

SKRIPSI

**STUDI PENANGGULANGAN BANJIR
SUNGAI MAROS BAGIAN HILIR
(STUDI KASUS)**



Oleh :

**MUH.IHWAN
105 81 2020 14**

**RIZKI ALDI LATUCONSINA
105 81 2050 14**

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019

**STUDI PENANGGULANGAN BANJIR
SUNGAI MAROS BAGIAN HILIR
(STUDI KASUS)**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Makassar

Disusun dan diajukan oleh :

Oleh :

**MUH.IHWAN
105 81 2020 14**

**RIZKI ALDI LATUCONSINA
105 81 2050 14**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **STUDI PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI MAROS BAGIAN HILIR (STUDI KASUS)**

Nama : MUH. IHWAN
RIZKI ALDI LATUCONSINA

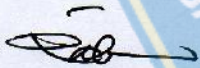
Stambuk : 105 81 2020 14
105 81 2050 14

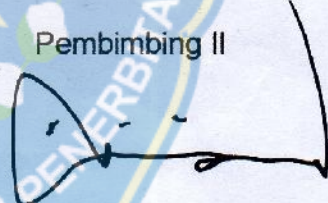
Makassar, 15 Oktober 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT.


Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil


Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.

NBM : 1183 084



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Muh Ihwan dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2020 14 dan Rizki Aldi Latuconsina dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2050 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 05 Oktober 2019

Makassar, 16 Safar 1441 H
15 Oktober 2019 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, Sp., PSDA

b. Sekertaris : Lutfi Hair Djunur, ST., MT

3. Anggota : 1. Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, MT., IPM

2. Ir. Andi Rahmat, MT

3. Muh. Syafaat S Kuba, ST., MT

Mengetahui :

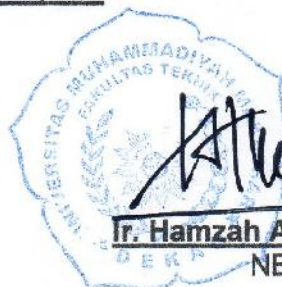
Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT.

Pembimbing II

Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

NBM : 855 500

STUDI PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI MAROS BAGIAN HILIR (STUDI KASUS)

Muh Ihwan¹⁾ dan Rizki Aldi Latuconsina²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
muhammad.ihwan.2020@gmail.com

²⁾ Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
rizkialdilatuconsina99@gmail.com

Abstrak

Daerah Aliran Sungai Maros memiliki luas DAS 645 Km² dan panjang 82 Km, Dengan kondisi tataguna lahan DAS Maros yang dulu berupa hutan berubah menjadi lahan perkebunan dan pemukiman menyebabkan debit limpasan yang tinggi dan berakibat terjadinya banjir pada musim hujan. Permasalahan ini diselesaikan dengan cara melakukan analisis hidrologi, hidrolika dan perencanaan bangunan pengendalian banjir. Upaya penanggulangan banjir direncanakan dengan menggunakan tanggul. Analisa profil aliran muka air pada saat terjadi banjir di Sungai Maros menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.3, dimensi tanggul yang dibutuhkan untuk pengendalian banjir di Sungai Maros serta stabilitas tanggul pengendalian banjir di Sungai Maros. Dalam kajian perencanaan pengendalian banjir ini menggunakan debit banjir rancangan dengan periode ulang Q₂₅ tahun yaitu sebesar 1725,5877 m³/det untuk keamanan desain perencanaan pengendalian banjir. Pada kondisi eksisting ditemukan 8 Patok Cross Section yang meluber. Hasil perencanaan bangunan tanggul didapatkan tinggi jagaan (Hf) 1,0 m, lebar mercu tanggul (b) 4,0 m dengan kemiringan lereng 1:1. setelah dilakukan simulasi kembali dapat diketahui Sungai Maros mampu menampung debit banjir rencana.

Kata kunci : pengendalian banjir, HEC-RAS, tanggul, stabilitas.

Abstract

The Maros River Basin has a watershed area of 645 Km² and a length of 82 Km. With the condition of the land use, the Maros watershed, which used to be forested, became plantations and settlements causing high runoff discharge and resulting flooding during the rainy season. This problem is solved by conducting hydrological analysis, hydraulics and flood control building planning. Flood mitigation efforts are planned using dykes. Analysis of water level profile during floods in the Maros River using HEC-RAS 5.0.3 software, the dimensions of the embankment needed for flood control on the Maros River as well as the stability of the flood control dykes in the Maros River. In this flood control planning study uses design flood discharge with a return period of Q₂₅ years which is 1725.5877 m³ / sec for the safety design of flood control planning. In the existing conditions found 8 Overflowing Cross Section. The results of the dike building planning obtained a guard height (Hf) of 1.0 m, width of the embankment lighthouse (b) 4.0 m with a slope of 1: 1. after re-simulation it can be seen that the Maros River is able to accommodate the planned flood discharge.

Keywords: flood control, HEC-RAS, embankment, stability.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr, Wb

Puji Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal penelitian ini dengan judul **“STUDI PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI MAROS BAGIAN HILIR”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan,hal ini di sebabkan penulis sebagai manusia biasa yang tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu di tinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran serta perbaikan guna kesempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat terutama bagi penulis sendiri.

Dalam penulisan tugas akhir ini dapat terwujud berkat adanya bantuan,arahan,dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati,kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Hamzah Al Imran,ST.,MT.** Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak **Ir. Andi Makbul Syamsuri.ST.,MT.** Sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu **Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT.** Selaku Pembimbing I dan Bapak **Amrullah Mansida, ST., MT** Selaku Pembimbing II, Yng telah banyak meluangkan

waktunya, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

4. Bapak dan Ibu Dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa, serta pengorbanan kepada penulis
6. Rekan-rekan Mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus saudaraku Angkatan 2014 dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapat pahala yang berlipat ganda disisi Allah SWT dan tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, Rekan-rekan, Masyarakat serta Bangsa dan Negara

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb

Makassar,2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI SINGKATAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Sungai.....	6
1. Pengertian Sungai.....	6
2. Morfologi Sungai	7
3. Perilaku Sungai	8
4. Bentuk-Bentuk Sungai	9

5. Struktur Sungai	10
B. Banjir.....	12
1. Pengertian Banjir.....	12
2. Faktor-faktor penyebab banjir.....	12
3. Dampak yang di timbulkan banjir.....	13
C. Analisis Hidrologi	14
1. Analisis distribusi curah hujan wilayah.....	14
2. Analisis curah hujan rancangan.....	17
3. Analisis parameter statistic.....	21
4. Distribusi curah hujan tiap jam.....	22
5. Distribusi hujan efektif.....	23
6. Analisis debit banjir rancangan	24
D. Analisis Hidrolika	30
1. Perangkat lunak HEC-RAS.....	30
2. Langkah-langkah pemodelan hidrolika HEC-RAS.....	30
E. Penanggulangan Banjir	32
1. Sistem pengendalian banjir.....	32
2. Tujuan penanggulangan banjir.....	33
3. Faktor-faktor penanggulangan banjir.....	34
F. Perencanaan Tanggul	34
1. Konstruksi tanggul	34
2. Fungsi tanggul.....	35
3. Trase tempat kedudukan tanggul	35

