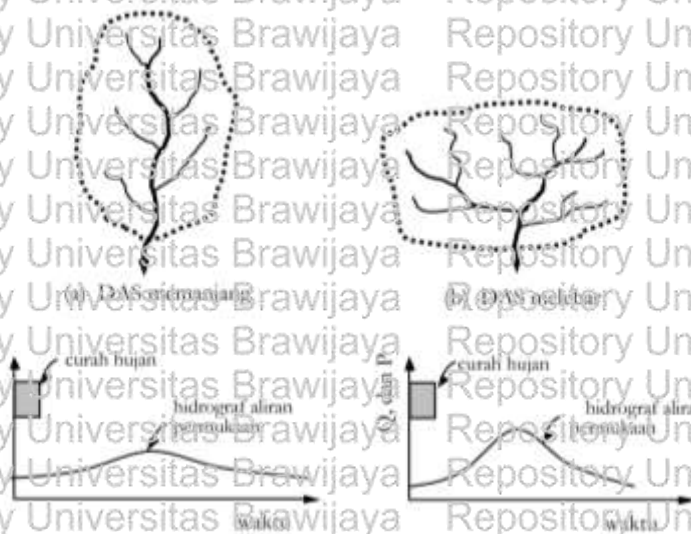
Atribut DAS dimana mempengaruhi limpasan permukaan meliputi hal, yakni (Suripin, 2004, p.138):

1. Luasan dan bentuk DAS

Laju serta volume limpahan meningkat seiring dengan meluasnya wilayah DAS. Namun, jika luapan tak diakui sebagai total keseluruhan DAS, tetapi sebagai volume

suatu wilayah, luasnya akan menyusut seiring dengan penambahan pada luasan DAS. Hal terkait berhubungan dengan lama waktu dimana diharapkan air untuk bergerak dari titik terjauh yang menyoroti titik kontrol (musim fiksasi) dan selanjutnya penyebaran atau kekuatan hujan.

Keadaan DAS mempengaruhi desain aliran di saluran air. Pengaruh keadaan DAS pada luapan permukaan bisa diterangkan dengan memfokuskan diri dalam mengamati hidrograf pada kedua DAS dimana memiliki berbagai bentuk tetapi memiliki wilayah yang serupa dan mendapatkan hujan dengan kekuatan yang serupa juga.



Gambar 2.5. Pengaruh bentuk pada aliran permukaan suatu DAS

Sumber: Suripin (2004, p.140)

Keadaan DAS yang memanjang dan tidak lebar (menyempit) pada umumnya akan membuaahkan laju deraian yang lebih rendah daripada DAS dengan bentuk lebar atau bundar. Hal terkait dikarenakan mengingat jam pemusatan DAS yang melebar lebih lama dari pada DAS yang memanjang, dengan demikian, fokus air pada titik pengontrolan akan melambat dimana mempengaruhi laju dan volume luapan permukaan. Variabel struktur bisa pula mempengaruhi luapan permukaan jika hujan tidak sinkron di seluruh DAS, melainkan berpindah dari satu titik ke titik berikutnya.

Pada DAS memanjang, akan ditemukan bahwa laju deraian lebih rendah dikarenakan mengingat fakta bahwa luapan akibat hujan di hulu belum menambah momen kontrol bahwa luapan dari hujan di hilir telah habis, atau telah berkurang. Kemudian lagi, pada DAS yang semakin melebar, munculnya luapan permukaan dari seluruh tempat di DAS tidak banyak yang terlepas, menyiratkan bahwa air dari hulu telah muncul sebelum alirannya surut.

2. Topografi

Kehadiran atau tampak pada permukaan bumi atau geografi seperti derajat miringnya tanah, kondisi serta ketebalan parit dan juga terusan tambahan, dan berbagai jenis mangkuk mempengaruhi kecepatan dan volume luapan. Sebuah DAS dimana derajat miringnya amat tinggi dengan parit/arahan yang tebal akan membuahkan laju dan volume luapan permukaan yang tingginya melebihi DAS yang halus dengan parit yang tidak konsisten dan adanya cekungan. Dampak tebal saluran, khususnya panjang saluran per satuan luas DAS, terhadap luapan permukaan ialah mempersingkat waktu fiksasi, sehingga besaran laju luapan bisa meninggi.

3. Tata pemanfaatan lahan

Dampak penggunaan lahan terhadap limpahan dikomunikasikan dalam koefisien luapan air (C), yaitu angka yang menunjukkan proporsi antara seberapa banyak luapan dan seberapa banyak presipitasi. Koefisien deraian permukaan ini ialah berupa salah satu penanda guna menetapkan keadaan suatu DAS. Besaran C mencapai 0 hingga 1. Besaran $C = 0$ menerangkan bahwa keseluruhan air terhalang dan masuk ke dalam tanah, sedangkan besaran $C = 1$ menerangkan bahwa keseluruhan air menderai sebagai limpasan permukaan.

2.3.2. Analisa Curah Hujan

Curah hujan (presipitasi) dimana dibutuhkan guna kepentingan perencanaan penggunaan air serta rancangan dalam menanggulangi banjir ialah presipitasi normal daerah di keseluruhan wilayah (*area rainfall*), bukan pada presipitasi di satu titik (*point rainfall*). Presipitasi dimana dimaksud ialah disebut presipitasi lokal/provinsi dan diakui dalam mm (Sosrodarsono, 1985, p.27).

Kepastian atau penentuan teknik curah hujan daerah bisa ditentukan dengan batas-batas wilayah wilayah audit atau tinjauan, yakni berupa (Sosrodarsono, 2003, p.51):

1. Untuk wilayah audit dengan besaran luasnya 250 ha dengan sedikit variasi geologi ditangani oleh stasiun persepsi.
2. Untuk wilayah audit dengan besaran luasnya 250 hingga 50.000 ha kemudian mempunyai juga 2 atau 3 stasiun persepsi, dapat digunakan teknik normal aritmatika.
3. Untuk wilayah audit dengan besaran luasnya 120.000 - 500.000 ha kemudian mempunyai juga 2 atau 3 stasiun persepsi yang penyebarannya terdistribusi rata

dan presipitasi tidak terpengaruh secara berat oleh keadaan geografis, strategi normal aritmatika dapat digunakan, namun dengan asumsi persepsi tersebut stasiun tersebar tidak merata, teknik *Thiessen* dapat digunakan.

4. Untuk wilayah audit dengan besaran luasnya melebihi atau melampaui 500.000 ha memakai teknik *Isohiet* atau strategi segmen jalan tengah.

Untuk mendapatkan nilai presipitasi rerata-rata kawasan dapat dilakukan dengan tiga cara diantaranya (Limantara, 2010: 41):

1. Cara kalkulasi berdasarkan rerata

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_n}{n} \quad (2.9)$$

dengan:

d = tingginya presipitasi rerata daerah (mm)

$d_1, d_2, \dots, d_n$ = tingginya presipitasi pada pos penakaran 1, 2, ..., n (mm)

n = jumlah (total) pos penakaran



X = stasiun pencatatan hujan

*1 = lokasi stasiun 1, dst

Gambar 2.6. Rata-Rata Aritmatik

Sumber: Limantara (2010, p. 40)

2. Cara Poligon *Thiessen*

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.10)$$

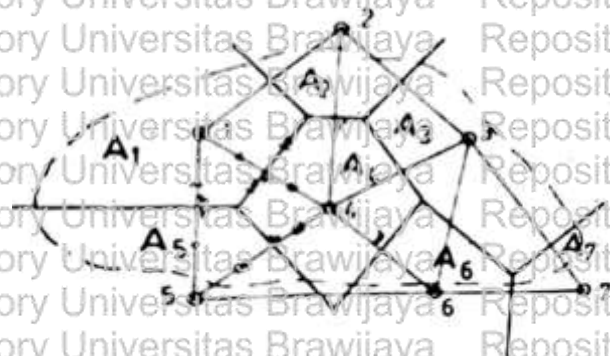
dengan:

A = luasan DAS (km²)

d = tingginya presipitasi rerata area (mm)

$d_1, d_2, \dots, d_n$ = tingginya presipitasi pada pos penakaran 1, 2, ..., n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = luasan area pengaruh 1, 2, ..., n (km²)



Gambar 2.7. Poligon Thiessen

Sumber: Limantara (2010, p. 41)

3. Cara Isohyet

$$d = \frac{A_1 \frac{d_0 + d_1}{2} + A_2 \frac{d_1 + d_2}{2} + \dots + A_n \frac{d_n + d_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.11)$$

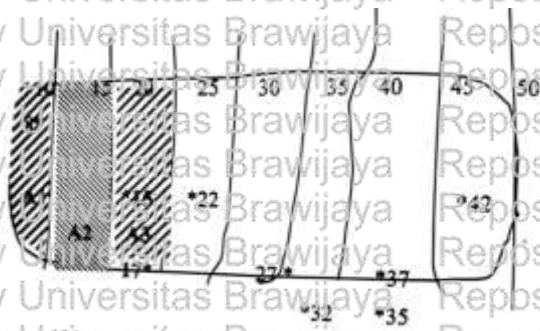
dengan:

$$A_1 + A_2 + \dots + A_n = \text{luas DAS (km}^2\text{)}$$

$$d = \text{tingginya presipitasi rerata area (mm)}$$

$$d_0, d_1, \dots, d_n = \text{tingginya presipitasi pada isohyet } 0, 1, 2, \dots, n \text{ (mm)}$$

$$A_1, A_2, \dots, A_n = \text{luasan bagian area dimana dikontrol oleh isohyet (km}^2\text{)}$$



Gambar 2.8. Isohyet

Sumber: Limantara (2010, p. 42)

2.3.3. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Pemeriksaan pengulangan ini memerlukan perkembangan informasi hujan dimana didapati melalui pos pemeriksaan hujan, dapat berupa alami (manual) ataupun terprogram. Penyelidikan pengulangan ini tergantung pada sifat faktual dari informasi kejadian sebelumnya untuk mendapatkan kemungkinan presipitasi di masa depan. Dengan kecurigaan bahwa gagasan terukur tentang kejadian hujan di masa depan masih belum berubah seperti sifat faktual dari kejadian hujan yang lalu (Suripin, 2004, p.32).

Penataan aliran umumnya dilakukan setelah penentuan batasan jumlah hidrologis yang terjadi karena keanehan normal yang tidak terduga dan tidak biasa. Oleh karena itu, penting untuk menghitung peluang lepas atau presipitasi yang besarannya bisa lebih kecil atau lebih penting daripada nilai tertentu, mengingat informasi yang telah didapatkan (Sosrodarsono dan Tominaga, 1985).

Dalam pemeriksaan pengulangan informasi presipitasi atau informasi debit, penting untuk mengetahui nilai dari hujan yang diatur atau debit rancangan, ada beberapa alokasi kemungkinan (probabilitas) kontinu dimana kerap dimanfaatkan, untuk lebih spesifiknya, yakni (Kamiana, 2011, pp.26-28):

1. Penyebaran Gumbel.
2. Penyebaran Normal.
3. Penyebaran Log Normal.
4. Penyebaran Log Person Tipe III.

Penetapan kemungkinan peredaran (penyebaran) yang sesuai dengan informasi dilakukan dengan mengkoordinasikan batas-batas informasi dengan keadaan untuk tiap jenis alat seperti yang ditampilkan melalui tabel berikutnya, yakni berupa:

Tabel 2.3.

Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$
2	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
3	Log Normal	$C_s = 3C_k + C_k^2 = 3$ $C_k = 5,384$
4	Log Person III	$C_s \neq 0$

Sumber: Soemarto (1999, p.152)

Dengan:

$$\text{Koefisien kepengcengan } (C_s) = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.12)$$

$$\text{Koefisien kurtosis } (C_k) = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \quad (2.13)$$

$$\text{Besaran rerata dari } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.14)$$

$$\text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (2.15)$$

$$\text{Koefisien varian } C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2.16)$$

X_i = informasi hujan atau pelepasan ke- i
 n = totalan data

2.3.3.1. Distribusi Normal

Dalam pemeriksaan hidrologi, distribusi normal secara luas kerap dimanfaatkan dalam memecah pengulangan curah hujan, penyelidikan terukur dari alokasi curah hujan tahunan, pelepasan normal tahunan. Perhitungan dimana dideskripsikan tersebut dilakukan dengan persamaan berikut (Kamiana, 2011, p.30):

$$X_t = \bar{X} + K_t * S \quad (2.17)$$

dengan:

X_t = presipitasi terstruktur dengan periode ulang T tahun

X_{tt} = presipitasi rerata (mm)

K_t = variabel frekuensi, merupakan fungsi dari peluang (lihat Table 2.4)

S = standar deviasi

Tabel 2.4.

Nilai Koefisien Untuk Distribusi Normal

No	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K_t
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

Sumber: Suripin (2003, p.37)

2.3.3.2. Distribusi Log Normal

Penyebaran Normal Log, adalah efek lanjutan dari perubahan penyebaran Normal, khususnya melalui pelaksanaan atau melakukan pengubahan pada variasi X, menjadi fluktuasi X senilai logaritmik, perkiraan curah hujan yang diatur berdasarkan pengangkutan kemungkinan log biasa diselesaikan dengan persamaan terlampir (Kamiana, 2011, p.31):

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } X} + K_c * S \text{ Log } X \dots \dots \dots (2.18)$$

dengan:

$\text{Log } X_t$ = besaran log terhadap hujan terstruktur (periode ulang T)

$\text{Log } X$ = besaran rerata nilai log

K_c = variabel frekuensi, besaranannya bergantung dari Tabel 2.4

S = standar deviasi

2.3.3.3. Distribusi Gumbel

Dengan asumsi informasi presipitasi dimana dimanfaatkan pada estimasi (perkiraan) ialah sebagai sampel (populasi terbatas), maka, pada saat itu, kalkulasi curah hujan (presipitasi) yang diatur mengacu pada penyebaran kemungkinan gumbel diselesaikan dengan persamaan terlampir, yakni (Kamiana, 2011, p.28):

$$X_t = \bar{X} + \left[\frac{Y - Y_n}{S_n} \right] * S \dots \dots \dots (2.19)$$

dengan:

X_t = presipitasi rencana

$\bar{X}$ = presipitasi rata-rata

S_n = standar deviasi merupakan fungsi dari banyaknya data

Y_n = koefisien untuk penyebaran Gumbel ke n

S = standar deviasi = $\sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{rt})^2}{n-1}}$

X_i = presipitasi maksimum (mm)

n = kurun waktu pemantauan

Tabel 2.5.
Reduced Mean (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,530	0,582	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,538	0,5388	0,5396	0,54	0,541	0,5418	0,5424	0,543
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,553	0,5533	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,555	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,56									

Sumber: Suripin (2004, p.51)

Tabel 2.6.
Reduced Standard Deviasi (Sn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,108
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1946	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2005	1,206
100	1,2065									

Sumber: Suripin (2004, p.52)

2.3.3.4. Distribusi Log Person Tipe III

Berupa penyebaran dimana umumnya dimanfaatkan kala penyelidikan hidrologi, terkhusus untuk pemeriksaan informasi terbesar (banjir) dan (lepasan terkecil) dengan kualitas yang luar biasa. Jenis distrubusi ini merupakan konsekuensi dari perubahan alat Pearson tipe III dengan menggantikan variate ke dalam kualitas logaritma (Kamiana, 2011, p.34).

$$\text{Log}X_t = \text{Log}X_r + K_t * S \dots\dots\dots (2.20)$$

dengan:

X_t = presipitasi rencana

X_r = presipitasi rerata

S = standar deviasi

2.3.4. Pengujian Kecocokan

Penyampaian guna memutuskan kelayakan uji kecocokan pada penyebaran perulangan uji sampel ke fungsi distribusi peluang yang dinilai memiliki opsi untuk menggambarkan/mengatasi sirkulasi perulangan, pengujian batas diperlukan. Pengujian batas harus dimungkinkan dalam dua alternatif, yakni melalui Chi-Square atau Smirnov-Kolmogorov yang spesifik. Secara umum, uji dilaksanakan dengan membuat gambaran informasi di kertas kemungkinan dan memutuskan apakah informasi terkait berupa garis lurus, atau melakukan perbandingan tikungan (kurva) berulang dari informasi yang diperhatikan dengan tikungan pengulangan teoritis. (Soewarno, 1995, p.207).

2.3.4.1. Uji Chi-Kuadrat

Berupa uji dimana diharapkan dapat memutuskan apakah kondisi kemungkinan sirkulasi dimana dipilih bisa atau mampu mengatasi penyebaran faktual dari uji informasi yang dibedah. Dalam menggariskan keputusan di pengujian ini memanfaatkan batas χ^2 , dimana ini bisa ditentukan memakai persamaan kondisi ini, yakni berupa (Suripin, 2003, p.57):

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2.21)$$

dengan:

χ_h^2 = patokan chi-kuadrat terkalkulasi

G = total sub kelompok

O_i = total sub gabungan i

E_i = total sub gabungan ke - i

Model atau atribut untuk menilai hasil uji tersebut ialah berupa (Suripin, 2003, p.58):

- Bilamana kemungkinannya melebihi prosentase 5%, kondisi distribusi teoritis dimana dimanfaatkan bisa diterima.
- Dengan asumsi kemungkinannya di bawah 1%, kondisi distribusi teoritis dimana dimanfaatkan adalah yang bisa diterima.

- c. Dalam hal kemungkinan (peluangnya) berkisar antara 1% - 5%, kesulitan untuk menentukan pilihan akan terjadi, sehingga penting untuk melakukan penambahan pada informasi.

2.3.4.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

ialah merupakan jenis uji yang kerap sekali diklaim sebagai ujian kecocokan non-parametrik, ini dikarenakan pengujian tersebut tidak memakai tugas penyebaran tertentu.

Uji kesesuaian diseminasi yang menggunakan teknik ini dipandang lebih mudah daripada uji Chi-Square. Bilamana melaksanakan perbandingan terhadap probabilitas (kemungkinan) untuk tiap faktor, dari dispersi eksak dan hipotetis, akan ada perbedaan (varians) yang pasti (Δ).

Dengan asumsi nilai Δ max yang terlihat pada kertas kemungkinan tidak melebihi dari Δ kritis maka penyebaran teoritis dimana dimanfaatkan guna menentukan kondisi peruntukan cukup (bisa diterima), bilamana Δ max lebih tinggi daripada Δ kritis, alat angkut teoritis dimana dimanfaatkan guna menentukan kondisi penyebaran tidak bisa diterima.

Pengujian penyebaran probabilitas (kemungkinan) yakni melalui pemanfaatan teknik smirnov-kolmogorof dilengkapi dengan tahapan yakni berupa (Kamiana, 2011, p.42):

1. Melakukan pengurutan informasi (X_i) dari yang terbesar hingga terkecil ataupun sebaliknya.
2. Menetapkan atau menentukan kemungkinan yang tepat secara empiris dari setiap informasi yang telah disusun $P(X_i)$ dengan persamaan tertentu persamaan Weibul contohnya.

$$P(X_i) = \frac{n+1}{i} \dots \dots \dots (2.22)$$

dengan:

n = total data

i = nomor urutan data (sesudah diurutkan secara berturutan, besar hingga kecil ataupun sebaliknya)

3. Menetapkan atau menentukan kemungkinan teoritis dari setiap informasi yang telah disusun berdasarkan kondisi sirkulasi kemungkinan yang kita pilih (Gumbel, Normal dan lainnya).

4. Tentukan perbedaan (ΔP_i) diantara probabilitas empiris dan teoritis pada tiap informasi dimana disusun, yakni:

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \dots \dots \dots (2.23)$$

5. Menentukan kritis tidaknya kedua probabilitas, dengan $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, bilamana "tidak" menyiratkan bahwa dispersi kemungkinan yang dipilih tidak sesuai, begitu juga sebaliknya.

2.4. Analisis Debit Banjir Rencana

Rencana pelepasan banjir ialah berupa berapa banyak pelepasan yang benar-benar akan dinaikkan atau dilampaui sekali dalam periode pengembalian tertentu. Misalnya: Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} dan seterusnya. Melalui cara ini Q_{100} (banjir rancangan 100 tahun) menyiratkan bahwa pelepasan terukur akan terjadi sekali dalam kurun 100 tahun dengan kemungkinan tahunan $1/100$ (Limantara 2010, p.147).

Berapa banyak pelepasan yang dimaksudkan untuk melewati bagian melintang dari saluran air dengan periode pengembalian tertentu. Berapa banyak pelepasan banjir yang diselesaikan berdasarkan curah hujan dan aliran, termasuk: berapa banyak hujan, kekuatan hujan, dan wilayah DAS.

Untuk mengamati pelepasan banjir yang telah diatur, beberapa teknik dapat digunakan, termasuk hubungan pengamatan antara curah hujan dan luapan. Strategi ini paling banyak dikembangkan dengan tujuan agar beberapa persamaan diperoleh, antara lain yakni berupa:

- a. Metode (strategi) Rasional.
- b. Strategi Melchior.
- c. Strategi Weduwen.

2.4.1. Metode Rasional

Strategi yang masuk akal (rasional) adalah persamaan yang paling tertua dan menonjol di antara resep observasional. Strategi yang masuk akal bisa dimanfaatkan guna menentukan pelepasan banjir puncak (Q_p), dan itu menyiratkan banjir rencana non hidrografi. Prasyarat strategi rasional ialah luas DAS antara 40-80 ha, sebagaimana ditunjukkan oleh norma PU, luas DAS < 5000 ha. Akibatnya, wilayah DAS berada di luar batas terkait, koefisien limpasan (C) dapat dipisahkan oleh penggunaan lahan dan wilayah (Limantara, 2010, p.192):

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \text{ (Satua A dalam Ha)} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \text{ (Satua A dalam Km}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.25)$$

dengan:

Q = pelepasan puncak limpasan permukaan (m^3/det)

C = besaran deraian (tanpa dimensi)

A = luasan area deraian (Km^2/Ha)

I = Derajat keseringan presipitasi (mm/jam)

Artinya. Bilamana besaran hujannya ialah 1 mm/jam dengan lama waktu ialah 1 jam pada DAS yang berluas 1 km^2 pada permukaan yang licin ($C=1$), terjadilah Q banjir dengan besaran 0,00278 m^3/det .

Praduga atau asumsi pada teknik realistik ini ialah:

1. Pelepasan banjir puncak (Q_p) karena daya presipitasi tertentu (I), berlangsung selama waktu kemunculan banjir atau lebih lama.
2. Pelepasan banjir puncak (Q_p) memiliki hubungan lurus dengan waktu fokus atau kapan munculnya banjir (t_c)
3. Kemungkinan pelepasan banjir puncak (Q_p) = kemungkinan kejadian kekuatan hujan (I) untuk jangka waktu tertentu dari waktu fiksasi atau waktu munculnya banjir.
4. Nilai (C) tidak berbeda untuk presipitasi di setiap kesempatan (peluang).
5. Besaran koefisien limpasan (C) tidak berbeda untuk presipitasi di suatu DAS tertentu.

Tabel 2.7.

Koefisien Pengaliran (C)

Kondisi Daerah Pengaliran	Koefisien <i>Rumoff</i>
Bergunung dan curam	0,75 – 0,90
Pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Sungai dengan tanah dan hutan dibagian atas dan bawah	0,50 – 0,75
Tanah datar yang ditanami	0,45 – 0,60
Sawah waktu diairi	0,70 – 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran lebih dari seperduanya terdiri dari daratan	0,50 – 0,75

Sumber: Sosrodarsono (2003, p.145)

2.4.2. Metode Melchior

Persamaan kondisi atau perumusan dari teknik Melchior secara umum ialah berupa (Kamiana, 2011, p.90-92):

$$Q_t = \alpha * \beta * I * F \quad (2.25)$$

Dimana keterangannya ialah:

Q_t = pelepasan banjir yang terstruktur (m^3/det).

α = koefisien *Run off* (Melchior memutuskan koefisien limpasan sebagai proporsi antara luapan dan curah hujan totalnya, berapa banyak yang bergantung pada kemiringan, vegetasi, kondisi tanah, suhu angin dan rentang hujan. Sebagai aturan, koefisien aliran ini berubah dari 0,42-0,62).

I = derajat seringnya hujan ($m^3/km^2/det$) ditentukan dengan rumus:

$$I = \frac{10 \times \beta \times R_{24} \text{ Maksimum}}{36 \times t_c} \quad (2.26)$$

β = koefisien reduksi daerah untuk presipitasi DAS.

$$F = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720 \beta \quad (2.27)$$

F = daerah lingkaran yang meliputi DAS dengan hub panjang (a) tidak melebihi atau melampaui 1,5 kali pendek (b). kebesaran F dikomunikasikan dalam Km^2 , serta besaran pada nilai adalah > luas daerah pengaliran (A).

R_{24} = hujan harian (mm).

t_c = durasi konsentrasi (jam) dihitung dengan rumus:

$$t_c = \frac{10 \times L}{36 \times V} \quad (2.28)$$

$$V = 1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2} \quad (2.29)$$

L = panjang sungai utama (Km)

V = tempo rerata aliran (m/det)

S = derajat miringnya rata-rata sungai = $\frac{H}{0,9 \times L} \quad (2.30)$

H = selisih (varians) ketinggian antara tinggi di titik pemantauan serta titik terjauh sungai (Km)

Hujan maksimum (q) didapat melalui kalkulasi dari grafik korelasi terkait dengan prosentase presipitasi dengan waktu konsentrasi kepada presipitasi harian dengan luas DPS dan waktu (Kamiana, 2011, p.92):

$$Q_{maks} = \alpha * I * A * \frac{r}{200} \dots\dots\dots (2.31)$$

dengan.

Q_{maks} = pelepasan banjir yang terstruktur (m^3/det)

α = koefisien Run off

I = hujan maksimal ($m^3/km^2/det$)

r = curah hujan (presipitasi) maksimal hitungan harian (mm)

A = luas daerah pengaliran (Km^2)

2.4.3. Hidrograf Weduwen

Persamaan atau kondisi dengan memanfaatkan strategi Weduwen ialah berupa (Kamiana, 2011: p.92):

$$Q_t = \alpha * \beta * q_n * A \dots\dots\dots (2.31)$$

Koefisien Run off (α)

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta q_n + 7} \dots\dots\dots (2.32)$$

Koefisien Reduksi (β)

$$\beta = \frac{120 + \left(\frac{t+1}{t+9}\right) * A}{120 + 4} \dots\dots\dots (2.34)$$

Waktu Konsentrasi (t)

$$t = \frac{0.476 * A^{3/8}}{(\alpha * \beta * q)^{1/8} * S^{1/4}} \dots\dots\dots (2.33)$$

Hujan Maksimal (q)

$$q_n = \frac{R_n}{240} * \frac{67.65}{t + 1.45} \dots\dots\dots (2.35)$$

2.5. Analisa Hidrolika

Hidrolika melalui tekanan sangat penting (krusial) untuk ilmu yang berkonsentrasi di konduksi air baik pada kondisi diam atau diklaim hidrostatika atau dalam kondisi dinamis atau diakui dengan hidrodinamika. Guna mencari tahu kualitas suatu peredaran air di sungai yang lebar tampangnya amat besar, diperlukan pula beragam persepsi yakni melakukan perkiraan (estimasi). Selain itu, latihan pemeriksaan (investigasi) dilakukan pada kelhasan peredaran yang terjadi dengan memanfaatkan contoh-model eksklusif. Model berupa penguraian dari suatu kenyataan atau syarat nyata.

Sesuai dengan Chow (1992, p.17) dalam Mulyandari (2010), saluran yang menyalurkan air dengan muka air bebas dianggap saluran terbuka. Sesuai sumbernya, saluran bisa diklasifikasikan ke saluran alam (natural) serta saluran buatan (artificial). Saluran natural menggabungkan seluruh sirkulasi yg terjadi secara alami pada planet ini, dari parit gunung kecil, parit kecil, saluran air kecil dan saluran air besar sampai muara sungai.

Saluran terbuka mengacu pada Triatmodjo (1996, p.103) artinya saluran daerah air deraian menggunakan muka air bebas di terusan terbuka, seperti aliran (saluran biasa), faktor peredaran amat sporadis mengenai kenyataan. Faktor-faktor tersebut adalah area lintas saluran, ketidaknyamanan, kemiringan dasar, belokan, laju peredaran serta lain sebagainya.

2.5.1. Klasifikasi Aliran Pada Saluran Terbuka

1. Deraian permanen serta tidak permanen.

Dengan asumsi bahwa determinan atau faktor deraian di titik tertentu tidak mengalami perubahan pada waktu, maka, pada titik tersebut, aliran tersebut dikenal sebagai aliran yang sangat tahan lama atau konsisten (permanen), bilamana sebaliknya, berarti dikenal sebagai aliran yang tidak permanen.

2. Aliran seragam dan berubah.

Lintasan melalui saluran terbuka adalah seragam jika faktor aliran yang berbeda, misalnya, kedalaman, area basah, kecepatan dan pelepasan pada setiap bagian sepanjang saluran dipertahankan konsisten. Dalam perkembangan garis energi yang seragam, muka air dan bagian bawah saluran adalah sama dengan tujuan bahwa kemiringan ketiga garis adalah sesuatu yang sangat mirip. Intensitas dalamnya air dalam aliran serupa (ragamnya sama) disebut kedalaman biasa (Y_n). Berbeda dengan laju aliran dan luas penampang saluran tertentu, intensitas normal cenderung konstan atau stabil di seluruh panjang saluran.



Gambar 2.9. Aliran seragam (a) dan berubah (b)

Sumber: Triatmodjo (1996, p.104)

3. Aliran laminar dan turbulen.

Dengan asumsi partikel berzat cair bergerak dalam bantalan tertentu dan aliran memiliki semua ciri menyerupai gerakan yang sama dari filamen atau lapisan tipis, aliran disebut aliran laminar. Kemudian lagi, dengan asumsi bahwa partikel-partikel berzat cair itu bergerak secara sporadis, baik sejauh keberadaannya, aliran itu disebut aliran turbulen. Komponen dimana menjadi penentuan bagi kondisi aliran (deraiian) ialah berupa dampak umum antara ketebalan (konsistensi) dan daya inersia. Bilamana kekuatan ketebalan berlaku, alirannya laminar, meskipun jika kekuatan inersia dominan, alirannya deras. Hubungan antara daya lengket dan latensi dikomunikasikan sejauh bilangan Reynold (R), yang dicirikan sebagai persamaan dimana terlampir (Anggrahini, 1977, p.114):

$$Re = \frac{vD}{\nu} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana keterangannya ialah:

Re = angka Reynolds

v = tempo deraiian (m/det)

D = panjang karakteristik (m)

ν = viskositas (m^2/det)

Mengingat percobaan dengan aliran dalam satu garis (pipa), Reynolds menegaskan bahwa untuk bilangan Reynolds di bawah 500, aliran dalam keadaan ini adalah laminar. Aliran akan deras jika bilangan Reynolds lebih besar dari 1000. Biasanya, jenis pergerakan dimana melintas lewat terusan terbuka ialah kekerasan, dikarenakan tempo aliran dan ketidaknyamanan pembatas umumnya sangat besar.

Untuk sementara, menurut J.K. Robert, aliran bercair khususnya air, diurutkan berdasarkan proporsi antara kekuatan inersia dan kekuatan tebal menjadi tiga komponen, menjadi aliran laminar spesifik, aliran transisi (sesaat) dan aliran turbulen. Jadi bagi saluran terbuka alami (sungai) untuk setiap jenis aliran diberi nama berikut, seperti yang ditunjukkan oleh J.K. Robert, yakni:

i. Laminer : $Re < 500$

ii. Transisi : $500 < Re < 12500$

iii. Turbulen: $Re > 12500$

4. Aliran subkritis, kritis dan superkritis.

Sebagaimana ditunjukkan oleh Chow (1959) dalam Mulyandari (2010), bahwa pengaruh gaya gravitasi dunia pada sungai dikomunikasikan oleh proporsi daya

inersia terhadap daya tarik dunia g . Proporsi ini diterapkan sebagai bilangan *Froude* (Fr) yang dicirikan oleh persamaan terlampir, yakni:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \dots \dots \dots (2.35)$$

dengan:

Fr = angka *Froude*

V = tempo deraian (m/det)

g = percepatan gravitasi (m^2/s)

h = intensitas dalamnya aliran (m)

Aliran seharusnya menjadi kritis ($Fr = 1$) dengan asumsi bahwa tempo aliran (deraian) setara dengan tempo frekuensi gravitasi dengan amplitudo rendah. Frekuensi gravitasi bisa didapat atau dihasilkan dengan mengubah intensitas dalamnya deraian. Dalam hal tempo aliran tidak sama persis dengan tempo kritis, maka aliran tersebut disebut subkritis ($Fr < 1$), sementara bilamana tempo aliran lebih tinggi atau melampaui dari tempo kritis, aliran tersebut disebut superkritis ($Fr > 1$).

2.5.2. Koefisien Kekasaran *Manning*

Fluida dimana berderai melalui terusan terbuka bakal memunculkan tekanan geser (oposisi) pada pembagi saluran. Oposisi terkait akan diatur sama bagian gravitasi yang mengikuti fluida menuju aliran. Dalam aliran seragam, bagian gravitasi menuju aliran setara dengan oposisi geser. Oposisi geser ini bergantung pada kecepatan aliran. Mengingat keseimbangan kekuatan yang terjadi, persamaan *Manning* dapat disimpulkan untuk menghitung kecepatan yang terjadi dapat berupa (Suripin, 2004, p.144):

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots \dots \dots (2.35)$$

dengan:

V = tempo deraian (m/det)

n = nilai koefisien *manning*

R = radius hidraulik (m)

S = kemiringan/*slope* saluran

Tabel 2.8.

Koefisien Kekasaran Manning

Jenis Saluran

Sungai alam:

Bersih lurus

0,025 – 0,033

Bersih berkelok-kelok

0,033 – 0,045

Banyak tanaman pengganggu

0,050 – 0,080

Dataran banjir berumput pendek-tinggi

0,025 – 0,035

Saluran dibelukar

0,035 – 0,070

Sumber: Suripin (2004, p.145)

2.5.3. Debit

Berapa banyak fluida yang bergerak melalui penampang aliran per satuan waktu dikenal sebagai laju aliran dan diberikan notasi yakni Q . Laju aliran umumnya diperkirakan dalam volume fluida per satuan waktu, dimana satuan tersebut ialah berupa meter kubik setiap hitungan detik (m^3/detik). Dalam cairan ideal, di mana tidak ada gesekan, kecepatan aliran (V) adalah sesuatu yang serupa kapan saja di segmen melintang. Untuk cairan asli, tempo pada pembagi batas ialah nol, dan bertambah dengan jarak dari pembagi batas. Jika penampang sungai yang berlawanan dengan arah aliran adalah A (luas penampang), maka pada titik tersebut debit aliran ialah yakni berupa:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.36)$$

dengan:

$$Q = \text{pelepasan (m}^3/\text{det)}$$

$$A = \text{luas penampang basah (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{tempo deraian (m/det)}$$

2.5.4. Penampang saluran

1. Penampang dengan bentuk Persegi.

Pada sebuah penampang dengan bentuk persegi panjang dengan lebar alas B serta intensitas dalamnya air h (Gambar 2.11), luasan pada tampang basah A , dan keliling basah P bisa dituliskan dalam persamaan atau kondisi berikutnya, yakni (Suripin, 2003, p.147):

$$A = Bh \dots\dots\dots (2.37)$$

dengan jari-jari hidraulik.

$$R = \frac{A}{P} = \frac{Bh}{B+2h} \quad (2.38)$$

dengan:

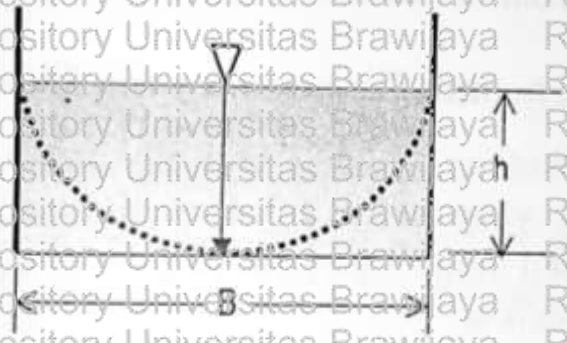
A = luasan tampang basah (m^2)

B = lebar dasar saluran (m)

R = jari – jari hidraulis (m)

P = keliling basah sungai

h = kedalaman aliran (m)



Gambar 2.10. Penampang Persegi Panjang

Sumber: Suripin (2003, p.147)

2. Penampang dengan bentuk Trapesium.

Luasan tampang A , dan keliling basah P , terusan dengan tampang trapesium dimana lebar pada alas B , intensitas dalamnya deraian h , serta derajat miringnya pembagi $1:m$ (Gambar 2.12) bisa dibentuk dengan persamaan berikutnya, yakni berupa (Suripin,

2003. P.148):

$$A = (B + mh) h \quad (2.39)$$

$$P = B + 2h \sqrt{1 + m^2} \quad (2.40)$$

dengan:

A = luasan tampang basah (m^2)

B = lebar dasar terusan (m)

$1:m$ = kemiringan dinding

P = keliling basah sungai



Gambar 2.11. Penampang Melintang Saluran Berbentuk Trapesium

Sumber: Suripin (2003, p.149)

2.5.5. Pemodelan Dengan HEC-RAS

Pemrograman Hec-Ras adalah bundel skema dari ASCE (*American Society of Civil Engineers*). Bundel skema terkait melibatkan langkah standar sebagai alasan untuk perhitungan. HEC-RAS mempunyai empat bagian model satu lapis (Istiarto, 2014, p.2).

1. Pengkalkulasian profil muka air deraian permanen.

Kemajuan dalam memastikan profil ketinggian air dimana diselesaikan oleh komponen deraian super tahan lama HEC-RAS tergantung pada penuntasan kondisi energy (satu lapis). Kemalangan energi dipandang sebagai akibat erosi (kondisi Manning) dan kompresi/pengembangan (koefisien meningkat dengan perbedaan kecepatan). Kondisi Perhitungan perhitungan profil permukaan air sungai yang konsisten digunakan ketika aliran yang bergeser dengan cepat dialami, misalnya kombinasi sistem aliran sub-dasar dan super-dasar (lompatan yang digerakkan oleh tekanan), aliran di atas bentang, aliran di persimpangan jalur air. Ada dua macam aliran yang menyebar. Yang pertama adalah bahwa setidaknya dua pengumpulan bertemu dan aliran dari setiap pengumpulan sebelum titik persimpangan bergabung bersama dan mengalir ke jalur air dasar. Kedua, deraian dari satu bagian (*reach*) sesudah melintasi bagian-bagian titik cabang bergerak melalui setidaknya dua anak sungai.

2. Percobaan deraian tak permanen.

Skema terkait dapat mereproduksi aliran non-permanen satu lapis di saluran air dimana mempunyai aliran kompleks (pelik). Sebagai mulanya, modul deraian sementara HEC-RAS harus diterapkan ke aliran sub-kritik, tetapi semenjak kedatangan varian 3.1, modul HEC-RAS juga bisa mereproduksi sistem deraian gabungan.

3. Pengkalkulasian transport sedimen.

Skema terkait dirancang untuk membuat ulang pengangkutan sedimen berlapis karena tergerus dalam rentang waktu cukup lama (biasanya setiap tahun, tetapi juga dimungkinkan untuk mereproduksi modifikasi dasar sungai karena berbagai banjir tunggal).

4. Pengkalkulasian atas karakteristik air.

HEC-RAS varian 5.3 bisa digunakan pada kegiatan pengecekan atau pemeriksaan suhu air dan pergerakan transportasi beragam elemen (unsur) kualitas (karakteristik) dari air, seperti, *Dissolved Oxygen*, *Dissoved Organic Nitrogen*, *Algae*, *Dissolved Nitrate Nitrogen*, *Dissolved Nitrite Nitrogen* and *Carbonaceuos Biological Oxygen Demand*.

2.5.6. Perencanaan Kapasitas Saluran dengan HEC-RAS

HEC-RAS berupa kerangka kerja dimana ditunjukan guna pemanfaatan yang cerdas dalam berbagai kondisi. Luasnya HEC-RAS ialah guna memastikan profil muka air yakni melalui penunjukkan deraian yang *steady* dan *unsteady*, serta melakukan pemindahan lumpur. Komponen utama dalam HEC-RAS ialah yakni aksesibilitas matematika saluran, baik longitudinal ataupun membelintang.

2.5.6.1. Profil Muka Air Pada Aliran *Steady*

Pada bagian terkait, HEC-RAS menetapkan model terusan dengan deraian yang cenderung bergerak secara konsisten setelah beberapa waktu. Kerangka kerja ini dapat meniru aliran di seluruh organisasi langsung atau di saluran soliter tanpa peregangannya, baik itu deraian kritis hingga sampai superkritis atau campuran untuk mendapatkan profil ketinggian air yang ideal. Ide yang dijadikan dasar dalam kalkulasi ialah berupa untuk memanfaatkan kondisi energy dan kondisi gaya. Energy yang hilang juga ditentukan dalam rekreasi ini yang melibatkan aturan kisi-kisi di saluran, tikungan dan perubahan luas lintas, baik karena perancah, jalur atau bendung di terusan atau aliran dimana disurvei.

2.5.6.2. Profil Muka Air Pada Aliran *Unsteady*

Pada kerangka tampilan terkait, HEC-RAS mengaktifkan kembali deraian berbahaya dalam organisasi terusan terbuka. Ide yang menjadi dasar di sini ialah kondisi deraian *unsteady* yang diciptakan oleh model UNET Dr. Robert L. Barkau.

Mulanya, aliran (deraian) *unsteady* hanyalah dimaksudkan guna menampilkan aliran subkritis, namun versi terbaru dari adaptasi HEC-RAS 5.3 juga bisa menunjukkan aliran superkritis, kritis, subkritis atau campuran dan lompatan yang didorong oleh tekanan. Lain dari hal tersebut, kalkulasi besaran energi yang hilang pada erosi saluran, belokan dan perubahan luas penampang juga dipertimbangkan.

Pada HEC-RAS, penampang saluran air atau terusan diselesaikan lebih awal, lantas pada titik tersebut akan ditentukan luas penampangnya. Untuk membantu saluran berfungsi sebagai pemandu aliran, daerah lintas saluran diisolasi menjadi beberapa daerah. Metodologi dimana dilaksanakan oleh HEC-RAS ialah dengan mempartisi luas penampang yang merujuk pada besaran n (koefisien kekerasan manning) sebagai alasan untuk mengisolasi ruas tersebut, aliran apa pun yang terjadi di segmen ditentukan dengan menggunakan kondisi Manning (Istiarto, 2014, p.28):

$$Q = K S_f^{1/2} \quad (2.41)$$

$$K = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} \quad (2.42)$$

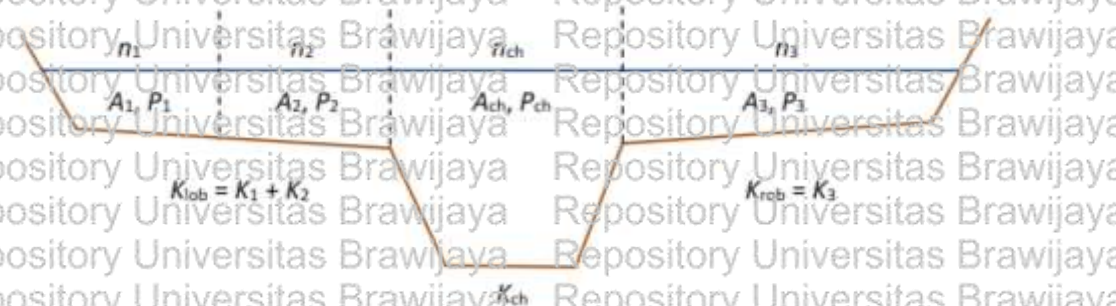
dengan:

K = besaran pengantar deraian pada unit

n = koefisien kekasaran manning

A = luasan bagian tampang

R = jari - jari hidraulik



Gambar 2.12. Contoh Penampang Saluran Dalam HEC-RAS

Sumber: Istiarto (2014, p.27)

Setelah penentuan penampang, HEC_RAS akan memastikan profil ketinggian air. Profil ketinggian air ditentukan dengan memanfaatkan kondisi energi dimana dikerjakan melalui teknik yang diketahui sebagai strategi *standard step*. Kondisi energy antara dua bidang silang ditulis dalam struktur berikutnya, yakni berupa (Istiarto, 2014, p.27):

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots \dots \dots (2.43)$$

dengan:

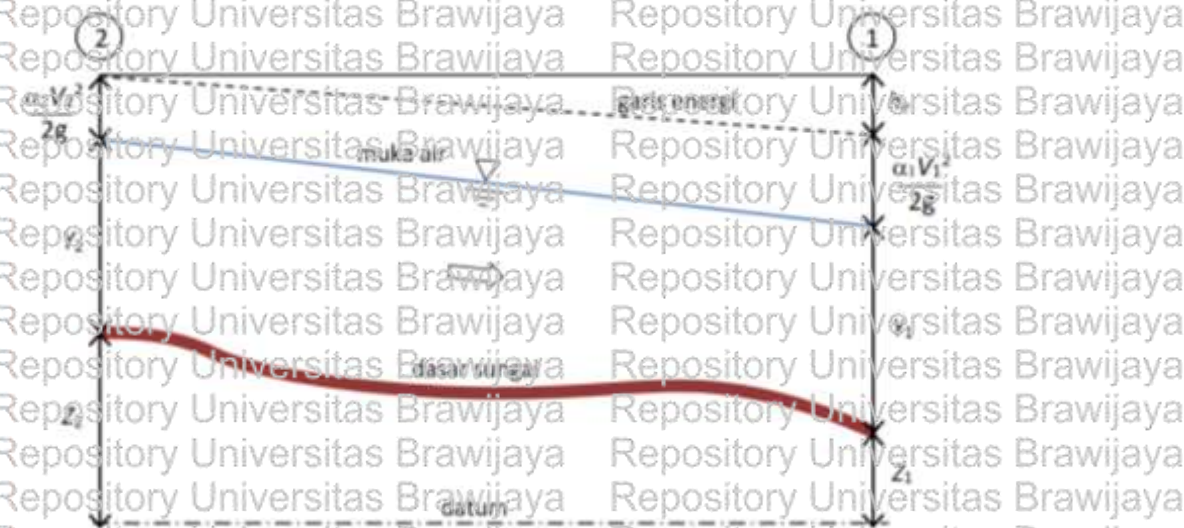
Z = fungsi fokus di atas garis referensi

Y = fungsi tekanan di suatu fokus

V = tempo deraian

α = koefisien kecepatan

h_e = energy head loss



Gambar 2.13. Penggambaran Persamaan Energi Pada Saluran Terbuka

Sumber: Istiarto (2014, p.27)

Kehilangan (tinggi) energy, h_e , antara dua segmen silang terdiri atas dua bagian, khususnya kekurangan energi dikarenakan erosi (*friction losses*) atau kekurangan energy dikarenakan persilangan segmen silang (*contraction losses*). Kejadian hilangnya energy antara segmen 2 dan 1 dikomunikasikan oleh kondisi yang terlampir, yakni berupa (Istiarto, 2014, p.28):

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots \dots \dots (2.44)$$

dengan:

L = selisih kejauhan diantara kedua penampang

$\bar{S}_f$ = derajat miringnya deraian

C = koefisien kehilangan energy (menyempit, melebar ataupun belengkakan)

Tahap selanjutnya dalam kegiatan kalkulasi HEC-RAS ialah membuat asumsi pada nilai muka air di bagian bawah terusan (untuk situasi ini penampang dimana dimaksud ialah yang daerah hilir). Kemudian pada saat itu dengan memanfaatkan kondisi energy sebagaimana tampil di atas, dapat diketahui profil muka air bagi keseluruhan penampang pada saluran (terusan).

2.5.7. Tinggi Jagaan Sungai

Segala perihal dimana bisa memberi dampak pada tingkat ketinggian jagaan tersebut ialah agregasi residu di dalam terusan, penurunan produktivitas yang didorong oleh air karena perkembangan tanaman, penyusutan tebing, serta deraian yang meluap semasa hujan.

Tabel 2.9.
Hubungan Debit Dengan Tinggi Jagaan

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

Sumber: Sosrodarsono (1985, p.37).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Letak Geografis Daerah Studi

Kabupaten Madiun ialah satu dari sekian banyaknya, yakni 29 kabupaten di Provinsi Jawa Timur. Ditinjau dari sisi geografis, letak Kabupaten Madiun berkisar di $7^{\circ} 12'$ hingga menyentuh $7^{\circ} 48' 30''$ LS dan $111^{\circ} 25' 45''$ hingga menyentuh $111^{\circ} 51'$ BT. Luas total daerah seluruhnya $1.010,86 \text{ km}^2$, yang terdiri atas 15 wilayah organisasi kecamatan dan 206 wilayah organisasi kota/kelurahan. Batas wilayah Kabupaten Madiun bisa diketahui melalui rincian berikutnya, yakni:

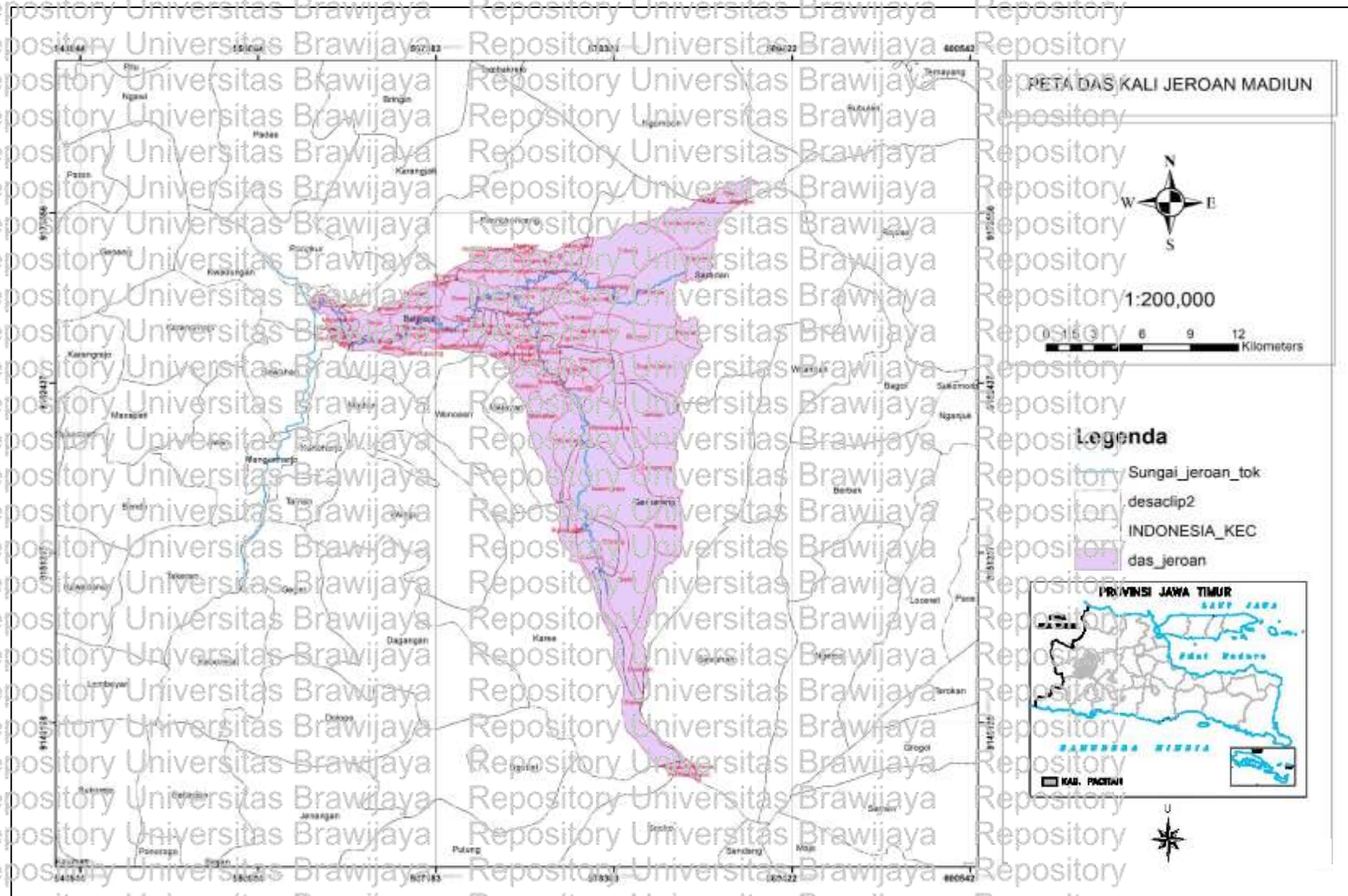
Perbatasan bagian Utara : Kabupaten Bojonegoro

Perbatasan bagian Timur : Kabupaten Nganjuk

Perbatasan bagian Selatan : Kabupaten Ponorogo

Perbatasan bagian Barat : Kabupaten Magelan dan Ngawi

Lokasi Studi Sungai Jeroan terletak di Kabupaten Madiun tepatnya berada di DAS Jeroan yang mempunyai luas DAS $\pm 428.89 \text{ km}^2$, panjang sungai $\pm 49.82 \text{ km}$ dan secara administratif Kali Jeroan terletak di antara $7^{\circ} 12' - 7^{\circ} 48' 30''$ LS dan $111^{\circ} 25' 45'' - 111^{\circ} 51'$ BT. Sungai Jeroan berupa salah satu dari anak sungai dimana berlokasi di kabupaten Madiun, Provinsi Jawa Timur yang berada dan melintas dari daerah Caruban melalui Kecamatan Balerejo, Kabupaten Madiun. Sedangkan secara administratif bagian tengah dan hilir DAS terletak di wilayah administrasi Kecamatan Balerejo, Kecamatan Saradan dan Kecamatan Pilangkenceng Kabupaten Madiun, Propinsi Jawa Timur. Untuk mengetahui lokasi sungai tersebut bisa ditinjau melalui penyajian di Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Peta Lokasi Studi

3.2. Metode Pengumpulan Data

Sebagaimana di dalam melakukan penelitian, peneliti akan melaksanakan pengumpulan atau penghimpunan data awal dimana data diharuskan bersangkutan dengan perihal sebagaimana sejalan dengan penelitian ini diantaranya.

1. Data Primer

Melibatkan kegiatan pengumpulan literatur maupun studi terdahulu, serta melakukan wawancara terhadap masyarakat serta dinas terkait yang dapat memberikan informasi yang lebih jelas terhadap evaluasi dalam penelitian ini. Hal ini akan sangat penting karena menjadi salah satu penentu langkah dalam pemilihan alternatif bangunan pengendali banjir yang tepat dimana pemilihan tersebut pastinya disesuaikan dengan situasi nyata di lapangan.

2. Data Sekunder

Data dimana dimaksud, dibutuhkan dan diupayakan pada penelitian ini ialah, yakni berupa:

- a. Data hidrologi (Data hujan harian tahun 2008-2017)
- b. Bagan topografi
- c. Bagan geologi
- d. Bagan tata pemanfaatan lahan
- e. Bagan genangan

Seluruh data tersebut didapati melalui berbagai sumber di antaranya: Badan Pusat Statistik, Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air, BMG, Bakosurtanal, Puslitbang Air, Balai Wilayah Sungai ataupun sumber yang bersifat teoritis yakni dari penelitian terdahulu.

3.3. Kondisi Sungai

1. Selain berfungsi mengairi irigasi di berbagai Daerah Irigasi (D.I), sungai Jeroan juga berfungsi sebagai jalur pembuangan air banjir yang akan dialirkan ke bagian hilir sungai sehingga sering berpotensi banjir.
2. Kondisi sungai Jeroan saat ini telah mengalami pendangkalan akibat sedimentasi yang disebabkan oleh erosi tebing, mulai tumbuhnya tumbuhan liar dan juga tumpukan sampah sehingga kapasitasnya relatif telah jauh berkurang.

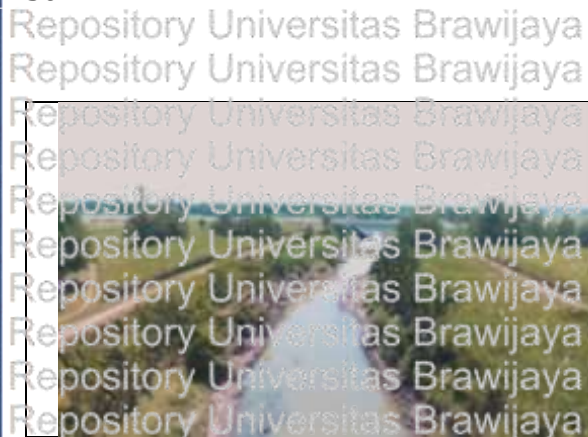
Contoh:

- a) Lokasi sungai Jeroan di pintu klep dan rumah pompa, Desa Glonggong dan Desa Plumpung. Kondisi tepi sungai penuh dengan tumpukan sedimen akibat longsor dari tebing sungai yang berpotensi menyebabkan penyempitan aliran sungai.
 - b) Lokasi Sungai Jeroan di dekat jembatan Balerejo. Pada lokasi ini terdapat stasiun AWLR yang tidak berfungsi karena struktur bangunannya kurang kokoh (miring). Serta adanya kerusakan pada konstruksi perkuatan tebing sungai di bawah jembatan yang berpotensi menggerus pondasi dari jembatan. Penelusuran lebih dalam tepatnya pada koordinat $7^{\circ}33' 6.240''$ BT ; $111^{\circ}34' 59.40''$ LS, terdapat bekas longsor tebing sungai yang cukup besar sekitar $2,5 \times 1 \times 5$ m (p x l x t). Identifikasi awal disebabkan oleh adanya pohon/rumpun bambu yang tumbang sehingga akarnya ikut menyeret perkuatan tebing sungai Jeroan yang berupa tanah. Hal ini juga berpotensi menambah volume sedimentasi di Kali Jeroan yang dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan.
 - c) Lokasi Sungai Jeroan di Desa Warurejo. Pada lokasi ini, Kondisi sungai mulai terjadi sedimentasi dan penumpukan sampah, struktur perkuatan tanggul yang berupa parapet ada yang mengalami kerusakan (jebol) sekitar 2×1 m. Dari pengamatan visual, tinggi muka air historis dari bekas air (sampah) sampai ke pepohonan di tepi sungai (bantaran) yang masih di dalam struktur Parapet. Namun menurut informasi warga sekitar biasanya air dari Kali Jeroan meluap cukup tinggi sampai melewati Parapet yang jebol sehingga banjir sampai ke jalan desa dan masuk ke rumah warga (kurang lebih tinggi satu meter dari jalan desa). Kondisi pintu klep untuk *drain* air dari jalan ke sungai sudah rusak parah (lepas).
 - d) Lokasi Sungai di hulu tepatnya di Desa Klumutan Kec. Saradan yang masih berupa palung sungai alami, belum terdapat perkuatan tebing atau bangunan teknis lainnya. Lebar sungai bekisar 10 sampai 15 meter.
3. Berkurangnya kapasitas sungai mengakibatkan banjir sehingga mengakibatkan kerugian materil seperti gagalnya panen sawah maupun non materil
 4. Tipe jembatan yang melintasi sungai Jeroan yaitu jembatan beton bertulang seperti pada desa Balerejo, Babadan Lor dan Klumutan. Kondisi jembatan yang melintasi sungai Jeroan berada dalam kondisi baik namun banyak sampah yang terlihat di sempadan sungai yang berpotensi menyebabkan penyempitan sungai.

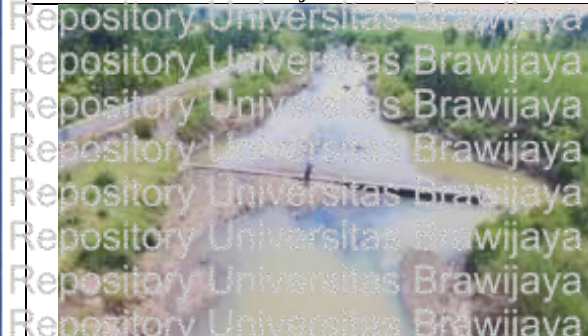
Berikut adalah Tabel 3.1 yang menunjukkan tampilan foto hasil dokumentasi identifikasi masalah yang terjadi sepanjang Sungai Jeroan Kabupaten Madiun.

Tabel 3.1.
Dokumentasi Hasil Identifikasi Masalah Pada Sungai Jeroan

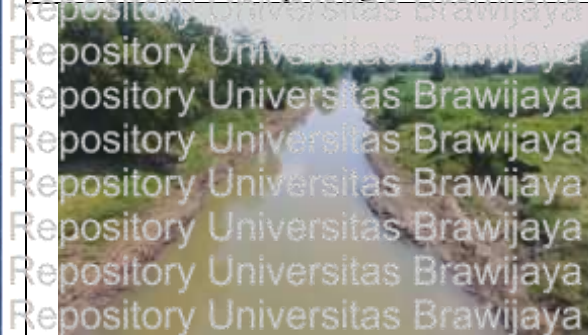
	
Kondisi Hulu Sungai Jeroan di Desa Benner, tata guna lahan berupa sawah dengan palung sungai alami	Terdapat rumput bambu yang tumbang akibat longsor
	
Di Desa Tapelan terdapat bekas longsor mengancam struktur parapet di dekat pemukiman warga	Kondisi Sungai di desa Kedungrejo, terdapat perumahan warga dan kandang ternak di sempadan sungai
	
Gerusan dan Kerusakan di bawah Jemabata Desa Balorejo, terdapat banyak sampah yang menumpuk	Terdapat pemukiman di sisi kiri dan kanan bagian hulu Sungai Balorejo



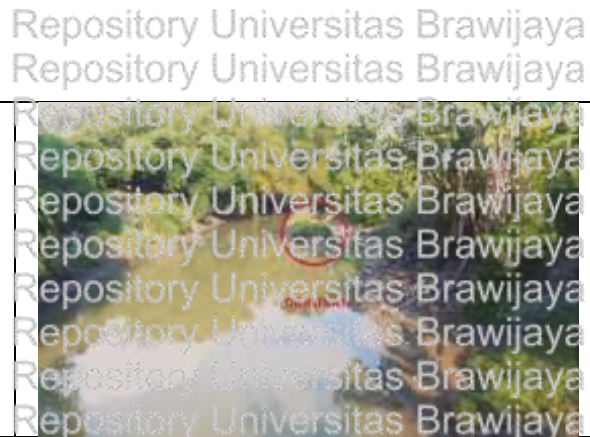
Kondisi Sungai di Desa Glonggong, terdapat gerusan bagian kiri Sungai mendekati badan jalan



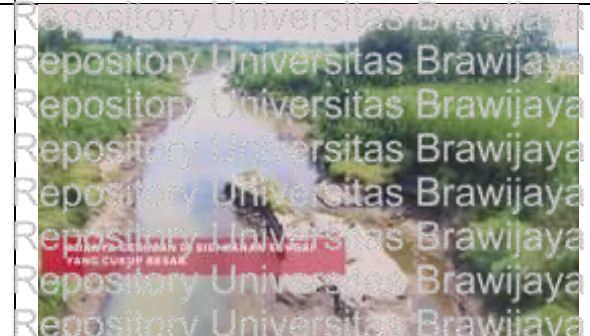
Kondisi Groundsill di Hilir mulai ada gerusan di tepi Sungai



Kondisi palung sungai di Desa Uneng masih berupa tanggul alami belum ada bangunan pengendali banjir.



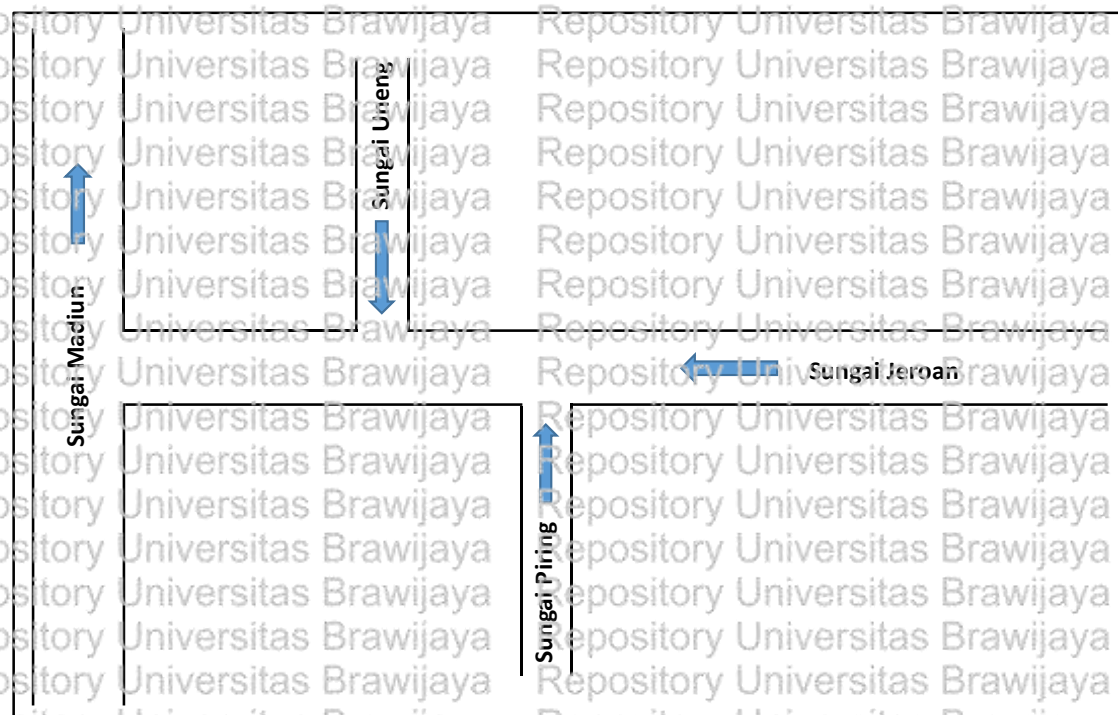
Kondisi Sungai di Desa Garon, terdapat gerusan yang cukup besar



Adanya gerusan di sisi kanan sungai yang cukup besar



Bagian Hilir atau Muara dari Sungai Jeroan



Gambar 3.2. Skema Sungai pada Lokasi Studi

Sungai Jeroan memiliki tujuh Stasiun Hujan di antaranya sebagaimana terlihat di sajian Tabel 3.2 berikutnya, yakni:

Tabel.3.2.
Stasiun Hujan

No	Nama Stasiun Hujan	Lintang	Bujur	Elevasi (mdpi)
1	Gemarang	-7.63000	111.7397	198
2	Balerejo	-7.55306	111.6044	68
3	Kuwu	-7.51861	111.6164	81
4	Kedungbanteng	-7.54778	111.5697	72
5	Kare	-7.48361	111.6917	104

Sumber: data.bmkg.go.id

3.4. Tahapan Penelitian

Tahapan atau langkah-langkah pada proses penyelesaian studi ini secara garis besarnya dapat diringkas dengan rincian berikutnya, yakni:

a. Analisa Hidrologi

Dalam pelaksanaan studi ini lebih kepada analisa terhadap pelepasan banjir rencana tepatnya di Sungai Jeroan. Parameter dimana digunakan antara lain luas DAS dan panjang

sungai. Investigasi ini dimaksudkan untuk mendapatkan data pelepasan banjir yang diatur berdasarkan hari demi hari informasi curah hujan paling ekstrim dengan periode ulang tertentu, khususnya ukuran pelepasan terbesar yang terjadi satu kali secara rata-rata dalam periode audit. Informasi ini diolah dan diselidiki memakai pemrograman Microsoft Excel.

b. Analisa profil aliran dengan program HEC-RAS sebagai bantuan.

Sesudah terkumpulnya seluruh data, tahapan berikutnya ialah melakukan pengolahan pada data melalui pemanfaatan pemrograman yakni HEC-RAS 5.0.8. Data dimana dibutuhkan takala menganalisa hidrolika ini ialah data terkait dengan situasi Sungai Jeroan seperti geometri sungai serta informasi pancuran air sungainya yakni berupa data debit (pelepasan) banjir terstruktur. Tentunya pelepasan banjir terstruktur terkait didapati melalui pelaksanaan hitungan hidrologi yaitu dari presipitasi selama 12 tahun (2008-2019). Analisa hidrolika mencakup model kerangka operasi sungai, Analisa koefisien Manning n , percobaan cucuran untuk kondisi lalu serta percobaan (simulasi) aliran pada beragam alternatif guna mendapati cara lain yang bisa dipakai sehingga memperkaya pemilihan keputusan penanggulangan banjir manakah yang tepat.

c. Alternatif Penanganan Banjir

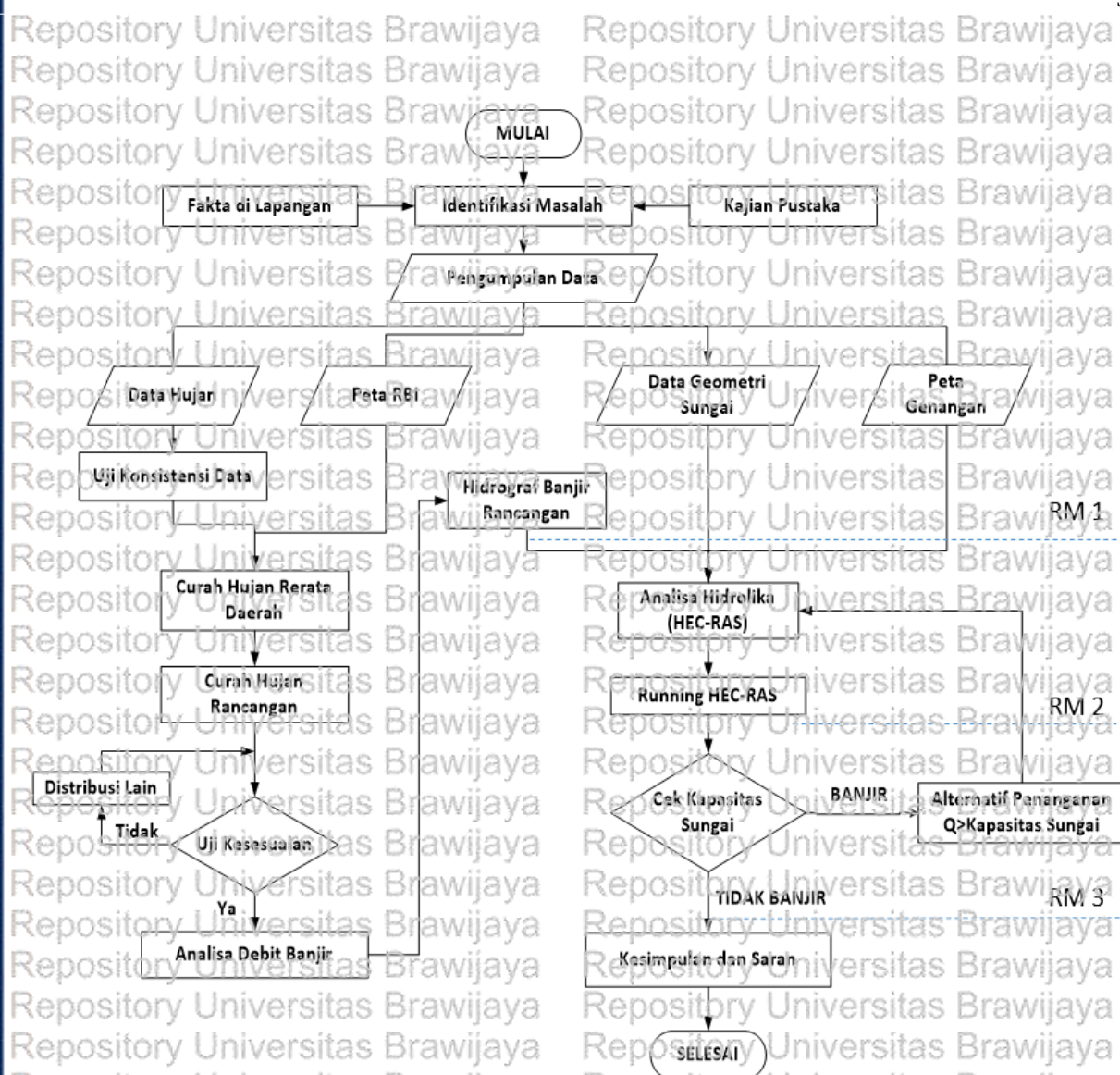
Selanjutnya melakukan kajian dengan skenario simulasi tiap alternatif. Skenario dalam penelitian ini adalah kondisi eksisting sungai, normalisasi, tanggul dan kolam retensi. Untuk mengetahui kondisi tiap skenario digunakan tujuh alternatif agar dapat menentukan hasil yang efisien untuk penanganan banjir. Berikut adalah matriks skenario tiap alternatif sebagaimana disajikan lewat Tabel 3.3 berikutnya.

Tabel 3.3.

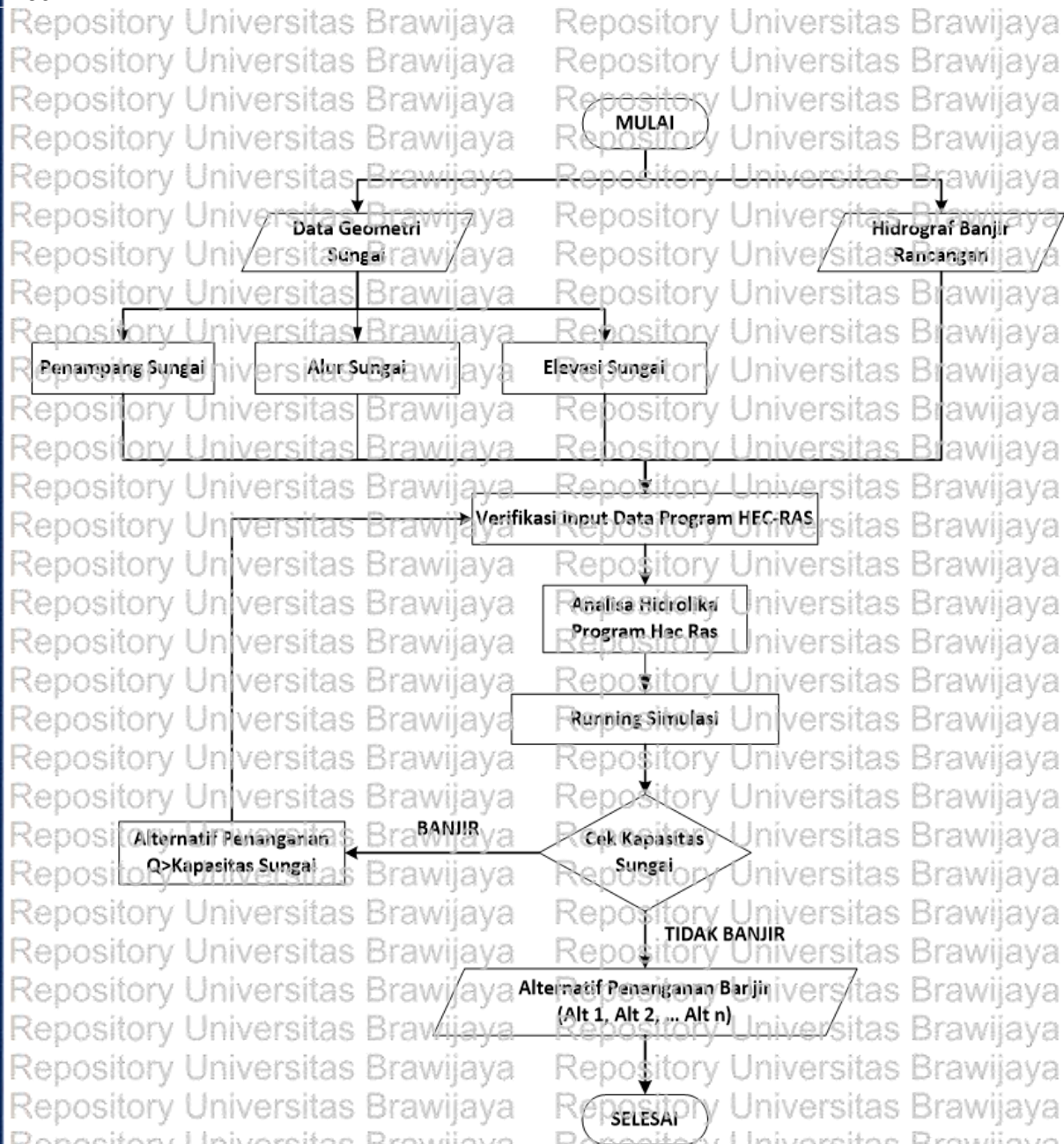
Skenario Simulasi Alternatif Bangunan Pengendali Banjir

No	Skenario	Alternatif		
		Alt 1	Alt 2	Alt 3
1	Eksisting	✓		
2	Kolam Retensi		✓	✓
3	Normalisasi			✓
4	Tanggul			✓

Sumber: Penulis



Gambar 3.3. Diagram Alir Penyelesaian Studi



Gambar 3.4. Diagram Alir Analisa Hidrolika



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Ketersediaan Data

Kebutuhan penggunaan data berupa data hujan diambil melalui lima stasiun pengamatan hujan yaitu Stasiun Muneng (Sta.A), Stasiun Kuwu (Sta.B), Stasiun Balojero (Sta.C), Stasiun Gamarang (Sta.D) dan Stasiun Kare (Sta.E) dengan lama pengamatan 12 tahun, terhitung dari tahun 2008 sampai tahun 2019, tersaji pada Tabel 4.1. Secara umum data yang tersedia cukup lengkap dan layak dipergunakan sebagai acuan dalam analisis debit banjir.

4.2. Validasi Data

Sebelum menggunakan data hujan untuk kebutuhan perhitungan Analisa Hidrologi, perlu adanya validasi data untuk menghindari penyimpangan dalam perhitungan.

4.2.1. Uji Konsistensi Data

Analisa kurva masa ganda merupakan salah satu cara dalam pengujian konsistensi terhadap data hujan. Tahapan perhitungan uji data hujan yakni:

1. Mencari presipitasi maksimal tahunan tiap stasiun (st) hujan tersaji pada Tabel 4.1.
2. Menentukan rerata hujan (CH) tahunan sebagai pembanding pada tahun 2008 seperti terlihat pada Tabel 4.2. mempunyai peran sebagai stasiun pembanding yaitu Stasiun Kuwu (Sta.B), Stasiun Balojero (Sta.C), Stasiun Gamarang (Sta.D) dan Stasiun Kare (Sta.E).
 - CH Pembanding $= \frac{110+100+105+97}{4} = 103 \text{ mm}$
3. Mencari nilai komulatif hujan terhadap stasiun hujan yang akan diuji, dalam hal ini adalah Stasiun Muneng (sebagai contoh perhitungan komulatif pada tahun 2009).
 - Komulatif Stasiun Hujan Muneng Tahun 2009 $= 116 + 92 = 208 \text{ mm}$
4. Mencari nilai komulatif hujan untuk st. pembanding
 - Nilai komulatif st. hujan yang dibandingkan Tahun 2009 $= 103 + 120 = 223 \text{ mm}$
5. Hasil perhitungan disajikan dalam gambar grafik (*scatter diagram*).

Tabel 4.1.

Data Tiap Stasiun Hujan (Curah Hujan Maksimum Tahunan)

No.	Tahun	Stasiun Hujan Muneng (A) (mm)	Stasiun Hujan Kunwa (B) (mm)	Stasiun Hujan Palorejo (C) (mm)	Stasiun Hujan Gamawang (D) (mm)	Stasiun Hujan Kare (E) (mm)
1	2008	116.0	110.0	100.0	105.0	97.0
2	2009	92.0	94.0	75.0	85.0	88.0
3	2010	107.0	80.0	95.0	115.0	95.0
4	2011	97.0	114.0	118.0	125.0	105.0
5	2012	96.0	95.0	147.0	85.0	94.0
6	2013	95.0	75.0	62.0	60.0	88.0
7	2014	127.0	93.0	100.0	146.0	82.0
8	2015	105.0	140.0	75.0	80.0	78.0
9	2016	76.0	102.0	78.0	95.0	88.0
10	2017	112.0	118.0	96.0	115.0	104.0
11	2018	90.0	123.0	112.0	102.0	115.0
12	2019	101.2	100.0	126.0	180.0	124.0
Jumlah		1214.2	1244.0	1184.0	1293.0	1158.0

Sumber: Data Hujan

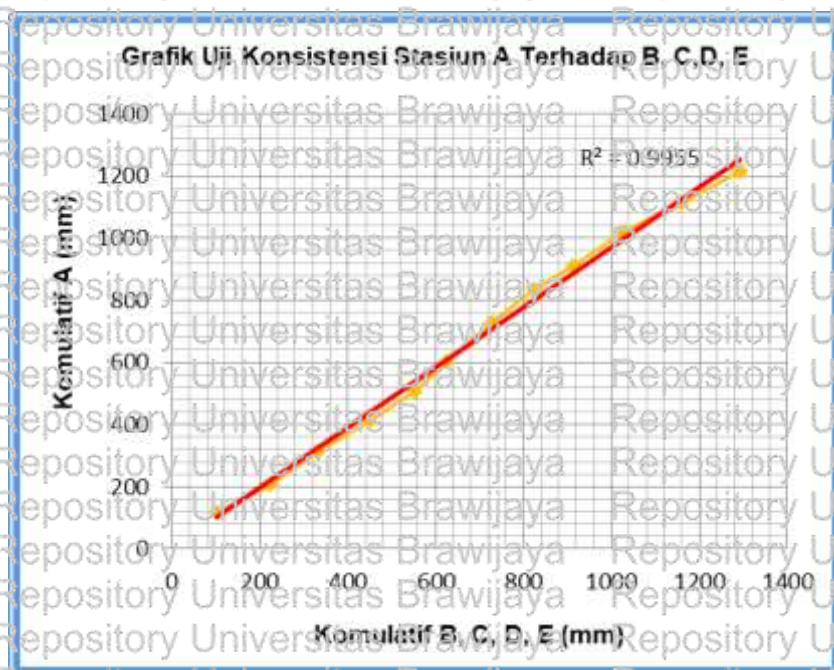
Hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 4.2 hingga Tabel 4.6, dan Gambar 4.1 hingga Gambar 4.5.

Tabel 4.2.

Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Muneng

No.	Tahun	St. hujan Muneng (mm)	Kumulatif (mm)	Rerata St. Hujan (mm)	Kumulatif (mm)
1	2008	116.0	116.0	103.0	103.0
2	2009	92.0	208.0	120.0	223.0
3	2010	107.0	315.0	110.0	333.0
4	2011	97.0	412.0	115.5	448.5
5	2012	96.0	508.0	105.3	553.8
6	2013	95.0	603.0	71.3	625.0
7	2014	127.0	730.0	105.3	730.3
8	2015	105.0	835.0	93.3	823.5
9	2016	76.0	911.0	90.8	914.3
10	2017	112.0	1023.0	113.0	1027.3
11	2018	90.0	1113.0	132.5	1159.8
12	2019	101.2	1214.2	132.5	1292.3

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.1. Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Muneng

Bertolak dari hasil uji konsistensi menunjukkan bahwa korelasi data yang diuji berhimpit dengan garis linier yang membentuk sudut 45° , dengan nilai determinan (R^2) sebesar 0,995 atau hampir mendekati nilai 1, sehingga tidak ditemukan adanya penyimpangan data. Maka dapat disimpulkan bahwa dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2019 data curah hujan di Sta. Muneng adalah bersifat konsisten/stabil.

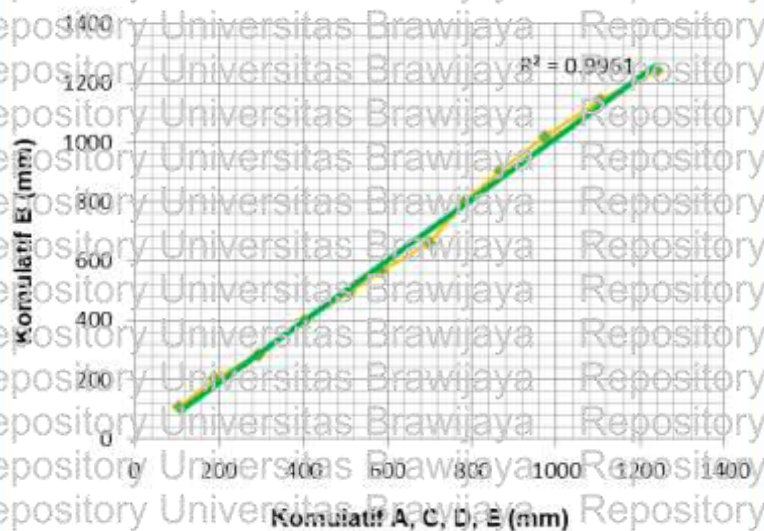
Tabel 4.3.

Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kuwu

No.	Tahun	St. Hujan Kuwu (mm)	Kumulatif (mm)	Rerata St. Diuji (mm)	Kumulatif (mm)
1	2008	110.0	110.0	104.5	104.5
2	2009	94.0	204.0	85.0	189.5
3	2010	80.0	284.0	103.0	292.5
4	2011	114.0	398.0	111.3	403.8
5	2012	95.0	493.0	105.5	509.3
6	2013	75.0	568.0	76.3	585.5
7	2014	93.0	661.0	113.8	699.3
8	2015	140.0	801.0	84.5	783.8
9	2016	102.0	903.0	84.3	868.0
10	2017	118.0	1021.0	104.8	972.8
11	2018	123.0	1144.0	132.8	1105.5
12	2019	100.0	1244.0	132.8	1238.3

Sumber: Hasil Perhitungan

Grafik Uji Konsistensi Stasiun B Terhadap A, C, D, E



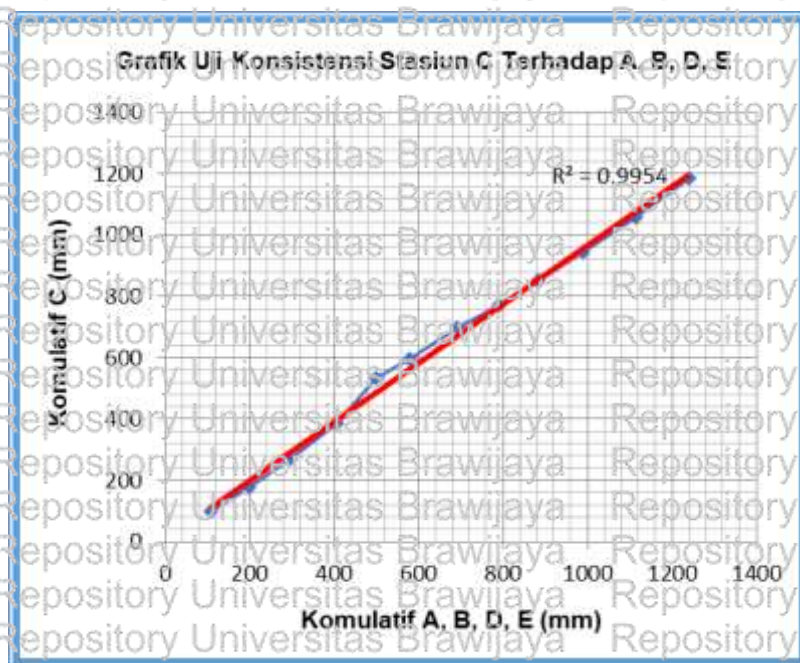
Gambar 4.2. Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kuwu

Bertolak dari pengujian di atas menunjukkan korelasi data pengujian berhimpit dengan garis linier yang membentuk sudut 45° , dengan nilai determinan (R^2) sebesar 0,996 atau hampir mendekati nilai 1, sehingga tidak ditemukan adanya penyimpangan data. Maka dapat disimpulkan bahwa tahun 2008 sampai pada tahun 2019 data curah hujan di Sta. Kuwu adalah bersifat konsisten/stabil.

Tabel 4.4.
Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Balerejo

No.	Tahun	St. Hujan Balerejo (mm)	Komulatif (mm)	Rerata St. Dituji (mm)	Komulatif (mm)
1	2008	100.0	100.0	107.0	107.0
2	2009	75.0	175.0	89.8	196.8
3	2010	95.0	270.0	99.3	296.0
4	2011	118.0	388.0	110.3	406.3
5	2012	147.0	535.0	92.5	498.8
6	2013	62.0	597.0	79.5	578.3
7	2014	100.0	697.0	112.0	690.3
8	2015	75.0	772.0	100.8	791.0
9	2016	78.0	850.0	90.3	881.3
10	2017	96.0	946.0	107.5	988.8
11	2018	112.0	1058.0	126.3	1115.0
12	2019	126.0	1184.0	126.3	1241.3

Sumber: Hasil Perhitungan



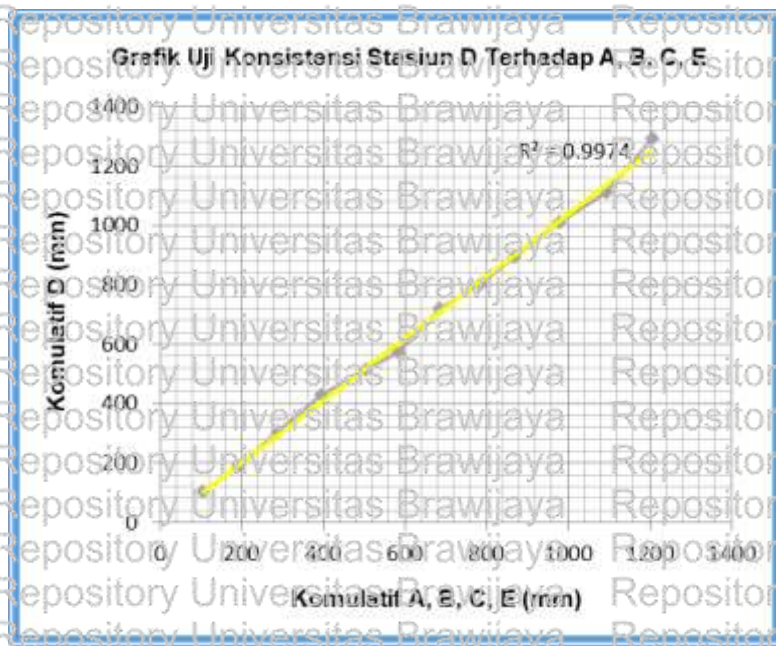
Gambar 4.3. Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Balorejo

Bertolak dari uji konsistensi di atas menunjukkan bahwa korelasi data yang diuji berhimpit dengan garis linier yang membentuk sudut 45° , dengan nilai determinan (R^2) sebesar 0,995 atau hampir mendekati nilai 1, sehingga tidak ditemukan adanya penyimpangan data. Maka dapat disimpulkan bahwa Tahun 2008 hingga Tahun 2019 data curah hujan di Sta. Balorejo adalah bersifat konsisten/stabil.

Tabel 4.5.
Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Gamarang

No	Tahun	St. Hujan Gamarang (mm)	Kumulatif (mm)	Rerata St. Diuji (mm)	Kumulatif (mm)
1	2008	105.0	105.0	105.8	105.8
2	2009	85.0	190.0	87.3	193.0
3	2010	115.0	305.0	94.3	287.3
4	2011	125.0	430.0	108.5	395.8
5	2012	85.0	515.0	108.0	503.8
6	2013	60.0	575.0	80.0	583.8
7	2014	146.0	721.0	100.5	684.3
8	2015	80.0	801.0	99.5	783.8
9	2016	95.0	896.0	85.0	869.8
10	2017	115.0	1011.0	110.0	979.8
11	2018	102.0	1113.0	112.8	1092.5
12	2019	180.0	1293.0	112.8	1205.3

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.4. Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Gamarang

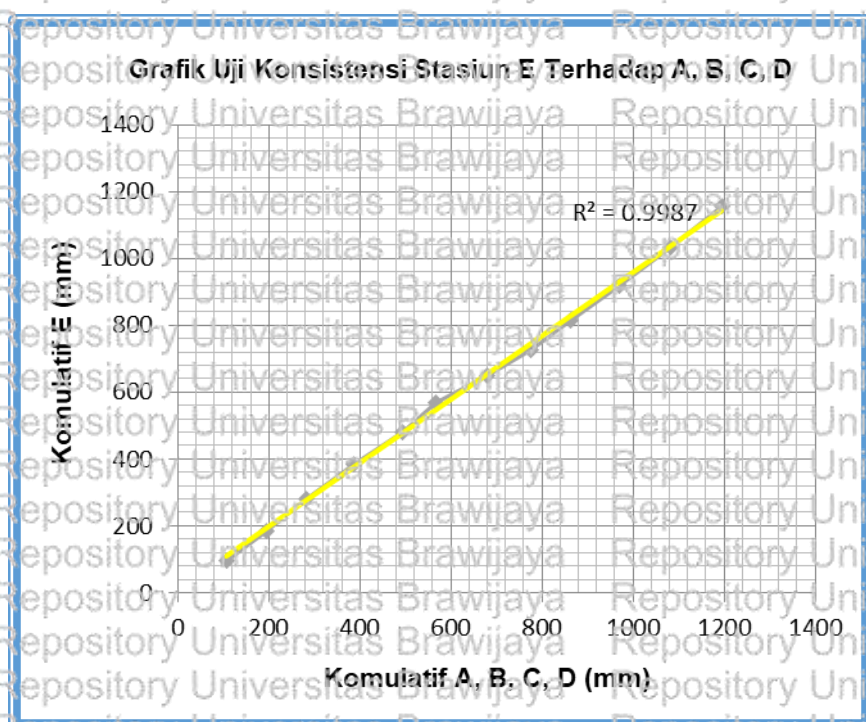
Bertolak dari hasil uji konsistensi menunjukan bahwa korelasi data yang diuji berhimpit dengan garis linier yang membentuk sudut 45° , dengan nilai determinan (R^2) sebesar 0,996 atau hampir mendekati nilai 1, sehingga tidak ditemukan adanya penyimpangan data. Maka dapat disimpulkan bahwa tahun 2008 hingga tahun 2019 data curah hujan di Sta Gamarang adalah bersifat konsisten/stabil.

Tabel 4.6.

Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kare

No	Tahun	St. Hujan Kare (mm)	Kumulatif (mm)	Rerata St. Diuji (mm)	Kumulatif (mm)
1	2008	97.0	97.0	107.8	107.8
2	2009	88.0	185.0	86.5	194.3
3	2010	95.0	280.0	89.0	283.3
4	2011	105.0	385.0	104.0	387.3
5	2012	94.0	479.0	105.8	493.0
6	2013	88.0	567.0	73.0	566.0
7	2014	82.0	649.0	115.0	681.0
8	2015	78.0	727.0	95.0	776.0
9	2016	88.0	815.0	87.8	863.8
10	2017	104.0	919.0	106.8	970.5
11	2018	115.0	1034.0	112.0	1082.5
12	2019	124.0	1158.0	112.0	1194.5

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.5. Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kare

Bertolak dari hasil uji konsistensi menunjukkan bahwa korelasi data yang diuji berhimpit dengan garis linier yang membentuk sudut 45° , dengan nilai determinan (R^2) sebesar 0,998 atau hampir mendekati nilai 1, sehingga tidak ditemukan adanya penyimpangan data. Maka dapat disimpulkan bahwa tahun 2008 hingga tahun 2019 data curah hujan di Sta. Kare adalah bersifat konsisten/stabil.

4.2.2. Uji Ketidadaan *Trend*

Uji ini dilakukan melibatkan metode spearman dengan runtutan pengujian ialah:

1. Data diruntutkan (terbesar sampai terkecil).
2. Menentukan nilai KP:

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (at)^2}{n^3 - n}$$

$$KP = 1 - \frac{6 \times 340}{12^3 - 12} = 0,1889$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{0.5}$$

$$t = -0,1889 \left[\frac{12-2}{1-(-0,1889)^2} \right]^{0.5}$$

$$t = -0,608$$

3. Penarikan kesimpulan

Pembacaan terhadap nilai t menyesuaikan nilai $\alpha = 0,05$ serta dilakukan terhadap dua arah, sehingga t yang dibaca yaitu $1 - \frac{0,05}{2} = 0,975$. Selanjutnya t perhitungan dibandingkan terhadap t tabel.

Hasil perhitungan uji ketiadaan *tren* pada stasiun hujan ditungkan dalam Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7.

Hasil Uji Ketidadaan *Trend* Metode *Spearman*

No	Nama Stasiun	n	dt	KP	t Hitungan	t Tabel	Keterangan
1	Muneng	340	-0.1888	-0.6080	-0.6080		Independen
2	Kuwu	176	0.3846	1.3176	1.3176		Independen
3	Balorejo	12	234	0.1818	0.5847	$-2.228 < t_{\text{Hitung}} < 2.228$	Independen
4	Gamarang	270	0.0559	0.1772	0.1772		Independen
5	Kare	258	0.0979	0.3111	0.3111		Independen

Sumber : Hasil Perhitungan

Beranjak dari hasil uji di atas mengacu pada tabel nilai kritis t_c (Soewarno, 1995 : 77) dengan analisa terhadap pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan 5% maka didapatkan nilai $t_{0,975} = 2,228$ dan $t_{-0,975} = -2,228$. Nilai t Hitung pada tabel terletak diantara $-2,228 < t_{\text{Hitung}} < 2,228$ Maka untuk (dk) 5%, sehingga dapat ditarik kesimpulan series data hujan adalah independen (tidak menunjukkan adanya trend).

4.2.3. Uji F (Uji Stasioner)

Pengujian homogenitas dilakukan guna menguji kestabilan data dengan menerapkan Uji F. Sebelum dilakukan uji kestabilan varian dan uji kestabilan nilai rata-rata terlebih dahulu data dibagikan menjadi dua kelas/kelompok data. Perhitungan Uji F tetruang dalam Tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8.

Perhitungan Uji F (Uji Stasioner)

Parameter Statistik	Tahun	Stasiun Hujan A (mm)	Peringkat A	Tahun	Stasiun Hujan B (mm)	Peringkat B	Tahun	Stasiun Hujan C (mm)	Peringkat C	Tahun	Stasiun Hujan D (mm)	Peringkat D	Tahun	Stasiun Hujan E (mm)	Peringkat E
N1	2008	116.00	11	2008	110.00	12	2008	100.00	6	2008	105.00	6	2008	112.00	8
	2009	92.00	1	2009	94.00	6	2009	75.00	12	2009	85.00	8	2009	88.00	5
	2010	107.00	3	2010	80.00	3	2010	95.00	2	2010	115.00	2	2010	78.00	7
	2011	97.00	5	2011	114.00	7	2011	118.00	8	2011	125.00	5	2011	105.00	2
	2012	96.00	7	2012	95.00	2	2012	147.00	9	2012	85.00	9	2012	94.00	9
	2013	95.00	8	2013	75.00	5	2013	62.00	3	2013	60.00	12	2013	88.00	12
N2	2014	127.00	12	2014	93.00	11	2014	100.00	11	2014	146.00	1	2014	82.00	3
	2015	105.00	4	2015	140.00	9	2015	75.00	10	2015	80.00	11	2015	78.00	6
	2016	76.00	6	2016	102.00	1	2016	78.00	1	2016	95.00	3	2016	88.00	4
	2017	112.00	9	2017	118.00	4	2017	96.00	7	2017	115.00	10	2017	104.00	1
	2018	90.00	10	2018	123.00	10	2018	112.00	4	2018	102.00	4	2018	98.00	10
	2019	101.88	2	2019	100.00	8	2019	125.00	5	2019	180.00	7	2019	124.00	11
n_1	6			6			6			6				6	
n_2	6			6			6			6				6	
(S_1)	9.14			15.56			30.42			23.75				12.43	
(S_2)	17.63			17.57			19.53			37.01				16.94	

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

 n_1 = Jumlah data sampel N S_1 = Standar deviasi kelompok sampel N1 n_2 = Jumlah data sampel N2 S_2 = Standar deviasi kelompok sampel N2

Berdasarkan table di atas dapat dihitung uji F berdasarkan persamaan berikut :

$$F_{(Stasiun A)} = \frac{\frac{\sum 1}{\sum 2} \cdot \frac{(\sum 2 - 1)}{(\sum 1 - 1)}}{\frac{\sum 2}{\sum 1} \cdot \frac{(\sum 1 - 1)}{(\sum 2 - 1)}} \rightarrow F_{(Stasiun A)} = \frac{6 \times 9.14^2 \times (6 - 1)}{6 \times 17.63^2 \times (6 - 1)} = 0.2586$$

Selanjutnya hasil perhitungan uji F pada masing masing stasiun hujan direkap pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9.
Rekapitulasi Perhitungan Uji F (Uji Stasioner)

No	Nama Stasiun	n_1	n_2	S_1	S_2	F Hitungan	F Tabel	Keterangan
1	Muneng			9.1378	17.6327	0.2686		Homogen
2	Kuwu			15.5649	17.5689	0.7849		Homogen
3	Balerejo	6	6	30.4155	19.5798	2.4131	F Hitung $\leq$ 5.05	Homogen
4	Gamarang			23.7522	37.0117	0.4118		Homogen
5	Kare			12.4325	16.9430	0.5384		Homogen

Sember : Hasil Perhitungan

Bertolak dari hasil pengujian di atas serta melihat tabel F_c (nilai kritis) distribusi F (Soewarno, 1995:81) untuk derajat kepercayaan = 5% pada derajat kebebasan $dk_1 = n_1 - 1$ dan $dk_2 = n_2 - 1$ sebesar 5.05, diperoleh 95 % data debit homogen dari bulan ke bulan.

4.2.4. Uji Ketiadaan Persistensi

Persistensi (*persistence*) bertujuan untuk memastikan tidak adanya ketergantungan dari setiap nilai yang tercantum dalam deret berkala. Pengujian persistensi terlebih dahulu dengan mencari besarnya koefisien korelasi series data. Penentuan koefisien korelasi serial diuji dengan metode Spearman. Berikut adalah proses perhitungan pada st. hujan Muneng:

1. Meruntutkan data berdasarkan deret waktu
2. Data CH (curah hujan) dieringkatkan.
 $Ch = 116$ (tahun 2008)
 Peringkat = 11
3. Menghitung nilai d_i (selisi antara peringkat)
 $d_i = 11 - 3 = 8$
4. Hitung nilai kuadrat dari nilai d_i dan total dari d_i kuadrat.
 $d_i^2 = 8^2 = 64$
 $\sum d_i^2 = 368$
5. Selanjutnya hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10.

Penyusunan Data dari Terkecil ke Terbesar dan Pemberian Tingkat data

No.	Tahun	Stasiun Hujan A	Peringkat A	di	di ²	Stasiun Hujan B	Peringkat B	di	di ²	Stasiun Hujan C	Peringkat C	di	di ²	Stasiun Hujan D	Peringkat D	di	di ²	Stasiun Hujan E	Peringkat E	di	di ²
1	2008	116	11	0	0	110.0	8	0	0	100.0	8	0	0	105.0	7	0	0	78.0	8	0	0
2	2009	92	3	8	64	94.0	4	4	16	75.0	2	6	36	85.0	4	3	9	82.0	3	5	25
3	2010	107	10	-7	49	80.0	2	2	4	95.0	5	-3	9	115.0	9	-5	25	88.0	7	-4	16
4	2011	97	6	4	16	114.0	9	-7	49	118.0	10	-5	25	125.0	10	-1	1	88.0	10	-3	9
5	2012	96	5	1	1	95.0	5	4	16	147.0	10	0	0	85.0	3	7	49	88.0	6	4	16
6	2013	95	4	1	1	75.0	1	4	16	62.0	1	9	81	60.0	1	2	4	94.0	4	2	4
7	2014	127	12	-8	64	93.0	3	-2	4	100.0	7	-6	36	146.0	11	-10	100	95.0	2	2	4
8	2015	105	8	4	16	140.0	12	9	81	75.0	3	4	16	80.0	2	9	81	97.0	1	1	1
9	2016	76	1	7	49	102.0	7	5	25	78.0	4	-1	1	95.0	5	-3	9	104.0	5	-4	16
10	2017	112	9	-8	64	118.0	10	-3	9	96.0	6	-2	4	115.0	8	-3	9	105.0	9	-4	16
11	2018	90	2	7	49	123.0	11	-1	1	112.0	9	-3	9	102.0	6	2	4	115.0	11	-2	4
12	2019	101	7	-5	25	100.0	6	5	25	126.0	11	-2	4	180.0	12	-6	36	124.0	12	-1	1
Jumlah					368				246				221				327				112

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya perhitungan (Metode Spearman) dilakukan dengan rumus berikut:

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m (di)^2}{m^3 - m}$$

$$m = n - 1$$

$$KS = 1 - \frac{6 \times 368}{11^3 - 11} = -0.6727$$

Maka diperoleh:

$$\text{nilai } t = KS \cdot \left[\frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{1/2} \rightarrow = -0.6727 \cdot \left[\frac{11-2}{1-(-0.6727)^2} \right]^{1/2} = -2.7277$$

Selanjutnya hasil perhitungan direkap dalam Tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11.
Hasil Perhitungan Uji Persistensi

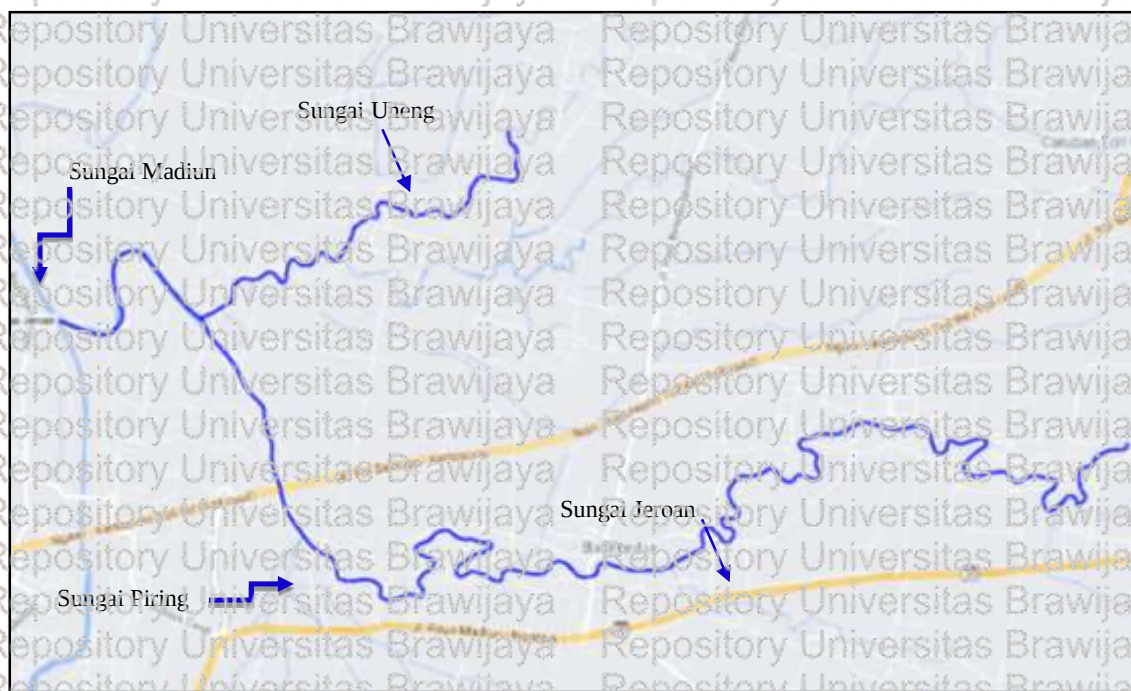
No	Nama Stasiun	n	m	KS	t Hitung	t Tabel	Keterangan
1	Muneng			-0.6727	-2.7277		Homogen
2	Kuwu			-0.1182	-0.3570		Homogen
3	Balerejo	12	11	-0.0045	-0.0136	t Hitung < 2.821	Homogen
4	Gamarang			-0.4864	-1.6699		Homogen
5	Kare			0.4909	1.6904		Homogen

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan uji persistensi di atas pada (dk) 5% dengan derajat kebebasan $m-2 = 11 - 2 = 9$, maka diperoleh $t_{tabel} = 2.821$. Oleh karena nilai t_{hitung} lebih kecil maka 95% data independen.

4.3. Analisa Hidrologi

Perlunya melakukan analisa hidrologi guna mengetahui kondisi dan kapasitas sungai serta luapan pada sungai baik sebelum perlakuan penanggulangan maupun sesudah adanya penanggulangan banjir. Secara khusus pada Sungai Jeroan terdapat 3 sungai yang memberikan dampak langsung terjadinya banjir, yaitu Sungai Jeroan, Sungai Uneng dan Sungai Piring. Pada tiga sungai tersebut, yang paling berpengaruh memberikan dampak banjir adalah Sungai Jeroan dan Sungai Uneng, sedangkan Sungai Piring dianggap kurang memberikan pengaruh karena sudah ada bangunan eksisting pengendali banjir yaitu berupa pintu kleb.