4. Bentuk dan struktur penampang melintang tanggul.....	37
5. Bentuk dan dimensi tanggul.....	40
6. Stabilitas tanggul.....	40
G. Sempadan Sungai (UUD No 28 Tahun 2015)	47
1. Pengertian Sempadan sungai.....	47
2. Tujuan penetapan sempadan sungai	48
3. Fungsi sempadan sungai.....	48
4. Manfaat sempadan sungai	48
5. Dampak negatif hilangnya sempadan sungai	49
6. Pemulihan kembali sempadan sungai.....	50
BAB III. METODE PENELITIAN	51
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	51
B. Teknik dan Pengumpulan Data.....	52
C. Analisis dan Pengelolaan Data.....	53
D. Pelaksanaan Penelitian.....	54
E. Bagan Alur Penelitian	54
BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	57
A. Analisis curah hujan	57
1. Analisa distribusi curah hujan wilayah.....	57
2. Analisa parameter statistic.....	60
3. Analisa curah hujan rancangan.....	61
B. Analisis debit banjir rancangan	62
1. Metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu.....	62

2. Metode Hidrograf Satuan Sintesis Snyder	65
C. Analisis Hidrolika	68
1. Analisis data	68
2. Tahapan perhitungan hidraulik	71
3. Tahapan penyusunan keluaran program.....	71
4. Simulasi Hidraulik HEC-RAS	71
D. Penganggulangan Banjir	82
1. Perencanaan peninggian tanggul	82
BAB V PENUTUP	90
A. Kesimpulan.....	90
B. Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Sistem proses pembentukan dasar sungai/morfologi sungai.....	8
2. Bentuk – bentuk sungai buatan maupun alamiah.....	9
3. Bentuk morfologi sungai dimodifikasi	10
4. Siklus Hidrologi	14
5. Pembagian daerah dengan Metode Poligon Thiessen.....	16
6. Pembagian daerah dengan Metode Isohyet.....	17
7. Lengkung Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	27
8. Bentuk umum Hidrograf Satuan Sintetik Snyder	28
9. Bentuk standar dan nama bagian tanggul	37
10. Garis depresi pada Bendungan Homogen.....	41
11. Stabilitas lereng dengan rembesan	46
12. Peta jaringan Pos Hujan Sungai Maros	51
13. Bagan alur penelitian.....	56
14. Poligon Thiessen DAS Sungai Maros.....	58
15. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu.....	64
16. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu Dengan kala ulang 2,5,10,25,50,100, 200 tahun.....	65
17. Grafik lengkung naik dan turun HSS Snyder DAS Maros	66
18. Hidrograf Satuan Sintetik Snyder periode ulang 2 sampai 200 tahun	68
19. Skema sistem Sungai tiap patok.....	69
20. Skema sistem Sungai dan contoh Input Cross	70

21. Input data debit Steady Flow.....	70
22. Input Boundary Condition	70
23. Tahapan perhitungan pemodelan	71
24. Denah Lay Out Sungai Maros hasil running HEC-RAS Q_{2th} - Q_{20th}	72
25. Kondisi Long Section Sungai Maros hasil running HEC-RAS Q_{2th} - Q_{25th}	72
26. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 258	73
27. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 253	73
28. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 248	74
29. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 243	74
30. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 237	75
31. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 232	75
32. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 227	76
33. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 222	76
34. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 216	77
35. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 210	77
36. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 204	78
37. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 199	78
38. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 194	79
39. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 189	79
40. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 184	80
41. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 179	80
42. Kondisi Cross Section Sungai Maros bagian hilir patok 174	81
43. Gambar dimensi tanggul pada patok 258 Sta.00+02 km	84

44. Sketsa Sungai Maros patok 253-248.....	86
45. Sketsa Sungai Maros patok 253-248.....	86
46. Sketsa Sungai Maros patok 248-243.....	87
47. Sketsa Sungai Maros patok 243-237.....	87
48. Sketsa Sungai Maros patok 237-232.....	88
49. Sketsa Sungai Maros patok 232-227.....	88
50. Sketsa Sungai Maros patok 227-222.....	89
51. Sketsa Sungai Maros patok 222-216.....	89



DAFTAR PERSAMAAN

Nomor	Halaman
1. Curah Hujan Wilayah Metode Rata-rata Aljabar.....	15
2. Curah Hujan Wilayah Metode Poligon Thiessen.....	16
3. Curah Hujan Rancangan Metode Normal.....	18
4. Curah Hujan Rancangan Metode Log Normal.....	18
5. Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel.....	19
6. Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Tipe III.....	20
7. Debit Banjir Rancangan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	25
8. Debit Banjir Rancangan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Synder.....	28



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Kesimpulan memilih jenis distribusi.....	22
2. Harga koefisien pengaliran (Run Off Coeffisien).....	24
3. Hubungan antara debit banjir rencana dan tinggi jagaan.	38
4. Lebar standar mercu	38
5. Faktor keamanan lereng	45
6. Perhitungan curah hujan harian maksimum rata-rata dari ketiga stasiun (1998-2017).....	58
7. Analisa parameter statistik curah hujan maksimum rata-rata DAS Maros ...	60
8. Kesimpulan Pemilihan jenis distribusi.....	60
9. Perhitungan curah hujan rancangan dengan Metode Log Pearson Type III .	61
10. Hasil hitungan Metode Log Pearson Type III.....	61
11. Intensitas curah hujan jam-jaman.....	62
12. Distribusi curah hujan efektif jam-jaman.....	62
13. Perhitungan Metode Hidrograf Satuan Sintesis HHS Nakayasu	63
14. Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Periode Ulang 2,5,10,25,50,100 dan 200 Tahun DAS Marsos	64
15. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HHS) Snyder	66
16. Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder periode ulang 2,5,10,25,50,100 dan 200 tahun DAS Maros	67

17. Rekapitulasi perhitungan analisis debit banjir rancangan.....	68
18. Data hasil hitungan analisis hidrolika dengan HEC-RAS.....	81
19. Dimensi tanggul untuk kala 25 tahun	83



DAFTAR NOTASI SINGKATAN

- = Curah hujan rata-rata
- R_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun
- Y_T = Perkiraan nilai yang di harapkan terjadi pada periode ulang T tahunan
- X_t = Besarnya debit rancangan untuk periode ulang T
- R_n = Hujan efektif dari awal sampai jam ke T
- Q_p = Debit puncak banjir
- A = Luas daerah pengaliran
- L = Panjang aliran utama
- Q = Debit banjir
- B = Lebar sungai
- n = Banyaknya pos hujan
- S_x = Standar deviasi
- C = Koefisien pengaliran
- I = Kemiringan permukaan sungai
- H_f = Tinggi jagaan tanggul
- b = Lebar mercu tanggul
- L = Lebar tanggul
- H_0 = Tinggi muka air normal
- H_1 = Tinggi muka air banjir
- H = Tinggi puncak tanggul

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

DAS merupakan suatu wilayah yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan yang menampung serta menyimpan air hujan untuk kemudian mengalirkannya melalui sungai ke suatu danau atau laut (Asdak, 1995). Unsur utama dari suatu DAS adalah sumber daya alam seperti tanah, air, dan tumbuhan, serta sumber daya manusia sebagai pengelola serta pemanfaat dari sumber daya alam tersebut.

Sungai merupakan salah satu sumber daya air yang mempunyai sejumlah potensi yang dapat dimanfaatkan bagi kesejahteraan manusia. Salah satu manfaat sungai sebagai sumber air di antaranya adalah sebagai sumber penghidupan dan kehidupan masyarakat yang tinggal disekitar sungai. Salah satu sungai yang berada di Indonesia yaitu Sungai Maros yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan Kabupaten Maros dengan panjang sungai utama 82 Km dan luas Sungai Maros adalah 645 Km².

Sungai Maros saat ini banyak di manfaatkan oleh masyarakat di Kabupaten Maros untuk lahan pertanian, Lalu lintas kapal nelayan menuju ke laut, dan aktifitas hilir mudik kapal nelayan ke tempat pelelangan ikan yang terletak di desa Pettuadae Kecamatan Turikale. Seringnya Sungai Maros di gunakan untuk aktifitas tersebut sehingga dapat menyebabkan longsor pada tanggul-tanggul banjir akibat dari gelombang yang di timbulkan oleh geraknya kapal nelayan.

Bagian aliran sungai yang melewati Kota Maros sangat berbelok-belok menuju bagian hilir. Karena sifatnya yang berbelok-belok, genangan air sering kali cenderung terjadi khususnya di sekitar Kota Maros selama musim hujan.

Salah satu fenomena alam yang mengancam keberadaan kehidupan manusia di beberapa wilayah di Indonesia setiap masuk musim penghujan yaitu banjir. Setiap tahun Kabupaten Maros umumnya mengalami banjir terutama di daerah masyarakat yang bermukiman di sepanjang bantaran sungai. Banjir yang terjadi di Kabupaten Maros menimbulkan dampak yang merugikan masyarakat yang dapat menimbulkan korban jiwa maupun kerugian harta. Banjir juga dapat merusak bangunan, lahan pertanian, sarana dan prasarana, lingkungan hidup serta tata kehidupan masyarakat sekitar sungai Maros yang merupakan Sub DAS Maros. Banjir yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya curah hujan yang tinggi dan berkurangnya kapasitas penampang sungai sehingga dimensi saluran air sungai tidak cukup untuk menampung debit aliran sungai yang ada dan menyebabkan air Sungai Maros meluap dan mengenai pemukiman rumah warga. Kondisi seperti ini tentu saja sangat berbahaya bagi warga yang memiliki rumah di pinggir sungai karena lama kelamaan air sungai terus mengikis tanah sebagai pijakan rumah mereka.

Sungai yang meluap merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya banjir. Di Sulawesi Selatan, termaksud Kabupaten Maros perlu dilakukan berbagai cara penanggulangan banjir seperti pengaturan debit dan pembuatan tanggul. Di Kabupaten Maros, banjir terjadi karena kondisi Sungai Maros tidak sanggup lagi menampung debit dan volume air karena pengaruh

angkutan sedimen aliran sungai hulu. Pembangunan tanggul diharapkan dapat mencegah meluapnya muka air dari Sungai Maros sehingga tidak terjadi banjir di pemukiman penduduk di daerah tersebut. Oleh karena itu berdasarkan uraian diatas penelitian ini bertujuan untuk merencanakan tanggul di sepanjang Sungai Maros dengan melakukan beberapa tahapan analisis seperti analisis hidrologi, analisis debit banjir rancangan, serta analisis profil muka air banjir di Sungai Maros.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut penulis ingin mengajukan penelitian dengan judul “ **STUDI PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI MAROS BAGIAN HILIR** “

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah diatas, maka dapat di rumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

- 1) Berapa besar debit banjir rancangan pada Sungai Maros?
- 2) Bagaimana desain tanggul untuk penanggulangan banjir di Sungai Maros?

C. Tujuan penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

- 1) Untuk mengetahui hasil analisis debit banjir rancangan pada Sungai Maros.
- 2) Untuk mengetahui hasil analisis stabilitas konstruksi tanggul untuk penanggulangan banjir di Sungai Maros.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang di peroleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mendapatkan pemahaman tentang analisis debit banjir rancangan pada Sungai Maros
- 2) Memberikan informasi tentang analisis stabilitas konstruksi tanggul untuk penanggulangan banjir di Sungai Maros
- 3) Sebagai sasaran untuk mengembangkan teori yang diperoleh dari perkuliahan.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan efektif dan mencapai sasaran yang ingin di capai, maka penelitian ini di berikan batasan masalah:

1. Penelitian ini dibatasi hanya untuk menghitung debit banjir maksimum sungai Maros bagian hilir.
2. Analisis distribusi hujan yang digunakan merupakan distribusi curah hujan wilayah.
3. Analisis debit rancangan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder.
4. Analisis Hidrolika menggunakan aplikasi HEC-RAS 5.0.3

F. Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran umum isi tulisan, sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima BAB, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN: Merupakan bagian awal dari pembahasan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA : Dalam BAB ini menguraikan tentang sungai, banjir, analisis hidrologi, analisis hidrolika, penanggulangan banjir, perencanaan tanggul, dan sempadan sungai.

BAB III METODE PENELITIAN yang berisi tentang metode penelitian yang terdiri atas waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, tahapan penelitian, dan bagan alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN yang berisi tentang hasil penelitian yang menguraikan tentang metode penanggulangan pasca banjir yang terjadi di sungai maros bagian hilir.

BAB V PENUTUP yang berisi tentang kesimpulan dan dari hasil penelitian ini, serta saran-saran dari penulis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

1. Pengertian Sungai

Sungai merupakan jaringan alur-alur pada permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar dibagian hilir. Air hujan yang jatuh diatas permukaan bumi dalam perjalanannya sebagian kecil menguap dan sebagian besar mengalir dalam bentuk alur-alur kecil, kemudian menjadi alur-alur sedang seterusnya mengumpul menjadi satu alur besar atau utama. Dengan demikian dapat dikatakan sungai berfungsi menampung curah hujan dan mengalirkannya ke laut (Joerson Loebis, dkk,1993)

Defenisi diatas merupakan defenisi sungai yang alami, sedangkan menurut Undang-undang tentang peraturan pemerintah RI Nomor 35 Tahun 1991 tentang sungai yaitu dalam peraturan pemerintah pasal 1 ayat 1 ini yang dimaksud dengan sungai adalah suatu tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.

Sungai atau saluran terbuka menurut Bambang Triatmodjo (1993) dalam Andi Abd. Rahim 2017 adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit dan sebagainya.

Sedangkan undang-undang persungai Jepang menjelaskan mengenai daerah sungai sebagai berikut (Suyono Sosrodarsono,dkk, 2008):

- 1) Suatu daerah yang didalamnya terdapat air yang mengalir secara terus menerus.
- 2) Suatu daerah yang topografisnya, keadaan tanamannya dan keadaan lainnya mirip dengan daerah yang didalamnya terdapat air yang mengalir secara terus-menerus termasuk tanggul sungai, tetapi tidak termasuk bagian daerah yang hanya secara sementara memenuhi keadaan tersebut diatas, yang disebabkan oleh banjir atau peristiwa alam lainnya.