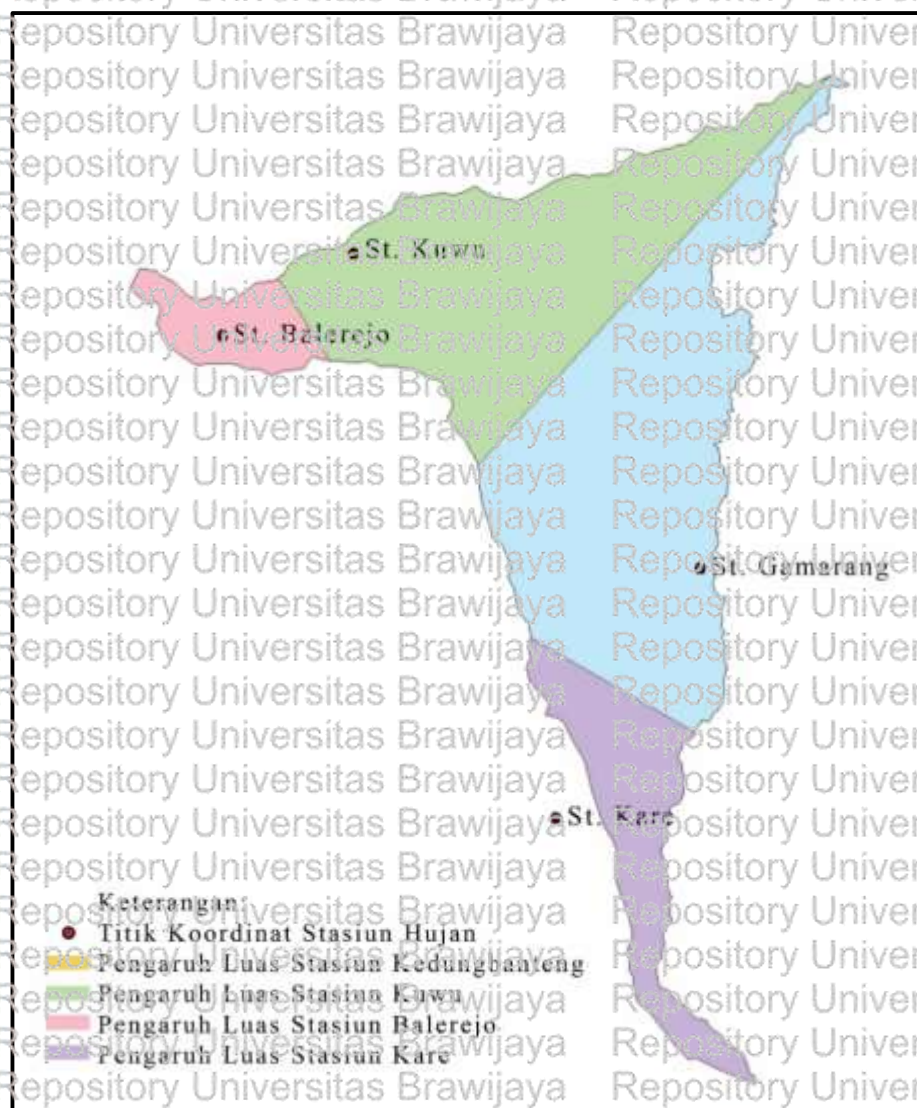
Gambar 4.6. Skema Sungai pada Lokasi Penelitian

Bertolak dari skema yang terlihat pada Gambar 4.6, maka Analisa akan dibagi menjadi dua bagian yaitu terhadap DAS Jeroan dengan luas area sebesar 273.112 Km² dan Sub DAS sungai Uneng dengan luas area sebesar 155.780 Km²

4.2.1. Perhitungan Debit Banjir Pada Sungai Jeroan

4.2.1.1. Polygon Thiessen

Pada Gambar 4.7. dan Tabel 4.12. menunjukan luas pengaru daerah dan besar koefisien dari 4 stasiun hujan dengan pendekatan metode Polygon Thiessen yang dianggap berpengaruh terhadap daerah. Dalam perlakuan metode poligon Thiessen, diinginkan untuk memberikan proporsi tertentu dari area pengaruh untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak dan untuk memberikan setiap stasiun bobot tertentu ke stasiun hujan sebagai fungsi jarak



Gambar 4.7. Pembagian Pengaruh Luas Wilayah Das Jeroan

Tabel 4.12.
Pengaruh Luas Stasiun Hujan (Polygon Thiessen) Das Jeroan

Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Koef. Thiessen	%
Kare	36.165	0.13	13.24
Gamarang	121.380	0.44	44.44
Kuwu	99.538	0.36	36.45
Balerejo	16.029	0.06	5.87
Jumlah	273.112	1.00	100.00

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.1.2. Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Besarnya curah hujan di suatu daerah menentukan besarnya emisi yang dapat terjadi di daerah tersebut. Pada analisis hidrologi Sungai Jeroan dilakukan perhitungan debit terencana dengan kala ulang tertentu berdasarkan data curah hujan (Tabel 4.13) yang diperoleh dari tahun 2008 sampai dengan 2019.

Tabel 4.13.
Tinggi Curah Hujan Maximum Tahunan Das Jeroan

No.	Tahun	Stasiun Hujan			
		Kare (mm)	Gamarang (mm)	Kuwu (mm)	Balerejo (mm)
1	2008	112.0	105	110.0	100.0
2	2009	88.0	85	94.0	75.0
3	2010	78.0	115	80.0	95.0
4	2011	105.0	125	114.0	118.0
5	2012	94.0	85	95.0	147.0
6	2013	88.0	60	75.0	62.0
7	2014	82.0	146	93.0	100.0
8	2015	78.0	80	140.0	75.0
9	2016	88.0	95	102.0	78.0
10	2017	104.0	115	118.0	96.0
11	2018	98.0	102	123.0	112.0
12	2019	124.0	180	100.0	126.0

Sumber: Data Hujan

Validasi data hujan untuk DAS Jeroan sudah diuji dan dibahas pada Sub Bab 4.1.

Selain itu, curah hujan rata-rata daerah dihitung dengan mengalikan koefisien Thiessen dan curah hujan maksimum tahunan. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.14 di bawah.

Tabel 4.14.
Perhitungan Tinggi Curah Hujan Berata Daerah (Metode Thiesen)

No.	Tahun	$R_A \cdot C_A$ (mm)	$R_B \cdot C_B$ (mm)	$R_C \cdot C_C$ (mm)	$R_D \cdot C_D$ (mm)	Tinggi Hujan (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	2008	14.83	46.67	40.09	5.87	107.46
2	2009	11.65	37.78	34.26	4.40	88.09
3	2010	10.33	51.11	29.16	5.58	96.17
4	2011	13.90	55.55	41.55	6.93	117.93
5	2012	12.45	37.78	34.62	8.63	93.48
6	2013	11.65	26.67	27.33	3.64	69.29
7	2014	10.86	64.89	33.89	5.87	115.51
8	2015	10.33	35.55	51.02	4.40	101.31
9	2016	11.65	42.22	37.17	4.58	95.63
10	2017	13.77	51.11	43.01	5.63	113.52
11	2018	12.98	45.33	44.83	6.57	109.71
12	2019	16.42	80.00	36.45	7.39	140.26

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

(1) = Nomor urut data

(2) = Tahun

(3) = (Curah hujan maksimum pada stasiun A) x (Koefisien Thiesen pada Stasiun A)

(4) = (Curah hujan maksimum pada stasiun B) x (Koefisien Thiesen pada Stasiun B)

(5) = (Curah hujan maksimum pada stasiun C) x (Koefisien Thiesen pada Stasiun C)

(6) = (Curah hujan maksimum pada stasiun D) x (Koefisien Thiesen pada Stasiun D)

(7) = Tinggi hujan maksimum daerah tahunan metode Thiesen

4.2.1.3. Curah Hujan Rancangan

Data yang diproyeksikan dihitung dengan menganalisis probabilitas frekuensi hujan. Perlakuan terhadap perhitungan dianalisa menggunakan Metoda Log Pearson III.

a. Analisis Distribusi Log Person Type III

Analisa Distribusi *Log Person Type III* ini selanjutnya disajikan secara lengkap dalam Tabel 4.15 dan Tabel 4.16:

Tabel 4.15.
Analisa Curah Hujan Rancangan (Log Person Tipe III)

No.	Tahun	Tinggi Hujan (R)	log X	$(\text{Log X} - \text{Log } X_{\text{rerata}})^2$	$(\text{Log X} - \text{Log } X_{\text{rerata}})^3$
1	2008	107.5	2.031	0.000405	0.000008
2	2009	88.1	1.945	0.004380	-0.000290
3	2010	96.2	1.983	0.000788	-0.000022
4	2011	117.9	2.072	0.003663	0.000222
5	2012	93.5	1.971	0.001633	-0.000066
6	2013	69.3	1.841	0.029045	-0.004950
7	2014	115.5	2.063	0.002653	0.000137
8	2015	101.3	2.006	0.000030	0.000000
9	2016	95.6	1.981	0.000932	-0.000028
10	2017	113.5	2.055	0.001933	0.000085
11	2018	109.7	2.040	0.000849	0.000025
12	2019	140.3	2.147	0.018447	0.002506
Jumlah			24.133	0.064758	-0.002375
Rerata			2.011		
Standart Deviasi				0.077	
Cs				-0.574	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16.
Curah Hujan Rancangan (Kala Ulang Metode Log Person Tipe III)

Tr	Pr (%)	K	K . SD	X _{rencangan}
2	50	0.079	0.006	104.029
5	20	0.856	0.066	119.335
10	10	1.220	0.094	127.272
25	4	1.577	0.121	135.560
50	2	1.792	0.133	140.802
100	1	1.975	0.152	145.423

Sumber: Hasil Perhitungan

Dimana:

(1) = Kala Ulang

(2) = Percent Chance

(3) = Hubungan Cs dengan Kala Ulang T

(4) = (3) x Standard Deviasi (SD)

(5) = (4) x log X_{rata-rata}

b. Uji Kesesuaian Distribusi

Setelah ditetapkan nilai distribusi yang dipakai, kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan uji kesesuaian distribusi dengan tujuan memperoleh keakuratan analisa terhadap curah hujan.

Perlunya test kesesuaian distribusi guna menyeleksi distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan yang direncanakan diterima atau ditolak. Gunakan metode Chi-kuadrat untuk pengujian vertikal dan metode Smirnov Kolmogorof untuk pengujian horizontal.

1) Uji Chi Square

Tes ini menguji besarnya perbedaan antara frekuensi yang diamati dan frekuensi yang diharapkan dan digunakan untuk menguji deviasi vertikal. Hasil perhitungan uji chi-square ditunjukkan pada Tabel 4.17.

1 Jumlah Pengamatan (n)	=	12
2 Jumlah Kelas Distribusi $K = (1+3.322 \sqrt{n})$	=	4.56 = 5 kelas
3 Kelas Distribusi	=	20%
4 Chi-Square Kritis (X^2 tabel) 1 %	=	9.21
Chi-Square Kritis (X^2 tabel) 5 %	=	5.99

Tabel 4.17.

Interval Kelas Distribusi – Log Pearson III

Probabilitas %	T _r	X ₁	K	Y
80	1.250	-0.476	-0.996	86.304
60	1.667	0.087	-0.423	96.499
40	2.500	0.672	0.171	107.074
20	5.000	1.500	1.013	122.063

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.18.

Perhitungan Nilai X^2 Hitung – Log Pearson III

Jumlah Data					
No	Batas Kelas	Expected Frequency (Ef)	Observed Frequency (Of)	Ef - Of	$(Ef - Of)^2 / (Ef)$
1	0.000 - 86.304	2.4	1	1.4	0.82
2	86.304 - 96.499	2.4	4	1.6	1.07
3	96.499 - 107.074	2.4	2	0.4	0.07
4	107.074 - 122.063	2.4	4	1.6	1.07
5	122.063 - ∞	2.4	1	1.4	0.82
Jumlah		12	12		3.83

Sumber: Hasil Perhitungan

Signifikan (%)	5%	1%
X^2 Kritis	5.991	9.210
X^2 hitung	3.83	3.83
Kesimpulan	5% Hipotesa Diterima	1% Hipotesa Diterima

2) Uji Kesesuaian Distribusi Smirnov-Kolmogorof

Proses tahapan pengujian secara beruntun yakni:

- Pengurutan Data Hujan
- Plot harga setiap peluang teoretis
- Uji kesesuaian data menggunakan tabel yang tersedia dengan ukuran data (n), tingkat kepercayaan atau signifikansi (α), dan parameter Dcr
- Hitung perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris
- Bandingkan nilai Dcr dan Dmax dengan spesifikasi jika :
 - $D_{Cr} > D_{max}$ maka tidak dapat digunakan
 - $D_{Cr} < D_{max}$ maka dapat digunakan

Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.19 dan 4.20 berikut:

Tabel 4.19.
Analisa Smirnov-Kolmogorof

No.	Curah Hujan (mm)	Log x	Pe (x)	G	Pr (%)	Pt (x)	Pe (x) - Pt (x)
1	69.292	1.841	0.077	2.221	127.467	0.275	0.352
2	88.090	1.945	0.154	-0.863	82.021	0.180	0.026
3	93.475	1.971	0.231	-0.527	70.788	0.292	0.061
4	95.627	1.981	0.308	-0.398	66.480	0.335	0.028
5	96.171	1.983	0.385	-0.366	68.133	0.319	0.066
6	101.309	2.006	0.462	-0.071	56.533	0.435	0.027
7	107.456	2.031	0.538	0.262	43.407	0.566	0.027
8	109.711	2.040	0.615	0.380	38.778	0.612	0.003
9	113.522	2.055	0.692	0.573	31.169	0.688	0.004
10	115.509	2.063	0.769	0.671	27.301	0.727	0.042
11	117.932	2.072	0.846	0.789	22.675	0.773	0.073
12	140.259	2.147	0.923	0.770	1.643	0.984	0.060
Jumlah		20.133					
Rerata		2.011					
Simpangan Baku		0.077					
Koefisien Kepencengan		-0.574					

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.20.
Pembandingan Dmaks dan Dcritis

No	Derajat Kepercayaan	D _{critis}	D _{maks}	Keterangan	
1	5 %	0.38	0.35	D maks < D cr'	Diterima
2	1 %	0.45	0.35	D maks < D cr	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Maka distribusi yang digunakan untuk penentuan persamaan distribusi secara status dapat diterima.

4.2.1.4. Distribus Hujan Jam-Jaman

Analisa distribusi ini dilakukan dengan mengacu pada rumus Mononobe yaitu (Suyono dan Takeda, 1983:32):

$$R_T = \frac{R_{24}}{t} \left[\frac{t}{T} \right]^{2/3}$$

dimana :

R_T	=	intensitas hujan rerata dalam T jam
R_{24}	=	curah hujan dalam 1 hari (mm)
t	=	waktu konsentrasi hujan (jam)
T	=	waktu mulai hujan

Durasi curah hujan terkonsentrasi di Indonesia adalah 5 - 7 jam/hari. Estimasi 6 jam/hari untuk suatu DAS.

Perhitungan curah hujan per jam ditunjukkan pada Tabel 4.21, dan hukum distribusi dan proporsi curah hujan ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 di bawah ini:

Perhitungan Rasio Hujan Jam-Jaman

Distribusi hujan jam-jaman dari hujan terpusat selama 6 jam:

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

Curah Hujan jam ke T

$$RT = t \cdot R_t - (t - 1) \cdot R_{(t-1)}$$

Tabel 4.21.

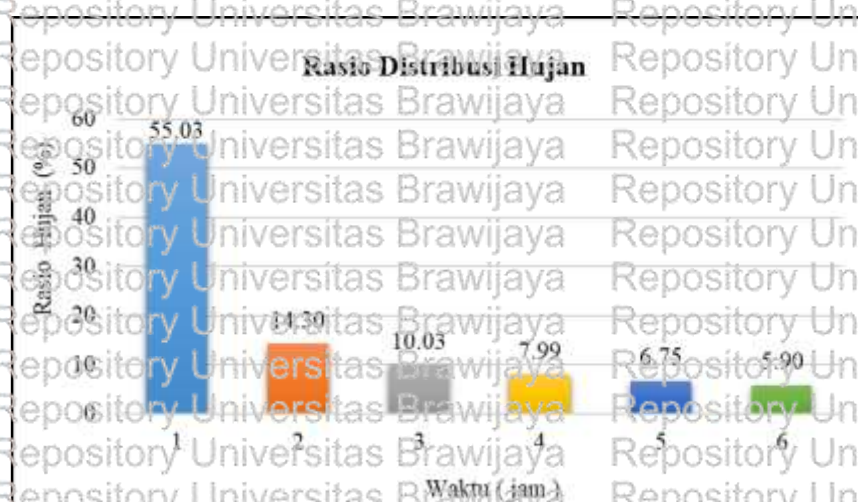
Data Perhitungan Hujan Jam-jaman Metode Mononobe

Jam ke- (t)	Distribusi hujan (Rf)		Curah hujan jam ke-		Rasio (%)	Kumulatif (%)
0						0
1	0.55	R24	0.550	R24	55.03	55.03
2	0.35	R24	0.143	R24	14.30	69.34
3	0.26	R24	0.100	R24	10.03	79.37
4	0.22	R24	0.080	R24	7.99	87.36
5	0.19	R24	0.067	R24	6.75	94.10
6	0.17	R24	0.059	R24	5.90	100.00
Jumlah			1.000		100	

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.8. Pola Distribusi Hujan (Mononobe)



Gambar 4.9. Rasio Distribusi Hujan (Mononobe)

Untuk nilai koefisien pengaliran (C) dapat dihitung berdasarkan tataguna lahan seperti terlihat pada Tabel 4.22 dengan mengacu pada koefisien pengaliran (*run-off coefficient*).

Tabel 4.22.

Perhitungan Koefisien Pengaliran (c)

No	Jenis Peruntukan	Tahun 2015 (m ²)	C	C x A
1	Ladang	13,104,817	0.68	8,911,275.26
2	Sawah Irigasi	58,052,584	0.60	34,831,550.53
3	Padang Rumput/Tanah Kosong	26,526,810	0.55	14,589,745.39
4	Pemukiman	43,315,411	0.70	30,320,787.82
5	Hutan	89,401,233	0.60	53,640,739.74
6	Semak Belukar	34,575,816	0.75	25,931,862.03
7	Air Tawar	8,135,759	0.68	5,532,316.46
Jumlah		273,112,430.19		173,758,277.23
Ctotal		0.636		

Sumber: Hasil Perhitungan

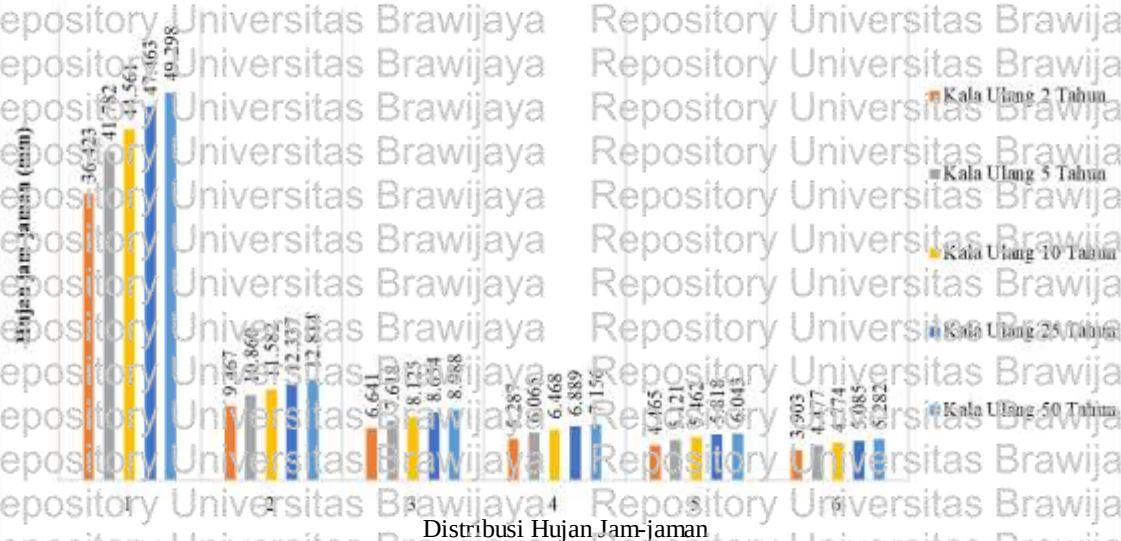
Selanjutnya untuk mencari nilai debit banjir rencana dengan metode hidrografik, perlu diketahui intensitas hujan berdasarkan durasi hujan yang diperoleh intensitasnya. Berikut gambaran perhitungan curah hujan per jam yang disajikan pada Tabel 4.23:

Tabel 4.23.

Perhitungan Hujan Jam-jaman

No	Jam ke	Rasio	Hujan Jam-jaman (mm)				
			2	5	10	25	50
1	1.000	0.550	36.423	41.782	44.561	47.463	49.29813
2	2.000	0.143	9.467	10.860	11.532	12.337	12.81362
3	3.000	0.100	6.641	7.618	8.125	8.654	8.988455
4	4.000	0.080	5.287	6.065	6.468	6.889	7.155696
5	5.000	0.067	4.465	5.121	5.462	5.818	6.042713
6	6.000	0.059	3.903	4.477	4.774	5.085	5.282031
Hujan Rancangan (mm)			104.029	119.335	127.272	135.569	140.8024
Koef. Pengaliran			0.636	0.636	0.636	0.636	0.636215
Hujan Efektif (mm)			66.185	75.923	80.973	86.245	89.58065

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.10. Diagram Batang Distribusi Hujan Jam-jaman

4.2.1.5. Hidrograf Satuan Sintesis (HSS)

Teori hidrograf satuan adalah aplikasi pertama dari teori sistem linier dalam hidrologi (Soemarto, 1987). Metode hidrograf sintetik Nakayasu digunakan dalam menentukan aliran banjir rencana untuk DAS Jeroan, perhitungan yang digunakan untuk mendukung pemodelan hidrolik menggunakan Hec-Ras 6.0.

Karena tidak terdapat data aliran dasar (*base flow*) maka besarnya *base flow* dilakukan perhitungan berikut:

Data parameter perhitungan Hidrograf Sintetik Nakayasu Das Jeroan:

1. Luasan DAS (A) = 273.11 km²
2. Panjang alur sungai Jeroan (L) = 49.86 km
3. Parameter α = 2 (daerah pengaliran biasa)
4. Menentukan time lag = $0.4 + (0.058 \times L)$
= 3.292 jam
5. Menentukan satuan waktu hujan (t_r) dengan $t_r = (0.5 - 1.0) t_g = 1.646$ jam
6. Menghitung T puncak = $t_g + 0.8 t_r$
= 4.609 jam
7. Menghitung waktu kebutuhan penurunan debit dari nilai tertinggi sampai 30% dari Q puncak. $T_{0.3} = \alpha \cdot t_g$
= 6.584 jam

8. Menghitung debit puncak hidrograf satuan dalam (m^3/dtk) dengan persamaan

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

$$= 4.762 \text{ m}^3/\text{dt/mm}$$

9. $D = \text{Panjang Sungai} / \text{luas DAS}$

$$= 49.86 / 273.11$$

$$= 0.183$$

10. $Q_b = 0.475 \cdot A^{0.64} \cdot D^{0.94}$

$$= 0.475 \times 273.122^{0.64} \times 0.183^{0.94}$$

$$= 3.550 \text{ m}^3/\text{dt}$$

11. Tabel 4.24 menampilkan rekapan perhitungan lanjutan.

Tabel 4.24.
Ordinat Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

t (jam)	Q Awal (m ³ /dt/mm)	Keterangan	Volume Awal (m ³)	Q Koreksi (m ³ /dt/mm)	Volume Koreksi (m ³)	
0.00	0.000	Qa	219.003	0.000	462.678	
1.00	0.122		1374.905	0.257	2904.708	
2.00	0.642		4214.626	1.357	8904.077	
3.00	1.699		9159.614	3.590	19351.159	
4.00	3.389		8929.669	7.161	18865.364	
4.61	4.762	Qp	6477.006	10.060	13683.718	
5.00	4.433	Qd ₁	14624.231	9.365	30896.042	
6.00	3.692		12180.176	7.800	25732.583	
7.00	3.075		9329.411	6.496	19709.883	
8.00	2.108	Qd ₂	7153.720	4.454	15113.386	
9.00	1.866		6332.652	3.943	13378.747	
10.00	1.652		5605.822	3.490	11843.202	
11.00	1.462		4962.414	3.089	10483.899	
12.00	1.295		4392.853	2.735	9280.610	
13.00	1.146	Qd ₃	3534.795	2.421	7467.824	
14.00	0.818		2815.549	1.723	5948.301	
15.00	0.746		2569.528	1.577	5428.542	
16.00	0.681		2345.004	1.439	4954.199	
17.00	0.622		2140.099	1.313	4521.304	
18.00	0.567	Qd ₄	1953.099	1.199	4126.235	
19.00	0.518		1782.438	1.094	3765.687	
20.00	0.473		1626.690	0.998	3436.644	
21.00	0.431		1484.551	0.911	3136.352	
22.00	0.394		1354.831	0.831	2862.299	
23.00	0.359	Qd ₅	1236.447	0.759	2612.193	
24.00	0.328		1128.407	0.692	2383.941	
25.00	0.299		1029.807	0.632	2175.634	
26.00	0.273		939.824	0.577	1985.528	
27.00	0.249		857.702	0.526	1812.034	
28.00	0.227	Qd ₆	782.757	0.480	1653.700	
29.00	0.207		714.360	0.438	1509.200	
30.00	0.189		651.940	0.400	1377.327	
31.00	0.173		594.973	0.365	1256.977	
32.00	0.158		542.985	0.333	1147.143	
33.00	0.144	Qd ₇	495.539	0.304	1046.907	
34.00	0.131		452.239	0.278	955.429	
35.00	0.120		412.723	0.253	871.944	
36.00	0.109		376.660	0.231	795.754	
37.00	0.100		343.747	0.211	726.221	
38.00	0.091	Qd ₈	313.711	0.193	662.765	
39.00	0.083		286.299	0.176	604.853	
40.00	0.076		261.282	0.160	552.001	
41.00	0.069		238.452	0.146	503.767	
42.00	0.063		217.616	0.134	459.749	
43.00	0.058	Qd ₉	198.601	0.122	419.576	
44.00	0.053		181.247	0.111	382.914	
45.00	0.048		165.410	0.102	349.455	
46.00	0.044		150.956	0.093	318.920	
47.00	0.040		137.766	0.085	291.053	
48.00	0.037	Qd ₁₀	126.447	0.077	267.447	
Jumlah (m ³)			129274.139		273112	
Kedalaman Hujan (mm)			0.473		i	
Koreksi			2.113			

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil analisis perlu dikoreksi yaitu dengan pembagian terhadap luasan DAS akan mendapatkan tebal R efektif dalam 1 mm. Untuk pengoreksian dilakukan perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Hujan efektif} &= \frac{\text{Volume Hidrograf}}{\text{Luas Area}} \times 1000 \\ &= \frac{273112}{273112430} \times 1000 \\ &= 1 \text{ mm} \rightarrow \text{Oke} \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan HSS Nakayasu disajikan dalam Tabel 4.25 berikut:

Tabel 4.25.

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Nmr	Time	$\frac{t}{T_p}$	$t - T_p$	$\frac{t - T_p}{T_{0,3}}$	$\frac{t - T_p + 0,5 \cdot T_{0,3}}{1,5 \cdot T_{0,3}}$	$\frac{t - T_p + 1,5 \cdot T_{0,3}}{2 \cdot T_{0,3}}$	UH Awal	Ket	UH Koreksi
1	0.00	0.00	-4.61	-0.70	-0.13	0.40	0.00		0.00
2	1.00	0.22	-3.61	-0.55	-0.03	0.48	0.12		0.26
3	2.00	0.43	-2.61	-0.40	0.07	0.55	0.64	Qa	1.36
4	3.00	0.65	-1.61	-0.24	0.17	0.63	1.70		3.59
5	4.00	0.87	-0.61	-0.09	0.27	0.70	3.32		7.16
6	4.61	1.00	0.00	0.00	0.33	0.75	4.76	Qp	10.06
7	5.00	1.08	0.39	0.06	0.37	0.78	4.43		9.36
8	6.00	1.30	1.39	0.21	0.47	0.86	3.69	Qd1	7.80
9	7.00	1.52	2.39	0.36	0.58	0.93	3.07		6.50
10	8.00	1.74	3.39	0.52	0.68	1.01	2.56		4.45
11	9.00	1.95	4.39	0.67	0.78	1.08	2.13		3.94
12	10.00	2.17	5.39	0.82	0.88	1.16	1.78	Qd2	3.49
13	11.00	2.39	6.39	0.97	0.98	1.24	1.48		3.09
14	12.00	2.60	7.39	1.12	1.08	1.31	1.23		2.73
15	13.00	2.82	8.39	1.27	1.18	1.39	1.03		2.42
16	14.00	3.04	9.39	1.43	1.28	1.46	0.85		1.73
17	15.00	3.25	10.39	1.58	1.39	1.54	0.71		1.58
18	16.00	3.47	11.39	1.73	1.49	1.62	0.59		1.44
19	17.00	3.69	12.39	1.88	1.59	1.69	0.49		1.31
20	18.00	3.91	13.39	2.03	1.69	1.77	0.41		1.20
21	19.00	4.12	14.39	2.19	1.79	1.84	0.34	Qd3	1.09
22	20.00	4.34	15.39	2.34	1.89	1.92	0.29		1.00
23	21.00	4.56	16.39	2.49	1.99	1.99	0.24		0.91
24	22.00	4.77	17.39	2.64	2.09	2.07	0.20		0.83
25	23.00	4.99	18.39	2.79	2.20	2.15	0.16		0.76
26	24.00	5.21	19.39	2.95	2.30	2.22	0.14		0.69

Sumber: Hasil Perhitungan

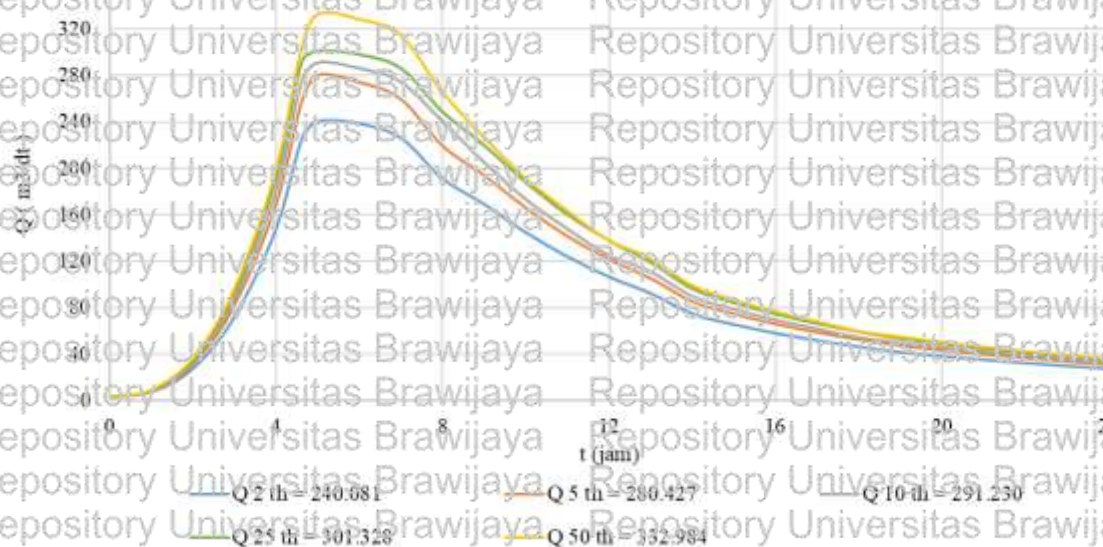
Perhitungan lanjutan dirangkum pada Tabel 4.26 dan Gambar 4.11.

Tabel 4.26.
Rekapitulasi Analisa Hidrograf Nakayasu Berbagai Kala Ulang

Waktu (t) (jam)	Debit Banjir Rancangan (m^3/dt)				
	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th
0.00	3.550	3.550	3.550	3.550	3.550
1.00	7.982	8.634	8.972	9.325	9.548
2.00	28.092	31.703	33.575	35.530	36.767
3.00	72.331	82.451	87.699	93.178	96.644
4.00	147.996	169.249	180.271	191.779	199.057
5.00	240.081	280.427	291.230	301.328	332.984
6.00	238.360	274.350	286.350	298.330	328.649
7.00	225.991	259.730	274.550	286.330	314.742
8.00	191.180	219.592	240.513	248.966	265.704
9.00	169.197	194.249	205.363	220.177	226.817
10.00	144.907	166.299	173.587	188.427	191.663
11.00	124.127	141.868	148.123	160.675	163.492
12.00	106.793	121.984	125.246	138.087	138.183
13.00	92.548	105.643	111.278	119.524	122.730
14.00	75.173	85.711	90.153	96.882	99.360
15.00	65.907	75.082	78.935	84.808	86.949
16.00	58.402	66.472	69.856	75.027	76.905
17.00	52.089	59.230	62.225	66.801	68.462
18.00	46.691	53.039	54.764	59.767	60.208
19.00	42.032	47.694	50.289	53.696	55.257
20.00	38.669	43.837	46.205	49.314	50.739
21.00	35.601	40.316	42.478	45.315	46.616
22.00	32.800	37.104	39.076	41.666	42.853
23.00	30.244	34.172	35.972	38.335	39.419
24.00	27.912	31.496	33.139	35.296	36.285
MAX	240.081	280.427	291.230	301.328	332.984

Sumber: Hasil Perhitungan

Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu



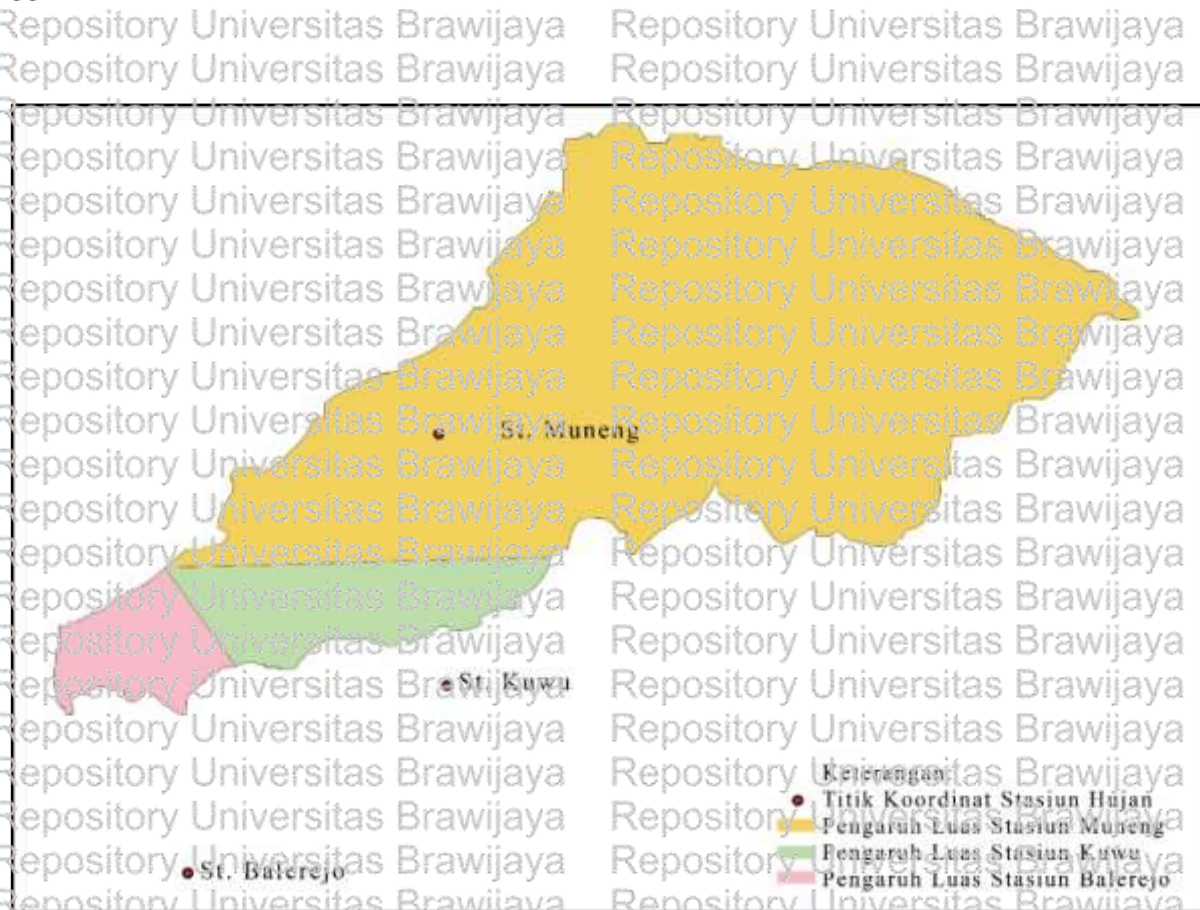
Gambar 4.11. Debit Banjir HSS Nakayasu dengan Berbagai Kala Ulang

4.2.2. Perhitungan Debit Banjir Pada Sungai Uneng

4.2.2.1. Polygon Thiessen

Penerapan metode Polygon Thiessen dimaksud untuk memperoleh rasio luasan wilayah tangkapan pos penakar hujan untuk menunjang ketidakseragaman jarak dan menghasilkan bobot tertentu terhadap stasiun pada tiap jarak sebagai fungsi jarak stasiun hujan.

Pada Gambar 4.12 dan Tabel 4.27 menunjukkan 3 stasiun hujan dengan pendekatan metode Polygon Thiessen yang dianggap berpengaruh terhadap daerah penelitian.



Gambar 4.12. Pembagian Pengaruh Luas Wilayah Sub-Das Uneng

Tabel 4.27.

Pengaruh Luas Stasiun Hujan Das Uneng (Polygon Thiessen)

Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Koef. Thiessen	%
Kuwu	14.897	0.10	9.56
Balerejo	8.488	0.05	5.45
Muneng	132.395	0.85	84.99
Jumlah	155.780	1.00	100.00

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.2.2. Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Pada analisis hidrologi Sungai Jeroan dilakukan perhitungan debit terencana dengan kala ulang tertentu terhadap data hujan selama 12 tahun yang diperoleh dari tahun 2003 sampai dengan 2019.

Tabel 4.28.

Tinggi Curah Hujan Maximum Tahunan Das Uneng

No.	Tahun	Stasiun Hujan		
		Kawi (mm)	Baterejo (mm)	Muneng (mm)
1	2008	110.0	100.0	116.0
2	2009	94.0	75.0	92.0
3	2010	80.0	95.0	107.0
4	2011	114.0	118.0	97.0
5	2012	95.0	147.0	96.0
6	2013	75.0	62.0	95.0
7	2014	93.0	100.0	127.0
8	2015	140.0	75.0	105.0
9	2016	102.0	78.0	76.0
10	2017	118.0	96.0	112.0
11	2018	123.0	112.0	90.0
12	2019	100.0	126.0	101.2

Sumber: Data Hujan

Tabel 4.29.

Tinggi Curah Hujan Maximum Tahunan Das Uneng (Metode Thiesen)

No.	Tahun	R _A .C _A (mm)	R _B .C _B (mm)	R _C .C _C (mm)	Tinggi Hujan (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	2008	10.52	5.45	98.59	114.55
2	2009	8.99	4.09	78.19	91.27
3	2010	7.65	5.18	90.94	103.76
4	2011	10.90	6.43	82.44	99.77
5	2012	9.08	8.01	81.59	98.68
6	2013	7.17	3.38	80.74	91.29
7	2014	8.89	5.45	107.94	122.28
8	2015	13.39	4.09	89.24	106.71
9	2016	9.75	4.25	64.59	78.60
10	2017	11.28	5.23	95.19	111.70
11	2018	11.76	6.10	76.49	94.35
12	2019	9.56	6.87	85.99	102.42

Keterangan:

(1) = Nomor urut data

(2) = Tahun

(3) = (Curah hujan maksimum pada stasiun A) x (Koefisien Thiesen pada Stasiun A)

(4) = (Curah hujan maksimum pada stasiun B) x (Koefisien Thiesen pada Stasiun B)

(5) = (Curah hujan maksimum pada stasiun C) x (Koefisien Thiesen pada Stasiun C)

(6) = Tinggi hujan maksimum daerah tahunan metode Thiesen

4.2.2.3. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan yang diproyeksikan dihitung dengan menganalisis probabilitas frekuensi hujan dengan pendekatan menggunakan Metoda Log Pearson III.

a. Analisis Distribusi Log Person Type III

Analisa Distribusi Log Person Type III ini selanjutnya disajikan secara lengkap dalam Tabel 4.30 dan Tabel 4.31 berikut:

Tabel 4.30.

Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Tipe III

No.	Tahun	Tinggi Hujan (R)	log X	$(\text{Log } X - \text{Log } X_{\text{rerata}})^2$	$(\text{Log } X - \text{Log } X_{\text{rerata}})^3$
1	2008	114.6	2.059	0.003164	0.000178
2	2009	91.3	1.960	0.001803	-0.000077
3	2010	103.8	2.016	0.000176	0.000002
4	2011	99.8	1.999	0.000014	0.000000
5	2012	98.7	1.994	0.000073	-0.000001
6	2013	91.3	1.960	0.001793	-0.000076
7	2014	122.3	2.087	0.007154	0.000605
8	2015	106.7	2.028	0.000648	0.000016
9	2016	78.6	1.895	0.011528	-0.001238
10	2017	111.7	2.048	0.002052	0.000093
11	2018	94.4	1.975	0.000784	-0.000022
12	2019	102.4	2.010	0.000058	0.000000
Jumlah Rerata			24.033	0.029247	-0.000518
Standard Deviasi			2.003	0.052	
Cs				0.412	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.31.

Hujan Rancangan dengan Kala Ulang Metode Log Person Type III

T _r	Pr (%)	K	K . SD	X _{rencangan}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2	50	0.124	0.006	102.135
5	20	0.858	0.044	113.437
10	10	1.180	0.061	115.768
25	4	1.472	0.076	119.862
50	2	1.639	0.084	122.252
100	1	1.775	0.092	124.252

Sumber: Hasil Perhitungan

Dimana:

(1) = Kala Ulang

(2) = Percent Chance

(3) = Hubungan Cs dengan Kala Ulang T

(4) = (3) x Standard Deviasi (SD)

(5) = (4) x log $X_{rata-rata}$

b. Uji Kesesuaian Distribusi

Setelah ditetapkan nilai distribusi yang dipakai, kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan uji kesesuaian distribusi dengan tujuan memperoleh keakuratan analisa terhadap curah hujan.

Seleksi distribusi selanjutnya dilakukan dengan perhitungan secara vertikal menggunakan pendekatan Chi-square dan secara horizontal dengan pendekatan Smirnov Kolmogorof.

1). Uji Chi Square

Tes ini menguji nilai selisih frekuensi yang diharapkan dengan nilai yang diamati untuk menguji deviasi vertikal.

Rekapitulasi dituangkan dalam Tabel 4.32 berikut:

1 Jumlah Pengamatan (n)	=	12	
2 Jumlah Kelas Distribusi (K)	=	4,561298	= 5 Kelas
3 Kelas Distribusi	=	20%	
4 Chi-Square Kritis ((X ² tabel) 1 %	=	9,21	
Chi-Square Kritis ((X ² tabel) 5 %	=	5,991	

Tabel 4.32.

Interval Kelas Distribusi – Log Pearson III

Probabilitas %	Tr	Yt	K	Y
80	1.250	-0.476	-0.996	89.519
60	1.667	0.087	-0.423	96.285
40	2.500	0.672	0.171	103.303
20	5.000	1.500	1.013	113.251

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.33.

Perhitungan Nilai χ^2 Hitung – Log Pearson III

Jumlah Data					
No	Datas Kelas	Expected Frequency (Ef)	Observed Frequency (Of)	EC-Of	$(Ef-Of)^2 / (Ef)$
1	0.000 - 89.519	2.4	1	1.4	0.82
2	89.519 - 96.519	2.4	3	0.6	0.15
3	96.519 - 103.303	2.4	3	0.6	0.15
4	103.303 - 113.251	2.4	3	0.6	0.15
5	113.251 - ∞	2.4	2	0.4	0.07
Jumlah		12	12		1.33

Sumber: Hasil Perhitungan

Signifikan	5%	1%
χ^2 Kritis	5.991	9.210
χ^2 hitung	1.33	1.33

Kesimpulan

5% **Hipotesa diterima**1% **Hipotesa diterima****2) Uji Smirnov-Kolmogorof**

Uji deviasi horizontal ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Meruntutkan data (terbesar → terkecil)
- Plot nilai setiap peluang teoretis
- Uji kesesuaian data menggunakan tabel yang tersedia dengan ukuran data (n), tingkat kepercayaan atau signifikansi (α), dan parameter Dcr
- Hitung perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris
- Bandingkan nilai Dcr dan Dmax dengan spesifikasi jika :

- $D_{cr} \geq D_{max}$ maka tidak dapat digunakan- $D_{cr} < D_{max}$ maka dapat digunakan

Rangkuman perhitungan tersaji dalam Tabel 4.34 dan 4.35 berikut:

Tabel 4.34.

Perhitungan Smirnov-Kolmogorof

No.	Curah Hujan (mm)	Log x	Pe (x)	G	Pr (%)	Pt (x)	Pe (x) - Pt (x)
1	78.595	1.895	0.077	-2.082	99.899	0.001	0.076
2	91.265	1.960	0.154	-0.823	80.287	0.197	0.043
3	91.282	1.960	0.231	-0.821	80.210	0.198	0.033
4	94.354	1.975	0.308	-0.543	70.762	0.292	0.015
5	98.683	1.994	0.385	-0.165	58.894	0.411	0.026
6	99.770	1.999	0.462	-0.073	55.378	0.446	0.015
7	102.421	2.010	0.538	0.148	46.959	0.530	0.008
8	103.764	2.016	0.615	0.258	42.776	0.572	0.043
9	106.712	2.028	0.692	0.494	33.782	0.662	0.030
10	111.702	2.048	0.769	0.878	19.112	0.809	0.040
11	114.554	2.059	0.846	1.091	11.017	0.890	0.044
12	122.278	2.087	0.923	1.640	3.655	0.963	0.040
Jumlah		24.033					
Rata-rata		2.003					
Simpangan Baku		0.052					
Koefisien Kepercanaan		-0.412					
Sumber: Hasil Perhitungan							

Tabel 4.35. Perbandingan Dmaks dan Dcritis

No	Derajat Kepercayaan	D _{critis}	D _{maks}	Keterangan
1	5%	0.38	0.076	D _{maks} < D _{cr} Hipotesa Log Pearson Diterima
2	1%	0.45	0.076	D _{maks} < D _{cr} Hipotesa Log Pearson Diterima

Penarikan kesimpulan dari hasil pengujian bahwa distribusi yang diterapkan secara status diterima.

4.2.2.4. Hidrograf Satuan Sintesis

Teori hidrograf satuan diturunkan dari keterkaitan limpasan langsung terhadap curah hujan efektif. Hubungan ini menjadi suatu keutuhan dari suatu model DAS. Teori ini juga menjadi aplikasi pertama dari teori sistem linier dalam hidrologi (Soemarto, 1987).

Metode hidrograf sintetik Nakayasu digunakan dalam menentukan aliran banjir rencana untuk DAS Jeroan, perhitungan yang digunakan untuk mendukung pemodelan hidrolik menggunakan Hec-Ras 6.0.

Data parameter perhitungan Hidrograf Sintetik Nakayasu Sub DAS Uneng:

1. Luasan Sub DAS (A) = 155.78 km²
2. Panjang alur sungai Uneng (L) = 31.53 km
3. Parameter α = 2 (daerah pengaliran biasa)
4. Menentukan time lag = $0.4 + (0.058 \times L)$
= 2.229 Jam



$$5. \text{ Menentukan satuan waktu hujan dengan } t_r = (0.5 - 1.0) t_g \\ = 1.114 \text{ jam}$$

$$6. \text{ Menghitung } T_p = t_g + 0.8 t_r \\ = 3.120 \text{ jam}$$

$$7. \text{ Menghitung waktu kebutuhan penurunan debit dari nilai tertinggi sampai 30\% dari } Q \\ \text{puncak } (T_{0.3}) = \alpha \times t_g = 4.457 \text{ jam}$$

$$8. \text{ Menghitung debit puncak hidrograf satuan dalam } (m^3/dtk) \text{ dengan persamaan}$$

$$Q_p = \frac{A \times R_o}{3.6 (0.3 T_p + T_{0.3})} = 4.011 \text{ meter}^3/dtk/milimeter$$

$$9. D = \text{Panjang Sungai} / \text{luas DAS} \\ = 31.53 / 155.78 \\ = 0.202$$

$$10. Q_b = 0.475 \cdot A^{0.64} \cdot D^{0.94} \\ = 0.4751 \times 155.78^{0.64} \times 0.202^{0.9} \\ = 2.725 m^3/dt$$

11. Tabel 4.36 menampilkan rekapan perhitungan lanjutan.

Tabel 4.36.

Ordinat Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

t (jam)	Q Awal ($m^3/dt/min$)	Ket	Volume Awal (m^3)	Q Koreksi ($m^3/dt/min$)	Volume Koreksi (m^3)
0.00	0.000	Qa	470.464	0.000	936.762
1.00	0.261		2953.590	0.520	5881.024
2.00	1.380		9053.917	2.747	18027.656
3.00	3.650		1658.228	7.269	3301.772
3.12	4.011	Op	11361.381	7.987	22622.150
4.00	3.163	Qd1	10039.306	6.298	19989.706
5.00	2.414		7663.021	4.807	15258.180
6.00	1.843		5849.198	3.669	11646.598
7.00	1.407		4539.599	2.801	9038.998
8.00	1.115	Qd2	3634.349	2.221	7336.071
9.00	0.932		3077.219	1.855	6127.186
10.00	0.778		2570.135	1.549	5117.509
11.00	0.650		2146.611	1.294	4274.213
12.00	0.543	Qd3	1792.879	1.081	3569.881
13.00	0.453		1489.388	0.903	2965.586
14.00	0.374		1261.807	0.745	2512.439
15.00	0.327		1102.405	0.631	2195.047
16.00	0.286	Qd4	963.139	0.569	1917.750
17.00	0.250		841.467	0.497	1675.483
18.00	0.218		735.166	0.434	1463.822
19.00	0.190		642.294	0.379	1278.899
20.00	0.166	Qd5	561.154	0.331	1117.338
21.00	0.145		490.264	0.289	976.186
22.00	0.127		428.330	0.253	852.866
23.00	0.111		374.219	0.221	745.125
24.00	0.097	Qd6	326.945	0.193	650.994
25.00	0.085		285.642	0.169	568.755
26.00	0.074		249.558	0.147	496.905
27.00	0.065		218.031	0.129	434.132
28.00	0.056	Qd7	190.488	0.112	379.289
29.00	0.049		166.424	0.098	331.374
30.00	0.043		145.400	0.086	289.512
31.00	0.038		127.032	0.075	252.938
32.00	0.033	Qd8	110.984	0.066	220.985
33.00	0.029		96.963	0.057	193.068
34.00	0.025		84.714	0.050	168.678
35.00	0.022		74.012	0.044	147.369
36.00	0.019	Qd9	64.663	0.038	128.752
37.00	0.017		56.494	0.033	112.487
38.00	0.015		49.357	0.029	98.277
39.00	0.013		43.122	0.025	85.862
40.00	0.011	Qd10	37.674	0.022	75.015
41.00	0.010		32.915	0.019	65.538
42.00	0.009		28.757	0.017	57.259
43.00	0.007		25.124	0.015	50.026
44.00	0.007	Qd11	21.950	0.013	43.706
45.00	0.006		19.177	0.011	38.185
46.00	0.005		16.755	0.010	33.361
47.00	0.004		14.638	0.009	29.146
48.00	0.004	Qd12	12.521	0.008	25.521
49.00	0.003		10.898	0.007	22.398
50.00	0.003		9.479	0.006	19.759
51.00	0.002		8.254	0.005	17.524
52.00	0.002	Qd13	7.223	0.004	15.693
53.00	0.002		6.378	0.004	14.202
54.00	0.001		5.699	0.003	12.998
55.00	0.001		5.166	0.003	12.033
56.00	0.001	Qd14	4.670	0.002	11.300
57.00	0.001		4.213	0.002	10.613
58.00	0.001		3.791	0.002	10.071
59.00	0.001		3.403	0.001	9.574
60.00	0.001	Qd15	3.049	0.001	9.121
61.00	0.001		2.729	0.001	8.711
62.00	0.001		2.443	0.001	8.343
63.00	0.001		2.191	0.001	8.015
64.00	0.001	Qd16	1.972	0.001	7.726
65.00	0.001		1.786	0.001	7.475
66.00	0.001		1.633	0.001	7.251
67.00	0.001		1.512	0.001	7.052
68.00	0.001	Qd17	1.413	0.001	6.877
69.00	0.001		1.334	0.001	6.725
70.00	0.001		1.275	0.001	6.595
71.00	0.001		1.234	0.001	6.484
72.00	0.001	Qd18	1.200	0.001	6.391
73.00	0.001		1.173	0.001	6.314
74.00	0.001		1.152	0.001	6.251
75.00	0.001		1.136	0.001	6.199
76.00	0.001	Qd19	1.123	0.001	6.157
77.00	0.001		1.112	0.001	6.124
78.00	0.001		1.102	0.001	6.098
79.00	0.001		1.093	0.001	6.077
80.00	0.001	Qd20	1.085	0.001	6.060
81.00	0.001		1.077	0.001	6.046
82.00	0.001		1.070	0.001	6.033
83.00	0.001		1.063	0.001	6.021
84.00	0.001	Qd21	1.057	0.001	6.010
85.00	0.001		1.051	0.001	6.000
86.00	0.001		1.045	0.001	5.991
87.00	0.001		1.040	0.001	5.983
88.00	0.001	Qd22	1.035	0.001	5.975
89.00	0.001		1.030	0.001	5.968
90.00	0.001		1.025	0.001	5.961
91.00	0.001		1.020	0.001	5.955
92.00	0.001	Qd23	1.015	0.001	5.949
93.00	0.001		1.010	0.001	5.943
94.00	0.001		1.005	0.001	5.937
95.00	0.001		1.000	0.001	5.932
96.00	0.001	Qd24	0.995	0.001	5.926
97.00	0.001		0.990	0.001	5.921
98.00	0.001		0.985	0.001	5.916
99.00	0.001		0.980	0.001	5.911
100.00	0.001	Qd25	0.975	0.001	5.906
101.00	0.001		0.970	0.001	5.901
102.00	0.001		0.965	0.001	5.896
103.00	0.001		0.960	0.001	5.891
104.00	0.001	Qd26	0.955	0.001	5.886
105.00	0.001		0.950	0.001	5.881
106.00	0.001		0.945	0.001	5.876
107.00	0.001		0.940	0.001	5.871
108.00	0.001	Qd27	0.935	0.001	5.866
109.00	0.001		0.930	0.001	5.861
110.00	0.001		0.925	0.001	5.856
111.00	0.001		0.920	0.001	5.851
112.00	0.001	Qd28	0.915	0.001	5.846
113.00	0.001		0.910	0.001	5.841
114.00	0.001		0.905	0.001	5.836
115.00	0.001		0.900	0.001	5.831
116.00	0.001	Qd29	0.895	0.001	5.826
117.00	0.001		0.890	0.001	5.821
118.00	0.001		0.885	0.001	5.816
119.00	0.001		0.880	0.001	5.811
120.00	0.001	Qd30	0.875	0.001	5.806
121.00	0.001		0.870	0.001	5.801
122.00	0.001		0.865	0.001	5.796
123.00	0.001		0.860	0.001	5.791
124.00	0.001	Qd31	0.855	0.001	5.786
125.00	0.001		0.850	0.001	5.781
126.00	0.001		0.845	0.001	5.776
127.00	0.001		0.840	0.001	5.771
128.00	0.001	Qd32	0.835	0.001	5.766
129.00	0.001		0.830	0.001	5.761
130.00	0.001		0.825	0.001	5.756
131.00	0.001		0.820	0.001	5.751
132.00	0.001	Qd33	0.815	0.001	5.746
133.00	0.001		0.810	0.001	5.741
134.00	0.001		0.805	0.001	5.736
135.00	0.001		0.800	0.001	5.731
136.00	0.001	Qd34	0.795	0.001	5.726
137.00	0.001		0.790	0.001	5.721
138.00	0.001		0.785	0.001	5.716
139.00	0.001		0.780	0.001	5.711
140.00	0.001	Qd35	0.775	0.001	5.706
141.00	0.001		0.770	0.001	5.701
142.00	0.001		0.765	0.001	5.696
143.00	0.001		0.760	0.001	5.691
144.00	0.001	Qd36	0.755	0.001	5.686
145.00	0.001		0.750	0.001	5.681
146.00	0.001		0.745	0.001	5.676
147.00	0.001		0.740	0.001	5.671
148.00	0.001	Qd37	0.735	0.001	5.666
149.00	0.001		0.730	0.001	5.661
150.00	0.001		0.725	0.001	5.656
151.00	0.001		0.720	0.001	5.651
152.00	0.001	Qd38	0.715	0.001	5.646
153.00	0.001		0.710	0.001	5.641
154.00	0.001		0.705	0.001	5.636
155.00	0.001		0.700	0.001	5.631
156.00	0.001	Qd39	0.695	0.001	5.626
157.00	0.001		0.690	0.001	5.621
158.00	0.001		0.685	0.001	5.616
159.00	0.001		0.680	0.001	5.611
160.00	0.001	Qd40	0.675	0.001	5.606
161.00	0.001		0.670	0.001	5.601
162.00	0.001		0.665	0.001	5.596
163.00	0.001		0.660	0.001	5.591
164.00	0.001	Qd41	0.655	0.001	5.586
165.00	0.001		0.650	0.001	5.581
166.00	0.001		0.645	0.001	5.576
167.00	0.001		0.640	0.001	5.571
168.00	0.001	Qd42	0.635	0.001	5.566
169.00	0.001		0.630	0.001	5.561
170.00	0.001		0.625	0.001	5.556
171.00	0.001		0.620	0.001	5.551
172.00	0.001	Qd43	0.615	0.001	5.546
173.00	0.001		0.610	0.001	5.541
174.00	0.001		0.605	0.001	5.536
175.00	0.001		0.600	0.001	5.531
176.00	0.001	Qd44	0.595	0.001	5

Hasil analisis perlu dikoreksi yaitu dengan pembagian terhadap luasan DAS akan mendapatkan tebal R efektif dalam 1 mm. Untuk pengoreksian dilakukan perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Hujan efektif} &= \frac{\text{Vol. Hidrograf}}{\text{Luas Area}} \times 1000 \\ &= \frac{155779.86}{155779861.2} \times 1000 \\ &= 1 \text{ mm} \rightarrow \text{Oke} \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan HSS Nakayasu dituangkan dalam Tabel 4.37 berikut:

Tabel 4.37.

Perhitungan HSS Nakayasu

Nmr	Time	t _{Tp}	t - T _p	$\frac{t - T_p}{T_{0,3}}$	$\frac{t - T_p + 0,5 \cdot T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}}$	$\frac{t - T_p + 1,5 \cdot T_{0,3}}{2 \cdot T_{0,3}}$	UH Awal	Ket	UH Koreksi
1	0.00	0.00	-3.12	-0.70	-0.13	0.40	0.00		0.00
2	1.00	0.32	-2.12	-0.48	0.02	0.51	0.26	Qa	0.52
3	2.00	0.64	-1.12	-0.25	0.17	0.62	1.38		2.75
4	3.00	0.96	-0.12	-0.03	0.32	0.74	3.65		7.27
5	3.12	1.00	0.00	0.00	0.33	0.75	4.01	Qp	7.99
6	4.00	1.28	0.88	0.20	0.46	0.85	3.16	Qd1	6.30
7	5.00	1.60	1.88	0.42	0.61	0.96	2.41		4.81
8	6.00	1.92	2.88	0.65	0.76	1.07	1.84		3.67
9	7.00	2.24	3.88	0.87	0.91	1.19	1.41	Qd2	2.80
10	8.00	2.56	4.88	1.09	1.06	1.30	1.12		2.22
11	9.00	2.88	5.88	1.32	1.21	1.41	0.93		1.85
12	10.00	3.20	6.88	1.54	1.36	1.52	0.78	Qd3	1.55
13	11.00	3.53	7.88	1.77	1.51	1.63	0.65		1.29
14	12.00	3.85	8.88	1.99	1.66	1.75	0.54		1.08
15	13.00	4.17	9.88	2.22	1.81	1.86	0.45	Qd3	0.90
16	14.00	4.49	10.88	2.44	1.96	1.97	0.37		0.74
17	15.00	4.81	11.88	2.67	2.11	2.08	0.33		0.65
18	16.00	5.13	12.88	2.89	2.26	2.19	0.29	Qd3	0.57
19	17.00	5.45	13.88	3.11	2.41	2.31	0.25		0.50
20	18.00	5.77	14.88	3.34	2.56	2.42	0.22		0.43
21	19.00	6.09	15.88	3.56	2.71	2.53	0.19	Qd3	0.38
22	20.00	6.41	16.88	3.79	2.86	2.64	0.17		0.33
23	21.00	6.73	17.88	4.01	3.01	2.76	0.15		0.29
24	22.00	7.05	18.88	4.24	3.16	2.87	0.13	Qd3	0.25
25	23.00	7.37	19.88	4.46	3.31	2.98	0.11		0.22
26	24.00	7.69	20.88	4.68	3.46	3.09	0.10		0.19

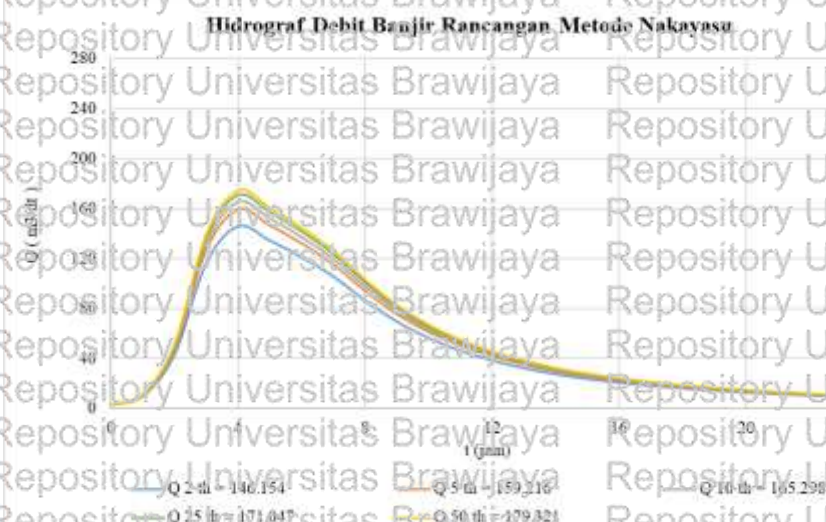
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.38.

Rekapitulasi Perhitungan Hidrograf Nakayasu Berbagai Kala Ulang

Waktu (t) (jam)	Q Banjir Rancangan (m^3/dt)				
	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th
0.00	2.725	2.725	2.725	2.725	2.725
1.00	10.071	10.740	11.051	11.345	11.517
2.00	43.404	47.109	48.833	50.464	51.416
3.00	116.732	127.115	131.949	136.519	139.187
4.00	146.154	159.216	165.298	171.047	174.403
5.00	134.668	146.684	152.279	157.568	160.655
6.00	121.453	132.267	137.301	142.060	144.838
7.00	105.805	115.192	119.563	123.695	126.107
8.00	86.612	94.252	97.809	101.172	103.135
9.00	69.619	75.711	78.548	81.229	82.794
10.00	56.467	61.361	63.640	65.794	67.052
11.00	46.389	50.365	52.217	53.967	54.989
12.00	38.589	41.856	43.376	44.814	45.653
13.00	32.500	35.212	36.474	37.658	38.365
14.00	27.468	29.721	30.771	31.762	32.341
15.00	23.762	25.678	26.570	27.414	27.906
16.00	20.731	22.371	23.135	23.856	24.278
17.00	18.220	19.631	20.288	20.909	21.272
18.00	16.124	17.345	17.913	18.450	18.763
19.00	14.366	15.426	15.919	16.386	16.658
20.00	12.895	13.821	14.253	14.650	14.893
21.00	11.610	12.420	12.796	13.152	13.360
22.00	10.488	11.195	11.524	11.835	12.017
23.00	9.507	10.125	10.413	10.684	10.843
24.00	8.650	9.190	9.441	9.679	9.818
Max	146.154	159.216	165.298	171.047	174.403

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.13. Grafik HSS Nakayasu dengan Berbagai Kala Ulang

4.2.2.5. Penentuan Kala Ulang

Penentuan berlandaskan pada kejadian banjir terbesar yang pernah terjadi. Untuk mengetahui kejadian banjir nyata dilapangan terkhususnya pada daerah penelitian sungai Jeroan dapat diperoleh dari data AWLR Jeroan tahun 2004 – 2015 (tahun 2016 dan selanjutnya tidak tercatat dikarenakan bangunan AWLR mengalami kerusakan). Pada data tersebut tercatat kejadian banjir terjadi pada tanggal 29 Bulan 12 Tahun 2007 yakni sebesar 295,75 m³/dt mencapai tinggi air tercatat 6,4 m (lihat Tabel 4.39).

Tabel 4.39.

Debit Per Hari Tahun 2007 (m³/dt) AWLR Jeroan

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	48.709	43.946	62.86	26.419	45.002	33.037	20.128	1.121	1.121	1.121	24.563	25.615
2	44.662	62.429	59.453	47.959	41.491	32.733	19.891	1.121	1.121	1.121	28.069	24.563
3	42.534	64.164	65.042	46.111	38.779	32.733	19.891	1.121	1.121	1.121	39.784	31.829
4	37.46	61.999	62.86	45.022	38.447	32.129	19.891	1.121	1.121	1.121	30.645	32.129
5	34.582	58.202	61.57	52.161	36.116	31.829	19.891	1.121	1.121	1.121	28.069	29.772
6	33.96	46.478	59.435	37.46	45.383	31.53	19.66	1.121	1.121	1.121	26.419	30.352
7	34.27	55.338	69.07	45.383	46.845	31.234	19.66	1.121	1.121	1.121	26.69	35.846
8	33.96	47.959	70.903	44.303	45.383	31.53	18.975	1.121	1.121	1.121	27.513	34.896
9	33.651	55.338	47.215	48.709	44.662	33.96	18.526	1.121	1.121	1.121	26.69	32.43
10	33.343	55.743	70.903	52.161	44.303	34.582	18.304	1.121	1.121	1.121	25.615	31.234
11	33.037	50.661	68.164	40.804	42.534	34.27	17	1.121	1.121	1.121	25.086	31.234
12	32.733	61.144	60.295	35.846	37.787	33.651	16.577	1.121	1.121	1.121	24.304	45.746
13	32.43	59.034	56.556	32.43	34.582	33.037	16.577	1.121	1.121	1.121	24.304	38.779
14	31.829	56.556	56.965	29.198	32.733	33.037	16.367	1.121	1.121	1.121	25.35	35.211
15	31.234	55.743	56.149	27.79	48.333	34.896	16.159	1.121	1.121	1.121	26.419	30.062
16	29.772	68.164	65.042	28.349	28.069	34.582	15.953	1.121	1.121	1.121	26.963	28.631
17	28.096	66.37	69.984	41.837	51.771	34.582	15.544	1.121	1.121	1.121	25.615	41.147
18	30.062	59.453	54.135	43.591	48.333	34.27	15.342	1.121	1.121	1.121	25.615	121.57
19	30.062	45.022	47.959	30.062	36.487	34.27	14.744	1.121	1.121	1.121	25.881	46.111
20	36.81	48.333	72.295	42.885	48.333	34.27	13.776	1.121	1.121	1.121	25.881	44.303
21	52.553	56.556	49.086	35.528	45.022	34.582	1.121	1.121	1.121	1.121	24.304	43.237
22	48.333	61.999	54.135	48.709	43.946	34.27	1.121	1.121	1.121	1.121	24.304	44.303
23	44.662	49.086	49.086	49.465	38.447	33.9	1.121	1.121	1.121	0.002	24.304	44.303
24	37.787	67.713	76.007	48.333	38.116	33.96	1.121	1.121	1.121	0.002	24.563	41.491
25	52.553	62.429	67.713	46.111	37.787	34.27	1.121	1.121	1.121	0.002	24.563	41.837
26	37.787	54.135	73.213	48.709	37.46	33.96	1.121	1.121	1.121	0.002	24.563	290.78
27	36.81	60.719	49.845	54.135	37.134	33.96	1.121	1.121	1.121	0.002	24.563	280.96
28	35.528	56.556	65.483	37.787	36.487	33.651	1.121	1.121	1.121	0.001	24.563	275.16
29	33.343		65.483	47.586	34.896	33.651	1.121	1.121	1.121	0.001	24.563	295.75
30	29.198		61.144	46.111	33.96	33.651	1.121	1.121	1.121	0.001	27.513	288.8
31	32.733		47.215		33.343		1.121	1.121		0.002		234.62
Rerata	36.6	56.83	61.14	42.03	40.39	33.53	11.78	1.121	1.121	0.796	26.24	85.57
Max	52.55	68.16	76.01	54.14	51.77	34.9	20.13	1.121	1.121	1.121	39.78	295.8

Tabel 4.40.

Tabel Debit Harian Tahun 2020 (m^3/dt) AWLR Jeroan

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mey	Jun	July	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	50.79	28.13	37.73	159.78	0.01	1.04	0.15	0.00	1.49	112.35	26.84	159.78
2	46.74	24.76	33.77	133.30	0.01	22.70	0.12	1.49	0.33	92.40	22.70	133.30
3	41.15	23.54	28.13	147.27	15.11	97.54	0.10	49.75	0.04	76.80	19.08	147.27
4	37.73	30.15	24.76	135.55	26.22	97.54	0.07	32.29	0.00	64.61	15.52	135.55
5	33.77	37.18	23.54	124.58	9.41	0.95	0.05	15.52	97.54	52.91	13.21	124.58
6	28.13	30.15	46.74	106.60	7.17	97.54	1.20	6.52	87.48	44.82	11.18	106.60
7	29.13	37.18	41.15	94.09	2.96	89.09	1.00	0.02	76.80	41.15	9.41	94.09
8	94.09	30.46	37.73	90.74	0.31	67.17	0.64	0.01	71.17	34.54	7.62	90.74
9	76.80	39.72	33.77	81.24	0.06	28.79	0.49	0.00	65.88	0.09	6.52	81.24
10	59.71	28.13	28.13	68.49	50.79	5.74	0.35	15.52	59.71	0.06	5.55	68.49
11	50.79	34.84	37.73	57.37	0.44	1.31	0.27	0.01	54.00	0.04	4.70	57.37
12	46.74	35.78	33.77	47.73	8.61	0.74	0.19	0.00	52.91	0.02	3.95	47.73
13	41.15	35.84	28.13	40.28	22.70	8.61	2.17	0.05	48.73	0.01	2.96	40.28
14	37.73	37.18	29.13	283.42	1.20	152.18	1.85	0.02	43.88	0.00	2.44	34.54
15	33.77	30.15	58.62	188.96	0.52	144.86	1.49	0.02	40.28	89.09	2.17	23.83
16	28.13	28.13	64.99	124.58	0.17	79.74	1.25	0.01	37.73	25.60	1.85	27.48
17	24.76	30.46	94.09	106.60	0.02	17.68	0.91	0.01	34.54	4.70	1.49	23.26
18	23.54	39.72	76.80	94.09	0.01	6.32	0.71	0.01	28.13	167.68	1.14	20.57
19	46.74	42.34	59.71	57.37	72.55	3.43	0.44	0.00	24.41	157.21	0.95	19.08
20	41.15	39.80	50.79	47.73	55.10	1.56	0.33	20.06	22.15	144.86	0.67	16.79
21	37.73	35.38	46.74	94.09	0.06	0.86	0.27	49.75	18.60	133.30	0.41	13.21
22	33.77	35.85	41.15	90.74	28.13	0.41	0.20	20.06	17.23	116.31	0.24	10.87
23	28.13	32.02	37.73	81.24	13.21	0.21	0.15	8.87	15.11	101.09	0.13	7.86
24	37.73	30.13	33.77	68.49	5.37	0.14	0.11	2.26	13.21	90.74	0.07	6.52
25	33.77	28.39	28.13	57.37	1.77	0.07	0.09	0.33	11.50	89.09	0.03	22.15
26	28.13	29.05	24.76	47.73	13.57	0.04	0.07	0.00	9.97	81.24	165.01	137.83
27	29.13	29.35	15.11	118.34	28.79	0.03	0.05	0.00	7.86	68.49	133.30	118.34
28	58.62	31.46	5.93	101.09	5.74	0.02	0.04	106.60	23.83	57.37	135.55	101.09
29	64.99	35.28	10.87	90.74	0.02	0.01	0.02	49.75	152.18	46.74	118.34	90.74
30	58.17	0.00	5.93	76.80	13.21	0.01	0.01	11.83	131.07	39.41	106.60	76.80
31	57.92	0.00	51.84	0.00	22.70	0.00	0.01	2.26	0.00	33.77	0.00	64.61
Rerata	43.25	30.66	37.78	97.30	13.09	29.88	0.48	12.68	40.25	63.43	26.44	67.82
Max	94.09	42.34	94.09	283.42	72.55	152.18	2.17	106.60	152.18	167.68	165.01	159.78

Tabel 4.41.

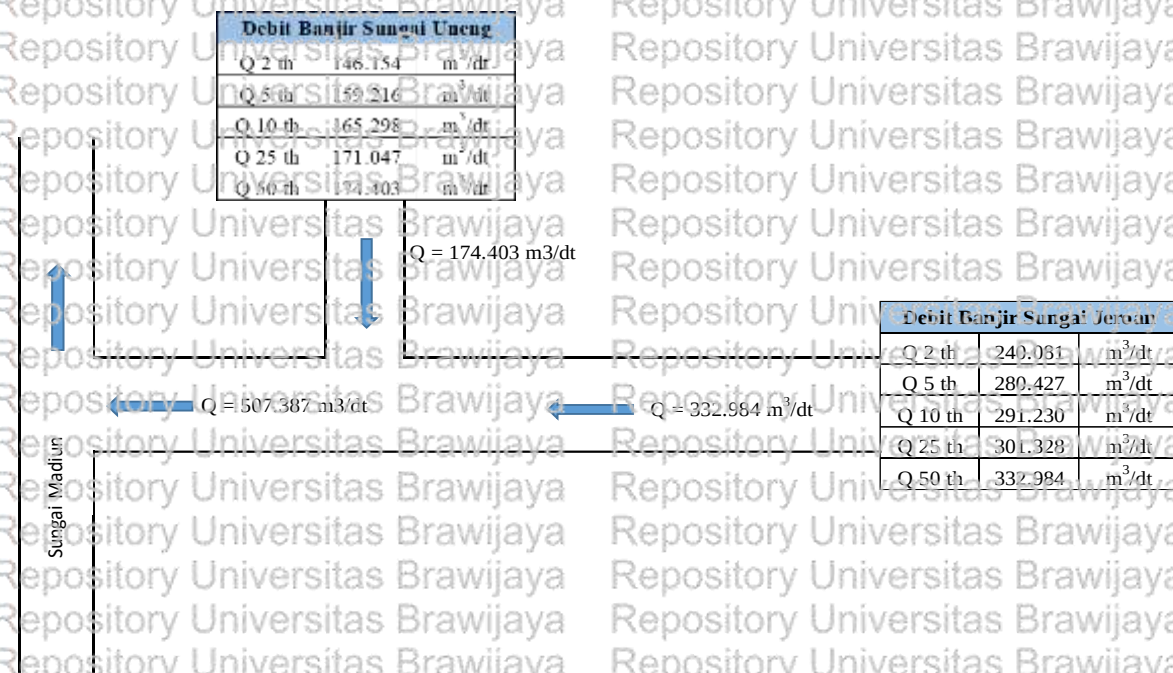
Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan dan Data AWLR

No	Nama DAS	Debit Banjir Rancangan Kala Ulang (m^3/dt)				
		2 th	5 th	10 th	25 th	50 th
1	DAS Jeroan	240.081	280.427	291.230	301.328	332.984
2	Sub DAS Uneng	146.154	159.216	165.298	171.047	174.403
Data AWLR Jeroan (m^3/dt)						
3	Debit Maksimum AWLR Tahun 2007	295.753				
4	Debit Maksimum AWLR Tahun 2020	283.42141				

Sumber : Hasil Perhitungan

Sebagaimana data dimana disajikan melalui Tabel 4.41 dapat disimpulkan bahwa:

- ✓ Untuk debit historis tertinggi yang tercatat pada AWLR Jeroan tanggal 09 Desember 2007 sebesar $295.753 \text{ m}^3/\text{dt}$. Sementara untuk debit banjir rancangan DAS Jeroan yang paling mendekati adalah kala ulang 25 tahun sebesar $301.328 \text{ m}^3/\text{dt}$.
- ✓ Untuk kebutuhan kalibrasi antara debit banjir rancangan dengan data AWLR dibutuhkan data AWLR terbaru sehingga diharapkan hasil dari pada kalibrasi mendekati atau menyerupai kondisi sebenarnya di lapangan. Berdasarkan pertimbangan tersebut diperoleh debit banjir terbesar pada data AWLR yang terjadi 5 tahun terakhir tercatat pada bulan April tahun 2020 yaitu sebesar $233,421 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan debit rancangan yang paling mendekati adalah kala ulang 10 tahun.
- ✓ Selanjutnya untuk penanganan banjir pada DAS Jeroan mengacu pada aturan yang ditetapkan Pemerintah di Indonesia Nomor 30 Tahun 2011 dengan menggunakan kala ulang 50 tahun (selenkapnya lihat Gambar 4.14).



Gambar 4.14. Skema Debit Banjir Rancangan Pada Lokasi Studi

4.4. Analisa Hidrolika

Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan profil MA (water profile) River Jeroan dengan Kala Ulang tertentu. Dalam hal ini debit desain yang dipakai sebagai penentuan dimensi bangunan pengendali yakni debit banjir dengan Q 50 tahun. Hal ini menyerupai debit banjir historis yang pernah terjadi di lokasi studi dan berdasarkan pedoman perencanaan bangunan

pengendali banjir pada sungai. Analisis hidrolika ini akan dilakukan dalam beberapa kondisi, antara lain:

- Kondisi sungai asli (*exsisting*).
- Kondisi sungai dengan desain pengendalian banjir

4.4.1. Analisa Kondisi Sungai Asli (Eksisting)

4.4.1.1. Data Input

Proses penerapan penggunaan program HEC-RAS dimulai dari penginputan data, yang meliputi:

1. Skema dari pada sistem sungai.
2. Penampang sungai berupa *Cross Section* data.
3. Besar ukuran jarak setiap patok *LOB*, *Channel ROB*.
4. Nilai kekasaran manning (*n*)
5. Titik koordinat dari tampang utama
6. Data aliran.

4.4.1.2. Kemiringan Sungai

Dalam perlakuan model terdapat dua sungai yang perlu untuk diketahui kemiringan sungai sebagai penentuan dasar pada pemodelan Hec Ras 6.0 diantaranya:

1. Sungai Jeron

$$\text{Elevasi hulu (Patok 219)} = + 53.388$$

$$\text{Elevasi hilir (Patok 0)} = + 46.743$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 16.697 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan sungai (I)} = \frac{(53.388 - 46.743)}{16.697} = 0.000398$$

2. Sungai Uneng

$$\text{Elevasi hulu (Patok 119)} = + 52.381$$

$$\text{Elevasi hilir (Patok 0)} = + 46.765$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 5.896 \text{ m}$$

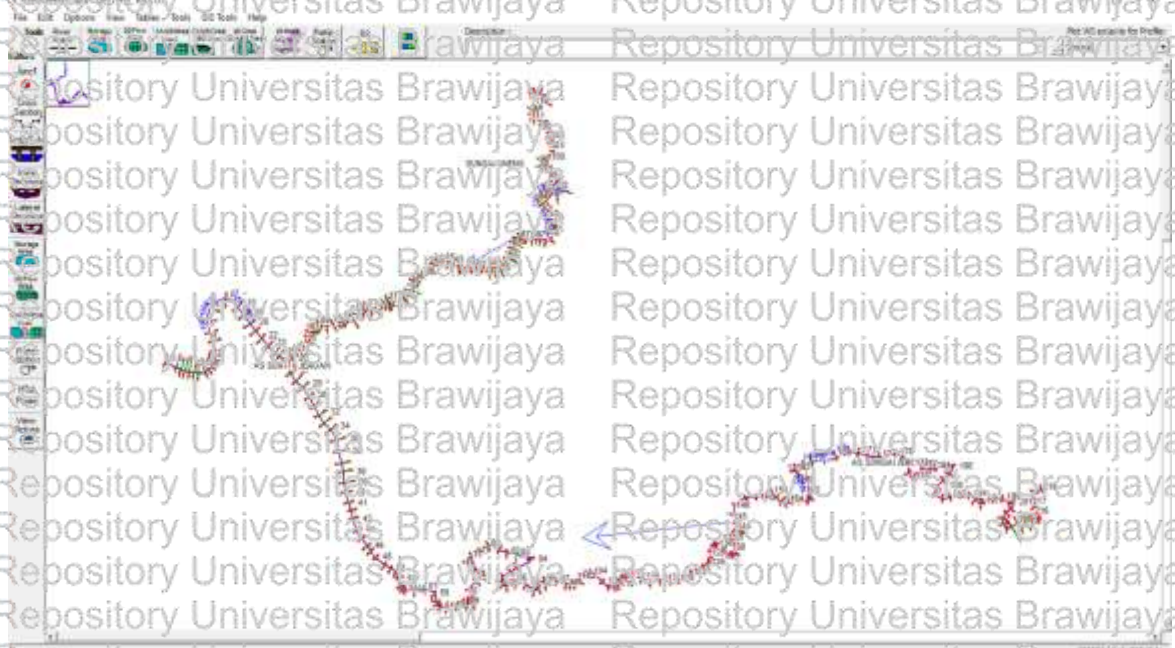
$$\text{Kemiringan sungai (I)} = \frac{(52.381 - 46.765)}{5.896} = 0.000952$$

4.4.1.3. Skema Sistem Sungai

Pembuatan skema sungai menjadi awal dari input geometrik kemudian dilanjutkan input data penampang sungai, dimana diperlukan guna menampilkan (*reach*) sungai. Untuk mengetahui kapasitas kali/sungai ini diperlukan analisa hidrolika profil muka air pada sungai Jeroan seperti lihat Gambar 4.16.



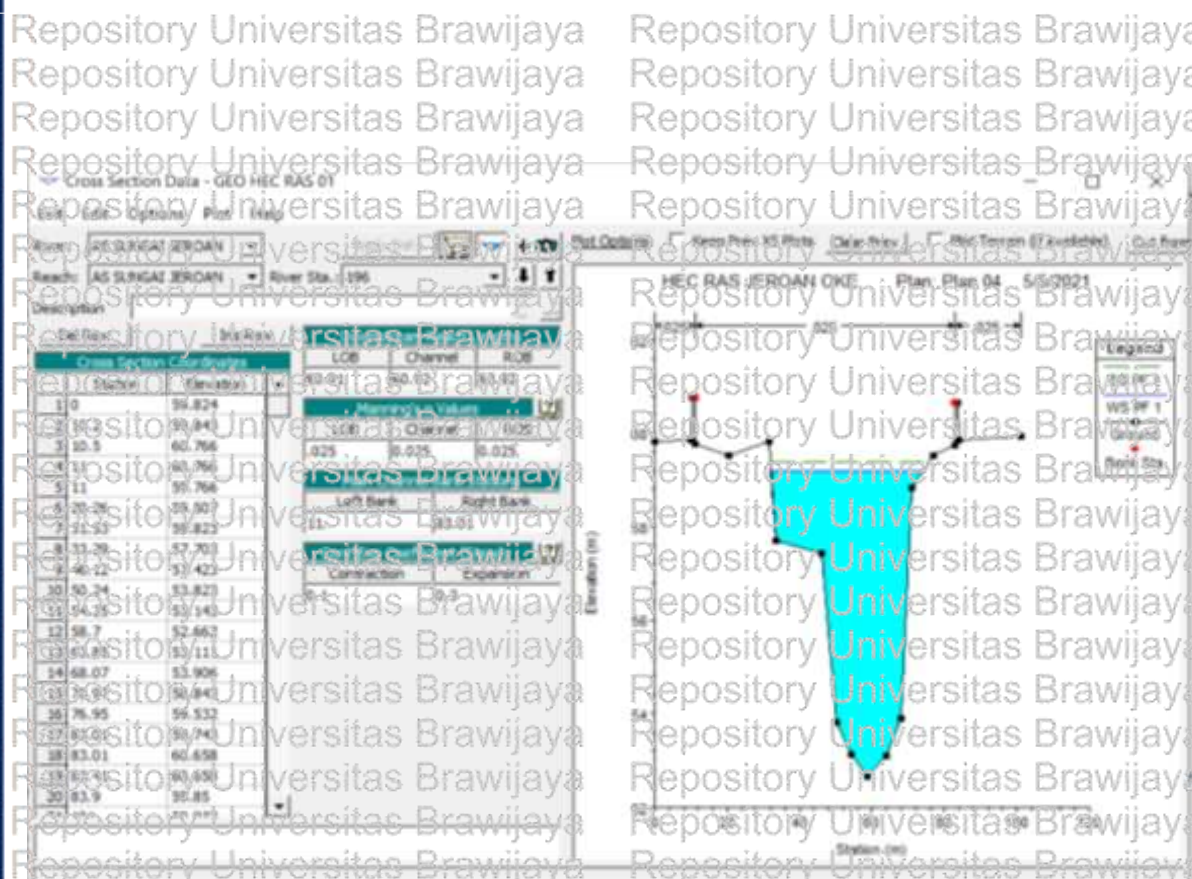
Gambar 4.15. Window Utama Hec Ras 6.0



Gambar 4.16. Window Geometri Sungai

4.4.1.4. Data Tampang Sungai

Data tampang atau potongan sungai dihasilkan dari pengukuran topografi yang berupa peta yang menyediakan data X, Y, dan Z. Data tersebut digunakan untuk memproses pemodelan layout dan cross section sungai Jeroan dan sungai Uneng. Jarak antar patok seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.17, selain memasukkan data geometri cross section juga diperlukan data jarak antar patok yang diisi pada kolom Downstream Reach Length. Jarak antar patok terdiri dari LOB, Channel dan ROB sehingga sekaligus bisa membentuk alignment sungai.



Gambar 4.17. Window Editing Cross Section

4.4.1.5. Proses Runing dan Kalibrasi Model

Penerapan terhadap skenario pertama yaitu *unsteady flow* dengan input data pada program pendukung HEC-RAS 6.0 sebagai berikut:

Bagian hulu

→ Hulu sungai Jeroan menggunakan debit HSS Nakayasu kala ulang Q_{10} th DAS Jeroan dengan slope 0,0004.

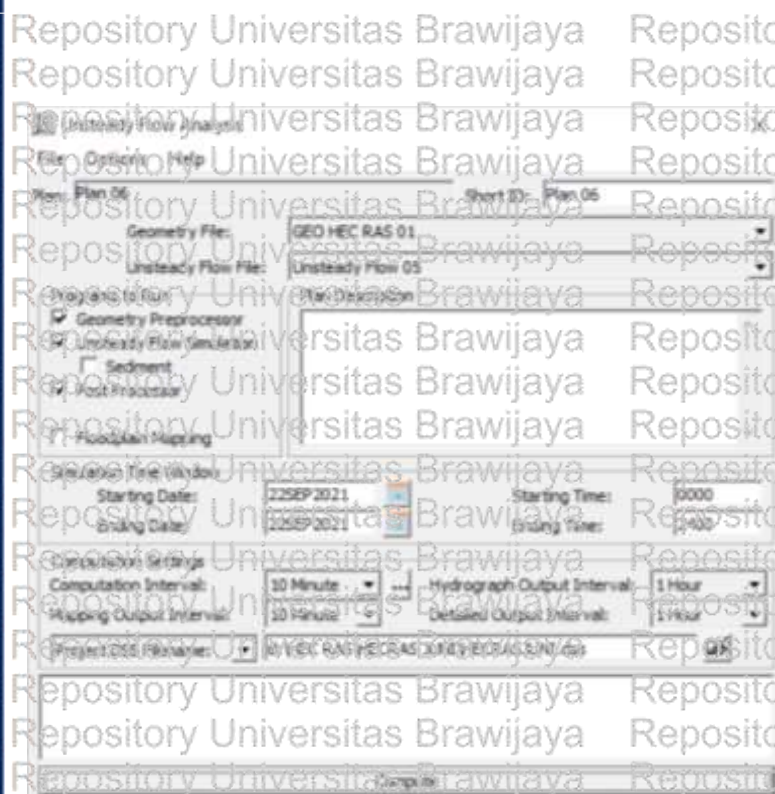
→ Hilir sungai Uneng menggunakan debit HSS Nakayasu kala ulang Q_{10} th Sub DAS Uneng dengan nilai slope 0,0009.

Bagian hilir

Daerah hilir berdasarkan elevasi pertemuan sungai Madiun dan Jeroan yaitu 46.743.

Untuk proses *running* program HEC-RAS 6.0 ditampilkan dalam Gambar 4.18, sampai Gambar 4.23.

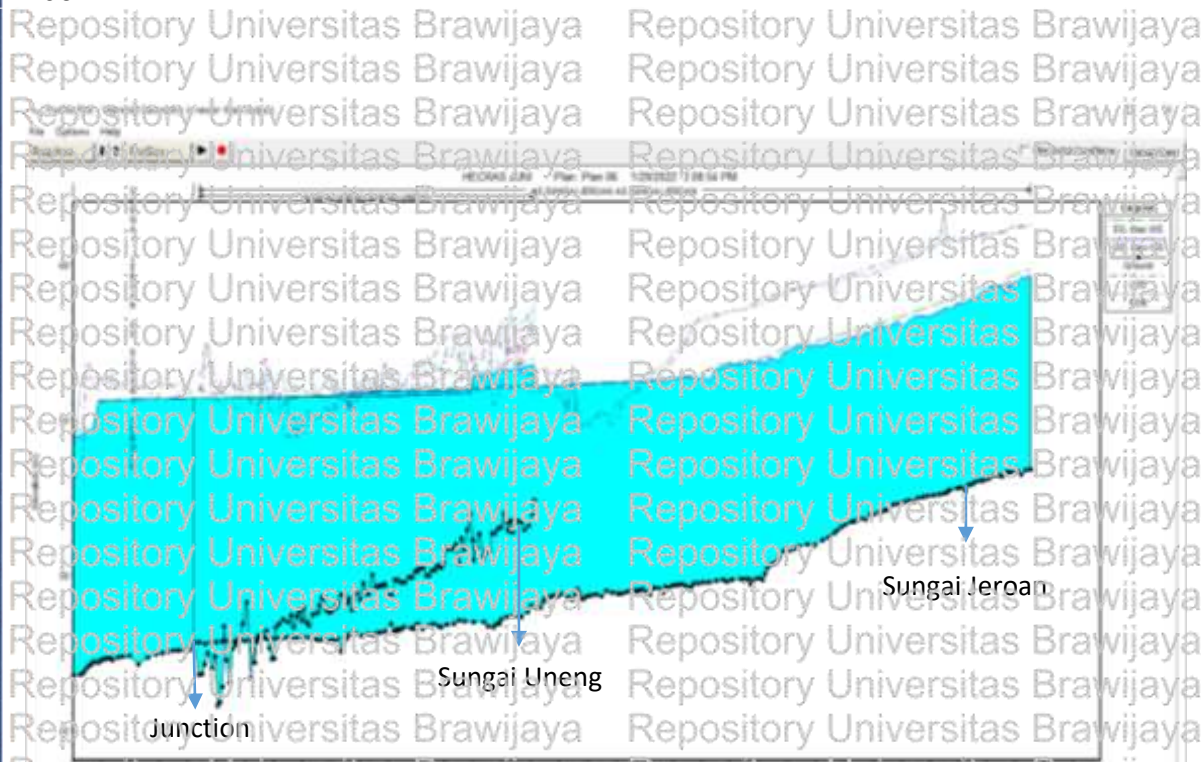




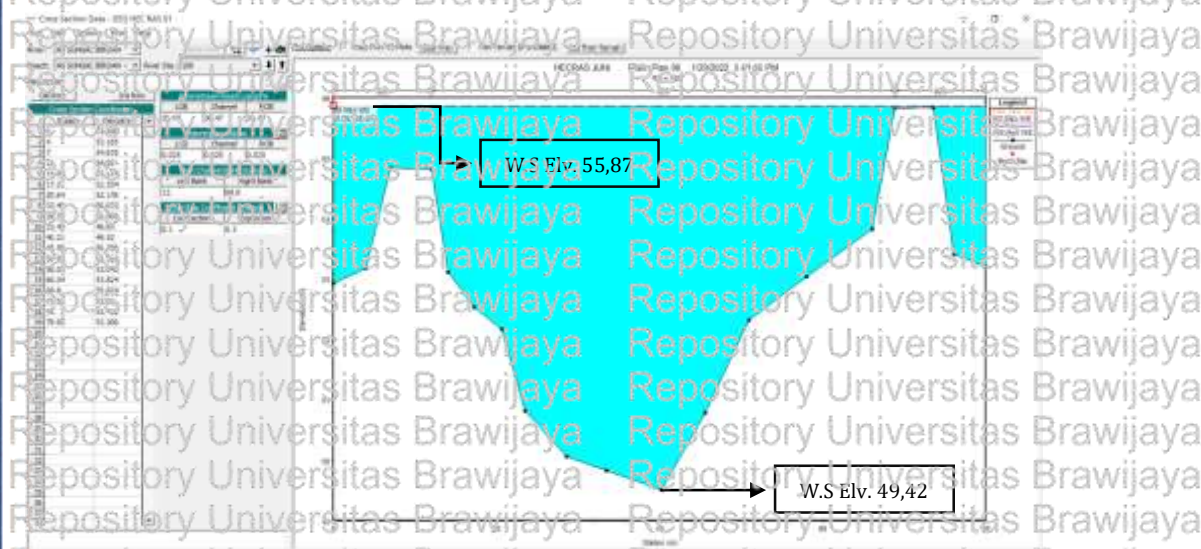
Gambar 4.20. Analisis Unsteady Flow



Gambar 4.21. Proses Running Program HEC-RAS (Unsteady Flow)



Gambar 4.22. Profil Memanjang Sungai Jeroan dan Sungai Uneng debit Q_{10} th



Gambar 4.23. Profil Muka Air Sungai Jeroan debit Q_{10} th

Sebagai pendekatan model dan hasil pengukuran lapangan, maka pengukuran data cross section dilakukan pada patok 109 sebagai input Hec-Ras. Dari Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa pada patok 109 (Sungai Jeroan) elevasi tinggi air sebesar +55,87 dan elevasi dasar sungai +49,42, maka tinggi muka air dapat diketahui sebesar 6,45 meter.

Pada tabel Debit Harian AWLR tahun 2020 telah dijelaskan bahwa kejadian banjir mencapai tinggi 6,33 meter dengan besaran debit 283,42 m^3/dt . Sehingga dapat ditemukan tinggi MA AWLR dan tinggi MA model terdapat selisih 0,12 m (dianggap wajar karena adanya

endapan sedimen), jadi model Hec-Ras dianggap mendekati kejadian lapangan kondisi tahun 2020. Hasil ranning selanjutnya tuangkan pada Tabel 4.42 berikut:

Tabel 4.42.

Rekapitulasi Hasil HEC-RAS 6.0. Debit Banjir Kala Ulang 10th

No	Heve	River Sta	Q 10 th (m ³ /dt)	Elevasi Muka Air Banjir	Dasar Tebing Kiri	Dasar Tebing Kanan	Beda tinggi		Tebing Kiri		Tebing Kanan
							ΔH kiri (m)	ΔH kanan (m)			
1	Sungai Jeroan	219	291.23	59	61.31	61.25	-2.31	-2.25	BAGUS	BAGUS	
2	Sungai Jeroan	218	291.23	58.97	61.24	61.21	-2.27	-2.24	BAGUS	BAGUS	
3	Sungai Jeroan	217	291.23	58.93	61.23	61.21	-2.3	-2.28	BAGUS	BAGUS	
4	Sungai Jeroan	216	291.23	58.81	61.23	61.18	-2.42	-2.37	BAGUS	BAGUS	
5	Sungai Jeroan	215	291.23	58.76	61.2	61.2	-2.44	-2.44	BAGUS	BAGUS	
6	Sungai Jeroan	214	291.23	58.72	61.17	61.22	-2.45	-2.5	BAGUS	BAGUS	
7	Sungai Jeroan	213	291.23	58.76	61.15	61.18	-2.39	-2.42	BAGUS	BAGUS	
8	Sungai Jeroan	212	291.23	58.44	61.11	61.14	-2.67	-2.7	BAGUS	BAGUS	
9	Sungai Jeroan	211	291.23	58.7	61.1	61.09	-2.4	-2.39	BAGUS	BAGUS	
10	Sungai Jeroan	210	291.23	58.7	61.03	61.06	-2.33	-2.36	BAGUS	BAGUS	
11	Sungai Jeroan	209	291.23	58.68	61.03	60.99	-2.35	-2.31	BAGUS	BAGUS	
12	Sungai Jeroan	208	291.23	58.68	61	61	-2.32	-2.32	BAGUS	BAGUS	
13	Sungai Jeroan	207	291.23	58.55	60.98	60.95	-2.43	-2.4	BAGUS	BAGUS	
14	Sungai Jeroan	206	291.23	58.55	60.97	60.94	-2.42	-2.39	BAGUS	BAGUS	
15	Sungai Jeroan	205	291.23	58.52	60.98	60.92	-2.46	-2.4	BAGUS	BAGUS	
16	Sungai Jeroan	204	291.23	58.39	60.98	60.88	-2.59	-2.5	BAGUS	BAGUS	
17	Sungai Jeroan	203	291.23	58.35	60.94	60.87	-2.59	-2.52	BAGUS	BAGUS	
18	Sungai Jeroan	202	291.23	58.34	60.9	60.88	-2.56	-2.54	BAGUS	BAGUS	
19	Sungai Jeroan	201	291.23	58.26	60.86	60.84	-2.6	-2.58	BAGUS	BAGUS	
20	Sungai Jeroan	200	291.23	58.24	60.83	60.82	-2.59	-2.58	BAGUS	BAGUS	
21	Sungai Jeroan	199	291.23	58.23	60.83	60.75	-2.6	-2.52	BAGUS	BAGUS	
22	Sungai Jeroan	198	291.23	58.08	60.84	60.72	-2.76	-2.64	BAGUS	BAGUS	
23	Sungai Jeroan	197	291.23	58.1	60.82	60.7	-2.72	-2.6	BAGUS	BAGUS	
24	Sungai Jeroan	196	291.23	58.06	60.77	60.66	-2.71	-2.6	BAGUS	BAGUS	
25	Sungai Jeroan	195	291.23	58.01	61.63	61.63	-3.62	-3.62	BAGUS	BAGUS	
26	Sungai Jeroan	194	291.23	57.96	60.7	60.62	-2.74	-2.66	BAGUS	BAGUS	
27	Sungai Jeroan	193	291.23	57.91	60.68	60.55	-2.77	-2.64	BAGUS	BAGUS	
28	Sungai Jeroan	192	291.23	57.91	60.51	60.49	-2.6	-2.58	BAGUS	BAGUS	
29	Sungai Jeroan	191	291.23	57.9	60.48	60.46	-2.58	-2.56	BAGUS	BAGUS	
30	Sungai Jeroan	190	291.23	57.88	60.38	60.32	-2.5	-2.44	BAGUS	BAGUS	
31	Sungai Jeroan	189	291.23	57.79	60.32	60.24	-2.53	-2.45	BAGUS	BAGUS	
32	Sungai Jeroan	188	291.23	57.7	60.28	60.12	-2.58	-2.42	BAGUS	BAGUS	
33	Sungai Jeroan	187	291.23	57.74	60.22	60.09	-2.48	-2.35	BAGUS	BAGUS	
34	Sungai Jeroan	186	291.23	57.71	60.19	60.08	-2.48	-2.37	BAGUS	BAGUS	
35	Sungai Jeroan	185	291.23	57.61	60.11	59.97	-2.5	-2.36	BAGUS	BAGUS	
36	Sungai Jeroan	184	291.23	57.61	60.09	59.92	-2.48	-2.31	BAGUS	BAGUS	
37	Sungai Jeroan	183	291.23	57.62	60.02	59.83	-2.4	-2.21	BAGUS	BAGUS	
38	Sungai Jeroan	182	291.23	57.55	59.95	59.75	-2.4	-2.2	BAGUS	BAGUS	
39	Sungai Jeroan	181	291.23	57.47	59.92	59.72	-2.45	-2.25	BAGUS	BAGUS	
40	Sungai Jeroan	180	291.23	57.47	59.89	59.65	-2.42	-2.18	BAGUS	BAGUS	
41	Sungai Jeroan	179	291.23	57.4	59.84	59.6	-2.44	-2.2	BAGUS	BAGUS	
42	Sungai Jeroan	178	291.23	57.38	59.74	59.66	-2.36	-2.28	BAGUS	BAGUS	
43	Sungai Jeroan	177	291.23	57.36	59.71	59.61	-2.35	-2.25	BAGUS	BAGUS	
44	Sungai Jeroan	176	291.23	57.32	59.69	59.58	-2.37	-2.27	BAGUS	BAGUS	
45	Sungai Jeroan	175	291.23	57.31	59.64	59.54	-2.33	-2.23	BAGUS	BAGUS	
46	Sungai Jeroan	174	291.23	57.28	59.6	59.5	-2.34	-2.24	BAGUS	BAGUS	
47	Sungai Jeroan	173	291.23	57.28	59.56	59.47	-2.28	-2.19	BAGUS	BAGUS	
48	Sungai Jeroan	172	291.23	57.25	59.02	59.02	-1.77	-1.77	BAGUS	BAGUS	
49	Sungai Jeroan	171	291.23	57.18	59.46	59.38	-2.28	-2.2	BAGUS	BAGUS	
50	Sungai Jeroan	170	291.23	57.17	59.42	59.32	-2.25	-2.15	BAGUS	BAGUS	

Lanjutan:

No.	River	River Sta.	Q 10 th (m ³ /dt)	Elevasi Muka Air Baku	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan	Beda tinggi ΔH_{kiri} (m)	Beda tinggi ΔH_{kanan} (m)	Tebing Kiri	Tebing Kanan	Keterangan
51	Sungai Jeroan	169	291.23	57.13	59.34	59.29	-2.19	-2.14	BAGUS	BAGUS	
52	Sungai Jeroan	168	291.23	57.14	59.31	59.29	-2.17	-2.15	BAGUS	BAGUS	
53	Sungai Jeroan	167	291.23	57.13	59.23	59.25	-2.09	-2.12	BAGUS	BAGUS	
54	Sungai Jeroan	166	291.23	57.04	59.18	59.21	-2.14	-2.17	BAGUS	BAGUS	
55	Sungai Jeroan	165	291.23	57.04	59.15	59.17	-2.11	-2.13	BAGUS	BAGUS	
56	Sungai Jeroan	164	291.23	57	59.11	59.02	-2.11	-2.02	BAGUS	BAGUS	
57	Sungai Jeroan	163	291.23	56.8	59.08	58.95	-2.28	-2.16	BAGUS	BAGUS	
58	Sungai Jeroan	162	291.23	56.82	59.06	59.94	-2.24	-3.12	BAGUS	BAGUS	
59	Sungai Jeroan	161	291.23	56.82	59.03	58.91	-2.21	-2.09	BAGUS	BAGUS	
60	Sungai Jeroan	160	291.23	56.79	58.99	58.88	-2.2	-2.09	BAGUS	BAGUS	
61	Sungai Jeroan	159	291.23	56.64	58.97	58.85	-2.33	-2.22	BAGUS	BAGUS	
62	Sungai Jeroan	158	291.23	56.7	58.91	58.82	-2.21	-2.12	BAGUS	BAGUS	
63	Sungai Jeroan	157	291.23	56.7	58.88	58.74	-2.18	-2.04	BAGUS	BAGUS	
64	Sungai Jeroan	156	291.23	56.66	58.88	58.72	-2.22	-2.06	BAGUS	BAGUS	
65	Sungai Jeroan	155	291.23	56.68	58.72	58.6	-2.04	-1.92	BAGUS	BAGUS	
66	Sungai Jeroan	154	291.23	56.67	58.66	58.62	-1.99	-1.95	BAGUS	BAGUS	
67	Sungai Jeroan	153	291.23	56.61	58.58	58.59	-1.97	-1.98	BAGUS	BAGUS	
68	Sungai Jeroan	152	291.23	56.61	58.54	58.54	-1.93	-1.93	BAGUS	BAGUS	
69	Sungai Jeroan	151	291.23	56.61	58.52	58.52	-1.91	-1.91	BAGUS	BAGUS	
70	Sungai Jeroan	150	291.23	56.58	58.5	58.5	-1.92	-1.92	BAGUS	BAGUS	
71	Sungai Jeroan	149	291.23	56.51	58.59	58.47	-2.08	-1.96	BAGUS	BAGUS	
72	Sungai Jeroan	148	291.23	56.48	58.43	58.42	-1.95	-1.94	BAGUS	BAGUS	
73	Sungai Jeroan	147	291.23	56.13	58.38	58.3	-2.25	-2.17	BAGUS	BAGUS	
74	Sungai Jeroan	146	291.23	56.23	58.36	58.25	-2.13	-2.02	BAGUS	BAGUS	
75	Sungai Jeroan	145	291.23	56.18	58.34	58.2	-2.16	-2.02	BAGUS	BAGUS	
76	Sungai Jeroan	144	291.23	56.18	58.28	58.19	-2.07	-2.01	BAGUS	BAGUS	
77	Sungai Jeroan	143	291.23	56.21	58.02	58.08	-1.81	-1.87	BAGUS	BAGUS	
78	Sungai Jeroan	142	291.23	56.21	57.93	57.98	-1.59	-1.77	BAGUS	BAGUS	
79	Sungai Jeroan	141	291.23	56.2	57.65	57.83	-1.45	-1.63	BAGUS	BAGUS	
80	Sungai Jeroan	140	291.23	56.16	57.48	57.82	-1.32	-1.46	BAGUS	BAGUS	
81	Sungai Jeroan	139	291.23	56.16	57.29	57.39	-1.13	-1.23	BAGUS	BAGUS	
82	Sungai Jeroan	138	291.23	56.14	57.1	57.22	-0.96	-1.06	BAGUS	BAGUS	
83	Sungai Jeroan	137	291.23	56.14	56.95	57.16	-0.81	-1.02	BAGUS	BAGUS	
84	Sungai Jeroan	136	291.23	56.13	56.88	57.04	-0.73	-0.91	BAGUS	BAGUS	
85	Sungai Jeroan	135	291.23	56.13	56.74	56.93	-0.61	-0.8	BAGUS	BAGUS	
86	Sungai Jeroan	134	291.23	56.07	56.64	56.81	-0.57	-0.74	BAGUS	BAGUS	
87	Sungai Jeroan	133	291.23	56.1	56.6	56.76	-0.5	-0.66	BAGUS	BAGUS	
88	Sungai Jeroan	132	291.23	56.09	56.58	56.85	-0.49	-0.56	BAGUS	BAGUS	
89	Sungai Jeroan	131	291.23	56.07	56.52	56.61	-0.45	-0.54	BAGUS	BAGUS	
90	Sungai Jeroan	130	291.23	56.07	56.49	56.59	-0.42	-0.52	BAGUS	BAGUS	
91	Sungai Jeroan	129	291.23	56.04	56.33	56.51	-0.29	-0.47	BAGUS	BAGUS	
92	Sungai Jeroan	128	291.23	56.03	56.27	56.49	-0.24	-0.46	BAGUS	BAGUS	
93	Sungai Jeroan	127	291.23	56.03	56.09	56.3	-0.06	-0.27	BAGUS	BAGUS	
94	Sungai Jeroan	126	291.23	56.04	55.95	55.17	0.09	-0.13	Perlu Penanganan	BAGUS	
95	Sungai Jeroan	125	291.23	56.04	55.92	56.04	0.12	0	Perlu Penanganan	BAGUS	
96	Sungai Jeroan	124	291.23	56.01	55.84	55.92	0.17	0.09	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
97	Sungai Jeroan	123	291.23	56	55.8	55.85	0.3	0.15	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
98	Sungai Jeroan	122	291.23	56	55.67	55.73	0.33	0.27	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
99	Sungai Jeroan	121	291.23	55.98	55.53	55.67	0.45	0.31	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
100	Sungai Jeroan	120	291.23	55.99	55.41	55.61	0.58	0.38	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
101	Sungai Jeroan	119	291.23	55.6	55.01	55.57	0.99	0.43	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
102	Sungai Jeroan	118	291.23	55.96	54.8	55.38	1.18	0.9	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
103	Sungai Jeroan	117	291.23	55.98	55.04	55.18	0.94	0.8	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
104	Sungai Jeroan	116	291.23	55.98	55.83	55.16	0.65	0.82	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
105	Sungai Jeroan	115	291.23	55.96	55.03	55.13	0.93	0.83	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
106	Sungai Jeroan	114	291.23	55.96	54.87	55.02	1.09	0.94	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
107	Sungai Jeroan	113	291.23	55.96	54.72	54.84	1.24	1.12	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
108	Sungai Jeroan	112	291.23	55.95	54.63	54.93	1.12	1.02	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
109	Sungai Jeroan	111	291.23	55.94	54.73	54.9	1.21	1.04	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
110	Sungai Jeroan	110	291.23	55.94	54.78	54.35	1.19	1.08	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
111	Sungai Jeroan	109	291.23	55.94	54.82	55.82	1.12	0.12	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
112	Sungai Jeroan	108	291.23	55.98	54.78	54.94	1.09	0.94	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
113	Sungai Jeroan	107	291.23	55.9	56.73	56.74	-0.83	-0.84	BAGUS	BAGUS	
114	Sungai Jeroan	106	291.23	55.87	54.87	55.02	1	0.85	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
115	Sungai Jeroan	105	291.23	55.88	56.67	55.8	-0.79	0.08	BAGUS	Perlu Penanganan	
116	Sungai Jeroan	104	291.23	55.87	56.41	55.72	-0.54	0.15	BAGUS	Perlu Penanganan	
117	Sungai Jeroan	103	291.23	55.85	56.37	55.91	-0.52	-0.06	BAGUS	BAGUS	
118	Sungai Jeroan	102	291.23	55.86	56.38	55.97	-0.67	-0.11	BAGUS	BAGUS	
119	Sungai Jeroan	101	291.23	55.86	56.37	56.04	-0.51	-0.18	BAGUS	BAGUS	
120	Sungai Jeroan	100	291.23	55.85	56.64	55.98	-0.79	-0.13	BAGUS	BAGUS	