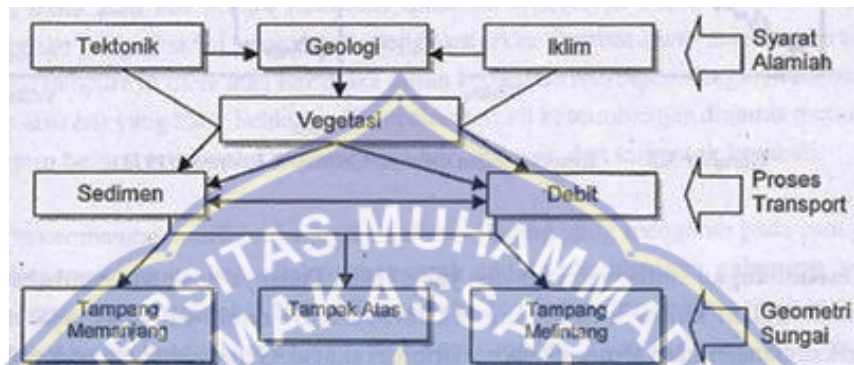
2. Morfologi Sungai

Faktor dominan yang berpengaruh terhadap pembentukan permukaan bumi adalah aliran air, termasuk di dalamnya sungai permukaan. Aliran air ini melintasi permukaan bumi dan membentuk alur aliran sungai atau *morfologi sungai* tertentu. Morfologi sungai tersebut menggambarkan keterpaduan antara karakteristik abiotik (fisik - hidrologi, hidraulika, sedimen, dan lain-lain) dan karakteristik biotik (biologi atau ekologi - flora dan fauna) daerah yang dilaluinya.

Faktor yang berpengaruh terhadap morfologi sungai tidak hanya faktor abiotik dan biotik namun juga campur tangan manusia dalam aktivitasnya mengadakan pembangunan-pembangunan di wilayah sungai (sosia-antropogenik). Pengaruh campur tangan manusia ini dapat mengakibatkan perubahan morfologi sungai yang jauh lebih cepat daripada pengaruh alamiah biotik dan abiotik saja.

Mangelsdorf & Scheuermann (1980) dalam Agus Maryono 2009 mengusulkan empat faktor utama yang berpengaruh terhadap pembentukan alur

morfologi sungai selain sosia-antropogenik, yaitu tektonik, geologi, iklim, dan vegetasi. Hubungan antara faktor-faktor tersebut disajikan pada grafik dibawah ini. Proses tektonik, adanya geografi tanah dan batuan, perubahan iklim, serta vegetasi merupakan syarat awal terjadinya alur morfologi sungai.



Gambar 1. Sistem proses pembentukan dasar sungai/morfologi sungai
(Sumber : Mangelsdorf & Scheuermann, 1980 dalam Agus Maryono. 2009)

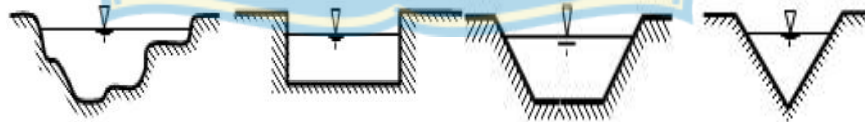
3. Perilaku Sungai

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai (Suyono Sosrodarsono, dkk, 2008). Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun di dasar sungai tersebut, terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Karena di daerah pegunungan kemiringan sungainya curam, gaya tariknya sangat menurun. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur diendapkan. Karena itu ukuran butiran sedimen yang mengendap di bagian hulu sungai lebih besar dari pada bagian hilirnya.

Dengan terjadinya perubahan kemiringan yang mendadak pada saat alur sungai ke luar dari daerah pegunungan yang curam dan memasuki dataran yang lebih landai, maka pada lokasi ini terjadi proses pengendapan yang sangat intensif yang menyebabkan mudah berpindahya alur sungai dan berbentuk apa yang disebut kipas pengendapan. Pada lokasi tersebut sungai bertambah lebar dan dangkal, erosi dasar sungai tidak lagi dapat terjadi, bahkan sebaliknya terjadi penendapan yang sangat intensif. Dasar sungai secara terus menerus naik, dan sedimen yang hanyut terbawa arus banjir, bersama dengan luapan air banjir tersebar dan mengendap secara luas membentuk dataran alluvial. Pada daerah dataran yang rata alur sungai tidak stabil dan apabila sungai mulai membelok, maka terjadilah erosi pada tebing belokan luar yang berlangsung sangat intensif, sehingga terbentuklah meander.

4. Bentuk – bentuk Sungai

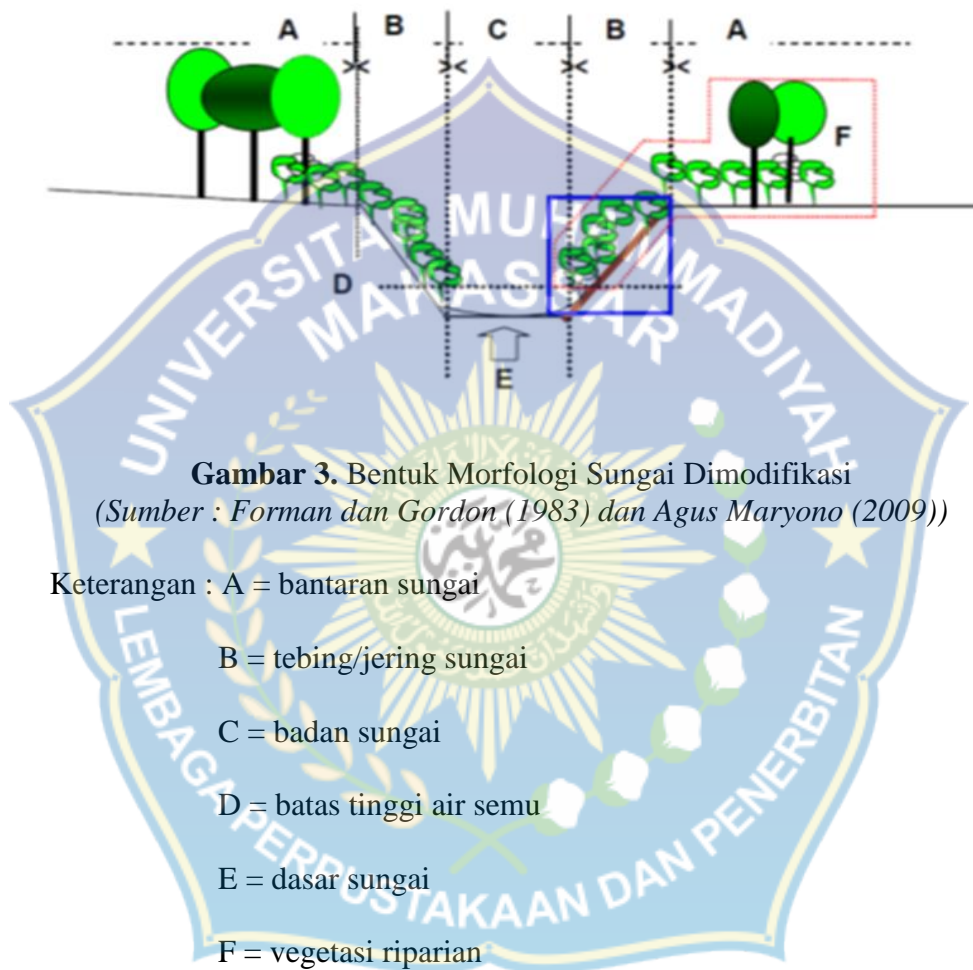
Bentuk – bentuk sungai dalam Bambang Hardianto, dkk. (2014) baik buatan maupun alamiah, yang dapat kita jumpai diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2. Bentuk – bentuk sungai buatan maupun alamiah.
(Sumber : Bambang Hardianto, dkk. (2014))

5. Struktur Sungai

Menurut Forman dan Gordon (1983) dan Agus Maryono (2009), morfologi sungai pada hakekatnya merupakan bentuk luar, yang secara rinci digambarkan sebagai berikut:



Lebih jauh Forman (1983) dan Agus Maryono (2009), menyebutkan bahwa bagian dari bentuk luar sungai secara rinci dapat dipelajari melalui bagian-bagian dari sungai, yang disebut dengan istilah struktur sungai. Struktur sungai dapat dilihat dari tepian aliran sungai (tanggul sungai), alur bantaran, bantaran sungai dan tebing sungai, yang secara rinci diuraikan sebagai berikut:

1) Alur dan tanggul sungai

Alur sungai adalah bagian dari muka bumi yang selalu berisi air yang mengalir yang bersumber dari aliran limpasan, aliran *sub surface run-off*, mata air di bawah tanah (*base flow*).

2) Dasar dan gradien sungai

Dasar sungai sangat bervariasi dan sering mencerminkan batuan dasar yang keras. Jarang ditemukan bagian yang rata, kadangkala bentuknya bergelombang, landai atau dari bentuk keduanya sering terendapkan material yang terbawa oleh aliran sungai (endapan lumpur). Tebal tipisnya dasar sungai sangat dipengaruhi oleh batuan dasarnya.

3) Bantaran sungai

Bantaran sungai merupakan bagian dari struktur sungai yang sangat rawan. Terletak antara badan sungai dengan tanggul sungai, mulai dari tebing sungai hingga bagian yang datar. Peranan fungsinya cukup efektif sebagai penyaring (*filter nutrient*), menghambat aliran permukaan dan pengendali besaran laju erosi. Bantaran sungai merupakan habitat tumbuhan yang spesifik (*vegetasi riparian*), yaitu tumbuhan yang komunitasnya tertentu mampu mengendalikan air pada saat musim penghujan dan kemarau.

4) Tebing sungai

Bentang alam yang menghubungkan antara dasar sungai dengan tanggul sungai disebut dengan “tebing sungai”. Tebing sungai umumnya membentuk lereng atau sudut lereng, yang tergantung dari medannya. Semakin terjal akan semakin besar sudut lereng yang terbentuk. Tebing sungai merupakan habitat dari

komunitas vegetasi riparian, kadangkala sangat rawan longsor karena batuan dasarnya sering berbentuk cadas.

B. Banjir

1. Pengertian Banjir

Banjir didefinisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi (Rahayu dkk, 2009). Banjir atau (*flood*) adalah suatu fenomena alam yang mana didahului oleh hujan dengan intensitas tinggi dengan durasi yang cukup lama di suatu daerah aliran. Apabila daya serap air oleh tanah setempat terbatas maka sisa air akan mengalir dipermukaan tanah. Aliran dari daerah yang tinggi menuju yang rendah yaitu aliran sungai. Jika kapasitas aliran sungai tidak dapat mencukupi maka air akan meluap bahkan tertahan dan menjadi genangan banjir (Pawirodikromo, 2012).

2. Faktor-Faktor Penyebab Banjir

Menurut Kodoatie dan Sugiyanto (2002), faktor penyebab terjadinya banjir dapat di klasifikasikan dalam dua kategori, yaitu banjir alami dan banjir oleh tindakan manusia. Banjir akibat alami dipengaruhi oleh curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase dan pengaruh air pasang. Sedangkan banjir akibat aktivitas manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan lingkungan seperti : perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kawasan pemukiman di sekitar bantaran,

rusaknya drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, rusaknya hutan (vegetasi alami), dan perencanaan sistim pengendali banjir yang tidak tepat.

3. Dampak yang ditimbulkan Banjir

Banjir memiliki dampak yang dapat merugikan masyarakat, dampak tersebut dibagi menjadi 3, yaitu :

a) Dampak Primer

Dampak primer terjadinya banjir adalah menimbulkan kerusakan fisik.

b) Dampak Sekunder

Dampak sekunder dari terjadinya banjir adalah sebagai berikut:

- 1) Air terkontaminasi, sehingga persediaan air bersih menjadi langka
- 2) Penyakit, air yang kotor dan tidak higienis menyebabkan banyak penyakit yang dapat tertular melalui air
- 3) Kelangkaan pada hasil pertanian dan makanan, hal itu terjadi karena air yang berlebih menyebabkan sawah-sawah dan tanaman menjadi rusak selain itu pada tanaman yang spesiesnya tidak kuat makan akan mati sehingga mengalami gagal panen, karena itu hasil panen dan makanan yang cukup signifikan.
- 4) Transportasi, jalur transportasi menjadi susah, akses untuk menuju ke tempat lain mengalami kendala.

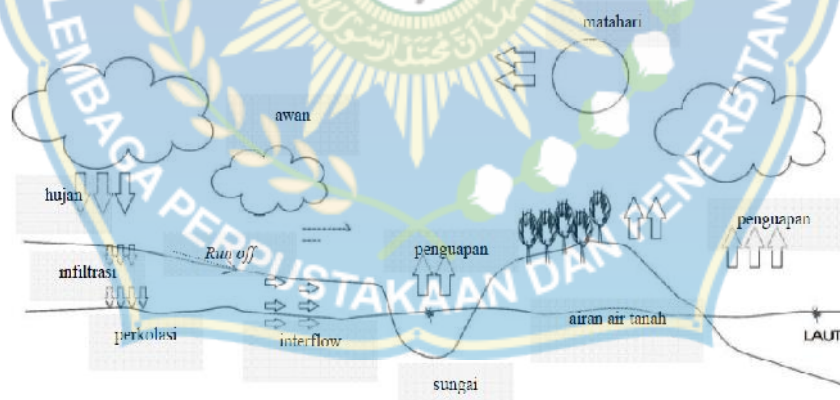
c) Dampak Tersier

Dampak tersier disebut juga dampak jangka panjang, Dampak tersier dari peristiwa banjir adalah kesulitan Ekonomi, kesulitan ekonomi disebabkan karena pemukiman telah mengalami kerusakan sehingga berdampak pada menurunnya

minat wiraswastawan pada sector pariwisata, selain itu kelangkaan bahan makanan menyebabkan naiknya harga-harga makanan.