Lanjutan:

No.	River	River Sta.	Q 10 th (m ³ /th)	Elevasi Muka Air Sungai	Elevasi Tebing Atas	Elevasi Tebing Bawah	Beda tinggi		Keterangan	
							Atas	Bawah	Atas	Bawah
121	Sungai Jeroan	99	291.23	55.85	56.69	55.87	-0.84	-0.02	BAGUS	BAGUS
122	Sungai Jeroan	98	291.23	55.83	56.63	55.93	-0.8	-0.1	BAGUS	BAGUS
123	Sungai Jeroan	97	291.23	55.83	56.58	55.91	-0.75	-0.08	BAGUS	BAGUS
124	Sungai Jeroan	96	291.23	55.85	56.42	55.85	-0.57	0	BAGUS	BAGUS
125	Sungai Jeroan	95	291.23	55.82	56.44	55.92	-0.62	-0.1	BAGUS	BAGUS
126	Sungai Jeroan	94	291.23	55.82	56.43	56.6	-0.67	-0.76	BAGUS	BAGUS
127	Sungai Jeroan	93	291.23	55.8	57.38	56.78	-1.58	-0.98	BAGUS	BAGUS
128	Sungai Jeroan	92	291.23	55.79	57.2	56.94	-1.41	-1.15	BAGUS	BAGUS
129	Sungai Jeroan	91	291.23	56.22	57.14	56.83	-0.92	-0.61	BAGUS	BAGUS
130	Sungai Jeroan	90	291.23	56.22	57.26	56.8	-1.04	-0.58	BAGUS	BAGUS
131	Sungai Jeroan	89	291.23	56.2	57.64	56.75	-1.44	-0.55	BAGUS	BAGUS
132	Sungai Jeroan	88	291.23	56.2	57.56	56.83	-1.36	-0.63	BAGUS	BAGUS
133	Sungai Jeroan	87	291.23	56.18	57.72	56.93	-1.53	-0.75	BAGUS	BAGUS
134	Sungai Jeroan	86	291.23	56.12	57.86	56.83	-1.74	-0.71	BAGUS	BAGUS
135	Sungai Jeroan	85	291.23	56.12	57.46	57.04	-1.34	-0.92	BAGUS	BAGUS
136	Sungai Jeroan	84	291.23	56.13	57.84	56.92	-1.71	-0.79	BAGUS	BAGUS
137	Sungai Jeroan	83	291.23	56.08	57.96	56.5	-1.88	-0.42	BAGUS	BAGUS
138	Sungai Jeroan	82	291.23	56.06	57.92	56.32	-1.46	-0.26	BAGUS	BAGUS
139	Sungai Jeroan	81	291.23	56.05	57.72	56.43	-1.67	-0.38	BAGUS	BAGUS
140	Sungai Jeroan	80	291.23	56.03	57.83	56.53	-1.6	-0.5	BAGUS	BAGUS
141	Sungai Jeroan	79	291.23	56.04	57.67	56.31	-1.63	-0.27	BAGUS	BAGUS
142	Sungai Jeroan	78	291.23	56.04	57.41	56.26	-1.37	-0.22	BAGUS	BAGUS
143	Sungai Jeroan	77	291.23	56.02	56.89	56.1	-0.97	-0.08	BAGUS	BAGUS
144	Sungai Jeroan	76	291.23	55.99	56.75	56.08	-0.76	-0.09	BAGUS	BAGUS
145	Sungai Jeroan	75	291.23	55.96	56.46	56.13	-0.5	-0.17	BAGUS	BAGUS
146	Sungai Jeroan	74	291.23	55.98	56.04	55.97	-0.06	0.01	BAGUS	Perlu Penanganan
147	Sungai Jeroan	73	291.23	55.98	55.86	55.84	0.12	0.14	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan
148	Sungai Jeroan	72	291.23	55.97	56.04	55.96	-0.07	0.07	BAGUS	Perlu Penanganan
149	Sungai Jeroan	71	291.23	55.95	56.01	55.98	-0.06	-0.03	BAGUS	BAGUS
150	Sungai Jeroan	70	291.23	55.93	55.85	55.74	0.05	0.19	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan
151	Sungai Jeroan	69	291.23	55.93	55.94	55.92	-0.01	-0.01	BAGUS	Perlu Penanganan
152	Sungai Jeroan	68	291.23	55.93	55.91	56.03	0.02	-0.1	Perlu Penanganan	BAGUS
153	Sungai Jeroan	67	291.23	55.95	55.93	55.9	0.02	0.05	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan
154	Sungai Jeroan	66	291.23	55.94	55.88	55.98	0.06	-0.04	Perlu Penanganan	BAGUS
155	Sungai Jeroan	65	291.23	55.91	55.81	55.02	0	-0.11	BAGUS	BAGUS
156	Sungai Jeroan	64	291.23	55.9	56.2	56.05	-0.3	-0.15	BAGUS	BAGUS
157	Sungai Jeroan	63	291.23	55.89	56.04	55.93	-0.15	-0.04	BAGUS	BAGUS
158	Sungai Jeroan	62	291.23	55.87	56.23	55.99	-0.26	-0.22	BAGUS	BAGUS
159	Sungai Jeroan	61	291.23	55.86	55.9	55.84	-0.04	0.02	BAGUS	Perlu Penanganan
160	Sungai Jeroan	60	291.23	55.88	56.51	55.31	-0.44	-0.44	BAGUS	BAGUS
161	Sungai Jeroan	59	291.23	55.87	56.11	56.04	-0.24	-0.17	BAGUS	BAGUS
162	Sungai Jeroan	58	291.23	55.85	55.57	55.85	0.28	0	Perlu Penanganan	BAGUS
163	Sungai Jeroan	57	291.23	55.82	56.21	56	-0.4	-0.18	BAGUS	BAGUS
164	Sungai Jeroan	56	291.23	55.8	56.94	55.85	-1.14	-0.05	BAGUS	BAGUS
165	Sungai Jeroan	55	291.23	55.81	55.8	55.93	0.01	-0.12	Perlu Penanganan	BAGUS
166	Sungai Jeroan	54	291.23	55.8	55.4	55.92	0.4	-0.12	Perlu Penanganan	BAGUS
167	Sungai Jeroan	53	291.23	55.78	55.87	55.83	-0.03	-0.05	BAGUS	BAGUS
168	Sungai Jeroan	52	291.23	55.74	55.91	55.99	-0.17	-0.25	BAGUS	BAGUS
169	Sungai Jeroan	51	291.23	55.51	56.03	56.11	-0.52	-0.6	BAGUS	BAGUS
170	Sungai Jeroan	50	291.23	55.51	55.92	55.05	-0.41	-0.34	BAGUS	BAGUS
171	Sungai Jeroan	49	291.23	55.51	56.48	56.48	-0.97	-0.97	BAGUS	BAGUS
172	Sungai Jeroan	48	291.23	55.51	56.06	55.05	-0.55	-0.54	BAGUS	BAGUS
173	Sungai Jeroan	47	291.23	55.51	55.92	55.86	-0.41	-0.35	BAGUS	BAGUS
174	Sungai Jeroan	46	291.23	55.5	55.78	56.09	-0.28	-0.59	BAGUS	BAGUS
175	Sungai Jeroan	45	291.23	55.5	55.87	55.33	-0.37	-0.33	BAGUS	BAGUS
176	Sungai Jeroan	44	291.23	55.49	55.93	55.96	-0.44	-0.47	BAGUS	BAGUS
177	Sungai Jeroan	43	291.23	55.49	55.94	56.06	-0.45	-0.59	BAGUS	BAGUS
178	Sungai Jeroan	42	291.23	55.49	59.12	59.13	-3.63	-3.64	BAGUS	BAGUS
179	Sungai Jeroan	41	291.23	55.49	55.47	55.53	0.02	-0.04	Perlu Penanganan	BAGUS
180	Sungai Jeroan	40	291.23	55.49	55.83	55.41	-0.34	-0.08	BAGUS	Perlu Penanganan

Lanjutan:

No.	River	River Sta.	Q 10 th (m ³ /dt)	Elevasi Muka A.R. Bangun	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan	Beda tinggi ΔH (m)	Beda tinggi Δh (m)	Keterangan
181	Sungai Jeroan	39	291.23	55.49	55.22	55.28	-0.23	0.21	BAGUS
182	Sungai Jeroan	38	291.23	55.49	56.22	55.21	-0.73	0.28	BAGUS
183	Sungai Jeroan	37	291.23	55.49	59.05	58.43	-3.56	-2.94	BAGUS
184	Sungai Jeroan	36	291.23	55.49	55.21	55.18	0.28	0.31	BAGUS
185	Sungai Jeroan	35	291.23	55.48	55.57	55.14	-0.09	0.34	BAGUS
186	Sungai Jeroan	34	291.23	55.48	56	55.08	-0.52	1.01	BAGUS
187	Sungai Jeroan	33	291.23	55.48	55.96	55.33	-0.48	0.15	BAGUS
188	Sungai Jeroan	32	291.23	55.47	56.07	55.4	0	0.07	BAGUS
189	Sungai Jeroan	31	291.23	55.47	56.23	55.32	-0.76	0.15	BAGUS
190	Sungai Jeroan	30	291.23	55.47	56.25	55.52	-0.78	-0.05	BAGUS
191	Sungai Jeroan	29	291.23	55.47	55.9	55.83	-0.03	-0.16	BAGUS
192	Sungai Jeroan	28	291.23	55.46	55.82	55.61	-0.36	-0.15	BAGUS
193	Sungai Jeroan	27	291.23	55.46	55.95	55.72	-0.29	-0.26	BAGUS
194	Sungai Jeroan	26	291.23	55.44	55.99	56.09	-0.55	-0.65	BAGUS
195	Sungai Jeroan	25	456.53	55.43	56.05	55.94	-0.62	-0.51	BAGUS
196	Sungai Jeroan	24	456.53	55.42	56.01	55.84	-0.59	-0.42	BAGUS
197	Sungai Jeroan	23	456.53	55.41	56	55.95	-0.59	-0.54	BAGUS
198	Sungai Jeroan	22	456.53	55.4	55.95	56.17	-0.35	-0.37	BAGUS
199	Sungai Jeroan	21	456.53	55.4	56.02	56.11	-0.62	-0.71	BAGUS
200	Sungai Jeroan	20	456.53	55.39	56.11	56.09	-0.72	-0.7	BAGUS
201	Sungai Jeroan	19	456.53	55.39	56.13	56.14	-0.71	-0.75	BAGUS
202	Sungai Jeroan	18	456.53	55.38	55.62	56.27	-0.24	-0.89	BAGUS
203	Sungai Jeroan	17	456.53	55.37	56	56.42	-0.63	-0.75	BAGUS
204	Sungai Jeroan	16	456.53	55.36	56.05	56.06	-0.69	-0.7	BAGUS
205	Sungai Jeroan	15	456.53	55.34	56.11	55.94	-0.77	-0.6	BAGUS
206	Sungai Jeroan	14	456.53	55.32	56.16	55.99	-0.84	-0.67	BAGUS
207	Sungai Jeroan	13	456.53	55.32	56.04	55.94	-0.72	-0.62	BAGUS
208	Sungai Jeroan	12	456.53	55.32	56.12	56.53	-0.8	-1.21	BAGUS
209	Sungai Jeroan	11	456.53	55.31	56.16	56.12	-0.85	-0.81	BAGUS
210	Sungai Jeroan	10	456.53	55.3	56.27	56.17	-0.97	-0.87	BAGUS
211	Sungai Jeroan	9	456.53	55.29	56.31	56.2	-1.02	-0.91	BAGUS
212	Sungai Jeroan	8	456.53	55.27	56.29	56.18	-1.02	-0.91	BAGUS
213	Sungai Jeroan	7	456.53	55.28	56.28	56.33	-1.11	-1.05	BAGUS
214	Sungai Jeroan	6	456.53	55.27	55.94	56.3	-0.67	-1.03	BAGUS
215	Sungai Jeroan	5	456.53	55.27	56.12	56.29	-0.85	-1.02	BAGUS
216	Sungai Jeroan	4	456.53	55.27	56.2	56.29	-0.93	-1.02	BAGUS
217	Sungai Jeroan	3	456.53	55.27	56.83	56.33	-1.56	-1.06	BAGUS
218	Sungai Jeroan	2	456.53	55.24	56.81	56.25	-1.57	-1.01	BAGUS
219	Sungai Jeroan	1	456.53	55.23	56.56	56.13	-1.33	-0.9	BAGUS
220	Sungai Jeroan	0.5	456.53	55.22	55.56	56.16	-0.34	-0.94	BAGUS
221	Sungai Jeroan	0	456.53	55.9	53.05	54.01	5.05	4.99	BAGUS
222	Sungai Uneng	119	165.30	56.42	57.84	59.08	-1.42	-2.66	BAGUS
223	Sungai Uneng	118	165.30	56.41	57.83	57.56	-1.39	-1.12	BAGUS
224	Sungai Uneng	117	165.30	56.41	58.18	58.46	-1.77	-2.05	BAGUS
225	Sungai Uneng	116	165.30	56.41	58.03	58.12	-1.62	-1.71	BAGUS
226	Sungai Uneng	115	165.30	56.36	58.03	58.14	-1.67	-1.78	BAGUS
227	Sungai Uneng	114	165.30	56.38	57.73	58.04	-1.35	-1.66	BAGUS
228	Sungai Uneng	113	165.30	56.31	58.01	57.68	-1.17	-1.37	BAGUS
229	Sungai Uneng	112	165.30	56.33	57.68	58.24	-1.35	-1.91	BAGUS
230	Sungai Uneng	111	165.30	56.32	57.88	58.55	-1.66	-2.23	BAGUS
231	Sungai Uneng	110	165.30	56.33	57.81	58.00	-1.48	-1.67	BAGUS
232	Sungai Uneng	109	165.30	56.31	57.95	58.01	-1.64	-1.7	BAGUS
233	Sungai Uneng	108	165.30	56.29	58.83	58.07	-0.6	-1.78	BAGUS
234	Sungai Uneng	107	165.30	56.29	56.79	58.13	-0.5	-1.84	BAGUS
235	Sungai Uneng	106	165.30	56.28	56.55	58.15	-0.37	-1.87	BAGUS
236	Sungai Uneng	105	165.30	56.26	56.54	57.57	-0.28	-1.31	BAGUS
237	Sungai Uneng	104	165.30	56.24	56.53	57.62	-0.31	-1.38	BAGUS
238	Sungai Uneng	103	165.30	56.24	57.88	56.31	-1.34	-0.07	BAGUS
239	Sungai Uneng	102	165.30	56.23	57.59	56.28	-1.36	-0.05	BAGUS
240	Sungai Uneng	101	165.30	56.22	57.25	56.47	-0.93	-0.25	BAGUS

Lanjutan:

No.	River	River Sta.	Q 10 th (m ³ /s)	Elevasi Muka A.T. Sungai	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan	Beda tinggi ΔH kiri (m)	Beda tinggi ΔH kanan (m)	Keterangan
241	Sungai Uneng	100	165.30	56.21	57.01	56.21	0.0	0.0	BAGUS
242	Sungai Uneng	99	165.30	56.21	57.02	57.16	-0.81	-0.95	BAGUS
243	Sungai Uneng	98	165.30	56.20	56.63	57.49	-0.43	-1.29	BAGUS
244	Sungai Uneng	97	165.30	56.20	56.77	58.19	-0.52	-1.99	BAGUS
245	Sungai Uneng	96	165.30	55.87	57.50	57.86	-1.63	-1.99	BAGUS
246	Sungai Uneng	95	165.30	56.05	57.03	57.37	-0.98	-1.62	BAGUS
247	Sungai Uneng	94	165.30	56.03	56.93	57.15	-0.9	-1.12	BAGUS
248	Sungai Uneng	93	165.30	55.95	56.23	56.95	-0.28	1	BAGUS
249	Sungai Uneng	92	165.30	56.09	57.14	57.59	-0.15	-1.6	BAGUS
250	Sungai Uneng	91	165.30	55.93	57.26	57.81	-1.33	-1.88	BAGUS
251	Sungai Uneng	90	165.30	55.95	57.26	57.99	-1.31	-1.74	BAGUS
252	Sungai Uneng	89	165.30	55.94	57.38	57.18	-1.44	-1.24	BAGUS
253	Sungai Uneng	88	165.30	55.93	57.38	57.10	-1.45	-1.25	BAGUS
254	Sungai Uneng	87	165.30	55.93	56.55	57.18	-0.62	-1.25	BAGUS
255	Sungai Uneng	86	165.30	55.91	56.79	56.81	-0.88	-0.9	BAGUS
256	Sungai Uneng	85	165.30	55.90	56.94	56.48	-0.14	-0.58	BAGUS
257	Sungai Uneng	84	165.30	55.89	56.58	56.55	-0.69	-0.66	BAGUS
258	Sungai Uneng	83	165.30	55.89	56.53	56.39	-0.64	-0.31	BAGUS
259	Sungai Uneng	82	165.30	55.88	56.52	56.83	-0.64	-0.95	BAGUS
260	Sungai Uneng	81	165.30	55.88	56.47	56.70	-0.59	-0.82	BAGUS
261	Sungai Uneng	80	165.30	55.88	56.53	56.97	-0.65	-1.09	BAGUS
262	Sungai Uneng	79	165.30	55.85	56.70	56.66	-0.85	-0.81	BAGUS
263	Sungai Uneng	78	165.30	55.83	56.83	56.71	-1.1	-0.85	BAGUS
264	Sungai Uneng	77	165.30	55.84	57.06	57.13	-1.22	-1.29	BAGUS
265	Sungai Uneng	76	165.30	55.83	57.06	57.13	-1.23	-1.3	BAGUS
266	Sungai Uneng	75	165.30	55.83	56.67	56.96	-0.84	-1.13	BAGUS
267	Sungai Uneng	74	165.30	55.83	56.67	56.96	-0.84	-1.13	BAGUS
268	Sungai Uneng	73	165.30	55.80	56.51	56.72	-0.71	-0.92	BAGUS
269	Sungai Uneng	72	165.30	55.79	56.51	56.80	-0.72	-1.01	BAGUS
270	Sungai Uneng	71	165.30	55.78	56.24	56.36	-0.46	-0.78	BAGUS
271	Sungai Uneng	70	165.30	55.77	56.26	56.55	-0.49	-0.78	BAGUS
272	Sungai Uneng	69	165.30	55.78	56.46	56.49	-0.68	-0.71	BAGUS
273	Sungai Uneng	68	165.30	55.77	56.44	56.55	-0.67	-0.88	BAGUS
274	Sungai Uneng	67	165.30	55.77	56.69	56.76	-0.92	-0.99	BAGUS
275	Sungai Uneng	66	165.30	55.76	56.63	56.71	-0.89	-1.01	BAGUS
276	Sungai Uneng	65	165.30	55.76	56.29	56.04	-0.53	-0.28	BAGUS
277	Sungai Uneng	64	165.30	55.76	56.29	56.04	-0.53	-0.28	BAGUS
278	Sungai Uneng	63	165.30	55.74	56.09	56.05	-0.35	-0.31	BAGUS
279	Sungai Uneng	62	165.30	55.74	56.04	56.68	-0.3	-0.94	BAGUS
280	Sungai Uneng	61	165.30	55.74	56.31	56.33	-0.57	-0.59	BAGUS
281	Sungai Uneng	60	165.30	55.72	56.40	56.49	-0.68	-0.77	BAGUS
282	Sungai Uneng	59	165.30	55.72	56.13	56.19	-0.41	-0.47	BAGUS
283	Sungai Uneng	58	165.30	55.71	55.96	56.14	-0.25	-0.43	BAGUS
284	Sungai Uneng	57	165.30	55.71	55.85	56.08	0.06	-0.37	Perlu Penanganan
285	Sungai Uneng	56	165.30	55.71	55.94	56.35	0.07	-0.64	Perlu Penanganan
286	Sungai Uneng	55	165.30	55.72	55.28	55.31	0.44	0.41	Perlu Penanganan
287	Sungai Uneng	54	165.30	55.71	55.73	55.94	-0.02	-0.23	BAGUS
288	Sungai Uneng	52	165.30	55.68	56.19	55.90	-0.51	-0.22	BAGUS
289	Sungai Uneng	51	165.30	55.68	55.88	55.74	-0.2	-0.06	BAGUS
290	Sungai Uneng	50	165.30	55.69	55.85	55.84	-0.16	-0.15	BAGUS
291	Sungai Uneng	49	165.30	55.68	55.68	55.67	0	0.01	BAGUS
292	Sungai Uneng	48	165.30	55.68	55.75	55.79	-0.07	-0.11	BAGUS
293	Sungai Uneng	47	165.30	55.68	55.80	55.31	-0.12	0.37	BAGUS
294	Sungai Uneng	46	165.30	55.68	55.37	55.62	0.31	0.06	Perlu Penanganan
295	Sungai Uneng	45	165.30	55.67	55.39	54.99	0.28	0.68	Perlu Penanganan
296	Sungai Uneng	44	165.30	55.66	55.60	55.08	0.06	0.58	Perlu Penanganan
297	Sungai Uneng	43	165.30	55.65	55.48	55.10	0.19	0.54	Perlu Penanganan
298	Sungai Uneng	42	165.30	55.67	55.08	55.65	0.59	0.02	Perlu Penanganan
299	Sungai Uneng	41	165.30	55.66	55.88	55.77	0.26	-0.11	Perlu Penanganan
300	Sungai Uneng	40	165.30	55.66	55.13	55.08	0.53	0.58	Perlu Penanganan

Lanjutan:

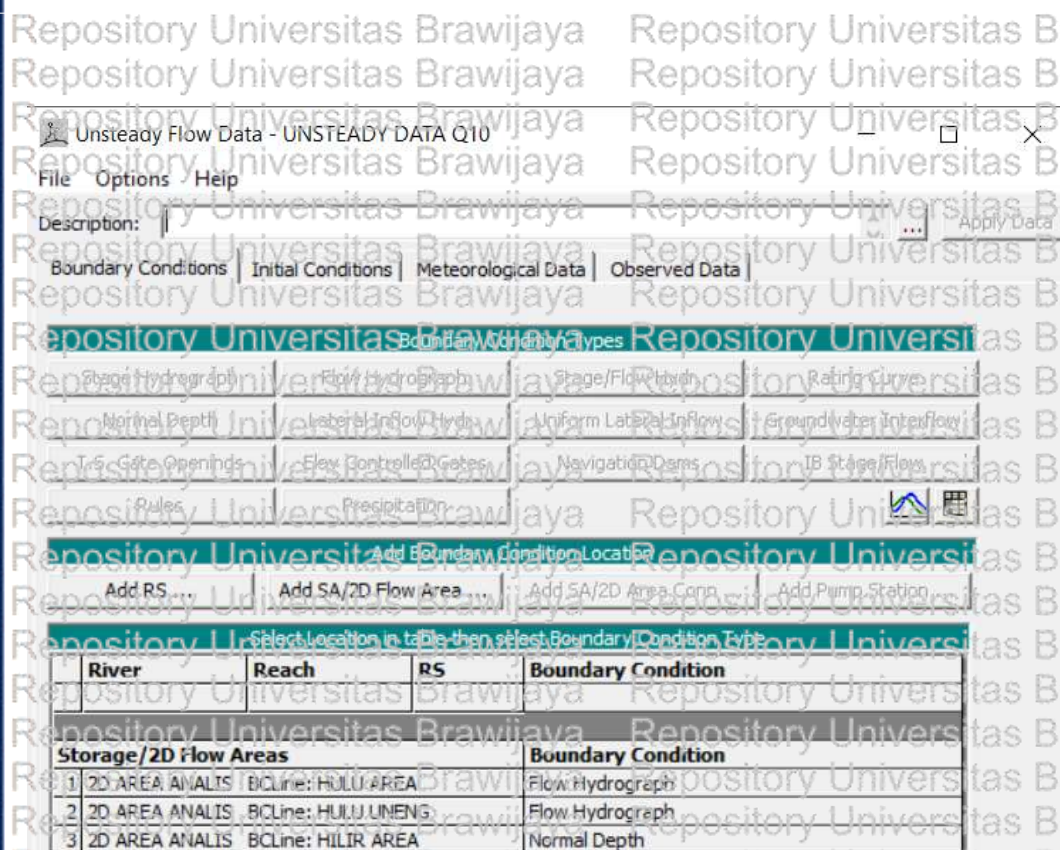
No.	River	River Sta.	Q 25 th (m ³ /dt)	Elevasi Muka Air Banjir	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan	Beda tinggi ΔH_{Niri} (m)	ΔH_{Kanan} (m)	Tinggi Kiri	Tinggi Kanan	Keterangan
301	Sungai Uneng	39	218.39	55.65	55.47	55.61	0.18	0.04	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
302	Sungai Uneng	38	218.39	55.65	55.17	55.65	0.48	0	Perlu Penanganan	BAGUS	
303	Sungai Uneng	37	218.39	55.65	54.59	55.18	0.06	0.47	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
304	Sungai Uneng	36	218.39	55.65	54.65	54.66	1	0.99	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
305	Sungai Uneng	35	218.39	55.65	54.99	55.17	0.66	0.49	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
306	Sungai Uneng	34	218.39	55.64	54.83	55.56	0.81	0.08	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
307	Sungai Uneng	33	218.39	55.64	55.26	54.88	0.46	0.76	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
308	Sungai Uneng	32	218.39	55.64	54.63	55.02	1.01	0.62	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
309	Sungai Uneng	31	218.39	55.64	54.47	55.13	0.22	0.51	Perlu Penanganan	Perlu Penanganan	
310	Sungai Uneng	30	218.39	55.64	55.63	554	0.01	-498.36	Perlu Penanganan	BAGUS	
311	Sungai Uneng	29	218.39	55.64	55.88	56.49	-0.14	-0.85	BAGUS	BAGUS	
312	Sungai Uneng	28	218.39	55.64	56.09	56.24	-0.45	-0.6	BAGUS	BAGUS	
313	Sungai Uneng	27	218.39	55.64	55.9	56.39	-0.26	-0.75	BAGUS	BAGUS	
314	Sungai Uneng	26	218.39	55.64	55.75	56.39	-0.11	-0.75	BAGUS	BAGUS	
315	Sungai Uneng	25	218.39	55.63	55.75	56.49	-0.12	-0.86	BAGUS	BAGUS	
316	Sungai Uneng	24	218.39	55.63	55.61	56.36	0.02	-0.73	Perlu Penanganan	BAGUS	
317	Sungai Uneng	23	218.39	55.63	55.94	56.39	-0.31	-0.76	BAGUS	BAGUS	
318	Sungai Uneng	22	218.39	55.63	56.2	56.1	-0.57	-0.47	BAGUS	BAGUS	
319	Sungai Uneng	21	218.39	55.63	55.98	56.2	-0.35	-0.57	BAGUS	BAGUS	
320	Sungai Uneng	20	218.39	55.63	56.07	56.16	-0.44	-0.53	BAGUS	BAGUS	
321	Sungai Uneng	19	218.39	55.63	56.09	56.3	-0.46	-0.67	BAGUS	BAGUS	
322	Sungai Uneng	18	218.39	55.63	56.11	56.12	-0.49	-0.49	BAGUS	BAGUS	
323	Sungai Uneng	17	218.39	55.63	56.02	56.6	-0.39	-0.97	BAGUS	BAGUS	
324	Sungai Uneng	16	218.39	55.62	56.28	56.18	-0.66	-0.56	BAGUS	BAGUS	
325	Sungai Uneng	15	218.39	55.63	55.89	55.9	-0.26	-0.27	BAGUS	BAGUS	
326	Sungai Uneng	14	218.39	55.62	55.95	55.73	-0.33	-0.11	BAGUS	BAGUS	
327	Sungai Uneng	13	218.39	55.62	56.04	56.07	-0.42	-0.45	BAGUS	BAGUS	
328	Sungai Uneng	12	218.39	55.62	55.84	56.14	-0.48	-0.52	BAGUS	BAGUS	
329	Sungai Uneng	11	218.39	55.62	55.71	56.27	-0.09	-0.65	BAGUS	BAGUS	
330	Sungai Uneng	10	218.39	55.62	55.84	56.23	-0.22	-0.61	BAGUS	BAGUS	
331	Sungai Uneng	9	218.39	55.62	55.84	55.88	-0.22	-0.26	BAGUS	BAGUS	
332	Sungai Uneng	8	218.39	55.62	55.83	55.99	-0.33	-0.37	BAGUS	BAGUS	
333	Sungai Uneng	7	218.39	55.62	55.82	55.83	-0.2	-0.21	BAGUS	BAGUS	
334	Sungai Uneng	6	218.39	55.62	55.85	56.15	-0.43	-0.53	BAGUS	BAGUS	
335	Sungai Uneng	5	218.39	55.62	55.77	56.24	-0.15	-0.62	BAGUS	BAGUS	
336	Sungai Uneng	4	218.39	55.61	55.81	56.54	0.7	0.93	BAGUS	BAGUS	
337	Sungai Uneng	3	218.39	55.61	58.46	58.29	-2.85	-2.68	BAGUS	BAGUS	
338	Sungai Uneng	2	218.39	55.61	56.72	57.40	-1.11	-1.87	BAGUS	BAGUS	
339	Sungai Uneng	1	218.39	55.61	56.09	56.46	-0.48	-0.85	BAGUS	BAGUS	
340	Sungai Uneng	0	218.39	55.61	55.92	56.46	-0.31	-0.85	BAGUS	BAGUS	

Sumber: Hasil Perhitungan

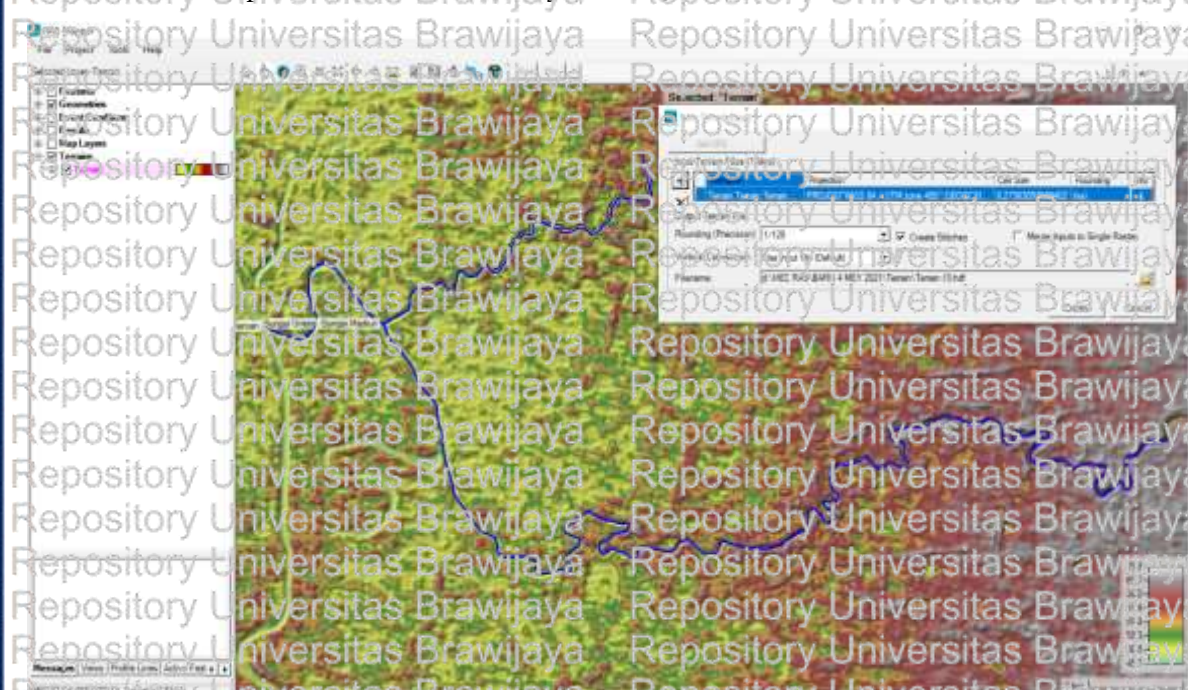
4.4.1.6. Analisa Genangan

Berdasarkan hasil simulasi eksisting (Q₁₀) Hec-Ras 6.0 maka didapatkan sebaran genangan pengaruh dari luapan Sungai Jeroan dan Sungai Uneng seperti terlihat pada Gambar 4.24. Berdasarkan hasil running pada skenario pertama dari bagian hulu Sungai Jeroan, luapan mulai terjadi pada patok 126 dan patok 57 pada Sungai Uneng, maka daerah sebaran genangan pada bagian hulu dibatasi oleh patok 126 untuk Sungai Jeroan dan patok 57 pada Sungai Uneng sampai ke hilir yaitu pertemuan antara Sungai Jeroan dan Sungai Madiun.

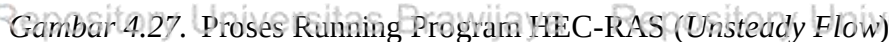
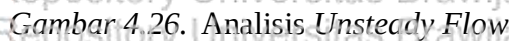
Untuk proses *running unsteady flow* program HEC-RAS 6.0 lihat Gambar 4.24, hingga Gambar 4.28.



Gambar 4.24. Input Data Debit Unsteady Flow Q_{10} tahun



Gambar 4.25. Input Data New Terrain Das Jeroran





Gambar 4.28. Sebaran Genangan Pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng (Q_{10th})

4.4.1.7. Verifikasi Tinggi Genangan

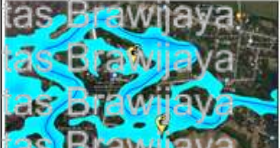
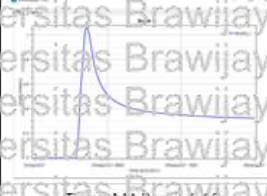
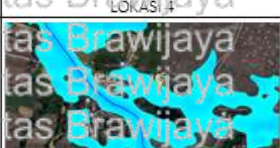
Pentingnya melakukan verifikasi kondisi eksisting di lapangan dengan bantuan program Hec Ras 6.0 diharapkan hasil dari pada model yang digunakan dapat menyerupai kondisi di lapangan.

Verifikasi dilakukan dengan metode pengukuran dan wawancara kepada warga di sekitar Sungai Jeroan (Form wawancara dicantumkan pada lampiran) untuk mengetahui perkiraan tinggi genangan yang pernah terjadi di beberapa titik koordinat yang telah ditentukan, dilakukan verifikasi sebagai berikut:

1. Berdasarkan catatan AWLR Sungai Jeroan (Tabel 4.40) tercatat bahwa kejadian banjir terbesar terjadi pada tanggal 14 April 2020 yaitu sebesar 283,423 $m^3/detik$. Hal ini selanjutnya dijadikan sebagai patokan verifikasi terhadap wawancara dilapangan dengan model Hec-Ras Q_{10th} Sungai Jeroan.
2. Untuk memastikan tinggi genangan antara model dengan wawancara dilapangan terjadi pada besarnya hujan pada hari yang sama maka data hasil wawancara kemudian dicocokkan dengan besarnya curah hujan harian maksimum yang digunakan pada model yaitu pada kala ulang Q_{10th} .

Tabel 4.43.

Verifikasi Hasil Wawancara dan Model Runing Hec Ras 6.0.

No	Koordinat	Desa	Peta Lokasi	Foto Kegiatan	Hasil Running Hec Ras	Hasil Wawancara	
1	7°33'8.27"S 111°34'53.46"E	Jalan Raya Balerejo RT.02/RW.01, Desa Gongbang, Kec. Balerejo, Kab. Madiun			 Tinggi MA Banjir 0.72	Menurut Bu Nana warga setempat yang berdomisili di dekat bangunan AWLR memberi kesaksian bahwa banjir bandang pada tahun 2019 mengakibatkan air meluap ke pemukiman warga hingga menutupi bangunan AWLR. Diperkirakan Mencapai tinggi ± 0.5 s/d 1 meter Hal serupa terjadi pada bulan April Tahun 2020 dan belum ada penanganan secara teknis.	Curah Hujan harian 14 april mencapai 180 mm (diperoleh dari data hujan St. Gamarang)
2	7°33'11.57"S 111°34'19.16"E	Kedungmaneng Desa Garon, Kec. Balerejo, Kab. Madiun			 Tinggi MA Banjir 1.12	Kesaksian dari Pak Yon petani desa setempat memberikan kesaksian bahwa banjir bulan april ditahun 2020 mencapai tinggi ± 1 s/d 1.5 meter mengakibatkan gagal panen selain itu mengalami kerugian materi disebabkan rumah yang terendam banjir.	Curah Hujan harian 14 april mencapai 180 mm (diperoleh dari data hujan St. Gamarang)
3	7°33'1.01"S 111°34'12.11"E	Kedungmaneng Desa Garon, Kec. Balerejo, Kab. Madiun			 Tinggi MA Banjir 0.48	Menurut Mas Arep kejadian banjir pada tahun 2019 diakibatkan karena ada tanggul yang jebol di sisi timur Sungai Jeroan mengakibatkan terjadinya luapan banjir hingga sampai ke perumahan warga mencapai tinggi ± 0.5 s/d 1 meter. Kejadian yang sama terjadi pada bulan april tahun 2020 saat memasuki musim penghujan.	Curah Hujan harian 14 april mencapai 180 mm (diperoleh dari data hujan St. Gamarang)
4	7°33'16.25"S 111°33'52.80"E	Dusun Mlaten RT.03/RW.02, Kec. Balerejo, kab. Madiun			 Tinggi MA Banjir 0.58	Menurut mbah Yem setiap tahun selalu mengalami dampak banjir hingga masuk ke rumahnya, kejadian terparah pada tahun 2007 mencapai ± 1.5 meter mengharuskan miban yem mengungsi ke tempat efakuasi Sementara pada bulan April tahun 2020 banjir yang terjadi kurang dari 0.5 meter.	Curah Hujan harian 14 april mencapai 180 mm (diperoleh dari data hujan St. Gamarang)
5	7°32'57.92"S 111°33'35.62"E	Dusun Pumpung, RT.02/RW.03, Kec. Balerejo Kab. Madiun			 Tinggi MA Banjir 1.11	Menurut Mas Dana kejadian banjir di tahun 2019 mengakibatkan dampak genangan mencapai ± 1 meter. Mengakibatkan kerugian materi serta warga setempat terpaksa di evakuasi ketempat pengungsian sementara. Dampak banjir ini menghambat juga beberapa ruas tol Solo-kertosono.	Curah Hujan harian 14 april mencapai 180 mm (diperoleh dari data hujan St. Gamarang)

Tabel 4.43 merupakan hasil verifikasi lapangan metode wawancara, yang mana rata-rata kejadian banjir terjadi pada bulan april tahun 2020. Dari hasil verifikasi lapangan dengan hasil running model Hec-Ras memiliki kemiripan sehingga dapat dianggap mewakili kejadian banjir pada model Hec-Ras 6.0.

4.4.1.8. Volume Kapasitas Sungai

Dalam kaitannya dengan mencari volume kapasitas sungai maka dengan memanfaatkan fungsi dari Hec-Ras. Perhitungan eksisting kapasitas sungai selengkapnya teruang dalam sajian Tabel 4.44 berikutnya, yakni:

Tabel 4.44.

Perhitungan Volume Kapasitas Sungai Jeroan

No	Reach	River Sta	Luas Penampang (m ²)	Channel (m)	Luas Penampang Rerata (m ²)	Volume (m ³)
1	Sungai Jeroan	135	168.43	49.01	134.515	6,592.58
2	Sungai Jeroan	134	100.6	44.76	137.19	6,140.18
3	Sungai Jeroan	133	173.76	70.34	174.31	12,260.97
4	Sungai Jeroan	132	174.86	81.17	165.89	13,465.29
5	Sungai Jeroan	131	156.92	36.45	158.69	5,784.25
6	Sungai Jeroan	130	160.46	38.36	136.48	5,235.37
7	Sungai Jeroan	129	112.5	64.24	110.92	7,125.50
8	Sungai Jeroan	128	109.34	74.65	120.165	8,970.32
9	Sungai Jeroan	127	130.99	38.25	159.785	6,111.78
10	Sungai Jeroan	126	188.58	43.71	207.3	9,061.08
11	Sungai Jeroan	125	226.02	50.77	182.05	9,242.68
12	Sungai Jeroan	124	138.08	62.41	136.565	8,523.02
13	Sungai Jeroan	123	135.05	75.55	151.33	11,432.98
14	Sungai Jeroan	122	167.61	77.74	150.185	11,675.38
15	Sungai Jeroan	121	132.76	26.95	163.68	4,411.18
16	Sungai Jeroan	120	194.6	54.27	235.55	12,783.30
17	Sungai Jeroan	119	276.5	88.7	252.505	22,397.19
18	Sungai Jeroan	118	228.51	102.46	243.41	24,939.79
19	Sungai Jeroan	117	258.31	89.91	264.08	23,743.43
20	Sungai Jeroan	116	269.85	95.73	252.54	24,175.65
21	Sungai Jeroan	115	235.23	93.6	238.31	22,305.82
22	Sungai Jeroan	114	241.39	68.19	241.14	16,443.34
23	Sungai Jeroan	113	240.89	52.81	237.25	12,529.17
24	Sungai Jeroan	112	233.61	42.53	227.9	9,692.59
25	Sungai Jeroan	111	222.19	38.62	219.06	8,460.10
26	Sungai Jeroan	110	215.93	30.87	217.295	6,707.90
27	Sungai Jeroan	109	218.66	36.47	229.62	8,374.24
28	Sungai Jeroan	108	240.58	55.25	171.645	9,483.39
29	Sungai Jeroan	107	102.71	85.67	137.54	11,783.05
30	Sungai Jeroan	106	172.37	111.95	151.785	16,992.33

Lanjutan.

No	Reach	River Sta	Luas Penampang (m ²)	Channel (m)	Luas Penampang Rerata (m ²)	Volume (m ³)
31	Sungai Jeroan	105	131.2	48.86	174.54	8,528.02
32	Sungai Jeroan	104	217.88	41.2	197.27	8,127.52
33	Sungai Jeroan	103	176.66	50.65	167.16	8,466.65
34	Sungai Jeroan	102	157.66	58.17	181.78	10,574.14
35	Sungai Jeroan	101	205.9	67.66	218.655	14,794.20
36	Sungai Jeroan	100	231.41	30.24	225.88	6,830.61
37	Sungai Jeroan	99	220.35	47.72	212.635	10,146.94
38	Sungai Jeroan	96	204.92	57.73	356.315	20,570.06
39	Sungai Jeroan	95	507.71	113.07	366.885	41,483.69
40	Sungai Jeroan	94	226.06	40.52	245.565	9,950.29
41	Sungai Jeroan	93	265.07	105.29	227.755	23,980.32
42	Sungai Jeroan	92	190.44	121.36	203.995	24,756.83
43	Sungai Jeroan	91	217.55	90.59	215.945	19,562.46
44	Sungai Jeroan	90	214.34	37.75	227.235	8,578.12
45	Sungai Jeroan	89	240.13	45.5	217.29	9,886.70
46	Sungai Jeroan	88	194.45	44.47	202.44	9,002.51
47	Sungai Jeroan	87	210.43	95.67	203.72	19,489.89
48	Sungai Jeroan	86	197.01	78.28	157.75	12,348.67
49	Sungai Jeroan	85	118.49	178.06	147.655	26,291.45
50	Sungai Jeroan	84	176.82	162.47	262.025	42,571.20
51	Sungai Jeroan	83	347.23	103.66	265.52	27,523.80
52	Sungai Jeroan	82	183.81	81	177.25	14,357.25
53	Sungai Jeroan	81	170.69	131.25	177.49	23,295.56
54	Sungai Jeroan	80	184.29	95.57	176.595	16,877.18
55	Sungai Jeroan	79	168.9	43.91	203.255	8,924.93
56	Sungai Jeroan	78	237.61	77.01	263.915	20,324.09
57	Sungai Jeroan	77	290.22	80.98	259.705	21,030.91
58	Sungai Jeroan	76	229.19	121.5	216.14	26,261.01
59	Sungai Jeroan	75	203.09	84.98	190.605	16,197.61
60	Sungai Jeroan	74	178.12	28.92	204.495	5,914.00
61	Sungai Jeroan	73	230.87	28.1	234.875	6,599.99
62	Sungai Jeroan	72	238.88	63.74	242.035	15,427.31
63	Sungai Jeroan	71	245.19	116.02	235.09	27,275.14
64	Sungai Jeroan	70	224.99	59.01	205.745	12,141.01
65	Sungai Jeroan	69	186.5	40.82	199.34	8,137.06
66	Sungai Jeroan	68	212.18	30.42	215.1	6,543.34
67	Sungai Jeroan	67	218.02	10.64	286.52	3,048.57
68	Sungai Jeroan	66	355.02	43.15	340.01	14,671.43
69	Sungai Jeroan	65	325	42.05	269.335	11,325.54
70	Sungai Jeroan	64	213.67	102.53	225.56	23,126.67
71	Sungai Jeroan	63	237.45	82.83	228.435	18,921.27
72	Sungai Jeroan	62	219.42	63.81	209.95	13,396.91
73	Sungai Jeroan	61	200.48	35.2	190.195	6,694.86
74	Sungai Jeroan	60	179.91	38.35	222.495	8,532.68
75	Sungai Jeroan	59	265.08	82.81	259.165	21,461.45
76	Sungai Jeroan	58	253.25	110.13	241.405	26,585.93
77	Sungai Jeroan	57	229.56	114.71	212.62	24,389.64
78	Sungai Jeroan	56	195.68	93.31	187.995	17,541.81
79	Sungai Jeroan	55	180.31	32.57	202.045	6,580.61
80	Sungai Jeroan	54	223.78	34.35	213.21	7,323.76

Lanjutan:

No	Reach	River Sta	Luas Penampang (m ²)	Channel (m)	Luas Penampang Rerata (m ²)	Volume (m ³)
81	Sungai Jeroan	53	202.64	91.8	204.555	18,778.15
82	Sungai Jeroan	52	206.47	57.06	178.42	10,180.65
83	Sungai Jeroan	51	150.37	69.62	160.135	11,148.60
84	Sungai Jeroan	50	169.9	70.74	172.905	12,231.30
85	Sungai Jeroan	49	175.91	117.97	184.455	21,760.16
86	Sungai Jeroan	48	193	80.74	233.645	18,864.50
87	Sungai Jeroan	47	274.29	60.34	270.995	16,351.84
88	Sungai Jeroan	46	267.7	98.02	272.09	26,670.26
89	Sungai Jeroan	45	276.48	96.26	267.845	25,782.76
90	Sungai Jeroan	44	259.21	121.11	275.965	33,422.12
91	Sungai Jeroan	43	292.72	80.4	211.975	17,042.79
92	Sungai Jeroan	42	131.23	82.63	237.53	19,627.10
93	Sungai Jeroan	41	343.83	101.54	360.605	36,615.83
94	Sungai Jeroan	40	377.38	101.99	448.66	45,758.83
95	Sungai Jeroan	39	519.94	105.04	572.045	60,087.61
96	Sungai Jeroan	36	624.15	107.3	583.48	62,607.40
97	Sungai Jeroan	35	542.81	118.05	503.235	59,406.89
98	Sungai Jeroan	34	463.66	95.39	499.71	47,667.34
99	Sungai Jeroan	33	535.76	97.78	467.3	45,692.59
100	Sungai Jeroan	32	398.84	99.1	390.18	38,666.84
101	Sungai Jeroan	31	331.52	104.8	369.84	38,759.23
102	Sungai Jeroan	30	358.16	113.77	389.505	44,313.98
103	Sungai Jeroan	29	420.85	92.17	428.915	39,533.10
104	Sungai Jeroan	28	436.98	93.81	405.335	38,024.48
105	Sungai Jeroan	27	373.69	118.37	441.5	52,260.36
106	Sungai Jeroan	26	509.31	88.75	475.67	42,215.71
107	Sungai Jeroan	25	442.03	55.03	434.79	23,926.49
108	Sungai Jeroan	24	427.55	100.1	410.075	41,048.51
109	Sungai Jeroan	23	392.6	99.78	378.555	37,772.22
110	Sungai Jeroan	22	364.51	94.53	378.805	35,808.44
111	Sungai Jeroan	21	393.1	92.48	417.595	38,619.19
112	Sungai Jeroan	20	442.09	102.82	422.575	43,449.16
113	Sungai Jeroan	19	403.06	106.76	431.625	46,080.29
114	Sungai Jeroan	18	460.19	143.44	446.555	64,053.85
115	Sungai Jeroan	17	432.92	170.48	463.485	79,014.92
116	Sungai Jeroan	16	494.05	156.52	456.65	71,474.86
117	Sungai Jeroan	15	419.25	119.74	392.025	46,941.07
118	Sungai Jeroan	14	364.8	86.28	337.625	29,130.29
119	Sungai Jeroan	13	310.45	97.57	346.545	33,812.40
120	Sungai Jeroan	12	382.64	38.87	406.075	15,784.14
121	Sungai Jeroan	11	429.51	39.46	393.645	15,533.23
122	Sungai Jeroan	10	357.78	39.9	347.415	13,861.86
123	Sungai Jeroan	9	337.05	37.41	327.51	12,252.15
124	Sungai Jeroan	8	317.97	46.6	297.01	13,840.67
125	Sungai Jeroan	7	276.05	41.75	316.95	13,232.66
126	Sungai Jeroan	6	357.85	75.61	352.02	26,616.23
127	Sungai Jeroan	5	346.19	48.02	358.235	17,202.44
128	Sungai Jeroan	4	370.28	45.71	374.415	17,114.51
129	Sungai Jeroan	3	378.55	46.64	392.79	18,319.73
130	Sungai Jeroan	2	407.03	43.62	359.23	15,669.61
131	Sungai Jeroan	1	311.43	50.38	296.62	14,943.72
132	Sungai Jeroan	0.5	281.81	123.5	162.445	20,061.96
Jumlah						2,842,250.46

Tabel 4.45.
Perhitungan Volume Kapasitas Sungai Uneng

No	Reach	River Sta	Luas Penampang (m ²)	Channel (m)	Luas Penampang Rerata (m ²)	Volume (m ³)
1	Sungai Uneng	119	43.08	40.08	51.515	2,064.72
2	Sungai Uneng	118	59.95	67.04	57.94	3,884.30
3	Sungai Uneng	117	55.93	62.71	60.105	3,769.18
4	Sungai Uneng	116	64.28	67.51	59.845	4,040.14
5	Sungai Uneng	115	55.41	61.65	69.18	4,264.95
6	Sungai Uneng	114	82.95	47.26	66.605	3,147.75
7	Sungai Uneng	113	50.26	39.68	63.625	2,524.64
8	Sungai Uneng	112	76.99	41.97	75.05	3,149.85
9	Sungai Uneng	111	73.11	29.75	79.85	2,375.54
10	Sungai Uneng	110	86.59	29.46	81.875	2,412.04
11	Sungai Uneng	109	77.16	47.63	74.72	3,558.91
12	Sungai Uneng	108	72.28	59.73	78.245	4,673.57
13	Sungai Uneng	107	84.21	56.52	89.285	5,046.39
14	Sungai Uneng	106	94.36	50.07	83.785	4,195.11
15	Sungai Uneng	105	73.21	48.13	72.94	3,510.60
16	Sungai Uneng	104	72.67	41.9	78.335	3,282.24
17	Sungai Uneng	103	84	55.6	83.75	4,656.50
18	Sungai Uneng	102	83.5	59.16	85.155	5,037.77
19	Sungai Uneng	101	86.81	62.32	85.505	5,328.67
20	Sungai Uneng	100	84.2	54.54	87.3	4,761.34
21	Sungai Uneng	99	90.4	41.83	91.49	3,827.03
22	Sungai Uneng	98	92.58	25.9	94.495	2,447.42
23	Sungai Uneng	97	96.41	32.92	58.14	1,913.97
24	Sungai Uneng	96	19.87	52.89	53.095	2,808.19
25	Sungai Uneng	95	86.32	55.49	79.415	4,406.74
26	Sungai Uneng	94	72.51	44.56	59.51	2,651.77
27	Sungai Uneng	93	46.51	49.61	65.86	3,267.31
28	Sungai Uneng	92	85.21	55.85	69.44	3,878.22
29	Sungai Uneng	91	53.67	44.51	71.65	3,189.14
30	Sungai Uneng	90	89.63	62.33	89.34	5,568.56
31	Sungai Uneng	89	89.05	62.39	88.765	5,538.05
32	Sungai Uneng	88	88.48	41.31	99.75	4,120.67
33	Sungai Uneng	87	111.02	38.56	97.49	3,759.21
34	Sungai Uneng	86	83.96	40.35	81.09	3,271.58
35	Sungai Uneng	85	78.2	38.55	78.09	3,010.37
36	Sungai Uneng	84	77.98	44.34	81.82	3,627.90
37	Sungai Uneng	83	85.66	41.92	85.58	3,587.51
38	Sungai Uneng	82	85.5	47.44	92	4,364.48
39	Sungai Uneng	81	98.5	54.54	98.34	5,363.46
40	Sungai Uneng	80	98.18	57.89	88.17	5,104.16
41	Sungai Uneng	79	78.16	64.51	77.835	5,021.14
42	Sungai Uneng	78	77.51	33	86.505	2,854.67
43	Sungai Uneng	77	95.5	37.39	95.4	3,567.01
44	Sungai Uneng	76	95.3	52.95	99.955	5,292.62
45	Sungai Uneng	75	104.61	58	104.51	6,061.58
46	Sungai Uneng	74	104.41	79.74	94.095	7,503.14
47	Sungai Uneng	73	83.78	71.38	83.62	5,968.80
48	Sungai Uneng	72	83.46	51.32	80.27	4,119.46
49	Sungai Uneng	71	77.08	43.41	76.995	3,342.35
50	Sungai Uneng	70	76.91	49	89.135	4,367.62