C. Analisis Hidrologi

Dalam melakukan analisa hidrologi sering dihadapkan pada kejadian-kejadian ekstrim seperti banjir dan kekeringan. Banjir mempengaruhi bangunan-bangunan air seperti bendung, bendungan, tanggul, jembatan, gorong-gorong dan sebagainya. Bangunan-bangunan tersebut harus direncanakan untuk dapat melewati debit banjir maksimum yang mungkin terjadi. Bangunan harus dipertimbangkan tidak hanya keamanan bangunan itu sendiri, tetapi juga kehidupan dan fasilitas-fasilitas lain yang terancam keselamatannya apabila bangunan tersebut runtuh (Triatmodjo, 2010)



Gambar 4. Siklus Hidrologi (Sumber : Triatmodjo, 2010)

1) Analisis Distribusi Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang di perlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di

seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada titik tertentu. Curah hujan ini di sebut curah hujan wilayah dan dinyatakan dalam millimeter.

Curah hujan ini harus di perkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Metode perhitungan curah hujan areal dari pengamatan curah hujan di beberapa titik adalah sebagai berikut:

a) Metode Rata-rata Aljabar

Cara menghitung rata-rata aritmetis (*arithmetic mean*) adalah cara yang paling sederhana (Sumber : Sri Harto, Analisis Hidrologi, 1993). Metode ini dilakukan dengan cara menjumlahkan seluruh data curah hujan yang tercatat dari semua stasiun pengukuran kemudian membaginya sesuai dengan banyaknya jumlah stasiun. Metode ini dapat dilakukan di daerah yang datar dan memiliki banyak stasiun pengukuran yang tersebar secara merata.

Secara sistematis rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan dengan metode rata-rata aljabar adalah sebagai berikut:

$$= \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n}{n} \quad (1)$$

Dimana : R = curah hujan rata-rata (mm)

$R_1 \dots R_n$ = besarnya curah hujan pada masing-masing pos (mm)

n = banyaknya pos hujan

b) Metode Poligon Thiessen

Cara ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari pos-pos hujan yang bersangkutan (Sumber : Sri Harto, Analisis Hidrologi, 1993) untuk digunakan sebagai faktor bobot dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Metode ini dilakukan dengan membagi daerah yang diwakili untuk setiap stasiun penakar

hujan. Daerah tersebut dibentuk dengan menggambarkan garis-garis yang tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan dua stasiun pengukur terdekat. Untuk menghitung curah hujan rata-rata dilakukan dengan cara menjumlahkan hasil perkalian antara data curah hujan di suatu stasiun pengukur dengan luas daerah yang diwakilinya kemudian dibagi dengan luas total seluruh DAS.

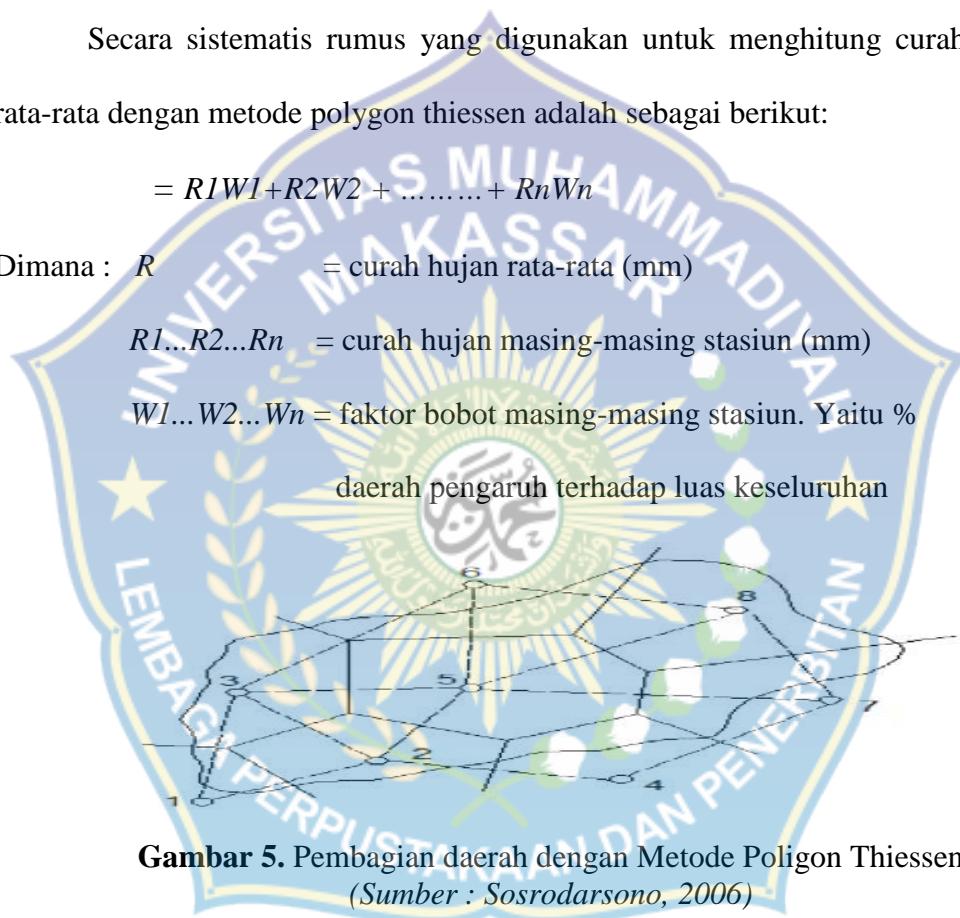
Secara sistematis rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata dengan metode polygon thiessen adalah sebagai berikut:

$$= R1W1 + R2W2 + \dots + RnWn \quad (2)$$

Dimana : R = curah hujan rata-rata (mm)

$R1...R2...Rn$ = curah hujan masing-masing stasiun (mm)

$W1...W2...Wn$ = faktor bobot masing-masing stasiun. Yaitu % daerah pengaruh terhadap luas keseluruhan



Gambar 5. Pembagian daerah dengan Metode Poligon Thiessen
(Sumber : Sosrodarsono, 2006)

c) Metode Isohyet

Isohyet adalah garis lengkung yang merupakan harga curah hujan yang sama (Sumber : Sri Harto, Analisis Hidrologi, 1993). Umumnya sebuah garis lengkung menunjukkan angka yang bulat. *Isohyet* ini diperoleh dengan cara interpolasi harga-harga curah hujan yang tercatat pada penakar hujan lokal (R_{nt}). Metode ini dilakukan dengan cara membagi DAS dengan garis-garis yang

menghubungkan titik yang memiliki curah hujan yang sama besar (isohyet). Curah hujan rata-rata didapatkan dengan menjumlahkan perkalian curah hujan rata-rata diantara dua garis dengan luas daerah diantara dua garis tersebut kemudian membagi hasilnya dengan luas seluruh DAS.