Lanjutan:

No	Reach	River Sta	Luas Penampang (m ²)	Channel (m)	Luas Penampang Rerata (m ²)	Volume (m ³)
51	Sungai Uneng	69	101.36	55.33	101.225	5,600.78
52	Sungai Uneng	68	101.09	68.35	104.39	7,135.06
53	Sungai Uneng	67	107.69	25.17	107.635	2,709.17
54	Sungai Uneng	66	107.58	29.04	109.18	3,170.59
55	Sungai Uneng	65	110.78	63.22	110.605	6,992.45
56	Sungai Uneng	64	110.43	46.96	101.105	4,747.89
57	Sungai Uneng	63	91.78	60.28	108.84	6,560.83
58	Sungai Uneng	62	125.9	69.12	129.36	8,941.36
59	Sungai Uneng	61	132.82	39.39	117.84	4,641.72
60	Sungai Uneng	60	102.86	51.64	116.66	6,024.32
63	Sungai Uneng	57	130.46	32.62	126.45	4,124.80
64	Sungai Uneng	56	122.44	58.73	161.975	9,512.79
65	Sungai Uneng	55	201.51	34.51	195.3	6,739.80
66	Sungai Uneng	54	189.09	44.68	148.675	6,642.80
67	Sungai Uneng	52	108.26	57.39	113.055	6,488.23
68	Sungai Uneng	51	117.85	63.28	135.275	8,560.20
69	Sungai Uneng	50	152.7	52.03	147.83	7,691.59
70	Sungai Uneng	49	142.96	30.73	141.725	4,355.21
71	Sungai Uneng	48	140.49	63.34	164.31	10,407.40
72	Sungai Uneng	47	188.13	53.32	190.475	10,156.13
73	Sungai Uneng	46	192.82	55.03	187.35	10,309.87
74	Sungai Uneng	45	181.88	43.57	160.37	6,987.32
75	Sungai Uneng	44	138.86	28.31	161.845	4,581.83
76	Sungai Uneng	43	184.83	31.81	191.87	6,103.38
77	Sungai Uneng	42	198.91	35.41	188.045	6,658.67
78	Sungai Uneng	41	177.18	78.63	179.345	14,101.90
79	Sungai Uneng	40	181.51	76.73	163.38	12,536.15
80	Sungai Uneng	39	145.25	47.54	152.54	7,251.75
81	Sungai Uneng	38	159.83	53.07	173.06	9,184.29
82	Sungai Uneng	37	186.29	31.01	199.255	6,178.90
83	Sungai Uneng	36	212.22	34.54	205.13	7,085.19
84	Sungai Uneng	35	198.04	52.71	181.34	9,558.43
85	Sungai Uneng	34	164.64	45.98	180.855	8,315.71
86	Sungai Uneng	33	197.07	51.95	213.085	11,069.77
87	Sungai Uneng	32	229.1	58.41	230.395	13,457.37
88	Sungai Uneng	31	231.69	77.41	285.655	22,112.55
89	Sungai Uneng	30	339.62	76.27	321.47	24,518.52
90	Sungai Uneng	29	303.32	50.6	303.045	15,334.03
91	Sungai Uneng	28	302.77	31.05	306.99	9,532.04
92	Sungai Uneng	27	311.21	38.7	332.975	12,886.13
93	Sungai Uneng	26	354.74	43.62	301.95	13,171.06
94	Sungai Uneng	25	249.16	60.5	257.08	15,553.34
95	Sungai Uneng	24	265	74.7	254.35	18,999.95
96	Sungai Uneng	23	243.7	60.85	260.265	15,837.13
97	Sungai Uneng	22	276.83	33.14	276.62	9,167.19
98	Sungai Uneng	21	276.41	29.04	276.62	8,033.04
99	Sungai Uneng	20	276.83	34.73	274.47	9,532.34
100	Sungai Uneng	19	272.11	37.1	283.115	10,503.57

Lanjutan:

No	Reach	River Sta	Luas Penampang (m ²)	Channel (m)	Luas Penampang Rerata (m ²)	Volume (m ³)
101	Sungai Uneng	18	294.12	65.42	295.04	19,301.52
102	Sungai Uneng	17	295.96	73.3	278.34	20,402.32
103	Sungai Uneng	16	260.72	40	315.865	12,634.60
104	Sungai Uneng	15	371.01	35.03	345.975	12,119.50
105	Sungai Uneng	14	320.94	42.14	332.935	14,029.88
106	Sungai Uneng	13	344.93	49.22	339.39	16,704.78
107	Sungai Uneng	12	333.85	64.16	350.58	22,500.22
108	Sungai Uneng	11	367.31	55.64	324.675	18,064.92
109	Sungai Uneng	10	282.04	38.49	296.815	11,039.51
110	Sungai Uneng	9	291.59	36.9	303.115	11,184.94
111	Sungai Uneng	8	314.64	37.32	288.935	10,783.05
112	Sungai Uneng	7	263.23	38.88	269.645	10,483.80
113	Sungai Uneng	6	276.06	41.9	284.64	11,926.42
114	Sungai Uneng	5	293.22	61.35	293.95	18,033.83
115	Sungai Uneng	4	294.68	67.58	272.54	18,418.25
116	Sungai Uneng	3	250.4	53.58	257.05	13,772.74
117	Sungai Uneng	2	263.7	49.28	295.305	14,552.63
118	Sungai Uneng	1	326.91	54.5	318.935	17,381.96
119	Sungai Uneng	0	310.96	0	310.96	310.96
Jumlah						723,410.47

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.44 dan 4.45 diperoleh besar volume kapasitas sungai adalah sebagai berikut:

→ Sungai Jeroan = 2.842.250,46 m³

→ Sungai Uneng = 723.410,47 m³

Maka total volume kapasitas daya tampung sungai adalah sebesar 3.565.660,93 m³

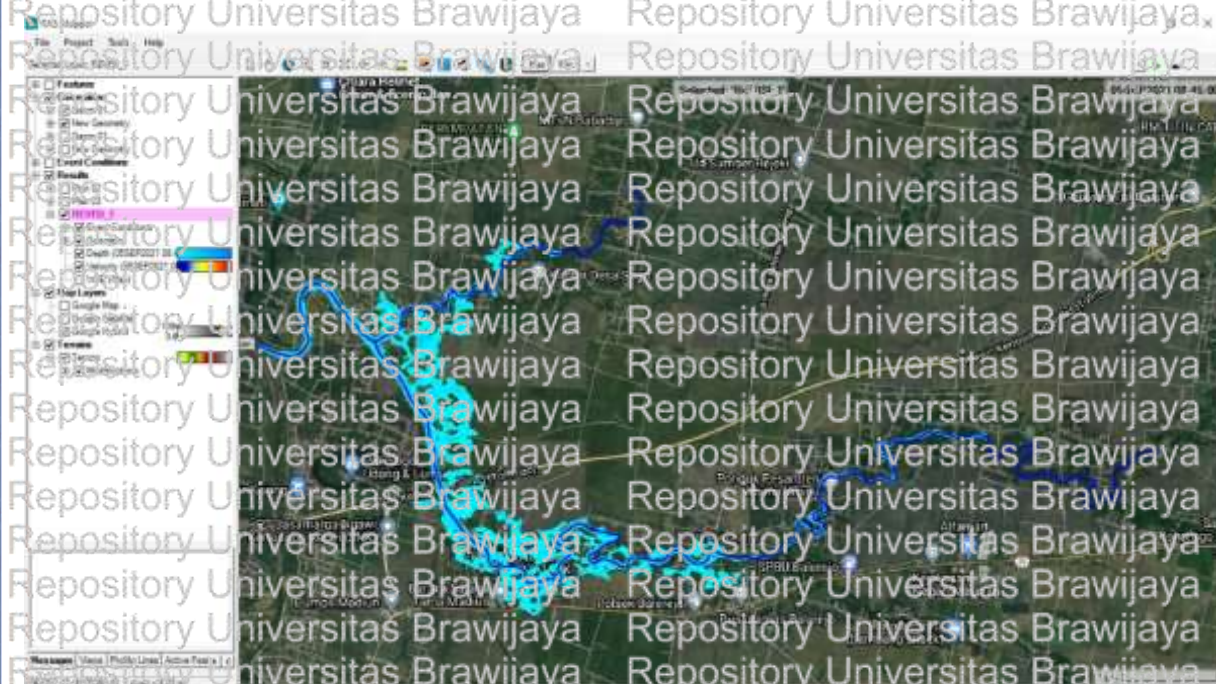
4.4.2. Alternatif Penanggulangan Banjir

Dalam studi ini upaya penanggulangan banjir dengan berpedoman pada prinsip konservasi air. Selain itu juga alternatif penanggulangan ditentukan dengan memperhatikan peraturan yang ditetapkan Pemerintah nomor 38 pada tahun 2011 tentang Sungai pada pasal 42 menjelaskan bahwa penetapan batas dataran banjir dilakukan dengan kala ulang 50 tahun.

Oleh karena pertimbangan di atas maka penting untuk mengetahui seberapa besar sebaran genangan dan volume genangan yang terjadi pada pemodelan Hec Ras yakni melalui pemanfaatan debit rancangan kala ulang 50 tahun (Q_{50th}) untuk selanjutnya digunakan sebagai acuan penentuan alternatif penanggulangan banjir.

A. Penentuan Genangan dengan Program Hec Ras (Kala Ulang 50 th)

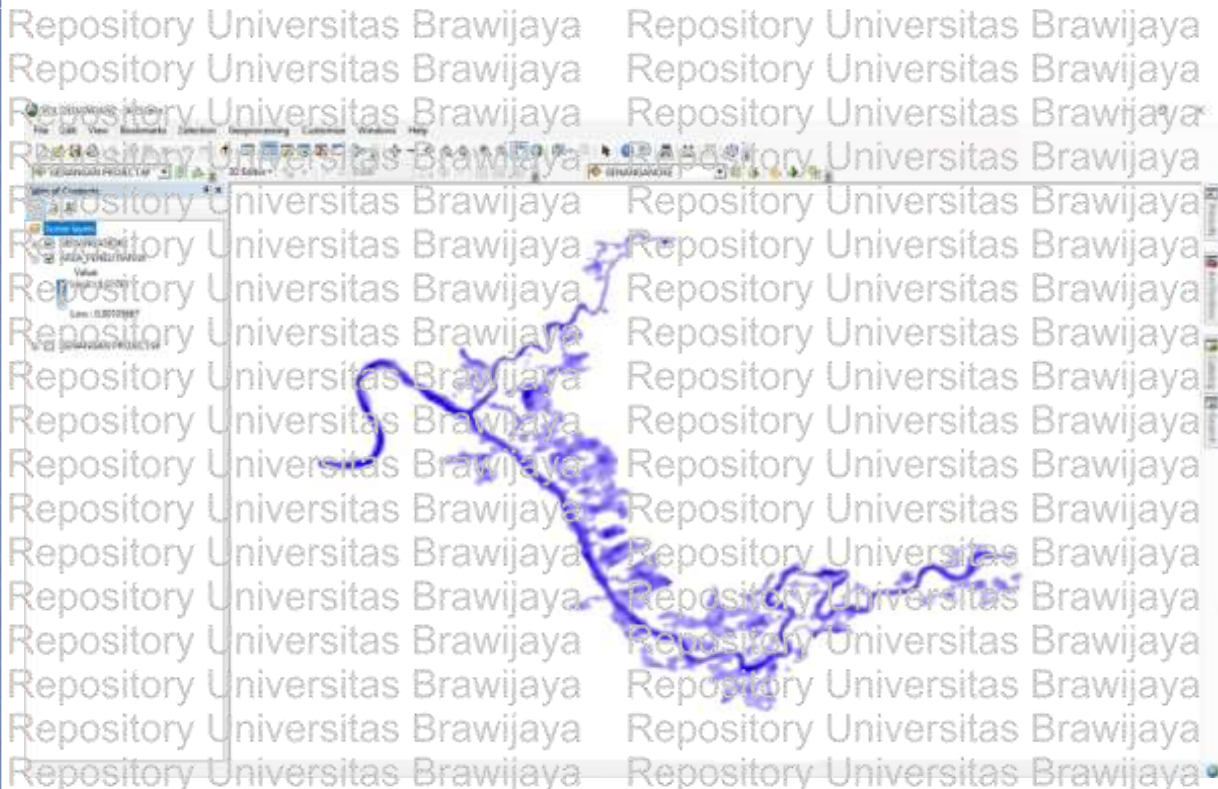
Berdasarkan hasil simulasi eksisting (Q_{50th}) Hec-Ras 6.0 maka didapatkan penelusuran genangan Sungai Jeroan dan Uneng seperti terlihat pada Gambar 4.29, luapan mulai terjadi pada patok 135 dan patok 57 pada sungai Uneng.



Gambar 4.29. Sebaran Genangan Pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng (Q_{50th})

Dari Gambar 4.29 bisa didapatkan volume dan luas total genangan yang terjadi akibat luapan Sungai Jeroan dan Sungai Uneng dengan bantuan aplikasi ArcScene. Tahapan untuk memperoleh hasil volume genangan pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng adalah sebagai berikut:

1. Klik tombol *Add Data* untuk memasukan data terrain dari hasil genangan yang diperoleh pada aplikasi Hec Ras 6.0 seperti terlihat pada gambar 4.30.
2. Klik kanan pada file terrain lalu pilih *Properties*, kemudian atur *Base Heights* sesuai kebutuhan.
3. Klik *Ok*.
4. Selanjutnya pada menu *ArcToolbox*, klik *3D Analyst Tools*, klik *Functional Surface* dan pilih *Surface Volume*.
5. Selanjutnya mengisi tabel sesuai kebutuhan dan klik *Ok*.



Gambar 4.30. Sebaran dan Volume Genangan dengan Aplikasi ArcScene

6. Hasil luas genangan dan volume genangan Sungai Jeroan dan Sungai Uneng dapat dituangkan melalui sajian Tabel 4.46 yakni berupa:

Tabel 4.46.

Volume Genangan Sungai Jeroan dan Sungai Uneng

VOLUME GENANGAN_R3				
Unikid	Reference	Area_2D	Area_3D	Volume
1	ABOVE	1566272.396086	1608809.584556	7252615.307121

Berdasarkan Tabel 4.46 menunjukkan total volume genangan yang dihasilkan dari pemodelan dengan bantuan aplikasi ArcScene adalah sebesar $7.252.615,31 \text{ m}^3$.

Untuk mengetahui berapa besar jumlah volume genangan akibat luapan yang terjadi pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng maka hasil total Volume Genangan dikurangi dengan Volume Kapasitas Sungai (disajikan dalam Tabel 4.47):

Tabel 4.47.

Rekapitulasi Volume Genangan pada Sungai Jeroran dan Sungai Uneng

No	Keterangan	Satuan	Besaran
1	Volume Genangan	m ³	7.252.615,31
2	Volume Kapasitas Sungai	m ³	3.565.660,93
3	Volume Genangan di Lahan	m ³	3.686.954,38

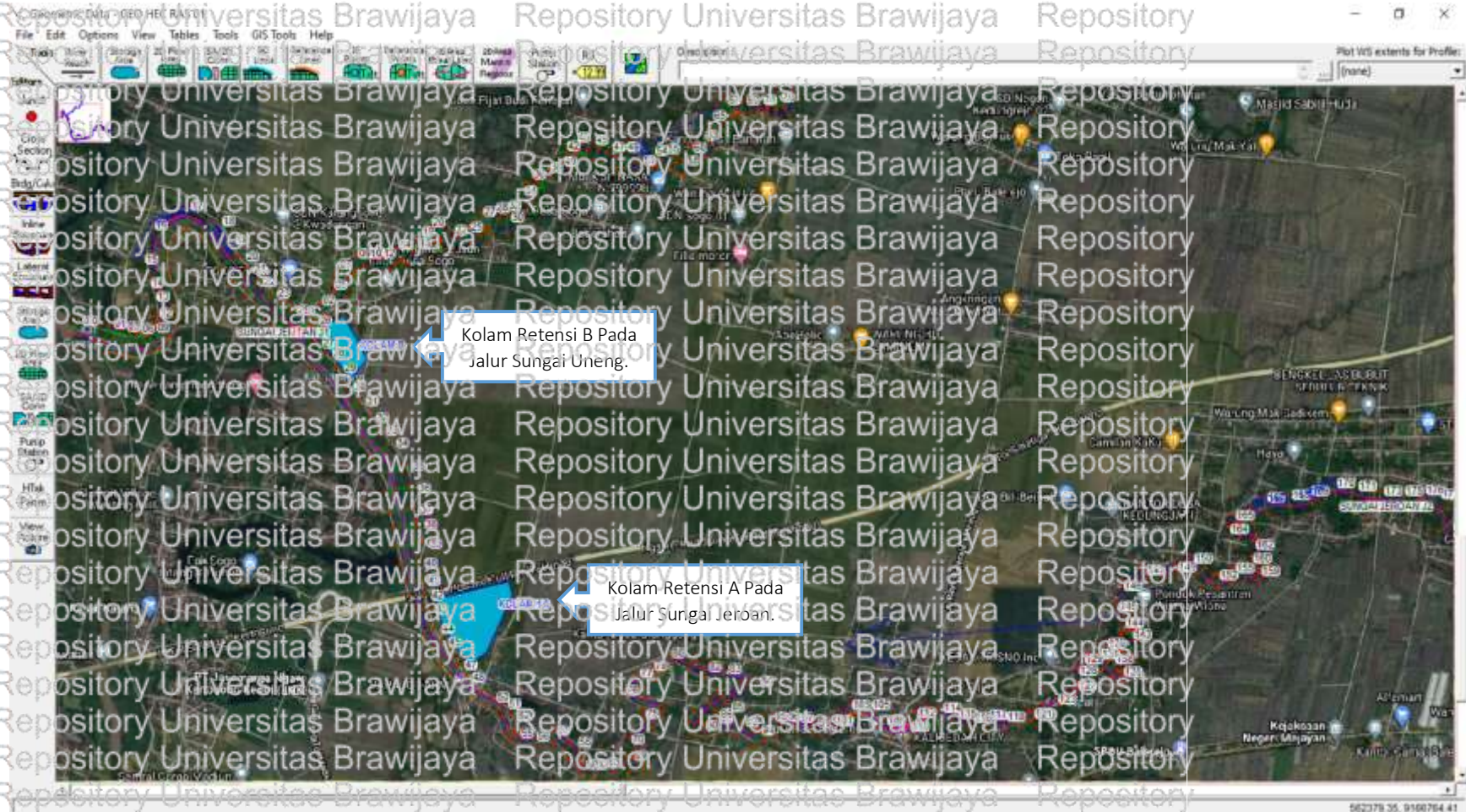
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.47 dapat disimpulkan bahwa volume genangan yang harus direduksi agar tidak terjadi luapan pada lahan dan pemukiman warga adalah sebesar 3,686,954.38 m³.

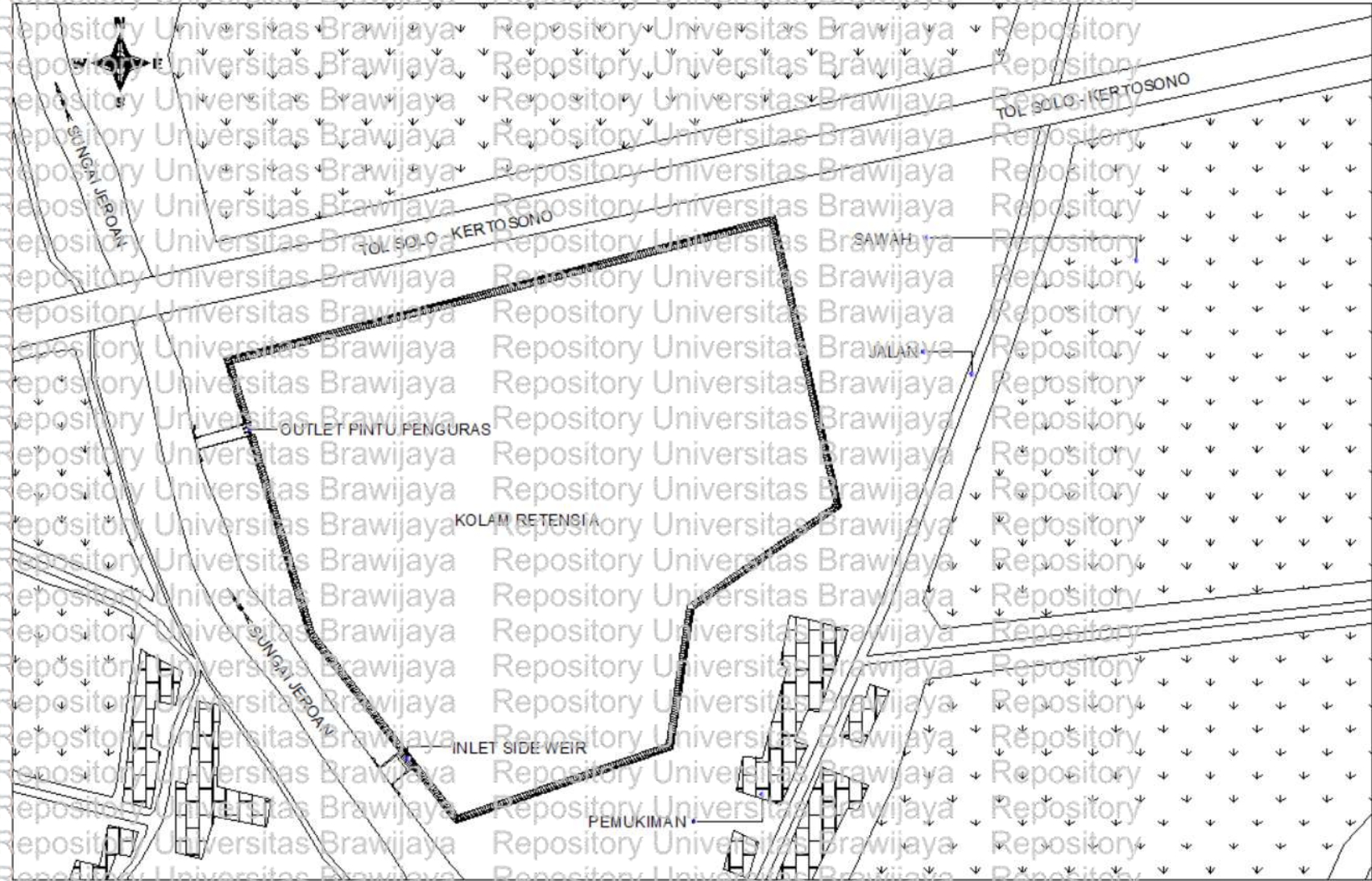
B. Alternatif Penanggulangan (Kala Ulang 50 Tahun)

Alternatif pertama yang akan diterapkan adalah dengan menggunakan kolam retensi. Kolam retensi dengan kemampuan memangkas puncak banjir sehingga berpeluang langsung mengatasi luapan yang terjadi pada tumpungan sungai. Adapun rekomendasi lokasi kolam retensi disajikan pada Gambar 4.31, diantaranya:

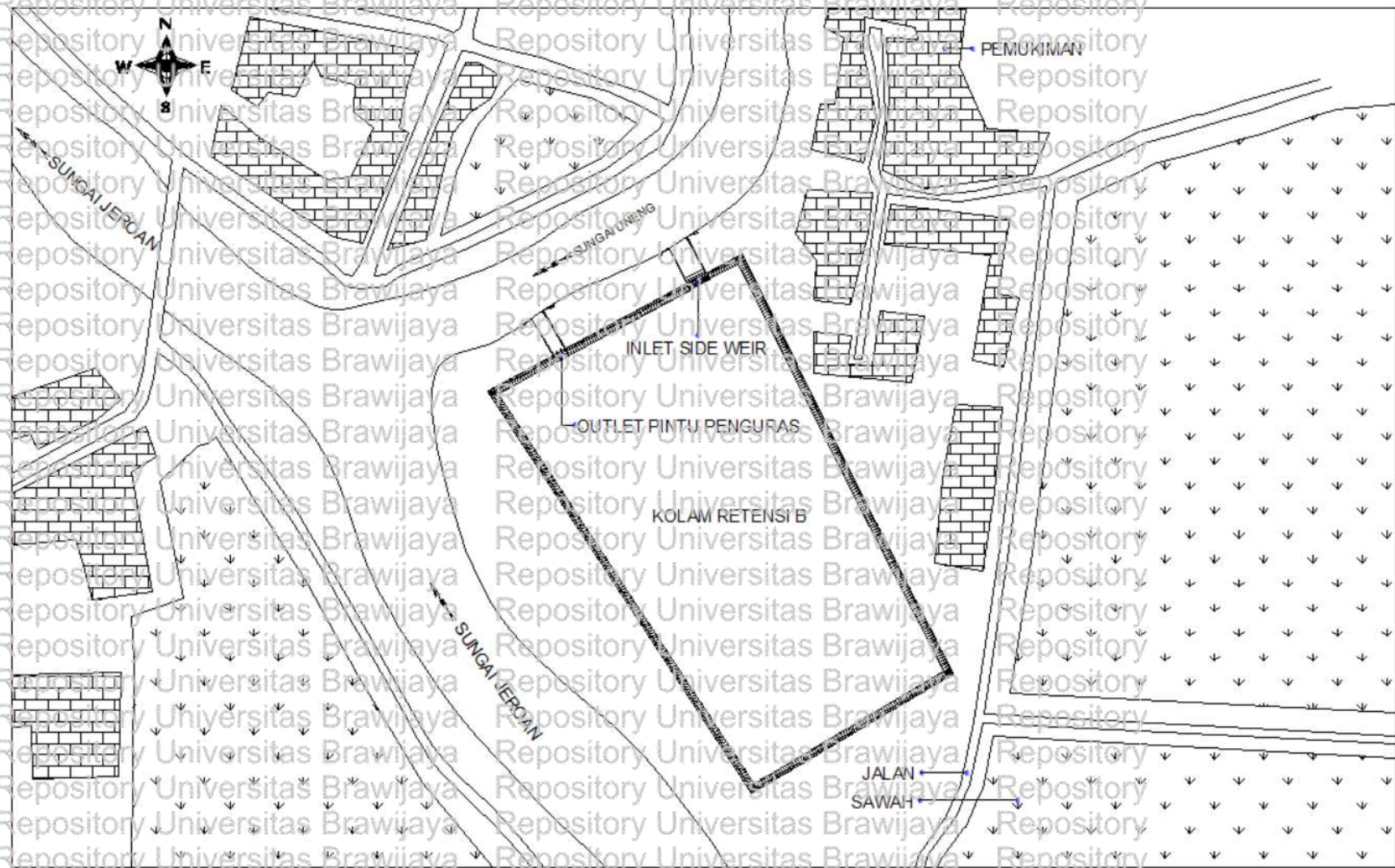
1. Lokasi Kolam Retensi 1 (Sungai Jeroran) terletak di desa Kedungjati, Kecamatan Balerejo, Kabupaten Madiun.
2. Lokasi Kolam Retensi 2 (Sungai Uneng) terletak di desa Banaran, Kecamatan Balerejo, Kabupaten Madiun.



Gambar 4.31. Letak Kolam Retensi A (Sungai Jerolan) dan B (Sungai Uneng)
Penyajian selanjutnya terpampang layout pada Gambar 4.32 dan 4.33:



Gambar 4.32. Layout Kolam Retensi A (Sungai Jeroan)



Gambar 4.33. Layout Kolam Retensi B (Sungai Uneng)

4.4.2.1. Kolam Retensi A (Sungai Jeroan)

a) Volume Kolam Retensi A Sungai Jeroan

Berikut adalah konsep desain kolam retensi A yang akan diterapkan dalam simulasi program Hec-Ras 6.0:

1. Debit banjir adalah Q 50 tahun.
2. Perhitungan reduksi debit berdasarkan perhitungan penelusuran banjir lewat pelimpah.
3. Lahan yang digunakan berpotensi terhadap genangan banjir setiap tahunnya.
4. Elev. dasar tampungan adalah + 48,00 m.
5. Elev. pada saat tampungan maksimum adalah + 52,00 m.

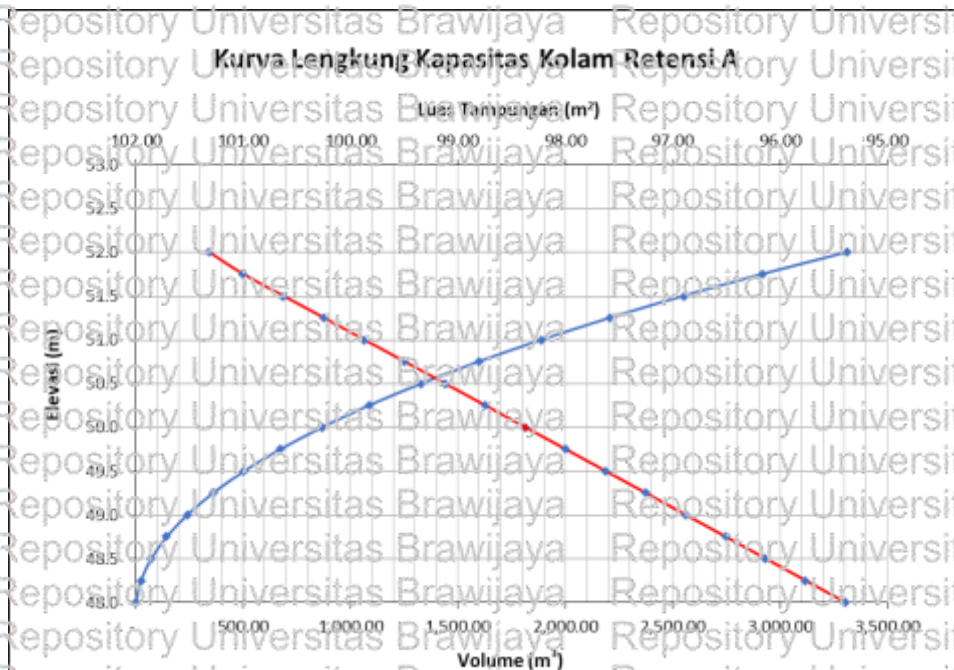
Tabel 4.48.

Hubungan Elevasi dan Volume Tampungan Kolam Retensi A

No	Kedalaman Air (l)	Elevasi (m)	Luas Genangan (A) (m ²)	Volume Tampungan (V) (m ³)	Volume Komulatif (V) (m ³)
1	0.00	48.00	95.392	-	-
2	0.25	48.25	95.763	23.894	23.894
3	0.50	48.50	96.135	47.882	71.776
4	0.75	48.75	96.507	71.962	143.738
5	1.00	49.00	96.879	96.136	239.874
6	1.25	49.25	97.252	120.403	360.276
7	1.50	49.50	97.625	144.763	505.039
8	1.75	49.75	97.999	169.217	674.256
9	2.00	50.00	98.373	193.765	868.021
10	2.25	50.25	98.747	218.406	1.086.428
11	2.50	50.50	99.122	243.143	1.329.570
12	2.75	50.75	99.497	267.972	1.597.542
13	3.00	51.00	99.873	292.898	1.890.440
14	3.25	51.25	100.249	317.917	2.208.357
15	3.50	51.50	100.625	343.030	2.551.386
16	3.75	51.75	101.002	368.239	2.919.625
17	4.00	52.00	101.318	393.420	3.313.045

Sumber: Hasil Analisa

Selanjutnya gambar 3.34 menunjukkan kurva lengkung kapasitas kolam retensi A berdasarkan hasil analisa diatas:



Gambar 4.34. Kurva Lengkung Kapasitas Kolam Retensi A

Lengkung kapasitas kolam retensi A menunjukkan hasil tampungan optimal pada kedalaman 4 m dan luas tampungan sebesar 101.318 m² dengan total kapasitas tampungan kolam retensi sebesar 3.313.045 m³

b) Perencanaan Pelimpah Samping

Untuk mengatasi banjir yang terjadi di Sungai Jeroan, diperlukan suatu bangunan pengendali untuk memisahkan debit banjir. Bangunan kendali yang cocok untuk ditawarkan ialah pelimpah samping (tanpa pintu). Untuk itu perlu dilakukan analisis hubungan antara arus simpang Cross 47 yang direncanakan dengan pelimpah dengan ketinggian sungai untuk menentukan tinggi pelimpah. Perhitungan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 \rightarrow b \text{ (lebar dasar sungai)} &= 16,21 \text{ m} \\
 \rightarrow s \text{ (kemiringan sungai)} &= 0,000297 \\
 \rightarrow n \text{ (nilai manning)} &= 0,025 \\
 \rightarrow z \text{ (kemiringan dinding saluran)} &= 0,6 \\
 \rightarrow h \text{ (tinggi sungai)} &= 0,5 \text{ m} \\
 \rightarrow A \text{ (luas tampang sungai)} &= (B+m \cdot h) h \\
 &= (16,21 + 0,6 \times 0,50) \times 0,50 \\
 &= 8,23 \text{ m}^2 \\
 \rightarrow P &= B + (2 \cdot h \sqrt{m^2 + 1}) \\
 &= 16,21 + 2 \times 0,5 \sqrt{0,6^2 + 1}
 \end{aligned}$$

→ R (jari-jari hidrolis)

$$= 17,475 \text{ m}$$

$$= A/P$$

$$= 8,225 / 17,475$$

$$= 0,472 \text{ m}$$

→ V (kecepatan)

$$= \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{0,025} \cdot 0,472^{\frac{2}{3}} \cdot 0,000297^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,418 \text{ m/s}$$

→ Q (debit)

$$= V \cdot A$$

$$= 0,418 \times 8,225$$

$$= 3,452 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perhitungan secara lengkap direkap pada Tabel 4.49 dimana disajikan berikutnya:

Tabel 4.49.

Hubungan Q dan h pada Cross 157

h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	n	S	V (m/s)	Q (m ³ /s)
0.5	8.255	17.475	0.472	0.025	0.000297	0.4181	3.4516
1	16.81	18.740	0.897	0.025	0.000297	0.641	10.778
1.5	25.665	20.005	1.283	0.025	0.000297	0.814	20.889
2	34.82	21.270	1.637	0.025	0.000297	0.958	33.341
2.5	44.275	22.535	1.965	0.025	0.000297	1.081	47.878
3	54.03	23.799	2.270	0.025	0.000297	1.191	64.336
3.5	64.085	25.064	2.557	0.025	0.000297	1.289	82.603
4	74.44	26.329	2.827	0.025	0.000297	1.378	102.602
4.5	85.095	27.594	3.084	0.025	0.000297	1.460	124.280
5	112.233	43.995	2.551	0.025	0.000297	1.287	144.445
5.5	126.04	45.197	2.789	0.025	0.000297	1.366	172.139
6	143.822	46.399	3.100	0.025	0.000297	1.465	210.770
6.5	168.015	56.401	2.979	0.025	0.000297	1.427	239.788
7	192.464	57.503	3.347	0.025	0.000297	1.542	296.866
7.5	220.551	68.113	3.238	0.025	0.000297	1.509	332.762
8	250.385	69.135	3.622	0.025	0.000297	1.626	407.055
8.5	280.324	70.160	3.995	0.025	0.000297	1.736	486.570
9	308.352	71.116	4.336	0.025	0.000297	1.833	565.203

Sumber : Hasil Perhitungan

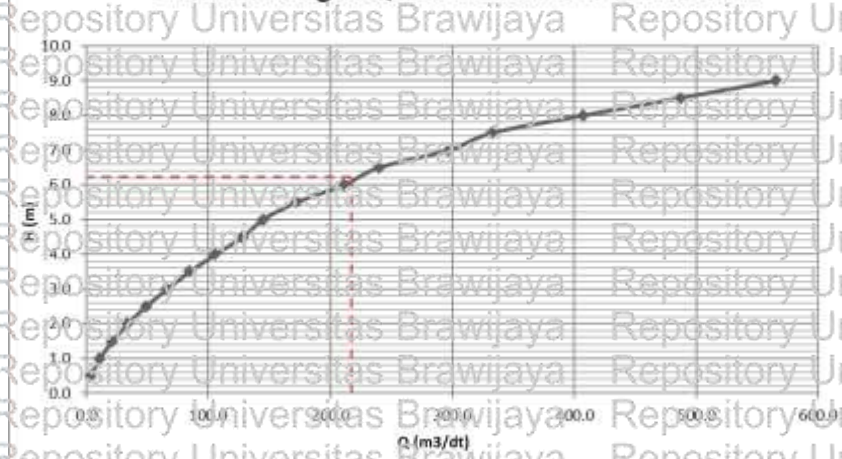
Kemudian dengan penerapan metode De Merchi dilakukan untuk memperoleh debit yang akan terlompas masuk. Data kebutuhan metode De Marchi yakni:

$$\rightarrow Q_1 = 332,984 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\rightarrow Q_2 = 214,711 \text{ m}^3/\text{detik} \text{ (kapasitas tampungan penampang hilir)}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow Q_{pel} &= 332,984 - 214,711 \\ &= 118,273 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Grafik hubungan Q dan H Cross Section Patok 47

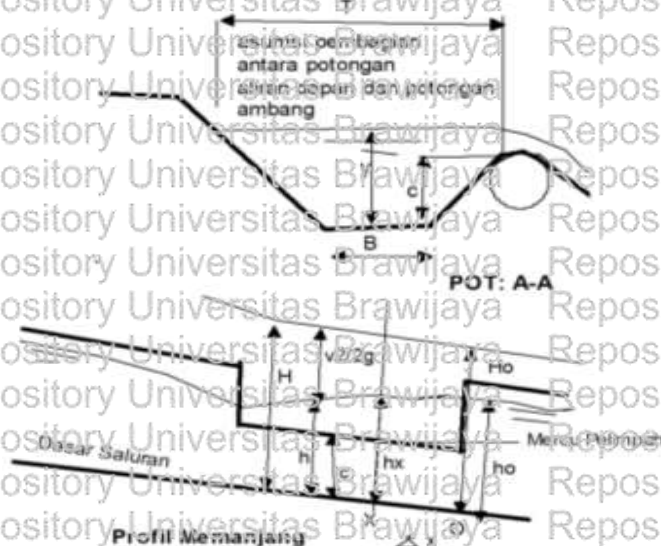


Gambar 4.35. Grafik Hubungan Q dan H pada Cross Section 157

Pengandaian dicoba dengan menganggap aliran yang terjadi adalah subkritis, maka dapat menganalisa panjang pelimpah yaitu:

→ Di ujung dekat Pelimpah, dalamnya aliran (h_0) dan debit Q_2 dianggap sama dengan Q saluran.

Dimana $H_0 = h_0 + v_0^2/2g$ selisi tinggi energi pada bagian hulu bangunan bisa diperoleh.



Gambar 4.36. Sketsa Pelimpah Samping Sungai Jeroan

$$\rightarrow \text{Tinggi Mercu (c)} = 4 \text{ m}$$

$$\rightarrow h_0 = 6,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow K &= 0,80 + 0,10 \frac{(h-c)}{L} \\ &= 0,80 + 0,10 (6,1 - 4) / 10 \\ &= 0,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow V_0 &= Q_0 / (b \cdot h_0 + m \cdot h_0^2) \\ &= 214,711 / (16,21 \times 6,1 + 0,6 \times 6,1^2) \\ &= 1,78 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow H_0 &= h_0 + v_0^2 / 2g \\ &= 6,1 + 1,78^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 6,23 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow F &= Q_1 / b \cdot h_0 (h_0 \cdot g)^{1/2} \\ &= 332,984 / 16,21 \times 6,1 (6,1 \times 9,81)^{0,5} \\ &= 0,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \pi &= (0,8100 - 0,60 \times F) \times K \\ &= 0,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow q_{x1} &= (95\% \cdot \pi \cdot \sqrt{2g} \cdot \Delta x (h_0 - c)^{1,5}) \\ &= 2,460 \times 2 \times (6,1 - 4)^{1,5} \\ &= 21,63 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow Q_{x1} &= Q_0 + q_{x1} \\ &= 214,711 + 21,63 \\ &= 236,34 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow A_x &= h_0 (b + m \cdot h_0) \\ &= 6,1 (16,21 + 0,6 \times 6,1) \\ &= 262,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow h_x &= H_0 - Q_{x1}^2 / 2g \cdot A_x^2 \\ &= 6,23 - 229,34^2 / 2 \times 9,81 \times 262,08^2 \\ &= 6,19 \text{ m} \end{aligned}$$

$\rightarrow$ Sesudah H_0 , Q_x , h_{2x} , dan Q_{2x} telah dianalisa dengan jarak $2\Delta x$ pada pelimpah bagian hulu seperti uraian di atas, Q_0 dan h_0 kemudian diganti dengan Q_x dan h_x .

$\rightarrow$ Bagian kedua Q_x , q_x , dan h_x selanjutnya dinamakan Q_{2x} , q_{2x} , dan h_{2x} .

Gambar 4.37. Input data Lateral Structure Pelimpah Sampung Patok 46.5



Gambar 4.38. Penampang Pelimpah Samping Kolam Retensi A



Gambar 4.39. Potongan Melintang Pelimpah Samping Kolam Retensi A

c) Perencanaan Pintu Keluaran

Pintu keluaranya air dimaksudkan untuk mengeluarkan debit aliran keluar. Pintu baru akan terbuka saat ketinggian banjir di bawah atau sama dengan elevasi ambang batas (+49 m). Di bawah ini adalah perhitungan dimensi pengeluaran.

→ Tinggi ambang = 1 m (dari dasar kolam elv. +49 m)

→ Koef. debit (μ) = 0,8

→ K = 1

→ Lebar pintu (b) = 2 meter

→ Banyaknya Pintu = 3 buah pintu

Dalam uji coba kebutuhan simulasi dan penentuan cara kerja pintu outlet maka perlu dilakukan perhitungan hubungan bukaan pintu outlet dengan aliran yang terlimpas. Dengan menganggap tinggi muka air 1,0 m. (alirannya tenggelam) ketika bukaan pintu (a) adalah 1 meter.

$$\begin{aligned}
 \rightarrow Q \text{ (tenggelam)} &= (K) \cdot (u) \cdot (a) \cdot (b) \cdot \sqrt{2gh} \\
 &= 1 \times 0,8 \times 1 \times 2,0 \times \sqrt{2,0 \times 9,81 \times 0,50} \\
 &= 2,51 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

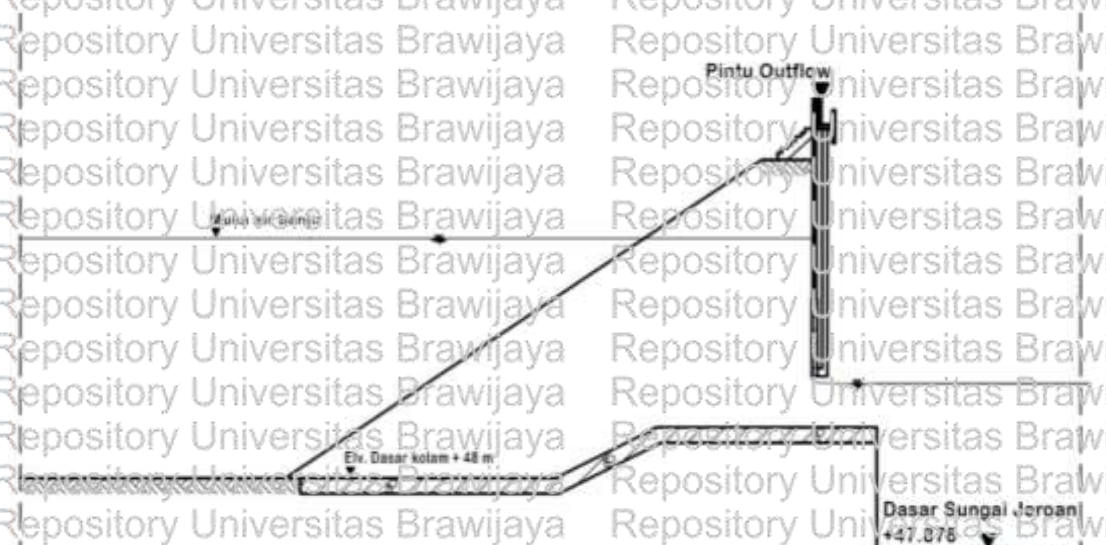
Analisa lebih lengkap dituangkan dalam Tabel 4.51.

Tabel 4.51.

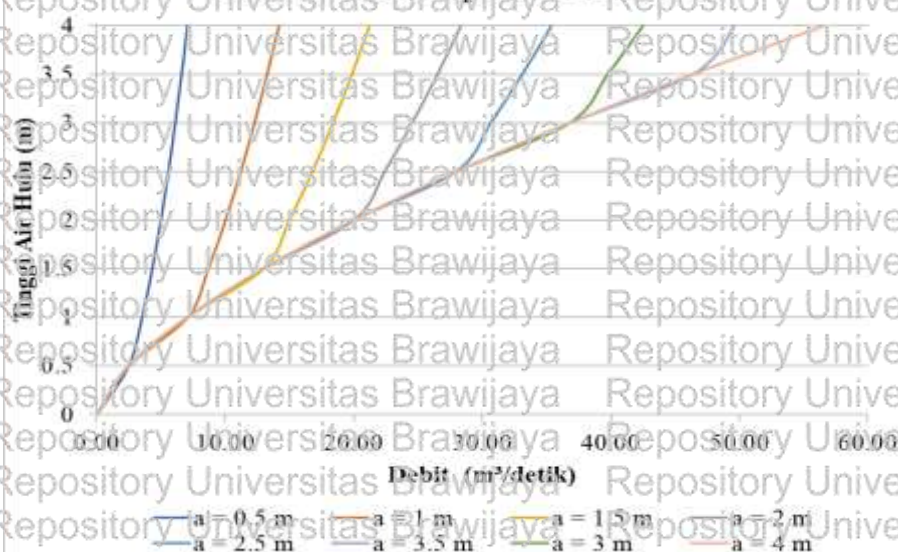
Pola Operasi Pintu Pengeluaran pada Kolam Retensi 1 Sungai Jeroan

Tinggi Muka Air (m)	Debit pintu pengeluaran (m ³ /dt)							
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51
1	3,54	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09
1,5	4,33	8,68	13,02	13,02	13,02	13,02	13,02	13,02
2	5,01	10,02	15,03	20,05	20,05	20,05	20,05	20,05
2,5	5,60	11,21	16,81	22,41	28,01	28,01	28,01	28,01
3	6,14	12,28	18,41	24,55	30,69	36,83	36,83	36,83
3,5	6,63	13,26	19,89	26,52	33,15	39,78	46,41	46,41
4	7,09	14,17	21,26	28,35	35,44	42,52	49,61	56,70

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.40. Skema Pintu Outflow Sungai Jeroan

Grafik Pola Operasi Pintu Air**Gambar 4.41.** Grafik Pola Operasi Pintu Outflow pada Kolam Retensi 1 Sungai Jercoan

Debit yang melimpas ke dalam kolam retensi B sebesar $3.313.045 \text{ m}^3$ yaitu berada pada elevasi + 52 m. Selanjutnya air tersebut akan dikeluarkan melalui pintu 3 pintu outflow dengan lebar masing-masing pintu 2 m. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

- Elevasi MA Kolam Retensi = +52 m
- Periode = 1,50 jam
- Outflow = $1.50 \times 60 (28,35 \times 3 \text{ bh Pintu})$
= 229.623 m^3
- Volume Kolam = $3.313.045 - 229.623$
= $3.083.422 \text{ m}^3$

selanjutnya perhitungan debit pengeluaran (*Outflow*) disajikan dalam Tabel berikut:

Gambar 4.42. Input data Lateral Structure Pintu Outflow Sungai Jeroan Patok 42.5

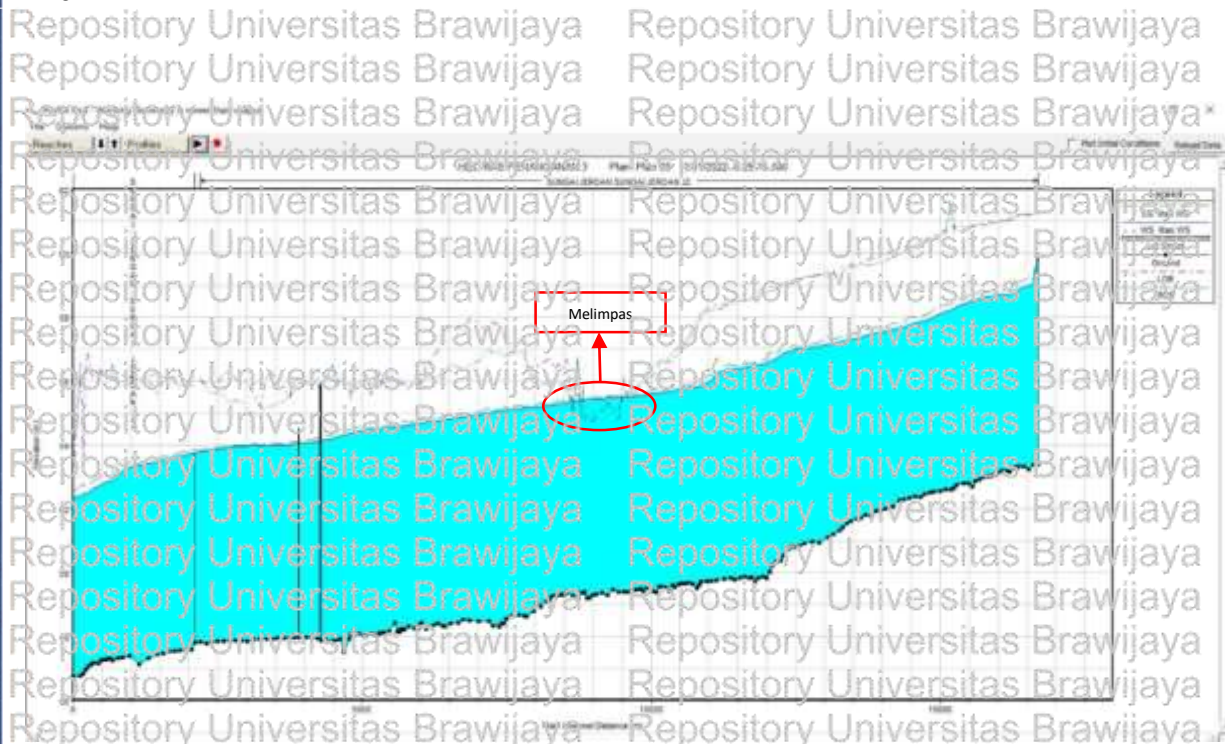
d) Analisa Profil Muka Air Setelah Ada Perlakuan Kolam Retensi

Banyak area tereduksi oleh adanya peran dari bangunan pengendali Kolam Retensi, seperti terlihat pada Gambar 4.42 menunjukkan cross section patok 96 Sungai Jeroan, dengan debit rancangan kalah ulang 50 tahun yang semula terjadi luapan banjir pada ruas Sungai Jeroan dengan tinggi genangan mencapai elevasi +56,76 m, dan setelah adanya perlakuan alternatif penanggulangan banjir berupa kolam retensi dapat mereduksi muka air banjir hingga elevasi +54,84. Kejadian ini menggambarkan bahwa terjadi penurunan muka air banjir maksimum sebesar 1,92 meter atau sekitar 31,94%.

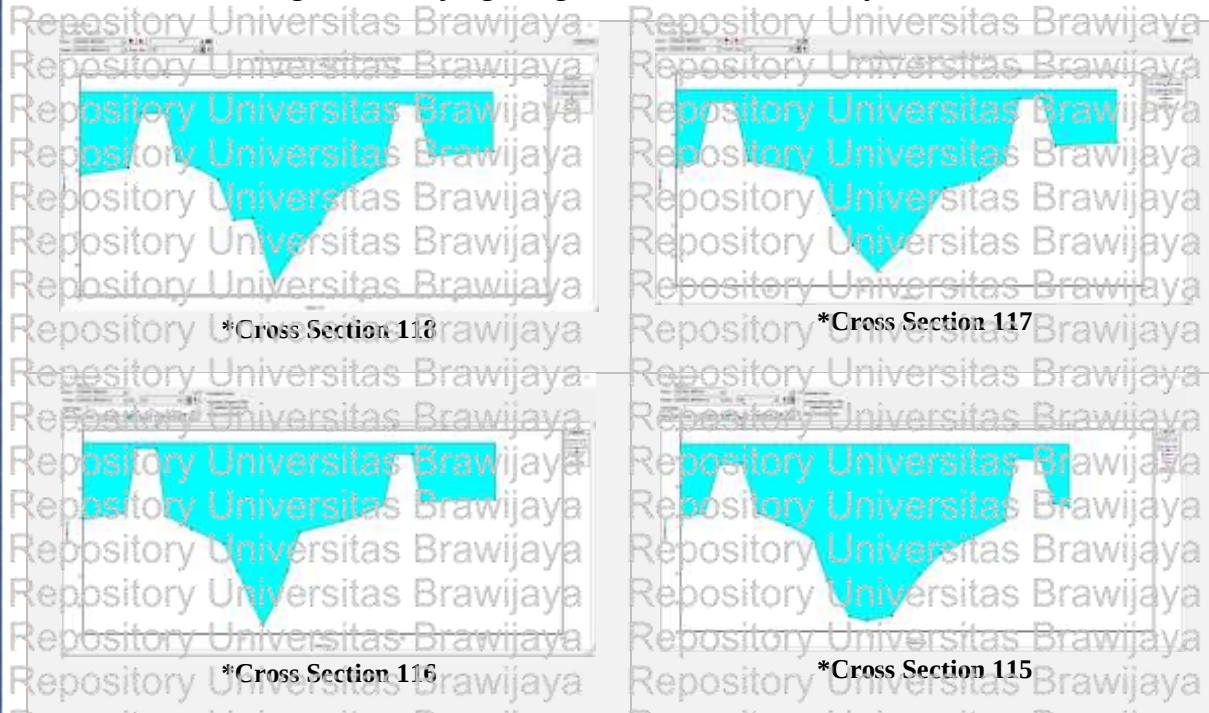


Gambar 4.43. Perubahan Muka Air Banjir Cross Section Patok 96

Gambar 4.44 memperlihatkan potongan memanjang Sungai Jeroan setelah penerapan bangunan pengendali. Sementara pada tabel 4.52 adalah hasil Analisa Hec Ras pada cross 100 sampai dengan cross 125 yang menunjukkan masih terdapat luapan banjir dan dianggap perlu dilakukannya perlakuan dengan alternatif lanjutan berupa normalisasi dan perbaikan tanggul agar tidak terjadi luapan atau banjir.