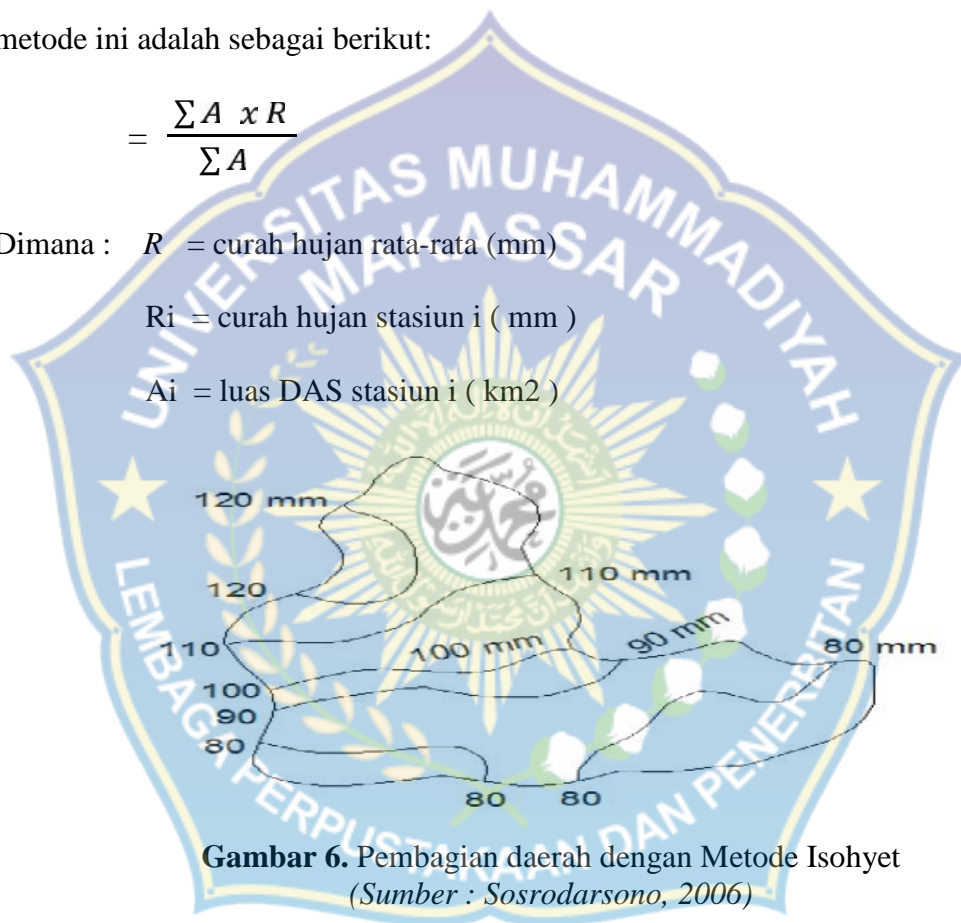
Rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata dengan metode ini adalah sebagai berikut:

$$= \frac{\sum A \times R}{\sum A} \quad (3)$$

Dimana : R = curah hujan rata-rata (mm)

R_i = curah hujan stasiun i (mm)

A_i = luas DAS stasiun i (km²)



Gambar 6. Pembagian daerah dengan Metode Isohyet
(Sumber : Sosrodarsono, 2006)

2) Analisis Curah Hujan Rancangan

Dalam analisis hujan aliran untuk memperkirakan debit banjir rancangan diperlukan masukan hujan rancangan ke dalam suatu system DAS. Hujan rancangan tersebut dapat berupa kedalaman hujan di suatu titik atau hyetograph hujan rencana yang merupakan distribusi hujan sebagai fungsi waktu selama hujan deras. Perencanaan bangunan air di dasarkan pada debit banjir rancangan

yang diperoleh dari analisis hujan aliran tersebut, yang bisa berupa banjir rencana dengan periode ulang tertentu.

Adapun metode yang digunakan dalam menganalisa curah hujan rancangan adalah sebagai berikut:

a) Metode Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi Logaritmik variat X (Loebis,1984). Pada metode normal memiliki sifat khas yaitu nilai asimetrisnya (*skewness*) hampir sama dengan nol ($C_s = 0$ atau $-0,05 < C_s < 0,05$) dengan nilai kurtosis (C_k) $= 2,7 < C_s < 3,0$.

Rumus :

$$R_t = X_r + K_t \times S_x \quad (4)$$

Dimana : R_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun.

X_r = Curah hujan rata-rata

K_t = standar variable untuk periode ulang

S_x = Standar Deviasi

b) Metode Log Normal

Distribusi Log-Normal dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (5)$$

Dimana : Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T -tahunan

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

c) Metode Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekwensi banjir. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (Coefisien of skwennes) atau $CS = 1,1396$ dan koefisien kurtosis (Coeficient Curtosis) atau $Ck = 5,4002$. Pada metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi dobel eksponensial. (Soewarno,1995).

Persamaan curah hujan rencana dari metode E.J.Gumbel adalah sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + S \cdot x \cdot K \quad (6)$$

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \quad (7)$$

Dimana : X_t = besarnya debit rencana untuk periode ulang T

\bar{X} = harga rata-rata dari data debit

S = simpangan baku data debit

K = faktor frekuensi

Y_n = reduced mean sebagai fungsi dari banyak n data

Y_t = reduced variate sebagai fungsi dari banyak periode ulang T tahun

S_n = reduced standard deviasi sebagai fungsi dari banyaknya n data

d) Metode Log Pearson Tipe III

Distribusi Log Pearson Tipe III atau Distribusi Extrim Tipe III digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekwensi distribusi dari debit minimum (low flows). Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson Tipe III dengan menggantikan data menjadi nilai logaritmik. Pada distribusi Log Pearson Tipe III tidak mempunyai sifat khas yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan jenis distribusi ini. Pada umumnya sebaran data statistik memenuhi kriteria pada metode ini. Persamaan distribusi Log Pearson Tipe III dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log}X} + (G \times S) \quad (8)$$

Keterangan : X_t = Besarnya curah hujan dengan periode t (mm)

$\overline{\text{Log}X}$ = Rata-rata nilai logaritma data X hasil pengamatan (mm)

S = Standar Deviasi nilai logaritma data X hasil pengamatan

$$= \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\text{Log}X_t - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}}$$

C_s = koefisien kepengcengan

$$= \frac{n \cdot \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \overline{\log X})^3}$$

$$C_K = \text{koefisien kurtosis}$$

$$= \frac{n^2 \sum (\log X - \overline{\log X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times (\overline{S \log X})^4}$$

3) Analisis Parameter Statistik

Dalam analisis data di perlukan ukuran-ukuran numeric yang menjadi parameter. Parameter yang digunakan untuk pemilihan jenis distribusi. Dalam menentukan curah hujan rancangan dilakukan dengan analisa parameter statistic.

Prosedur perhitungan parameter statistic adalah sebagai berikut:

Urutkan data dari besar ke kecil.

- a) Tentukan semua nilai variant X
- b) Hitung harga rata-rata curah hujan maksimum (X)

$$\frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n X \quad (9)$$

Dimana:

n = Jumlah tahun pengamatan

Xi = Tinggi hujan pada tahun i

- c) Standar deviasi (S) dengan

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (10)$$

- d) Koef. Variasi (Cv)

$$\frac{S}{\bar{X}} \quad (11)$$

e) Koef. Kemencengan (Cs)

$$\frac{n \sum_{i=1}^n (X1 - X2)^3}{(n-1).(n-2).S^3} \quad (12)$$

f) Koef. Kurtosis (Ck)

$$\frac{1/n \sum_{i=1}^n (X - X)^4}{S^4} \quad (13)$$

Pemilihan distribusi tergantung pada kriteria yang di tunjukkan pada tabel.1.