Gambar 4.44. Potongan Melmanjang Sungai Jerodan Setelah Adanya Kolam Retensi A



Gambar 4.45. Tampak Potongan Melintang yang Masih Melimpas

Tabel 4.53.
Rekapitulasi Analisa Hec-Ras Cross 100 - 125

No.	Pemer.	Tipe Str.	Q (m ³ /det)	Aliran Muka Air Banjir	Ketinggian Kiri	Ketinggian Kanan	Pada tinggi		Keterangan		Penentuan Tanggul	
							ΔH Kiri	Nilai Kiri	Tinggi Kiri	Tinggi Kanan	El. Tanggul Kiri	El. Tanggul Kanan
							(m)	(m)			(m)	(m)
94	Sungai Jeron	123	332.984	55.45	55.02	55.01	-0.46	-0.05	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
95	Sungai Jeron	124	332.984	55.45	55.84	55.92	-0.39	-0.47	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
96	Sungai Jeron	123	332.984	55.43	55.8	55.05	-0.37	-0.42	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
97	Sungai Jeron	122	332.984	55.4	55.67	55.73	-0.27	-0.33	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
98	Sungai Jeron	121	332.984	55.38	55.38	55.07	-0.15	-0.29	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
99	Sungai Jeron	120	332.984	55.36	55.41	55.61	-0.09	-0.25	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
100	Sungai Jeron	119	332.984	55.36	54.9	55.07	0.46	-0.21	Meluap	Tidak Meluap	55.66	tidak ditanggul
101	Sungai Jeron	118	332.984	55.36	54.8	55.03	0.56	0.26	Meluap	Meluap	55.66	55.66
102	Sungai Jeron	117	332.984	55.35	55.04	55.18	0.31	0.17	Meluap	Meluap	55.65	55.63
103	Sungai Jeron	116	332.984	55.34	55.03	55.16	0.01	0.18	Meluap	Meluap	55.64	55.64
104	Sungai Jeron	115	332.984	55.33	55.03	55.13	0.3	0.2	Meluap	Meluap	55.63	55.63
105	Sungai Jeron	114	332.984	55.31	54.06	55.02	0.47	0.35	Meluap	Meluap	55.61	55.61
106	Sungai Jeron	113	332.984	55.3	54.72	54.84	0.58	0.46	Meluap	Meluap	55.6	55.6
107	Sungai Jeron	112	332.984	55.3	54.08	54.93	0.41	0.37	Meluap	Meluap	55.6	55.6
108	Sungai Jeron	111	332.984	55.29	54.73	54.84	0.56	0.45	Meluap	Meluap	55.59	55.59
109	Sungai Jeron	110	332.984	55.28	54.71	54.93	0.51	0.45	Meluap	Meluap	55.58	55.58
110	Sungai Jeron	109	332.984	55.27	54.87	54.8	0.4	0.47	Meluap	Meluap	55.57	55.57
111	Sungai Jeron	108	332.984	55.27	54.00	54.9	0.473	0.48	Meluap	Meluap	55.57	55.57
112	Sungai Jeron	107	332.984	55.26	56.74	56.74	-1.48	-1.48	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
113	Sungai Jeron	106	332.984	55.22	56.74	56.74	-1.52	-1.52	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
114	Sungai Jeron	105	332.984	55.13	56.69	56.74	56.74	-1.61	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
115	Sungai Jeron	104	332.984	54.82	55.65	54.07	55.02	-0.05	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
116	Sungai Jeron	103	332.984	54.77	55.64	56.67	56.2	-1.9	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
117	Sungai Jeron	102	332.984	54.74	55.33	56.15	55.99	-1.71	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
118	Sungai Jeron	101	332.984	54.58	55.3	56.38	55.80	-1.8	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul
119	Sungai Jeron	100	332.984	54.45	55.28	56.03	55.97	-2.08	Tidak Meluap	Tidak Meluap	tidak ditanggul	tidak ditanggul

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4.2.2. Kolam Retensi B (Sungai Uneng)

a) Volume Kolam Retensi B Sungai Uneng

Berikut adalah konsep desain kolam retensi B yang akan diterapkan dalam simulasi program Hec-Ras 6.0:

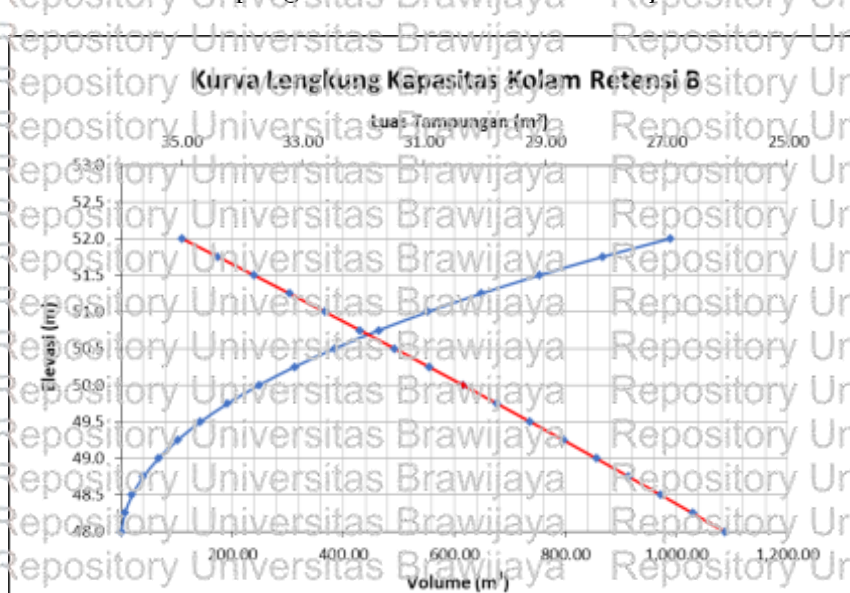
1. Debit banjir adalah Q 50 tahun.
2. Perhitungan reduksi debit berdasarkan perhitungan penelusuran banjir lewat pelimpah.
3. Lahan yang digunakan berpotensi terhadap genangan banjir setiap tahunnya.
4. Elv. dasar tampungan adalah + 48 m
5. Elv. pada saat tampungan maksimum adalah + 52 m

Tabel 4.54.

Hubungan Elevasi dan Volume Tampung Kolam Retensi 2

No.	Kedalaman Air (h) (m)	Elevasi (m)	Luas Genangan (A) (m ²)	Volume Tampungan (V) (m ³)	Volume Kumulatif (V) (m ³)
1	0.00	48.00	26.040	-	-
2	0.25	48.25	26.563	6.575	6.575
3	0.50	48.50	27.090	13.283	19.858
4	0.75	48.75	27.623	20.124	39.982
5	1.00	49.00	28.160	27.100	67.082
6	1.25	49.25	28.703	34.214	101.296
7	1.50	49.50	29.250	41.468	142.763
8	1.75	49.75	29.803	48.863	191.626
9	2.00	50.00	30.360	56.400	248.026
10	2.25	50.25	30.923	64.083	312.109
11	2.50	50.50	31.490	71.913	384.022
12	2.75	50.75	32.063	79.892	463.914
13	3.00	51.00	32.640	88.020	551.934
14	3.25	51.25	33.223	96.302	648.236
15	3.50	51.50	33.810	104.738	752.973
16	3.75	51.75	34.403	113.331	866.304
17	4.00	52.00	35.000	122.080	988.384

Sumber: Hasil Analisa

Total volume tampungan saat kolam retensi terisi penuh adalah 988,384 m³

Gambar 4.46. Kurva Lengkung Kapasitas Kolam Retensi B

Lengkung kapasitas kolam retensi B menunjukkan hasil tampungan optimal pada kedalaman 4 m dan luas tampungan sebesar 35.000 m² dengan total kapasitas tampungan kolam retensi sebesar 988,384 m³

b) Perencanaan Pelimpah Samping

Untuk mengatasi banjir yang terjadi di Sungai Jeroan, diperlukan suatu bangunan pengendali untuk memisahkan debit banjir. Bangunan kendali yang cocok untuk ditawarkan ialah pelimpah samping (tanpa pintu). Untuk itu perlu dilakukan analisis hubungan antara arus simpang Cross 79 yang direncanakan dengan pelimpah dengan ketinggian sungai untuk menentukan tinggi pelimpah. Perhitungan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 \rightarrow b \text{ (lebar dasar sungai)} &= 15,77 \text{ m} \\
 \rightarrow s \text{ (kemiringan sungai)} &= 0,0003 \\
 \rightarrow n \text{ (nilai manning)} &= 0,025 \\
 \rightarrow z \text{ (kemiringan dinding saluran)} &= 1 \\
 \rightarrow h \text{ (tinggi sungai)} &= 1 \\
 \rightarrow A \text{ (luas tampang sungai)} &= (B+m.h) h \\
 &= (15,77 + 1 \times 1) \times 1 \\
 &= 16,77 \text{ m}^2 \\
 \rightarrow P \text{ (keliling tampang basah)} &= B + 2h \sqrt{m^2 + 1} \\
 &= 15,77 + 2 \times 1 \sqrt{1^2 + 1} \\
 &= 18,598 \text{ m} \\
 \rightarrow R \text{ (jari-jari hidrolis)} &= A/P \\
 &= 16,77 / 18,598 \\
 &= 0,902 \text{ m} \\
 \rightarrow V \text{ (kecepatan)} &= \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot s^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{1}{0,025} \cdot 0,902^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0003^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0,647 \text{ m/s} \\
 \rightarrow Q \text{ (debit)} &= V \cdot A \\
 &= 0,647 \times 16,77 \\
 &= 10,844 \text{ m}^3 / \text{detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan secara lengkap direkap pada pada Tabel 4.54 berikut:

Tabel 4.55.
Hubungan h dan Q pada Cross 03

h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	n	S	V (m/s)	Q (m ³ /s)
0.5	8.135	17.184	0.473	0.025	0.0003	0.4208	3.4234
1	16.77	18.598	0.902	0.025	0.0003	0.647	10.844
1.5	25.905	20.013	1.294	0.025	0.0003	0.823	21.317
2	35.54	21.427	1.659	0.025	0.0003	0.971	34.502
2.5	45.675	22.841	2.000	0.025	0.0003	1.100	50.227
3	56.31	24.255	2.322	0.025	0.0003	1.215	68.400
3.5	67.445	25.669	2.627	0.025	0.0003	1.319	88.973
4	79.08	27.084	2.920	0.025	0.0003	1.415	111.925
4.5	91.215	28.498	3.201	0.025	0.0003	1.505	137.253
5	103.85	29.912	3.472	0.025	0.0003	1.589	164.968
5.5	128.84	31.326	4.113	0.025	0.0003	1.778	229.139
6	154.87	32.741	4.730	0.025	0.0003	1.952	302.349
6.5	180.32	34.155	5.279	0.025	0.0003	2.101	378.785

Sumber : Hasil Perhitungan

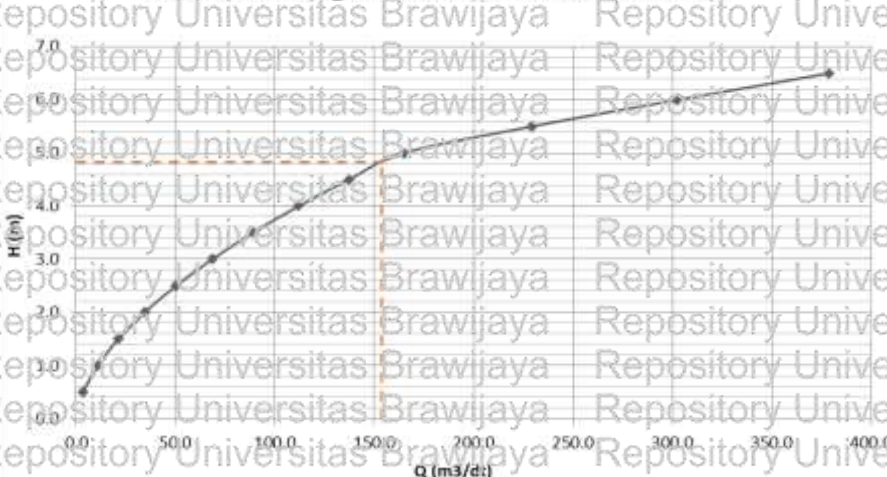
Kemudian dengan penerapan metode De Merchi dilakukan untuk memperoleh debit yang akan terlompas masuk. Data kebutuhan metode De Marchi yakni::

$$\rightarrow Q_1 = 174.403 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\rightarrow Q_2 = 154.89 \text{ m}^3/\text{detik} \text{ (kapasitas tampungan penampang hilir)}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow Q_{\text{pel}} &= 174.403 - 154.89 \\ &= 16.155 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Grafik Hubungan Q dan H Cross Section 03

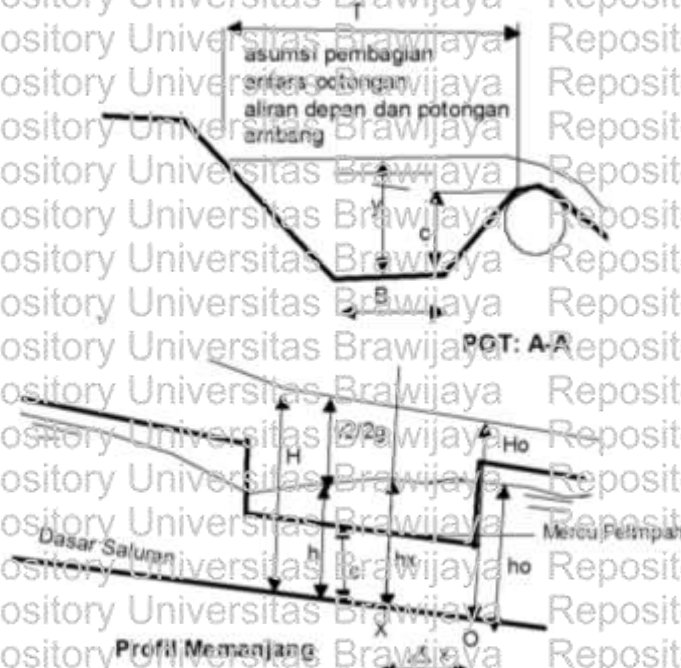


Gambar 4.47. Grafik Hubungan Q dan H pada Cross Section 03

Pengandaian dicoba dengan menganggap aliran yang terjadi adalah subkritis, maka dapat menganalisa panjang pelimpah yaitu:

→ Di ujung dekat Pelimpah, dalamnya aliran (h_0) dan debit Q_2 dianggap sama seperti Q saluran.

Dimana $H_0 = h_0 + v_0^2/2g$ selisi tinggi energi pada bagian ujung hilir bisa diperoleh.



Gambar 4.43. Sketsa Bangunan Pelimpah Samping Sungai Uneng

$$\begin{aligned}
 \rightarrow \text{Tinggi Mercu (c)} &= 4 \text{ m} \\
 \rightarrow h_0 &= 4,8 \text{ m} \\
 \rightarrow K &= 0,80 + 0,10 \times \frac{(h-c)}{L} \\
 &= 0,80 + 0,10 (6,1 - 4) / 10 \\
 &= 0,81 \\
 \rightarrow V_0 &= Q_0 / (b \cdot h_0 + m \cdot h_0^2) \\
 &= 154,89 / (15,77 \times 4,8 + 1 \times 4,8^2) \\
 &= 1,56 \text{ m/detik} \\
 \rightarrow H_0 &= h_0 + v_0^2 / 2g \\
 &= 4,8 + 1,56^2 / (2 \times 9,81) \\
 &= 4,94 \text{ m} \\
 \rightarrow F &= Q_1 / b \cdot h_0 (h_0 \cdot g)^{1/2} \\
 &= 174,403 / 15,77 \times 4,8 (4,8 \times 9,81)^{0,5} \\
 &= 0,327
 \end{aligned}$$



$$\rightarrow \pi = (0,810 - 0,60 \times F) \times K$$

$$= 0,496$$

$$\rightarrow Q_{x1} = \mu \cdot \Delta x \cdot \sqrt{2g \cdot (h_0 - c)}^{1,5}$$

$$= 0,496 \times 2 \cdot \sqrt{2 \times 9,81 \times (4,8 - 4)}^{1,5}$$

$$= 3,09 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\rightarrow Q_{x1} = Q_0 + q_{x1}$$

$$= 154,89 + 3,09$$

$$= 157,98 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\rightarrow A_x = h_0(b + m \cdot h_0)$$

$$= 4,8(15,77 + 1 \times 4,8)$$

$$= 99,20 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow h_x = H_0 - Q_{x1}^2 / 2g \cdot A_x^2$$

$$= 4,94 - (157,98)^2 / 2 \times 9,81 \times (295,22)^2$$

$$= 4,81 \text{ m}$$

→ Sesudah H_x , Q_x , h_{2x} , dan Q_{2x} telah dianalisa dengan jarak $2\Delta x$ pada pelimpah bagian hulu seperti uraian di atas, Q_0 dan h_0 kemudian diganti dengan Q_x dan h_x .

→ Bagian kedua Q_x , q_x , dan h_x selanjutnya dinamakan Q_{2x} , q_{2x} , dan h_{2x} .

→ Proses ini dilakukan secara berlanjut sampai nilai Q_{nx} adalah sesuai dengan Q banjir rencana saluran bagian hulu bangunan. Panjang pelimpah yakni $n\Delta x$ dan Q_{nx} , Q_0 .

→ Tabel 4.56 menampilkan hasil analisa lanjutan.

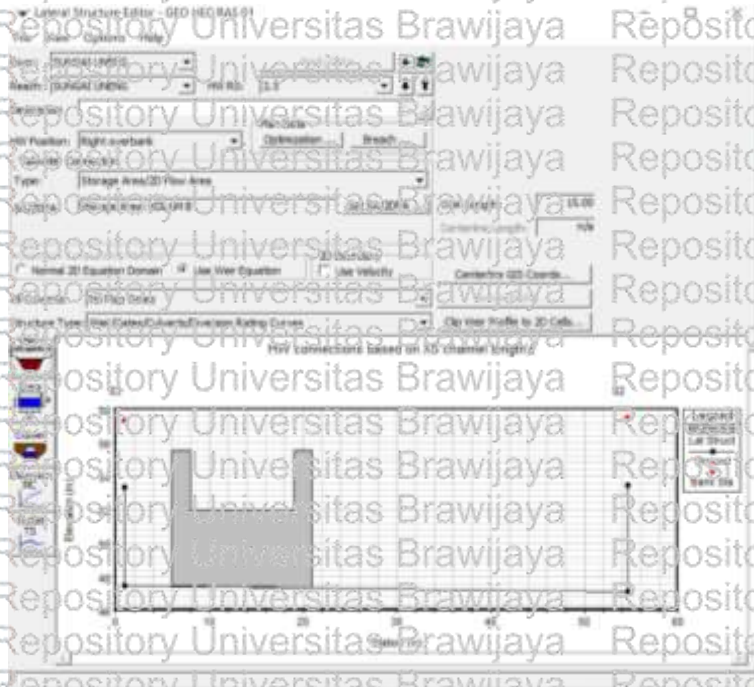
Tabel 4.56.

Rekapitulasi Perhitungan Lebar Bangunan Pelimpah Samping Kolam Retensi 2

Δx (m)	Q_0 (m ³ /dt)	H_0 (m)	h_0 (m)	$h_0 - c$ (m)	q_x (m ³ /dt)	Q_x (m ³ /dt)	A_x (m ²)	v_x (m/s)	h_x (m)	Δx Kumulatif (m)
2	154.89	4.94	4.82	0.82	3.09	157.98	99.20	1.59	4.81	2.0
2	157.98	4.94	4.81	0.81	3.06	161.04	99.07	1.63	4.81	4.0
2	161.04	4.94	4.81	0.81	3.03	164.07	98.93	1.66	4.80	6.0
2	164.07	4.94	4.80	0.80	3.00	167.07	98.79	1.69	4.80	8.0
2	167.07	4.94	4.80	0.80	2.97	170.03	98.65	1.72	4.79	10.0
1	170.03	4.94	4.79	0.79	1.47	171.50	98.51	1.74	4.79	11.0
					$\Sigma q_x =$	16.61				

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan lebar bangunan pelimpah samping pada kolam retensi 2 pada alur sungai Uneng Cross Section 3 menggunakan metode *De Merchi* diperoleh lebar bangunan pelimpah sebesar 11 m dengan kapasitas debit yang melimpas adalah 16,61 m³/detik.



Gambar 4.49. Input data Lateral Structure Pelimpah Samping pada Hec Ras 6.0



Gambar 4.50. Penampang Pelimpah Samping Kolam Retensi B



Gambar 4.51. Penampang Pelimpah Samping Kolam Retensi B

c) Perencanaan Pintu Keluaran

Pintu keluarnya air dimaksudkan untuk mengeluarkan debit aliran keluar. Pintu baru akan terbuka saat ketinggian banjir di bawah atau sama dengan elevasi ambang batas (+49 m). Di bawah ini adalah perhitungan dimensi pengeluaran.

- Tinggi ambang = 1 m (dari dasar kolam elv. +49 m)
- Koef. debit (μ) = 0,8
- K = 1,0
- b = 2 meter
- Banyaknya pintu = 3 buah

Dalam uji coba kebutuhan simulasi dan penentuan cara kerja pintu outlet maka perlu dilakukan perhitungan hubungan bukaan pintu outlet dengan aliran yang terlimpas. Dengan menganggap tinggi muka air 1,0 m. (alirannya tenggelam) ketika bukaan pintu (a) adalah 1 meter.

$$\begin{aligned}
 \rightarrow Q \text{ (tenggelam)} &= (K) \cdot (\mu) \cdot (a) \cdot (b) \cdot \sqrt{2gh} \\
 &= 1 \times 0,8 \times 1 \times 2,0 \times \sqrt{2,0 \times 9,81 \times 0,50} \\
 &= 7,087 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

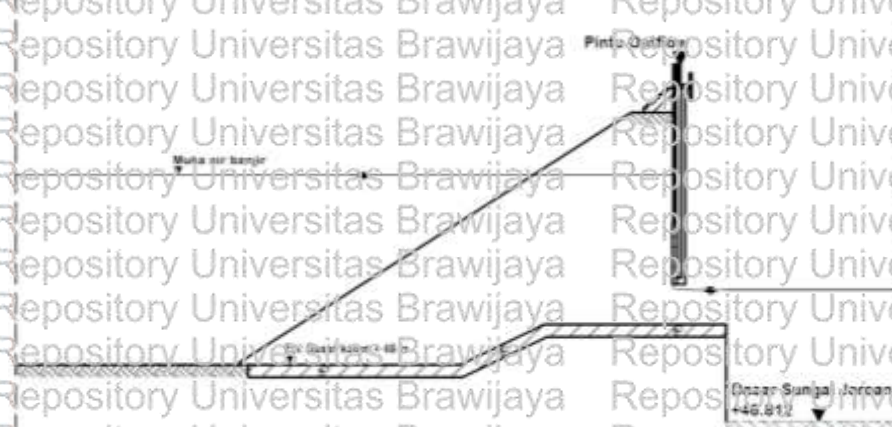
(Tabel 4.56 menampilkan analisa lanjutan).

Tabel 4.57.

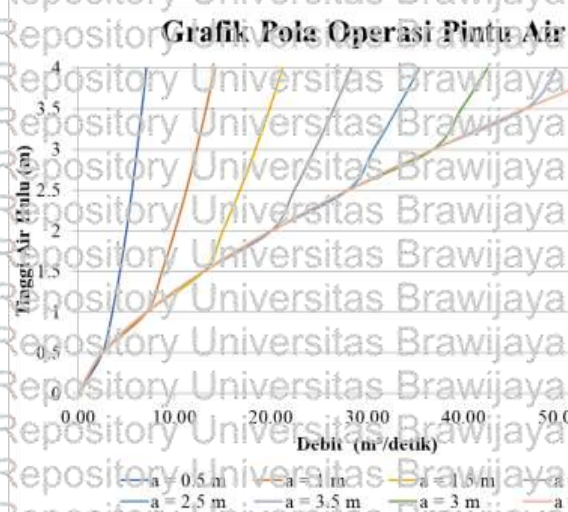
Pola Operasi Pintu Pengeluaran Kolan Retensi 2 Sungai Uneng

Tinggi Muka Air (m)	Debit pintu pengeluaran (m ³ /dt)							
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
1	3.54	7.09	7.09	7.09	7.09	7.09	7.09	7.09
1.5	4.34	8.68	13.02	13.02	13.02	13.02	13.02	13.02
2	5.01	10.02	15.03	20.05	20.05	20.05	20.05	20.05
2.5	5.60	11.21	16.81	22.41	28.01	28.01	28.01	28.01
3	6.14	12.28	18.41	24.55	30.69	36.83	36.83	36.83
3.5	6.63	13.26	19.89	26.52	33.15	39.78	46.41	46.41
4	7.09	14.17	21.26	28.35	35.44	42.52	49.61	56.70

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.52. Skema Pintu Outflow Sungai Uneng



Gambar 4.53. Grafik Pola Operasi Pintu Outflow Kolan Retensi B Sungai Uneng

Debit yang melimpas ke dalam kolam retensi B sebesar 988.384 m^3 yaitu berada pada elevasi + 52 m. Selanjutnya air tersebut akan dikeluarkan melalui pintu 3 pintu outflow dengan lebar masing-masing pintu 2 m. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

- Elevasi MA Kolam Retensi = +52 m
- Periode = 0.50 jam
- *Outflow* = $0.50 \times 60 \times 30 (28,35 \times 3 \text{ Pintu})$
= 76.541 m^3
- Volume Kolam = $988.384 - 76.541$
= 911.843

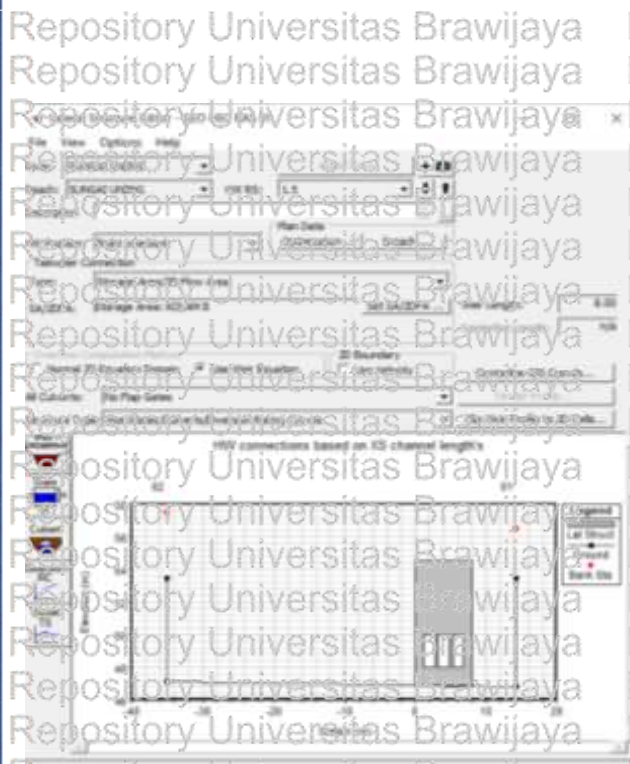
selanjutnya perhitungan debit pengeluaran (*Outflow*) disajikan dalam Tabel berikut:

Tabel 4.58.

Analisa Pola Operasi Pintu Pengeluaran Kolam Retensi 2 Sungai Uneng

ELV. MA Kolam (m)	Tinggi Buka Pintu			Debit Pintu			t (jam)	Volume Pengeluaran (m^3)	Volume Kolam (m^3)
	1 (m)	2 (m)	3 (m)	1 (m^3/dt)	2 (m^3/dt)	3 (m^3/dt)			
52.00	-	-	-	-	-	-	-	0	988,384
51.75	2	2	2	28.35	28.35	28.35	0.50	76541	911,843
51.50	2	2	2	27.45	27.45	27.45	0.50	74110	837,733
51.25	2	2	2	26.52	26.52	26.52	0.50	71597	766,135
51.00	2	2	2	25.55	25.55	25.55	0.50	68993	697,142
50.75	2	2	2	36.83	36.83	18.72	0.50	99429	597,713
50.50	2	2	2	35.26	35.26	18.26	0.50	95196	502,516
50.25	2	2	2	33.62	33.62	13.45	0.50	90766	411,750
50.00	2	2	2	31.89	31.89	12.80	0.50	86108	325,642
49.75	1	1	1	21.05	21.05	12.12	0.50	56829	268,813
49.50	1	1	1	19.69	19.69	11.40	0.50	53158	215,655
49.25	1	1	1	18.23	18.23	10.63	0.50	49215	166,440
49.00	1	1	1	16.64	16.64	9.80	0.50	44927	121,513
48.75	1	1	1	10.63	10.63	8.89	0.50	28703	92,810
48.50	1	1	1	9.21	9.21	7.88	0.50	24857	67,952
48.25	1	1	1	7.52	7.52	6.72	0.50	20296	47,656
48.00	1	1	1	5.32	5.32	5.32	0.50	14351	33,305

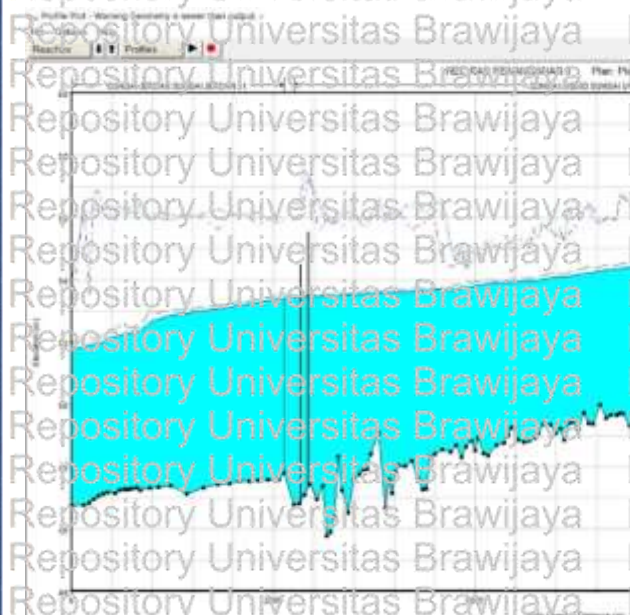
Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.54. Input data Lateral Structure Pintu Outflow Patok 1.5

d) Analisa Profil Muka Air Setelah Ada Perlakuan Kolam Retensi

Dampak dari penanggulangan kolam retensi berhasil mereduksi banjir dengan total kapasitas tampungan kolam sebesar 988,984 m³/detik. Untuk lebih jelasnya ditampilkan pada Gambar 4.34 *long section* Sungai Uneng setelah adanya perlakuan dengan kolam retensi 2. Hal ini menandakan bahwa pada Sungai Uneng tidak perlu adanya alternatif lain seperti penambahan tanggul atau normalisasi.



Gambar 4.55. Potongan Memanjang Sungai Uneng Setelah Adanya Kolam Retensi B

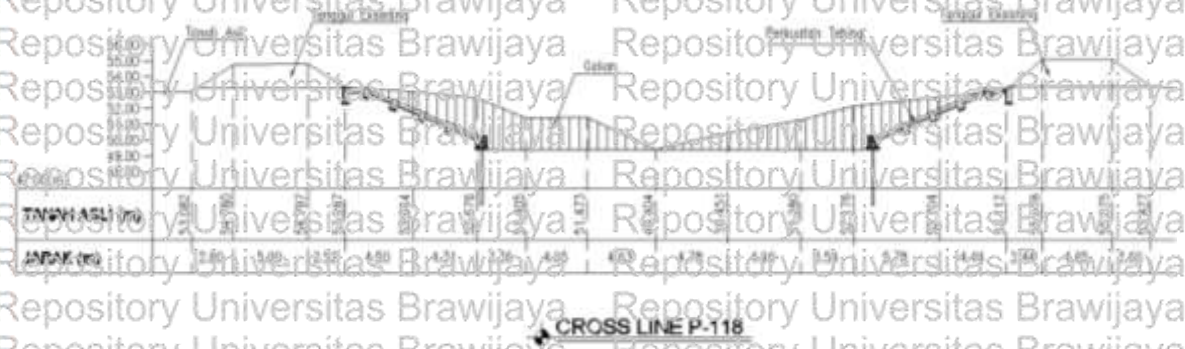
4.4.2.3. Alternatif Normalisasi

Dari hasil Analisa penanggulangan banjir dengan alternatif kolam retensi pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng masih menemukan potensi luapan atau banjir di Sungai Jeroan tepatnya pada cross section 121 sampai dengan cross section 108. Untuk itu perlu adanya penanggulangan dengan alternatif lain berupa:

- Normalisasi
- Perkuatan Tebing

Tindakan normalisasi pada ruas Sungai Jeroan bertujuan memperluas daya alir fiksi sungai. Pada kondisi eksisting Sungai Jeroan banyak dijumpai sedimentasi pada dasar saluran, sehingga mengurangi kapasitas tampung saluran. Normalisasi yang dilakukan di sepanjang Sungai Jeroan diikuti pelaksanaan konstruksi bangunan Pengendali banjir lainnya, seperti perkuatan tebing dan pembangunan parapet beton. Kegiatan normalisasi yang direncanakan pada Sungai Jeroan mulai dari Cross Section 120 sampai dengan Cross Section 108 mencakup :

1. Normalisasi tampang sungai.
2. Memperbaiki kemiringan kondisi dasar sungai.
3. Memperkecil nilai kekasaran pada dinding dan memperkuatnya dengan Revetment.
4. Rekonstruksi bangunan yang kurang optimal.



Gambar 4.56. Rencana Normalisasi pada Cross 118

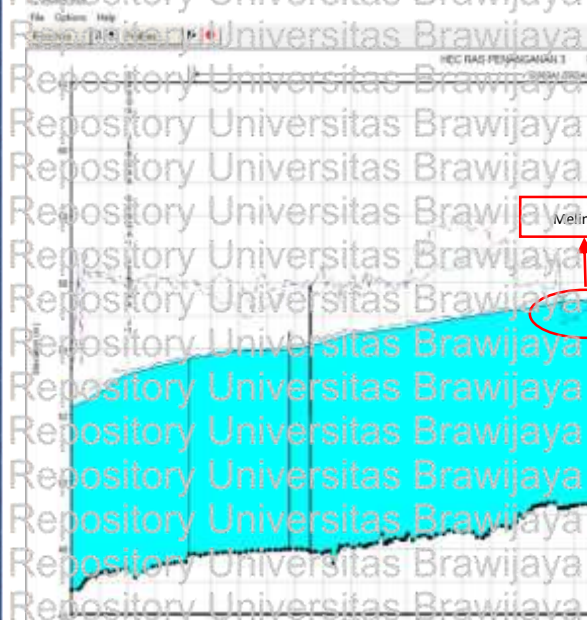


Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah pengambilan tindakan penanggulangan dengan alternatif normalisasi luas daya tampung sungai dan perlakuan revetment diperoleh hasil profil memanjang Sungai Jeroan seperti terlihat pada gambar 4.58, sementara untuk tampilan detail gambar tiap cross section dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.58. Cross Section 118 Sungai Jeroan Setelah Adanya Normalisasi



Gambar 4.59. Profil Memanjang Sungai Jeroan Setelah Adanya Normalisasi

Hasil analisa program Hec Ras 6.0 menunjukkan bahwa setelah adanya perlakuan alternatif penanggulangan banjir berupa kolam retensi dan normalisasi hanya memberikan dampak perubahan kecil pada Cross Cestion 121 sampai dengan Cross 108, hal ini menyebabkan masih ditemukan adanya potensi luapan atau banjir. Untuk itu perlu dilakukan upaya penanggulangan dengan alternatif lanjutan berupa Tanggul

4.4.2.4. Alternatif Pembuatan Tanggul

Dikarenakan tanggul eksisting pada Sungai Jeroan masih belum mampu menampung debit banjir rencana Q 50th setelah penaggulangan berupa kolam retensi dan Normalisasi maka perlu adanya perbaikan terhadap bangunan pengendali tersebut. Tanggul yang direncanakan pada studi ini adalah tanggul berupa parapet. Parapet menjadi alternatif unggul pengendalian banjir dikarenakan mempunyai fungsi utama sebagai pengedali banjir dan menjaga debit banjir tidak meluap. Desain parapet baru pada Sungai Jeroan direncanakan menggunakan konstruksi beton dengan pancang sebagai perkuatan pondasinya.



Gambar 4.60. Detail Tanggul Parapet Pada Cross Section 118



Gambar 4.61. Pengendalian Banjir Berupa Tanggul Cross Section 118

Perencanaan normalisasi dan pembuatan tanggul selengkapnya dicantumkan dalam Tabel 4.58 berikut:

Tabel 4.60.

Rekapitulasi Alternatif Penanggulangan Banjir Lanjutan Sungai Jeroan Berupa Tanggul

No	River	River Sta.	Q 25 th (m ³ /dt)	Muka Air	Elevasi Tebing Kiri	Elevasi Tebing Kanan	Beda tinggi ΔH Kiri	ΔH Kanan	Keterangan	Peninggian Tanggul	Tanggul Kiri (m)	Tanggul Kanan (m)
1	Sungai Jeroan	120	332.984	55.31	55.41	55.61	-0.1	0.3	BAGUS	BAGUS		
2	Sungai Jeroan	119	332.984	55.32	54.9	55.57	0.42	0.25	Penanganan	BAGUS	1	1
3	Sungai Jeroan	118	332.984	55.32	54.8	55.08	0.52	0.24	Penanganan	Penanganan	1	1
4	Sungai Jeroan	117	332.984	55.32	55.04	55.10	0.28	0.14	Penanganan	Penanganan	1	1
5	Sungai Jeroan	116	332.984	55.32	55.23	55.16	0.09	0.16	Penanganan	Penanganan	1	1
6	Sungai Jeroan	115	332.984	55.32	55.03	55.13	0.29	0.19	Penanganan	Penanganan	1	1
7	Sungai Jeroan	114	332.984	55.32	54.86	55.02	0.46	0.3	Penanganan	Penanganan	1	1
8	Sungai Jeroan	113	332.984	55.31	54.72	54.84	0.59	0.47	Penanganan	Penanganan	1	1
9	Sungai Jeroan	112	332.984	55.31	54.83	54.93	0.48	0.38	Penanganan	Penanganan	1	1
10	Sungai Jeroan	111	332.984	55.31	54.73	54.84	0.58	0.47	Penanganan	Penanganan	1	1
11	Sungai Jeroan	110	332.984	55.3	54.71	54.83	0.59	0.47	Penanganan	Penanganan	1	1
12	Sungai Jeroan	109	332.984	55.3	54.87	54.8	0.43	0.5	Penanganan	Penanganan	1	1
13	Sungai Jeroan	108	332.984	55.3	54.797	54.79	0.503	0.51	Penanganan	Penanganan	1	1

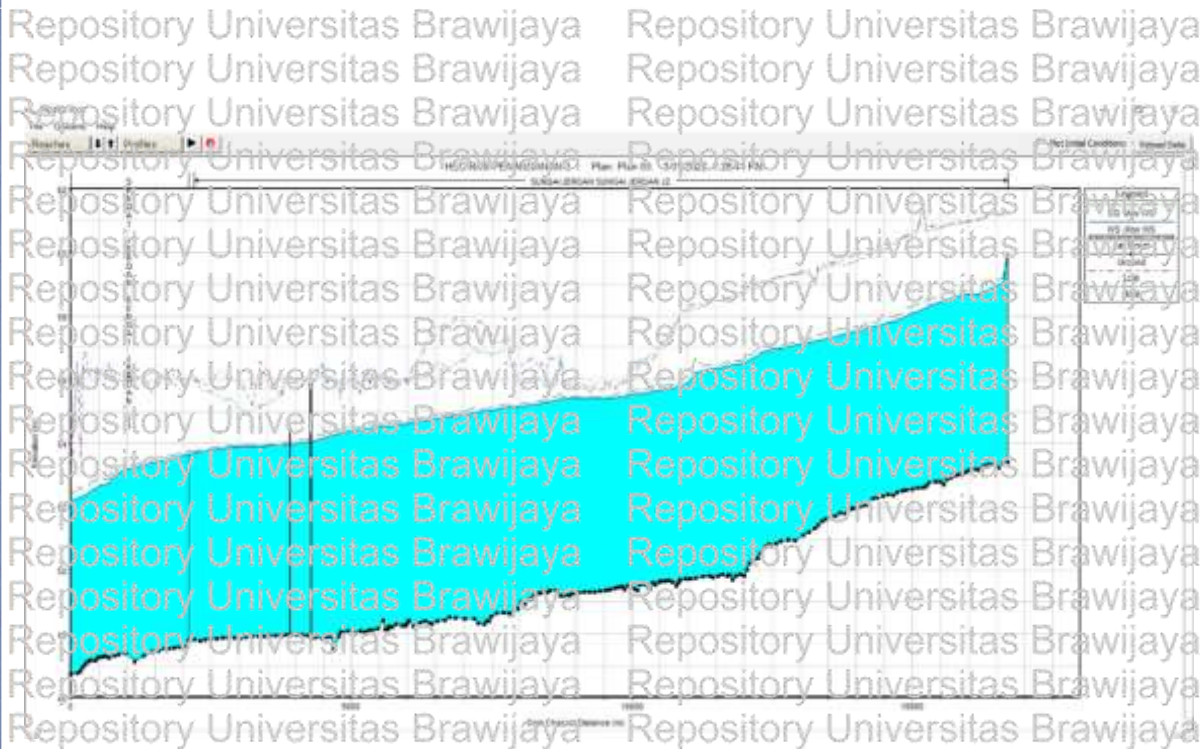
Sumber: Hasil Perhitungan

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diterapkannya kombinasi bangunan pengendali berupa normalisasi, perlakuan reverbment dan tanggul berupa bangunan parapet beton maka diperoleh hasil profil memanjang Sungai Jeroan seperti terlihat pada gambar 4.46, sementara untuk tampilan detail gambar tiap cross section dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.62. Cross Section 118 Sungai Jeroan Setelah Adanya Penanggulangan



Gambar 4.63. Profil Memanjang Sungai Jeroan Setelah Adanya Penanggulangan

Hasil analisa program Hec Ras 6.0 menunjukan bahwa setelah adanya perlakuan alternatif penanggulangan banjir berupa kolam retensi, normalisasi, revetment dan tanggul parapet, tidak lagi ditemukan adanya potensi luapan atau banjir sepanjang alur Sungai Jeroan dan Sungai Uneng. Dengan demikian penanggulangan banjir dengan alternatif yang ditawarkan tuntas dan berhasil mereduksi banjir.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Studi pemilihan alternatif bangunan pengendali banjir pada Sungai Jeroan memperoleh kesimpulan akhir hasil studi yakni:

1. Debit banjir rancangan Sungai Jeroan kala ulang 2 th, 5th, 10th, 25th dan 50 th adalah sebesar 240,081 m³/detik, 280,427 m³/detik, 291,230 m³/detik, 301,328 m³/detik dan 332,984 m³/detik.
2. Hasil runing kondisi eksisting kapasitas Sungai Jeroan dengan Q 50th dengan bantuan program Hec-Ras 6.0 menemukan total volume kapasitas sungai ditambah volume air yang tergenang sebesar 7.252.615,21 m³. Sementara Sementara kapasitas daya tampung Sungai Jeroan sebesar 3.565.660,93 m³. Hal ini menyebabkan terjadinya genangan banjir di area pemukiman dan pertanian sebesar 3,686,954.38 m³.
3. Upaya pengendalian banjir Sungai Jeroan berpedoman pada prinsip konserfasi air. Alternatif bangunan pengendali banjir yang terapkan adalah kolam retensi. Kolam retensi direncanakan 2 titik yaitu pada Sungai Jeroan dan Sungai Uneng. Dengan kapasitas daya tampung kolam retensi A (pada Sungai Jeroan) sebesar 3,313,045 m³ dan kapasitas daya tampung kolam retensi B (pada Sungai Uneng) sebesar 988,384 m³ maka berhasil menurunkan tinggi muka air banjir maksimum sebesar 1,92 meter atau sekitar 31,94%. Namun perlu dilakukan pendekatan lanjutan dengan alternatif pengendali banjir lainnya berupa normalisasi dan tanggul parapet mulai dari cross section 108 sampai dengan cross section 120 pada alur Sungai Jeroan, dikarenakan masih terjadi luapan pada titik tersebut. Hasil alternatif kedua dan ketiga menunjukkan bahwa tidak ditemukan lagi adanya potensi luapan atau banjir sepanjang alur Sungai Jeroan setelah adanya penanggulangan.

5.2. Saran

1. Melanjutkan studi terhadap penanggulangan banjir perlakuan non struktur berupa perbaikan tata guna lahan pada daerah hulu Sungai Jeroan.

2. Penting adanya studi lanjut tentang detail desain baik pada alternatif penanggulangan kolam retensi hingga penanggulangan lanjutan berupa normalisasi dan tanggul agar hasil analisa dapat dikaji secara lengkap.
3. Perlu dilakukan pendekatan sosial terhadap masyarakat mengenai pentingnya menjaga kebersihan Sungai Jeroan agar terhindar dari potensi tumpukan sedimen yang dapat mengurangi kapasitas daya tampung sungai.
4. Perlu dilakukan studi lanjutan terkait pengaruh pembangunan jalan Tol Solo-Kertosono yang membentang Sungai Jeroan pada desa Glonggong sehingga dianggap memberikan pengaruh terhadap dampak terjadinya banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- BR, Sri Harto. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Kamiana, I.M, 2011. Teknik Perhitungan Debit, Rencana Bangunan Air. Garah Ilmu, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J, 2013. *Rekayasa dan Manajemen BANJIR KOTA*. ANDI Yogyakarta: Pustaka Nasional.
- Kodoatie, Robert J & Sugiyanto. 2002. *BANJIR-Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Kodoatie, Robert J., dan Roestam, Sjarief. 2007. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Cetakan 2 – Edisi Revisi. Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J., dan Roestam, Sjarief. 2006. *Pengelolaan Sumber Bencana Teradu, Banjir, Longsor, Kekeringan dan Tsunami*. Jakarta.
- Kurniawan, R. (2014). *Studi Penanganan Banjir Kali Wrti Kabupaten Pasuruan*: Thesis Magister Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.
- Lily Montarchih Limantara. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung
- Minnerly, B., 2006. *River Elevation Modeling: An Integrated HEC-RAS ArcGIS Approach*. [Online] Available at: http://www.irfanakar.com/gis_remote_sensing_files/hecras/RiverModeling%20an%20integrated%20HEC-RAS%20ArcGIS%20approach.pdf. [Accessed 8 Juli 2018].
- Nivolianitou Zoe. (2015) *Flood disaster management with the use of AHP*. *Int. J. Multicriteria Decision Making*, Vol. 5, Nos. 1/2, 2015.
- Quadri, S. (2016). *Studi Penanganan Banjir Sungai Bila Kabupaten Sidrap*. Tesis. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sastraatmadja, A. Soedradjat. 1984 *Analisa Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Bandung: Nova
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta
- Suripin, 2006. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi.
- Sudarsono, Suyono & Takeda, Kensaku 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradya Pramita Jakarta.
- Sudarsono, Suyono, 1988. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. PT. Pradya Pramita Jakarta.
- Sudaryoko. Y. 1987. *Pedoman Penanggulangan Banjir*, Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum.

Soewarno, 1995, "Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)", Penerbit Nova, Bandung.

Sekretariat Perencanaan dan Pengendalian Penanganan Bencana(P3B) BAPPENAS. (2008). Penilaian Kerusakan dan Kerugian(Damages and Losses Assessment). Jakarta

Sesrodarsono, S. dan Tominaga, M. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Terjemahan oleh Gayo, M. Y. Jakarta: Pradnya Paramita. Soemarto (1999)

Tandean, Fanny. (2015). *Kajian Penanganan Banjir Sungai Anafre di Kota Jaya Pura*. Tesis. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

Triatmodjo, Bambang. 1996. *Hidrolika I*. Beta Offset, Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang. 1996. *Hidrolika II*. Beta Offset, Yogyakarta.

US Army Corps of Engineers, 2016. *HEC-RAS River Analysis System-Hydraulic Reference Manual Version 5.0*. s.l.:HEC

Herlina, Pipit Dwi, 2011. "Kajian Alternatif Pengendalian Banjir Sungai Jerohan Kabupaten Ngawi" Tesis. Yogyakarta: Universitas Gadjan Mada.

Bagus, Vindha. 2016. "Pengendalian Banjir Di Sub Das Jeroan Kabupaten Madiun" Tesis. Malang: Universitas Brawijaya.

[illegible]

LAMPIRAN

DATA AWLR SUNGAI JEROAN

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2006

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.76	3.19	2.88	2.79	2.33	2.3	1.89	0.53	0.5	0.5	2.13	2.03
2	2.46	2.99	2.56	2.79	2.2	2.1	1.88	0.53	0.5	0.5	2.23	2.03
3	2.33	3	2.55	2.83	2.65	2.05	1.87	0.52	0.5	0.5	2.23	2.03
4	2.22	2.95	2.76	2.63	2.45	2.05	1.87	0.51	0.5	0.5	2.23	2.03
5	2.6	3	2.66	2.58	2.63	2.02	1.92	0.5	0.5	0.5	2.23	2.58
6	2.67	3	2.68	2.8	2.91	2.01	1.9	0.5	0.5	0.5	2.22	2.79
7	2.31	3.09	2.61	2.61	2.86	2.01	1.88	0.5	0.5	0.5	2.19	2.72
8	2.74	2.97	2.58	2.7	2.73	2.02	1.88	0.5	0.5	0.5	2.03	2.67
9	2.65	2.95	2.56	2.68	2.72	1.99	1.88	0.5	0.5	0.5	2.14	2.53
10	2.73	2.7	2.55	2.89	2.79	1.93	1.87	0.5	0.5	0.5	2.12	2.28
11	2.85	2.98	2.53	2.99	2.68	1.93	1.85	0.5	0.5	0.5	2.11	2.33
12	2.74	3.08	2.56	2.7	2.63	1.97	1.85	0.5	0.5	0.5	2.11	2.35
13	2.9	2.7	2.55	2.61	2.57	1.96	1.84	0.5	0.5	0.5	2.11	2.65
14	2.84	3	2.57	2.15	2.54	1.96	1.83	0.5	0.5	0.5	2.1	2.68
15	2.63	3.16	2.48	2.17	2.55	1.96	1.82	0.5	0.5	0.5	2.09	2.49
16	2.46	2.96	2.73	2.91	2.47	1.95	1.82	0.5	0.5	0.5	2.08	2.41
17	2.76	2.7	2.6	2.86	2.45	1.94	1.81	0.5	0.5	0.5	2.07	2.31
18	2.78	3.06	2.56	2.53	2.44	1.93	1.8	0.5	0.5	0.5	2.03	2.21
19	2.61	3.18	2.53	2.63	2.47	1.97	1.78	0.5	0.5	0.5	2.03	2.61
20	2.45	2.66	2.55	2.52	2.6	1.97	1.75	0.5	0.5	0.5	2.03	2.65
21	2.52	3.13	2.8	2.83	2.68	1.96	1.68	0.5	0.5	0.5	2.03	2.49
22	2.66	3.06	2.46	2.72	2.53	1.95	1.66	0.5	0.5	0.5	2.03	2.68
23	2.57	3.02	2.63	2.63	2.48	1.95	1.65	0.5	0.5	0.5	2.03	2.62
24	2.76	3.11	3.01	2.67	2.84	1.94	1.64	0.5	0.5	0.5	2.03	2.67
25	2.67	2.94	2.97	2.83	2.63	1.93	1.63	0.5	0.5	0.5	2.03	2.46
26	2.69	2.93	2.7	2.76	2.65	1.92	1.62	0.5	0.5	0.5	2.03	2.63
27	2.62	2.76	2.68	2.67	2.59	1.88	1.61	0.5	0.5	0.5	2.03	2.53
28	2.7	2.66	2.38	2.64	2.59	1.87	1.6	0.5	0.5	0.5	2.03	2.33
29	2.63		2.53	2.58	2.57	1.86	1.59	0.5	0.5	0.5	2.03	2.51
30	2.63		2.49	2.56	2.77	1.85	1.59	0.5	0.5	0.5	2.27	2.38
31	3		2.79		2.66		1.58	0.5		0.5		2.35

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2007

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Oktober	Nov	Des
1	2.82	2.69	3.17	2.13	2.72	2.36	1.98	0.5	0.5	0.5	2.06	2.1
2	2.71	3.16	3.09	2.8	2.62	2.35	1.87	0.5	0.5	0.5	2.19	2.06
3	2.65	3.2	3.22	2.75	2.54	2.35	1.87	0.5	0.5	0.5	2.57	2.32
4	2.5	3.15	3.17	2.72	2.53	2.33	1.87	0.5	0.5	0.5	2.28	2.33
5	2.41	3.06	3.14	2.91	2.52	2.32	1.87	0.5	0.5	0.5	2.19	2.25
6	2.39	2.76	3.09	2.5	2.73	2.31	1.86	0.5	0.5	0.5	2.13	2.27
7	2.4	2.99	3.31	2.73	2.77	2.3	1.86	0.5	0.5	0.5	2.14	2.45
8	2.39	2.8	3.35	2.7	2.73	2.31	1.83	0.5	0.5	0.5	2.17	2.42
9	2.38	2.99	2.78	2.32	2.71	2.39	1.81	0.5	0.5	0.5	2.14	2.34
10	2.37	3	3.35	2.91	2.7	2.41	1.8	0.5	0.5	0.5	2.1	2.3
11	2.36	2.87	3.29	2.6	2.65	2.4	1.74	0.5	0.5	0.5	2.08	2.3
12	2.35	3.13	3.11	2.45	2.51	2.38	1.72	0.5	0.5	0.5	2.05	2.74
13	2.34	3.08	3.02	2.34	2.41	2.36	1.72	0.5	0.5	0.5	2.05	2.54
14	2.32	3.02	3.03	2.23	2.35	2.36	1.71	0.5	0.5	0.5	2.09	2.43
15	2.3	3	3.01	2.18	2.81	2.42	1.7	0.5	0.5	0.5	2.13	2.26
16	2.25	3.29	3.22	2.2	2.19	2.41	1.69	0.5	0.5	0.5	2.15	2.21
17	2.19	3.25	3.33	2.63	2.9	2.41	1.67	0.5	0.5	0.5	2.1	2.61
18	2.26	3.09	2.96	2.68	2.81	2.4	1.66	0.5	0.5	0.5	2.1	4.29
19	2.26	2.72	2.8	2.26	2.47	2.4	1.63	0.5	0.5	0.5	2.11	2.75
20	2.48	2.81	3.38	2.66	2.81	2.4	1.58	0.5	0.5	0.5	2.11	2.7
21	2.92	3.02	2.83	2.44	2.72	2.41	0.5	0.5	0.5	0.5	2.05	2.67
22	2.81	3.15	2.96	2.82	2.69	2.4	0.5	0.5	0.5	0.5	2.05	2.7
23	2.71	2.83	2.83	2.84	2.53	2.39	0.5	0.5	0.5	0.03	2.05	2.7
24	2.51	3.28	3.46	2.81	2.52	2.39	0.5	0.5	0.5	0.03	2.06	2.62
25	2.92	3.16	3.28	2.75	2.51	2.4	0.5	0.5	0.5	0.03	2.06	2.63
26	2.51	2.96	3.4	2.82	2.5	2.39	0.5	0.5	0.5	0.03	2.06	6.4
27	2.48	3.12	2.85	2.96	2.49	2.39	0.5	0.5	0.5	0.03	2.06	6.3
28	2.44	3.02	3.23	2.51	2.47	2.38	0.5	0.5	0.5	0.02	2.06	6.24
29	2.37		3.23	2.79	2.42	2.38	0.5	0.5	0.5	0.02	2.06	6.45
30	2.23		3.13	2.75	2.39	2.38	0.5	0.5	0.5	0.02	2.17	6.38
31	2.35		2.78		2.37		0.5	0.5		0.03		5.8

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2008

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.8	3.02	3.27	2.03	2.03	1.79	0.74	0.5	0.5	0.5	2.4	3.32
2	2.18	2.97	2.83	2.03	2.03	1.78	0.73	0.5	0.5	0.5	2.55	3.34
3	2.88	3.02	2.8	2.03	2.03	1.77	0.72	0.5	0.5	0.5	2.65	3.3
4	2.38	2.93	2.95	2.03	2.03	1.76	0.71	0.5	0.5	0.5	2.96	3.29
5	2.55	2.96	2.88	2.03	2.03	1.75	0.7	0.5	0.5	0.5	2.83	3.29
6	2.56	2.56	3.47	2.03	2.03	1.74	0.69	0.5	0.5	0.5	2.78	3.28
7	2.64	3.11	3.19	2.03	2.03	1.73	0.68	0.5	0.5	0.5	2.77	3.27
8	2.73	3.04	3.12	2.03	2.03	1.72	0.67	0.5	0.5	0.5	2.76	3.26
9	2.47	3	3.06	2.03	2.03	1.66	0.67	0.5	0.5	1.08	2.74	3.28
10	2.47	2.93	3.25	2.03	2.03	1.63	0.65	0.5	0.5	1.28	2.73	3.27
11	2.42	3.16	2.71	2.03	2.03	1.53	0.66	0.5	0.5	1.13	2.74	3.26
12	2.42	3.01	3.17	2.03	2.03	1.53	0.65	0.5	0.5	1.04	2.78	3.25
13	2.42	2.91	2.91	2.03	2.03	1.63	0.64	0.5	0.5	0.94	2.82	3.24
14	2.41	2.86	2.82	2.03	2.03	1.65	0.64	0.5	0.5	0.93	3	3.23
15	2.4	2.83	2.88	2.03	2.03	1.68	0.63	0.5	0.5	0.92	2.98	3.22
16	2.38	2.82	2.83	2.03	2.03	1.72	0.63	0.5	0.5	0.9	2.71	3.21
17	2.37	2.82	3.07	2.03	2.03	1.77	0.62	0.5	0.5	0.92	2.68	3.3
18	2.35	2.82	3.31	2.03	2.03	1.79	0.62	0.5	0.5	0.85	2.67	3.39
19	2.23	2.8	3.21	2.03	2.03	1.81	0.62	0.5	0.5	0.83	2.66	3.37
20	2.81	2.78	3.44	2.03	2.03	1.82	0.6	0.5	0.5	0.79	2.65	3.36
21	2.76	2.77	3.01	2.03	2.03	1.84	0.59	0.5	0.5	0.78	2.64	3.37
22	2.72	2.76	3.15	2.03	2.03	1.84	0.58	0.5	0.5	0.77	2.62	3.36
23	2.62	2.73	3.22	2.03	2.03	1.84	0.58	0.5	0.5	0.79	2.61	3.35
24	2.52	2.71	3.1	2.03	2.03	1.82	0.57	0.5	0.5	0.8	2.6	3.34
25	2.41	2.69	3.35	2.03	2.03	1.81	0.55	0.5	0.5	0.81	2.62	3.33
26	2.23	2.67	3.38	2.03	2.03	1.81	0.52	0.5	0.5	0.82	2.58	3.32
27	2.36	2.75	3.38	2.03	2.03	1.8	0.5	0.5	0.5	0.83	2.57	3.32
28	2.15	3.03	3.36	2.03	2.03	1.79	0.5	0.5	0.5	0.84	2.56	3.31
29	2.23	3.27	3.31	2.03	2.03	1.8	0.5	0.5	0.5	0.85	2.56	3.3
30	2.29		3.28	2.03	2.03	1.78	0.5	0.5	0.5	0.85	2.56	3.3
31	2.63		3.26		2.03		0.5	0.5		0.85		3.31

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2009

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	4.02	3.41	2.82	2.22	2.26	1.88	1.47	0.93	0.53	0.5	1.53	2.27
2	4	3.37	2.81	2.21	2.24	1.87	1.47	0.92	0.5	0.5	1.53	2.25
3	3.98	3.36	2.8	2.2	2.24	1.86	1.45	0.92	0.5	0.5	1.53	2.22
4	3.98	3.33	2.92	2.19	2.23	1.84	1.45	0.91	0.5	0.5	1.53	2.21
5	3.98	3.23	2.91	2.18	2.23	1.84	1.44	0.91	0.5	0.5	1.53	2.2
6	3.97	3.18	2.9	2.17	2.23	1.83	1.44	0.9	0.5	0.5	1.53	2.19
7	3.96	3.17	2.9	2.17	2.22	1.82	1.43	0.89	0.5	0.5	1.53	2.19
8	3.95	3.16	2.83	2.16	2.21	1.82	1.42	0.87	0.5	0.5	1.53	2.24
9	3.94	3.22	2.81	2.16	2.21	1.82	1.42	0.87	0.5	0.5	1.53	2.26
10	3.93	3.15	2.79	2.15	2.2	1.81	1.41	0.86	0.5	0.5	1.53	2.25
11	3.92	3.12	2.79	2.15	2.2	1.81	1.4	0.85	0.5	0.5	1.53	2.24
12	3.91	3.11	2.78	2.14	2.19	1.8	1.39	0.84	0.5	0.5	1.53	2.23
13	4.36	3.11	2.81	2.13	2.18	1.8	1.38	0.83	0.5	0.5	1.53	2.26
14	4.39	3.1	2.83	2.12	2.18	1.79	1.37	0.82	0.5	0.5	1.53	2.22
15	4.42	3.1	2.82	2.11	2.16	1.79	1.37	0.81	0.5	0.5	1.53	2.21
16	4.41	3.09	2.79	2.1	2.16	1.77	1.35	0.8	0.5	0.5	1.53	2.21
17	4.4	3.08	2.77	2.46	2.16	1.77	1.34	0.8	0.5	0.5	1.53	2.2
18	4.4	3.08	2.76	2.4	2.45	1.77	1.33	0.79	0.5	0.5	1.53	2.19
19	4.39	3.07	2.75	2.39	2.51	1.76	1.32	0.78	0.5	0.5	1.53	2.18
20	4.39	3.06	2.74	2.38	2.5	1.76	1.31	0.77	0.5	0.5	1.53	2.17
21	4.38	3.05	2.73	2.38	2.49	1.75	1.31	0.76	0.5	0.5	1.53	2.15
22	4.37	3.05	2.82	2.36	2.49	1.75	1.3	0.75	0.5	0.5	1.53	2.13
23	4.34	3.04	2.81	2.39	2.43	1.74	1.28	0.73	0.5	0.5	1.7	2.9
24	3.73	3.03	2.79	2.42	2.47	1.73	1.29	0.72	0.5	0.5	1.9	2.76
25	4.15	2.85	2.77	2.38	2.46	1.73	1.28	0.7	0.5	0.5	2.3	2.75
26	4.38	2.85	2.77	2.36	2.46	1.72	1.27	0.69	0.5	0.5	2.2	2.94
27	4.32	3.43	2.76	2.34	2.46	1.72	1.26	0.67	0.5	0.5	2.1	2.88
28	4.29	3.35	2.75	2.31	2.45	1.71	1.25	0.65	0.5	0.5	3.1	2.79
29	4.28	2.74	2.29	2.44	1.7	1.25	0.62	0.5	0.5	0.5	2.5	2.63
30	4.41	2.74	2.27	2.43	1.69	1.24	0.58	0.5	0.5	0.5	2.1	2.82
31	3.79	2.73		2.43			1.24	0.58		0.5		2.78

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2010

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.73	3.15	2.74	2.32	2.62	0.94	0.84	0.17	1.1	1.3	2.47	2.67
2	2.53	3.1	2.71	2.22	2.6	0.93	0.85	0.17	1	1.29	2.46	2.65
3	2.5	3.06	2.7	1.82	2.59	0.92	0.82	0.16	0.9	1.27	2.45	2.62
4	2.52	3.14	2.68	2.18	2.57	0.91	0.82	0.16	1.1	1.1	2.45	2.61
5	2.66	3.31	2.67	2.21	2.56	0.9	0.81	0.15	0.3	1.08	2.45	2.6
6	2.61	3.17	2.66	2.41	2.54	0.89	0.8	0.15	0.33	1.07	2.48	2.58
7	2.76	3.13	2.65	1.73	2.53	0.87	0.8	0.14	0.34	1.06	2.49	2.56
8	2.8	3.09	2.63	2.4	2.52	0.85	0.79	0.13	0.35	1.05	2.5	2.55
9	2.3	3.13	2.63	2.38	2.5	0.84	0.79	0.13	0.36	1.05	2.51	2.52
10	2.25	3.49	2.64	2.37	2.49	0.83	0.78	0.12	0.39	1.04	2.5	2.8
11	2.88	3.46	2.62	2.26	2.47	0.81	0.77	0.11	0.42	1.04	2.52	2.71
12	2.69	3.38	2.7	2.21	2.45	0.8	0.77	0.11	0.46	1.03	2.53	2.68
13	2.39	2.95	2.61	1.93	2.44	1.44	0.76	0.1	0.47	1.02	2.52	2.67
14	2.33	3.16	2.72	2.32	2.43	0.92	0.76	0.37	0.47	1.05	2.51	2.66
15	2.31	3.2	2.67	2.3	2.41	0.91	0.75	0.9	0.49	1.22	2.53	2.65
16	2.44	3.22	2.63	2.29	2.45	0.91	0.75	0.9	0.49	1.26	2.51	2.64
17	2.52	3.18	2.59	2.27	2.43	0.9	0.74	0.8	0.48	1.26	2.5	2.63
18	2.98	3.24	2.56	2.26	2.79	0.9	0.74	0.73	0.43	1.26	2.49	2.62
19	2.99	3.22	2.58	2.25	2.79	0.89	0.74	0.7	0.42	1.25	2.49	2.61
20	2.96	3.2	2.8	2.24	2.73	0.89	0.73	0.6	0.41	1.24	2.48	2.93
21	2.92	3.18	2.79	2.22	2.7	0.88	0.73	0.6	0.39	1.23	2.47	2.91
22	2.88	3.16	2.95	2.21	2.68	0.88	0.73	0.5	0.38	1.22	2.45	2.89
23	2.88	3.15	2.9	2.19	2.67	0.88	0.72	0.4	0.36	1.21	2.44	2.87
24	2.81	3.03	2.87	2.18	2.65	0.87	0.72	0.12	0.32	1.21	2.44	2.86
25	2.71	3.02	2.43	2.17	2.63	0.86	0.72	0.13	1.09	1.2	2.58	2.85
26	2.67	3.01	2.75	2.17	2.64	0.86	0.71	0.1	1.07	1.19	2.57	2.83
27	2.61	3	2.79	2.15	2.52	0.85	0.71	0.9	0.99	1.18	2.56	2.81
28	2.57	2.99	2.7	2.14	2.51	0.84	0.7	0.8	1.04	1.17	2.55	2.79
29	2.67	2.7	2.13	2.5	0.84	0.73	0.11	1.02	1.16	2.53	2.78	
30	2.69	2.61	2.13	2.49	0.84	0.68	0.11	1	1.15	2.68	2.78	
31	2.69	2.48	2.48			0.68	0.1		1.15		2.74	

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2011

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Ok	Nop	Des
1	2.73	2.91	3.32	2.7	2.9	1.07	1.17	0.93	0.51	0.51	2.68	2.71
2	2.72	2.89	3.3	2.73	2.83	1.06	1.17	0.92	0.51	0.51	2.7	2.68
3	2.7	2.88	3.29	2.83	2.81	1.06	1.15	0.92	0.51	0.51	2.62	2.83
4	2.69	2.86	3.27	2.83	2.81	1.05	1.15	0.91	0.52	0.51	2.9	2.79
5	2.68	2.83	3.26	2.82	2.79	1.03	1.14	0.91	0.52	0.51	2.73	2.77
6	2.68	2.83	3.25	2.82	2.78	1.02	1.14	0.9	0.52	0.51	2.55	2.73
7	2.66	2.81	3.19	2.84	2.78	1.02	1.13	0.89	0.52	0.51	2.51	2.68
8	2.65	2.8	3.43	2.83	2.77	1.01	1.12	0.87	0.52	0.51	2.42	2.67
9	2.64	2.78	2.72	2.87	2.76	1	1.12	0.87	0.52	0.51	2.56	2.66
10	2.63	2.94	2.71	2.88	2.76	1	1.11	0.86	0.52	0.51	2.5	2.63
11	2.62	2.92	2.7	2.89	2.75	0.99	1.1	0.85	0.52	0.51	2.43	2.62
12	2.62	2.92	2.68	2.87	2.74	0.99	1.09	0.84	0.51	0.51	2.43	2.61
13	2.6	2.74	2.66	2.86	2.73	0.93	1.08	0.83	0.52	0.51	2.41	2.83
14	2.58	2.73	2.64	2.82	2.72	0.97	1.07	0.82	0.52	0.51	2.42	2.83
15	2.57	2.72	2.9	2.8	2.7	0.96	1.07	0.81	0.52	0.51	2.62	2.96
16	2.57	2.71	3.36	2.77	2.69	0.95	1.05	0.8	0.52	0.51	2.59	2.53
17	2.56	2.7	3.26	2.75	2.69	0.95	1.04	0.8	0.52	0.51	2.61	2.9
18	2.54	2.69	3.13	2.74	2.68	0.94	1.03	0.79	0.51	0.51	2.59	2.76
19	2.55	2.69	3.1	2.71	2.67	0.93	1.02	0.78	0.51	0.51	2.63	2.68
20	2.57	2.68	3.45	2.7	2.67	0.92	1.01	0.77	0.51	0.51	3.02	2.55
21	2.58	2.67	3.31	2.68	2.66	0.92	1.01	0.76	0.51	0.51	2.91	2.45
22	2.59	2.66	3.35	2.66	2.66	0.92	1	0.75	0.51	0.51	2.73	2.44
23	2.6	2.69	3.32	2.63	2.65	0.91	0.98	0.73	0.51	0.51	2.82	2.5
24	2.59	2.76	3.3	3.01	2.65	0.9	0.99	0.72	0.51	0.51	2.81	2.46
25	2.8	2.84	3.3	3.01	2.64	0.83	0.98	0.7	0.51	0.51	2.79	2.43
26	2.84	2.83	3.28	3	2.64	0.79	0.97	0.69	0.51	0.51	2.74	2.53
27	2.72	2.92	3.27	2.99	2.63	0.79	0.96	0.67	0.51	0.51	2.56	2.89
28	2.7	2.99	3.36	2.99	2.62	0.73	0.95	0.65	0.51	0.51	2.52	2.85
29	2.68		3.13	2.98	2.62	0.73	0.95	0.62	0.51	0.51	3	2.62
30	2.65		3.19	2.96	2.61	0.77	0.94	0.58	0.51	0.51	2.79	2.59
31	2.63		3.18		2.6		0.94	0.58		0.51		2.56

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2012

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
1	3.2	2.4	2.68	2.13	1.86	0.99	0.79	0.59	0.5	0.5	0.5	2.65
2	3.18	2.32	2.66	2.17	1.8	0.98	0.78	0.58	0.5	0.5	0.5	2.64
3	3.21	2.34	2.7	2.16	1.78	0.98	0.78	0.57	0.5	0.5	0.5	2.63
4	3.17	2.29	2.71	2.21	1.77	0.97	0.77	0.57	0.5	0.5	0.5	2.62
5	3.15	2.85	2.73	2.23	1.75	0.96	0.77	0.56	0.5	0.5	0.5	2.61
6	3.14	2.87	2.71	2.32	1.75	0.95	0.76	0.55	0.5	0.5	0.5	2.66
7	3	2.8	2.7	2.31	1.74	0.95	0.76	0.54	0.5	0.5	0.5	2.62
8	3.41	2.79	2.69	2.29	1.73	0.94	0.75	0.54	0.5	0.5	0.5	2.58
9	3.38	2.77	2.68	2.27	1.72	0.93	0.75	0.53	0.5	0.5	0.5	2.56
10	3.22	2.76	2.67	2.26	1.71	0.92	0.74	0.52	0.5	0.5	0.5	2.53
11	3.26	2.75	2.66	2.26	1.7	0.92	0.74	0.51	0.5	0.5	0.5	2.51
12	3.23	2.73	2.67	2.25	1.68	0.91	0.73	0.5	0.5	0.5	0.5	2.66
13	3.17	2.72	2.68	2.24	1.67	0.9	0.72	0.5	0.5	0.5	0.5	2.66
14	3.16	2.77	2.66	2.23	1.66	0.89	0.72	0.5	0.5	0.5	0.5	2.53
15	2.66	2.69	2.66	2.21	1.64	0.88	0.71	0.5	0.5	0.5	0.5	2.51
16	3.33	2.68	2.65	2.2	1.63	0.87	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	2.49
17	3.25	2.67	2.64	2.19	1.62	0.86	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	2.73
18	3.16	2.67	2.63	2.18	1.61	0.86	0.69	0.5	0.5	0.5	2.07	2.71
19	3.08	2.66	2.61	2.17	1.6	0.85	0.68	0.5	0.5	0.5	2.09	2.79
20	3.06	2.69	2.61	2.16	1.59	0.84	0.68	0.5	0.5	0.5	2.09	2.72
21	3.02	2.71	2.59	2.16	1.58	0.84	0.67	0.5	0.5	0.5	2.1	2.68
22	3.1	2.69	2.58	2.15	1.57	0.83	0.66	0.5	0.5	0.5	2.11	2.66
23	3.19	2.68	2.57	2.14	1.56	0.82	0.66	0.5	0.5	0.5	2.44	2.53
24	3.16	2.67	2.56	2.03	1.55	0.82	0.65	0.5	0.5	0.5	2.45	2.51
25	3.06	2.66	2.55	2.01	1.54	0.82	0.64	0.5	0.5	0.5	2.48	2.63
26	3.01	2.68	2.36	2.01	1.54	0.82	0.63	0.5	0.5	0.5	2.52	2.6
27	2.99	2.68	2.79	2	1.53	0.81	0.63	0.5	0.5	0.5	2.5	2.57
28	2.97	2.67	2.75	1.98	1.54	0.81	0.62	0.5	0.5	0.5	2.49	2.73
29	2.98	2.68	2.71	1.96	1.51	0.8	0.61	0.5	0.5	0.5	2.5	2.9
30	2.96		2.67	1.95	1.5	0.79	0.6	0.5	0.5	0.5	2.53	2.92
31	2.94		2.66		1.5		0.59	0.5		0.5		2.53

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2013

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.81	3.27	2.41	2.51	2.47	2.61	2.23	1.14	0.5	0.5	2.46	3.27
2	2.46	3.58	2.33	2.72	2.46	2.6	2.21	1.13	0.5	0.5	2.45	3.26
3	2.88	3.48	2.32	2.82	2.45	2.59	2.2	1.12	0.5	0.5	2.44	3.25
4	2.76	3.4	2.43	2.78	2.45	2.57	2.17	1.11	0.5	0.5	2.43	3.24
5	2.24	3.86	2.47	3.02	2.44	2.85	2.18	1.09	0.5	0.5	2.42	3.23
6	2.22	3.79	2.45	2.95	2.44	2.72	2.17	1.09	0.5	0.5	2.39	3.22
7	2.91	3.76	2.43	2.63	2.43	2.7	2.17	1.07	0.5	0.5	2.08	3.19
8	2.9	3.74	2.37	2.98	2.42	2.63	2.2	1.06	0.5	0.5	2.41	2.88
9	2.89	3.73	2.32	2.9	2.41	2.66	2.22	1.04	0.5	0.5	2.78	3.21
10	2.88	3.72	2.3	2.9	2.41	2.65	2.23	1.03	0.5	0.5	2.08	3.58
11	2.72	3.71	2.43	2.72	2.4	2.63	2.3	1.02	0.5	0.5	2.24	2.88
12	2.67	3.69	2.41	2.69	2.4	2.92	2.27	1.01	0.5	0.5	2.91	3.04
13	2.53	2.98	2.39	2.67	2.39	2.9	2.26	0.99	0.5	0.6	2.91	3.71
14	2.52	3.88	2.37	2.98	2.54	2.89	2.28	0.97	0.5	0.6	2.53	3.71
15	2.46	3.77	2.35	2.96	2.53	2.89	2.29	0.96	0.5	0.62	2.38	3.33
16	2.63	3.74	2.34	2.93	2.52	2.89	2.28	0.94	0.5	0.66	2.75	3.18
17	2.62	3.7	2.33	2.84	2.71	2.87	2.3	0.92	0.5	0.72	2.31	3.55
18	2.61	3.72	2.36	2.77	2.68	2.83	2.29	0.91	0.5	0.75	2.92	3.11
19	2.6	3.77	2.82	2.76	2.4	2.93	2.28	0.9	0.5	0.74	2.63	3.72
20	2.92	3.68	2.81	2.74	2.39	2.82	2.27	0.89	0.5	0.76	2.05	3.43
21	2.78	3.7	2.72	2.72	2.37	2.8	2.26	0.87	0.5	0.77	2.73	2.85
22	2.98	3.66	2.16	2.7	2.36	2.79	2.26	0.85	0.5	0.79	2.49	3.53
23	3.02	3.64	2.8	2.69	2.44	2.73	2.25	0.84	0.5	0.8	2.43	3.29
24	2.93	3.63	2.71	2.67	2.41	2.76	2.25	0.79	0.5	0.82	2.71	3.23
25	3	3.62	2.66	2.64	2.4	2.75	2.24	0.76	0.5	0.82	2.6	3.51
26	2.87	3.61	2.65	2.63	2.39	2.74	2.23	0.71	0.5	0.9	2.53	3.4
27	2.82	3.6	2.62	2.51	2.38	2.73	2.21	0.67	0.5	0.92	2.49	3.33
28	2.8	3.58	2.59	2.5	2.39	2.72	2.2	0.64	0.5	0.98	2.42	3.29
29	2.13		2.58	2.49	2.41	2.71	2.19	0.55	0.5	0.96	2.36	3.22
30	2.41		2.53	2.48	2.43	2.7	2.18	0.5	0.5	0.95	2.27	3.16
31	2.61		2.03		2.73		2.17	0.5		0.94		3.07

Data Tinggi Muka Air (TMA) Harian (m) Tahun 2014

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.54	2.4	3.3	2.7	2.36	1.73	0.97	0.73	0.5	0.5	0.5	2.53
2	2.72	2.39	3.32	2.68	2.33	1.72	0.95	0.72	0.5	0.5	0.5	2.58
3	2.7	2.38	3.3	2.67	2.32	1.71	0.95	0.71	0.5	0.5	0.5	2.58
4	3.03	2.36	3.29	2.66	2.3	1.68	0.94	0.71	0.5	0.5	0.5	2.6
5	2.48	2.35	3.27	2.65	2.29	1.65	0.94	0.7	0.5	0.5	0.5	2.93
6	2.83	2.33	3.23	2.65	2.27	1.64	0.93	0.69	0.5	0.5	0.5	2.78
7	2.98	2.35	3.21	2.64	2.26	1.62	0.92	0.69	0.5	0.5	0.5	2.96
8	3.01	2.38	3.18	2.92	2.25	1.6	0.91	0.68	0.5	0.5	0.5	2.98
9	2.76	2.39	3.17	2.95	2.24	1.58	0.9	0.68	0.5	0.5	0.5	2.98
10	3.03	2.36	3.3	2.96	2.23	1.6	0.89	0.67	0.5	0.5	0.5	3.01
11	3	2.38	3.31	2.99	2.22	1.65	0.89	0.66	0.5	0.5	0.5	3
12	2.51	2.31	3.29	3	2.2	1.64	0.87	0.65	0.5	0.5	0.5	2.99
13	2.83	2.34	3.27	3	2.19	1.63	0.87	0.64	0.5	0.5	0.5	3
14	2.77	2.43	3.48	2.98	2.18	1.62	0.86	0.64	0.5	0.5	0.5	2.95
15	2.73	2.44	3.69	2.97	2.17	1.61	0.85	0.63	0.5	0.5	0.5	2.95
16	2.72	2.8	3.66	2.95	2.48	1.6	0.85	0.62	0.5	0.5	1.4	2.23
17	2.71	2.18	3.64	2.94	2.48	1.59	0.84	0.61	0.5	0.5	0.6	2.66
18	2.7	2.2	3.59	2.91	2.46	1.59	0.83	0.61	0.5	0.5	0.62	2.53
19	2.69	2.45	3.55	2.9	2.45	1.57	0.82	0.6	0.5	0.5	0.62	2.65
20	2.68	2.03	3.53	2.88	2.43	1.56	0.82	0.59	0.5	0.5	0.63	2.67
21	2.68	2.45	3.5	2.87	2.41	1.55	0.81	0.59	0.5	0.5	0.64	2.72
22	2.67	2.46	3.46	2.86	2.39	1.54	0.8	0.58	0.5	0.5	0.65	2.85
23	2.65	2.46	3.42	2.93	2.37	1.53	0.79	0.57	0.5	0.5	0.66	2.92
24	2.65	2.48	3.41	2.92	2.36	1.52	0.79	0.56	0.5	0.5	0.67	2.73
25	2.64	2.49	3.7	2.9	2.36	1.51	0.78	0.55	0.5	0.5	0.67	2.86
26	2.63	2.5	3.63	2.89	2.34	1.5	0.77	0.54	0.5	0.5	0.68	2.82
27	2.72	2.48	3.61	2.87	2.33	1.5	0.76	0.53	0.5	0.5	0.71	2.8
28	2.71	2.52	3.6	2.86	2.31	1.49	0.76	0.52	0.5	0.5	0.74	2.79
29	2.7		3.58	2.86	2.29	1.48	0.75	0.5	0.5	0.5	0.77	2.77
30	2.69		3.57	2.86	2.28	1.47	0.74	0.5	0.5	0.5	0.79	2.76
31	2.68		3.53		2.27		0.73	0.5		0.5		2.73

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.72	3.48	2.61	1.93	2.56	2.12	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.49
2	2.72	3.46	2.6	1.91	2.55	2.12	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.47
3	2.73	3.43	2.58	1.9	2.52	2.11	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.44
4	2.77	3.41	2.62	1.9	2.49	2.09	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.43
5	2.75	3.4	2.66	2.51	2.48	2.07	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.4
6	2.74	3.03	2.65	2.5	2.45	2.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.38
7	2.73	3.01	2.71	2.46	2.43	2.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.33
8	2.72	2.98	2.68	2.48	2.42	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.3
9	2.71	2.97	2.66	2.47	2.41	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.28
10	2.7	2.95	2.82	2.46	2.39	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.27
11	2.69	2.93	2.81	2.48	2.38	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.25
12	2.69	2.97	2.8	2.4	2.37	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.23
13	2.68	2.95	2.79	2.39	2.36	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.63	2.25
14	2.67	2.93	2.92	2.4	2.34	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	2.92
15	2.66	2.86	2.9	2.39	2.33	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	2.16
16	2.65	2.65	2.89	2.38	2.32	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.83	2.46
17	2.63	2.7	2.87	2.36	2.31	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.23
18	2.62	2.72	2.9	2.35	2.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.23
19	2.61	2.75	2.9	2.35	2.29	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.73	2.23
20	2.84	2.77	2.87	2.31	2.28	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	2.33
21	2.83	2.76	2.85	2.29	2.28	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	2.14
22	2.8	2.77	2.73	2.28	2.26	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.14
23	2.93	2.8	2.9	2.27	2.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.15
24	2.89	2.78	2.88	2.26	2.24	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.33
25	2.86	2.92	2.87	2.25	2.22	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.45	2.3
26	2.84	2.89	2.82	2.21	2.21	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.2	2.27
27	2.83	2.87	2.8	2.13	2.19	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.08	2.24
28	2.8	2.85	2.79	2.12	2.18	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.05	2.23
29	2.77		2.78	2.1	2.16	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.04	2.2
30	2.69		2.77	2.07	2.14	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.13	2.18
31	3		2.76		2.14		0.5	0.5		0.5		2.15

Tabel Tinggi Muka Air (TMA) AWLR Sungai Jeroan Tahun 2016

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mey	Jun	July	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0.07	3.66	1.73	1.67	2.05	0.89	0.20	0.0	0.6	4.1	2.1	4.86
2	0.07	3.04	1.55	1.49	1.81	0.81	0.18	0.6	0.3	3.8	2.0	4.43
3	0.57	2.79	1.42	1.55	1.55	0.73	0.16	2.8	0.1	3.5	1.8	4.68
4	4.86	2.56	1.31	1.42	1.33	0.64	0.14	2.3	0.0	3.2	1.7	4.51
5	4.54	2.31	1.20	0.65	1.03	0.57	0.12	1.7	3.9	2.9	1.5	4.34
6	4.44	2.17	1.07	0.52	1.61	0.62	0.52	1.1	3.7	2.7	1.4	4.04
7	4.04	1.99	1.00	3.94	0.69	0.57	0.47	0.1	3.5	2.6	1.3	3.81
8	3.81	1.73	0.85	4.44	0.28	0.54	0.39	0.1	3.4	2.4	1.2	3.75
9	3.47	1.45	0.73	4.07	0.15	0.52	0.34	0.0	3.2	0.2	1.1	3.57
10	3.10	1.38	0.62	3.85	0.06	0.46	0.29	1.7	3.1	0.1	1.0	3.30
11	2.87	1.22	0.52	0.50	4.90	0.41	0.26	0.0	3.0	0.1	1.0	3.04
12	2.77	1.03	0.45	5.05	4.30	0.36	0.22	0.0	2.9	0.1	0.9	2.79
13	2.61	1.69	4.76	4.76	3.78	0.41	0.68	0.1	2.8	0.0	0.8	2.58
14	2.51	0.37	4.54	4.54	3.57	0.33	0.63	0.1	2.7	0.0	0.7	2.41
15	2.38	4.86	4.24	4.07	3.42	0.50	0.57	0.1	2.6	3.7	0.7	2.03
16	2.19	4.54	3.94	3.75	3.27	0.42	0.53	0.1	2.5	2.1	0.6	2.17
17	1.86	4.24	3.66	3.57	3.04	0.39	0.45	0.1	2.4	1.0	0.6	2.01
18	1.69	3.97	3.44	3.39	2.93	0.36	0.40	0.0	2.2	5.0	0.5	1.90
19	1.61	3.72	3.27	2.98	2.79	0.27	0.33	0.0	2.1	4.8	0.5	1.83
20	1.49	3.44	3.04	2.56	2.74	0.65	0.28	1.9	2.0	4.6	0.4	1.73
21	1.27	2.90	2.85	2.34	2.56	0.55	0.26	2.8	1.8	4.5	0.3	1.55
22	2.31	3.75	2.64	2.01	2.29	0.48	0.23	1.9	1.8	4.2	0.2	1.42
23	2.12	2.53	2.48	2.79	2.19	0.42	0.20	1.3	1.6	3.9	0.2	1.22
24	3.88	2.19	2.22	2.24	1.92	0.38	0.18	0.7	1.5	3.8	0.1	1.12
25	3.07	2.03	1.99	1.92	1.77	0.34	0.16	0.3	1.5	3.7	0.1	1.96
26	2.56	1.94	1.79	1.75	1.61	0.32	0.14	0.0	1.4	3.6	4.9	4.54
27	4.34	1.88	0.45	5.05	1.51	0.28	0.12	0.0	1.2	3.3	4.5	4.24
28	4.76	1.92	4.83	3.75	1.38	0.27	0.11	4.0	2.0	3.0	4.5	3.94
29	4.44	1.92	2.71	2.64	1.22	0.25	0.09	2.8	4.8	2.8	4.2	3.75
30	4.14		2.51	2.41	1.09	0.22	0.06	1.5	4.4	2.6	4.0	3.47
31	4.14		2.26		0.98		0.05	0.7		2.4		3.21

Tabel Tinggi Muka Air (TMA) AWLR Sungai Jeroran Tahun 2020

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mey	Jun	July	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	2.87	2.19	2.51	4.86	0.06	0.48	0.20	0.0	0.6	4.1	2.1	4.86
2	2.77	2.07	2.38	4.43	0.05	1.99	0.18	0.6	0.3	3.8	2.0	4.48
3	2.61	2.02	2.19	4.68	1.65	3.88	0.16	2.8	0.1	3.5	1.8	4.68
4	2.51	2.26	2.07	4.51	2.12	3.88	0.14	2.3	0.0	3.2	1.7	4.51
5	2.38	2.49	2.02	4.34	1.33	0.46	0.12	1.7	3.9	2.9	1.5	4.34
6	2.19	2.26	2.77	4.04	1.17	3.88	0.52	1.1	3.7	2.7	1.4	4.04
7	2.23	2.49	2.61	3.81	0.78	3.72	0.47	0.1	3.5	2.6	1.3	3.81
8	3.81	2.27	2.51	3.75	0.28	3.27	0.39	0.1	3.4	2.4	1.2	3.75
9	3.47	2.57	2.38	3.57	0.13	2.22	0.34	0.0	3.2	0.2	1.1	3.57
10	3.10	2.19	2.19	3.30	2.87	1.06	0.29	1.7	3.1	0.1	1.0	3.30
11	2.87	2.42	2.51	3.04	0.33	0.54	0.26	0.0	3.0	0.1	1.0	3.04
12	2.77	2.45	2.38	2.79	1.27	0.41	0.22	0.0	2.9	0.1	0.9	2.79
13	2.61	2.45	2.19	2.58	1.99	1.27	0.68	0.1	2.8	0.0	0.8	2.58
14	2.51	2.49	2.23	6.33	0.52	4.76	0.63	0.1	2.7	0.0	0.7	2.41
15	2.38	2.26	3.07	5.25	0.35	4.65	0.57	0.1	2.6	3.7	0.7	2.03
16	2.19	2.19	3.22	4.34	0.21	3.54	0.53	0.1	2.5	2.1	0.6	2.17
17	2.07	2.27	3.81	4.04	0.09	1.77	0.45	0.1	2.4	1.0	0.6	2.01
18	2.02	2.57	3.47	3.81	0.05	1.11	0.40	0.0	2.2	5.0	0.5	1.90
19	2.77	2.64	3.10	3.04	3.39	0.83	0.33	0.0	2.1	4.8	0.5	1.83
20	2.61	2.57	2.87	2.79	2.98	0.58	0.28	1.9	2.0	4.6	0.4	1.73
21	2.51	2.44	2.77	3.81	0.13	0.44	0.26	2.8	1.8	4.5	0.3	1.55
22	2.38	2.45	2.61	3.75	2.19	0.32	0.23	1.9	1.8	4.2	0.2	1.42
23	2.19	2.33	2.51	3.57	1.55	0.23	0.20	1.3	1.6	3.9	0.2	1.22
24	2.51	2.26	2.38	3.30	1.03	0.19	0.18	0.7	1.5	3.8	0.1	1.12
25	2.38	2.20	2.19	3.04	0.62	0.14	0.16	0.3	1.5	3.7	0.1	1.96
26	2.19	2.22	2.07	2.79	1.57	0.11	0.14	0.0	1.4	3.6	4.9	4.54
27	2.23	2.24	1.65	4.24	2.22	0.09	0.12	0.0	1.2	3.3	4.5	4.24
28	3.07	2.31	1.07	3.94	1.06	0.07	0.11	4.0	2.0	3.0	4.5	3.94
29	3.22	2.43	1.42	3.75	0.08	0.07	0.09	2.8	4.8	2.8	4.2	3.75
30	3.06		1.07	3.47	1.55	0.06	0.06	1.5	4.4	2.6	4.0	3.47
31	3.05		2.90		1.99		0.05	0.7		2.4		3.21

Dari data TMA (tinggi muka air) AWLR Jeroran untuk menjadi debit dikonversi dengan persamaan *rating curve* yang diperoleh dari UPT PSAWS Madiun dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Debit (Q)} = \left(\frac{\text{data TMA}}{0.4744} \right)^{0.4587}$$

FORM WAWANCARA

Nomor

01

Wawancara (Banjir)

Survei ini bertujuan untuk menggali data dan informasi tentang kerentanan masyarakat terhadap permasalahan-permasalahan bencana banjir.

A. IDENTITAS RESPONDEN

No	Pernyataan	Jawaban
1	Desa/Kelurahan	Glonggong - Kec. Balerejo
2	Desa/RW/RT	RT 01 / RW 01
3	Nama Responden	Nona Wijayanti
4	Jenis Kelamin Responden	Perempuan
5	Umur Responden	42

B. KARAKTERISTIK

No	Pernyataan	Jawaban
1	Apakah rumah anda pernah mengalami bencana banjir? 1) Ya 2) Tidak	Ya
2	Banjir terparah yang pernah dialami tahun berapa?	2019
3	Berapa seringkah banjir menjangkau tempat tinggal Bapak/Ibu/Sdr.? 1. 1 X Setahun 2. 2 X Setahun 3. 3 X Setahun 4. Lebih dari 4 kali setahun	1 x setahun
4	Berapa lama rata-rata frekuensi banjir tersebut terjadi? 1. < 1 hari 2. 1 - 5 hari 3. > 5 hari	1 - 5 hari
5	Berapa tinggi genangan banjir yang pernah terjadi di tahun 2020? 1. Kurang dari 0,5 meter 2. Antara 0,5 meter - 1 meter 3. Antara 1 meter - 1,5 meter 4. Lebih besar dari 1,5 meter	0,5 - 1 meter
6	Kerugian apa saja yang dialami?	Kerusakan rumah dan gagal panen

Responden

Nona Wijayanti

Wawancara (Banjir)

Survey ini bertujuan untuk menggali data dan informasi tentang kerentanan masyarakat terhadap permasalahan-permasalahan bencana banjir.

A. IDENTITAS RESPONDEN

No	Pernyataan	Jawaban
1	Desa/Kelurahan	Desa Gaurin
2	Dusun/RW/RT	Dusun Kedong Maneng
3	Nama Responden	Yon Suranto
4	Jenis Kelamin Responden	Laki-laki
5	Umur Responden	57

B. KARAKTERISTIK

No	Pernyataan	Jawaban
1	Apakah rumah anda pernah mengalami bencana banjir? 1) Ya 2) Tidak	Ya
2	Banjir terparah yang pernah dialami tahun berapa?	2007 dan 2019
3	Berapa seringkah banjir menjangkau tempat tinggal Bapak/Ibu/Sor.? 1. 1 X Setahun 2. 2 X Setahun 3. 3 X Setahun 4. Lebih dari 4 kali setahun	1x setahun
4	Berapa lama rata-rata frekuensi banjir tersebut terjadi? 1. < 1 hari 2. 1 - 5 hari 3. > 5 hari	1 - 5 hari
5	Berapa tinggi genangan banjir yang pernah terjadi di tahun 2020? 1. Kurang dari 0.5 meter 2. Antara 0.5 meter - 1 meter 3. Antara 1 meter - 1.5 meter 4. Lebih besar dari 1.5 meter	1 - 1.5 meter
6	Kerusakan apa saja yang dialami?	Gagal Panen dan Kerusakan Rumah

Responden

Yon Suranto
Yon Suranto



Wawancara (Banjir)

Survey ini bertujuan untuk mengkaji data dan informasi tentang kerentanan masyarakat terhadap permasalahan-permasalahan bencana banjir.

A. IDENTITAS RESPONDEN

No	Pernyataan	Jawaban
1	Desa/Kelurahan	Kedungmaneng
2	Dusun/RW/RT	Dusun Geron - Rt. Balasejo
3	Nama Responden	Asep Wahyu
4	Jenis Kelamin Responden	Laki-laki
5	Umur Responden	30

B. KARAKTERISTIK

No	Pernyataan	Jawaban
1	Apakah rumah anda pernah mengalami bencana banjir? 1) Ya 2) Tidak	Ya
2	Banjir terparah yang pernah dialami tahun berapa?	2019
3	Berapa seringkah banjir melanda tempat tinggal Bapak/Ibu/Sdr. ? 1. 1 X Setahun 2. 2 X Setahun 3. 3 X Setahun 4. Lebih dari 4 kali setahun	1 X Setahun
4	Berapa lama rata-rata frekuensi banjir tersebut terjadi? 1. < 1 hari 2. 1 - 5 hari 3. > 5 hari	1 - 5 hari
5	Berapa tinggi genangan banjir yang pernah terjadi di tahun 2020? 1. Kurang dari 0,5 meter 2. Antara 0,5 meter - 1 meter 3. Antara 1 meter - 1,5 meter 4. Lebih besar dari 1,5 meter	0,5 - 1 meter
6	Kerugian apa saja yang dialami?	Kerusakan Rumah dan Kandang Ternak

Responden

Asep Wahyu
Asep Wahyu



Wawancara (Banjir)

Survey ini bertujuan untuk menguji data dan informasi tentang kerentanan masyarakat terhadap permasalahan-permasalahan bencana banjir.

A. IDENTITAS RESPONDEN

No	Pernyataan	Jawaban
1	Desa/Kelurahan	Kec. Bojonegara
2	Dusun/RW/RT	Dusun Pomfong
3	Nama Responden	Dina Subianto
4	Jenis Kelamin Responden	Laki - Laki
5	Umur Responden	26 tahun

B. KARAKTERISTIK

No	Pernyataan	Jawaban
1	Apakah rumah anda pernah mengalami bencana banjir? 1) Ya 2) Tidak	Ya
2	Banjir terparah yang pernah dialami tahun berapa?	2019
3	Berapa seringkah banjir menjangkau tempat tinggal Bapak/Ibu/Sdr.? 1. 1 X Setahun 2. 2 X Setahun 3. 3 X Setahun 4. Lebih dari 4 kali setahun	1 x setahun
4	Berapa lama rata-rata frekuensi banjir tersebut terjadi? 1. < 1 hari 2. 1 - 3 hari 3. > 5 hari	1 - 3 hari
5	Berapa tinggi gerangan banjir yang pernah terjadi di tahun 2020? 1. Kurang dari 0,5 meter 2. Antara 0,5 meter - 1 meter 3. Antara 1 meter - 1,5 meter 4. Lebih besar dari 1,5 meter	0,5 - 1 meter
6	Kerugian apa saja yang dialami?	Kerusakan Rumah dan harus mengungsi

Responden

Dina Subianto

POTONGAN CROSS SUNGAI JEROAN SETELAH ADANYA KOLAM RETENSI



*Cross Section 121



*Cross Section 120



*Cross Section 119



*Cross Section 118



*Cross Section 117



*Cross Section 116



*Cross Section 115



*Cross Section 114



*Cross Section 113



*Cross Section 111



*Cross Section 109



*Cross Section 112



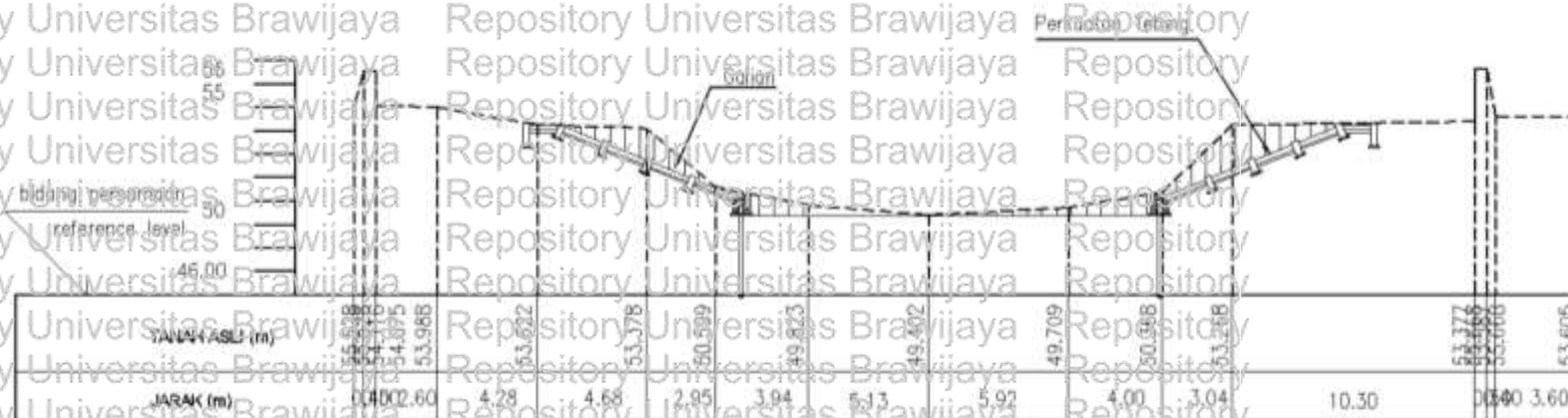
*Cross Section 110



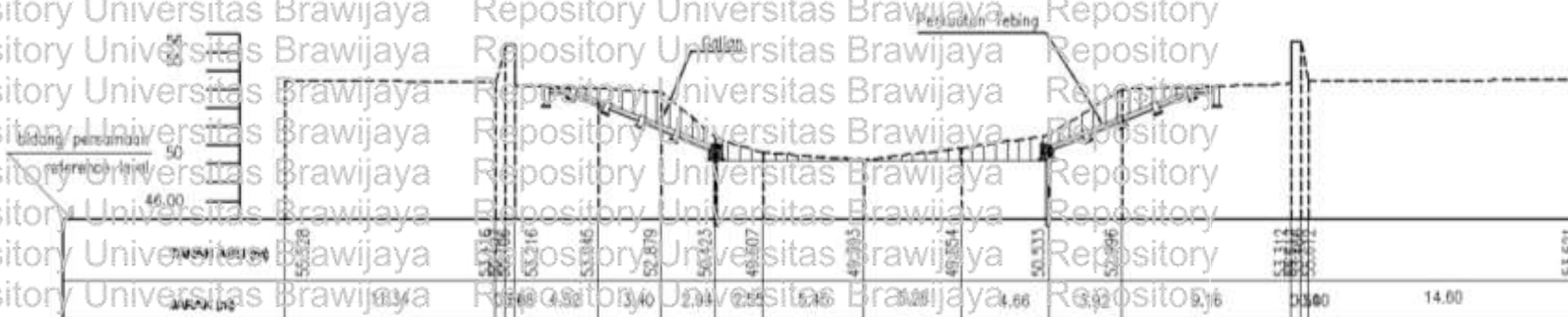
*Cross Section 108

182

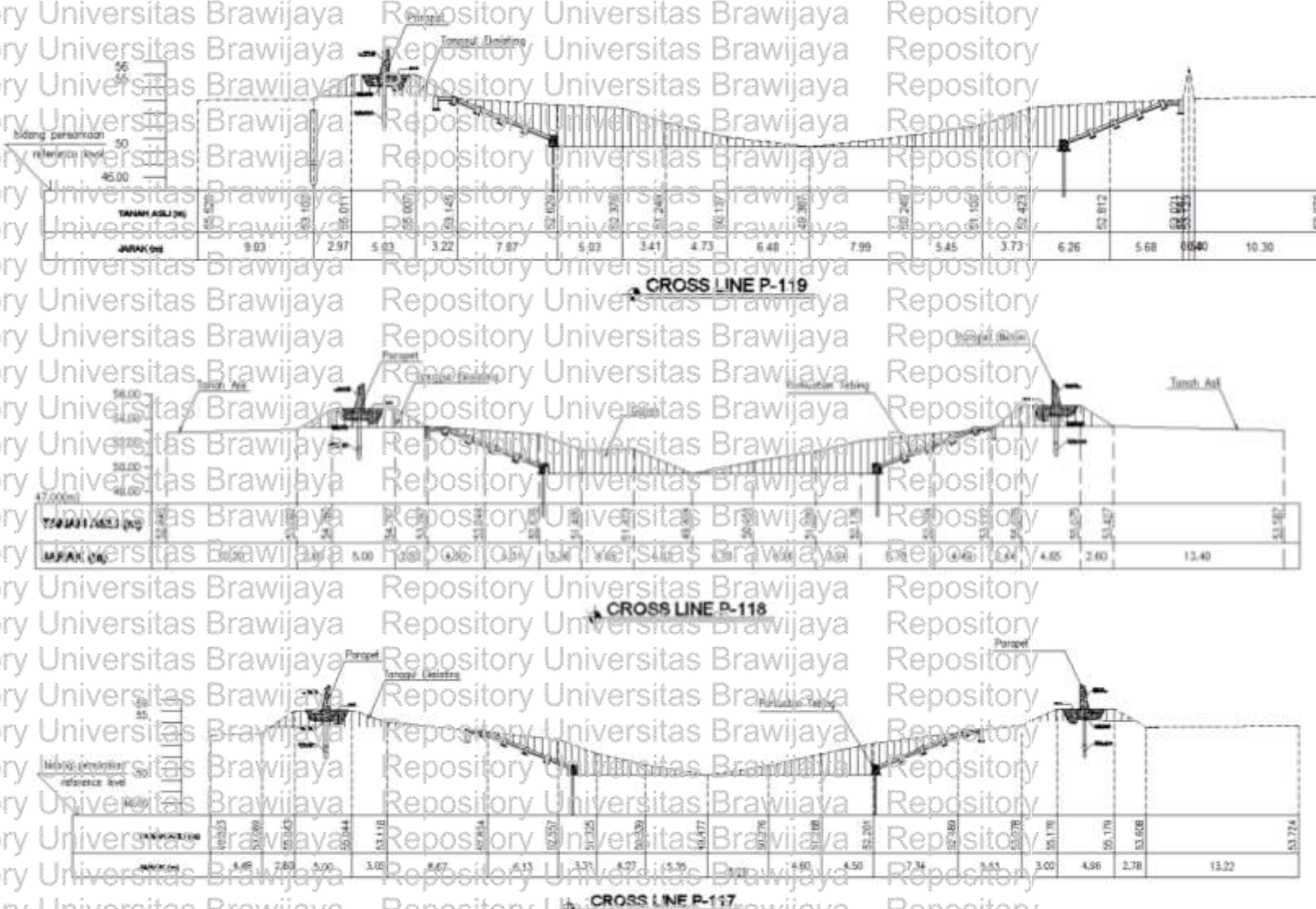
**DETAIL ALTERNATIF PENANGGULANGAN BANJIR NORMALISASI DAN TANGGUL
CROSS SECTION 121 SAMPAI DENGAN 108**



CROSS LINE P-121



CROSS LINE P-120





184



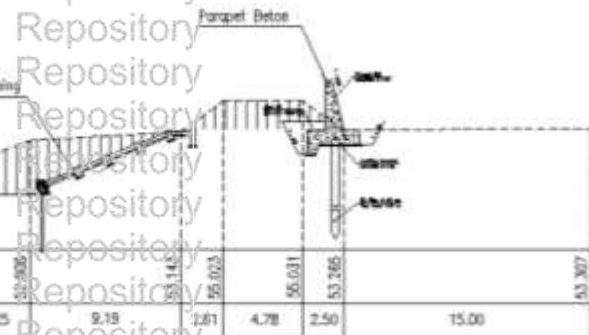
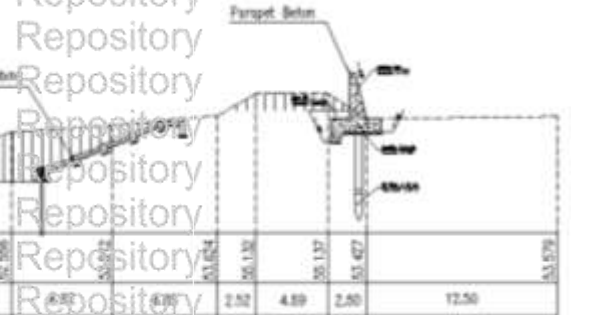
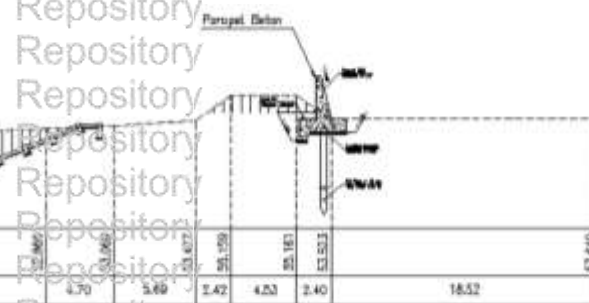
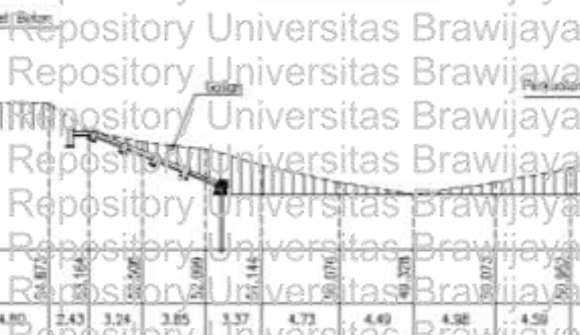
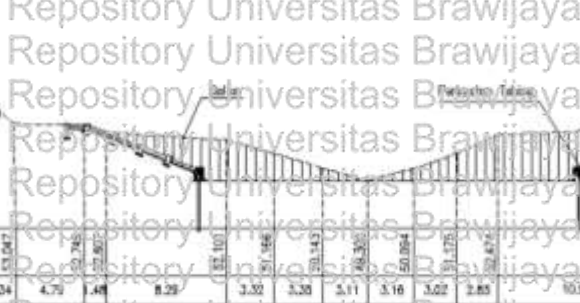
CROSS LINE P-116



CROSS LINE P-115



CROSS LINE P-114





186



CROSS LINE P-110



CROSS LINE P-109