Tabel.1. Kesimpulan memilih jenis distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	Cs = 0.00 Ck = 3.00
Log Normal	Cs = 3 x Cv Ck > 0
Gumbel	Cs = 1.1396 Ck = 4.4002
Log Pearson Type III	Tidak memenuhi sifat-sifat seperti pada ketiga distribusi diatas

Sumber: Bambang,T (2008)

Bila tidak memenuhi yang dijelaskan pada tabel.1. diatas dapat digunakan distribusi Log Pearson Type III.

4) Distribusi Curah Hujan Tiap Jam

Perhitungan hidrograf banjir dengan memakai system unit hidrograf diperlukan pembagian hujan yang mungkin terjadi selama selang waktu. Daerah pengaliran di Indonesia biasanya diambil selang waktu 5 sampai 7 jam. Sebagai pendekatan untuk pengaliran DAS Maros diambil hujan harian selama 5 jam. Pengambilan curah hujan tiap jamnya dihitung dengan metode mononobe, yaitu:

a) Perhitungan rata-rata hujan sampai ke-T

$$R_t = R_o (T_1/T)^{2/3} = R_o (5/T)^{2/3} \quad (14)$$

$$R_o = R_{24}/T_1 \quad (15)$$

Dimana:

R_t = Rata-rata hujan jam ke-T

T_1 = Waktu terpusat hujan harian

R_{24} = Hujan harian maksimum (mm/jam)

R_o = Hujan harian rata-rata (mm/jam)

b) Perhitungan curah hujan pada jam ke-T

$$R_t = t.R_t - (t-1) \cdot R (t-1) \quad (16)$$

Dimana:

R_t = Curah hujan pada jam ke-T

5) Distribusi Hujan Efektif

Hujan efektif (effectif rainfall) adalah bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai. Hujan efektif ini adalah sama dengan hujan total yang jatuh di permukaan tanah dikurangi dengan kehilangan air.

a) Rata-rata curah hujan pada jam ke-T

$$R_t = R_0 \times \left(\frac{5}{T}\right)^{2/3} \quad (17)$$

$$R_0 = \left(\frac{R_2}{5}\right) \quad (18)$$

$$R_T = T \times R_1 - (T-1) \times R (t-1) \quad (19)$$

Dimana:

R_t = Rata-rata hujan dari awal sampai jam ke-T

T = Waktu hujan dari awal sampai jam ke- T

R_{24} = Curah hujan maksimum harian

R_T = Tinggi hujan dari awal sampai jam ke- T

5 = Dianggap hujan terpusat 5 jam/hari

b) Perhitungan curah hujan efektif

$$\text{Rumus : } R_n = c \times R \quad (20)$$

Dimana:

R_n = Hujan efektif dari awal sampai jam ke- T

C = Koefisien pengaliran

R = Intensitas curah hujan

Tabel.2. Harga koefisien pengaliran (Run Off Coeffisien)

Kondisi Daerah Aliran	Harga C
Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75 - 0,90
Daerah perbukitan	0,70 - 0,80
Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0,50 - 0,75
Daerah dataran yang digarap	0,45 - 0,60
Daerah persawahan irigasi	0,70 - 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,80
Sungai kecil di daerah dataran	0,45 - 0,75
Sungai yang bebas dengan wilayah pengikisan yang lebih dari seperlunya terdiri dari dataran	0,50 - 0,75

(Sumber : Bendungan Type Urugan Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda)

6) Analisis Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan adalah debit maksimum di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat

dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan-bangunannya.

Debit banjir rancangan ditetapkan dengan cara menganalisis debit puncak, dan biasanya dihitung berdasarkan hasil pengamatan harian tinggi muka air. Melalui periode ulang, dapat ditentukan nilai debit rancangan. Debit banjir rencana ini dipergunakan untuk perhitungan tinggi air banjir rencana, tekanan air dan menghitung stabilitas bendung dan talud bronjong.

Adapun metode yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan adalah sebagai berikut:

1) Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Metode ini adalah metode yang berdasarkan teori hidrograf satuan yang menggunakan hujan efektif (Bagian dari hujan total yang menghasilkan langsung).

Nakayasu dari Jepang telah membuat rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penyelidikannya. Rumus tersebut adalah sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6 \times (0,3T_p + T_{0,3})} \quad (21)$$

Keterangan : Q_p = debit puncak banjir (m^3/det)₀

R_0 = hujan satuan (mm)

T_p = tenggang waktu (time lag) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (22)$$

T_g = waktu konsentrasi (jam), tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*), dalam hal ini, jika:

$$L < 15 \text{ km} \quad t_g = 0,21 \cdot L^{0,7}$$

$$L > 15 \text{ km} \quad t_g = 0,4 + 0,058 \cdot L$$

t_r = tenggang waktu hidrograf (*time base of hidrograf*)
= 0,5 sampai 1 t_g

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \quad (23)$$

$$\alpha = \frac{0,47 \times (A \cdot L)^{0,25}}{t_g} \quad (24)$$

Untuk :

- 1) Daerah pengaliran biasa $\alpha = 2$
- 2) Bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat $\alpha = 1,5$
- 3) Bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat $\alpha = 3$

Bagian lengkung naik (rising limb) hidrograf satuan memiliki rumus :

$$Q_a = Q_p \times \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (25)$$

Keterangan : Q_a = limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/det)

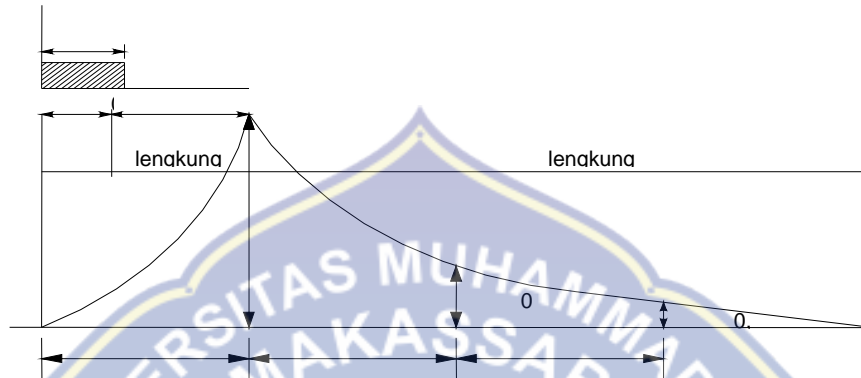
T = waktu (jam)

Bagian lengkung turun (decreasing limb) hidrograf satuan

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right) \quad (26)$$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p + 0,5T}{1,5T}^{0,3} \quad (27)$$

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p + 1,5T}{2T}^{0,3} \quad (28)$$



Gambar 7. Lengkung Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu
(Sumber : Triatmodjo 2010)

2) Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder

Hidrograf satuan sintesis Snyder pertama kali di kembangkan oleh snyder (1983) di Amerika Serikat. Snyder mengembangkan rumus dengan koefisien-koefisien empiric yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengaliran.

Dari analisa dihasilkan empat parameter yaitu: waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar dan standar durasi dari hujan efektif. Hidrograf satuan tersebut ditentukan dengan cukup baik pada tinggi $d = 1$ mm, dan dengan ketiga unsur yang lain yaitu: Q_p ($m^3/detik$), T_b serta t_r (jam). Unsur-unsur satuan hidrograf tersebut dihubungkan dengan:

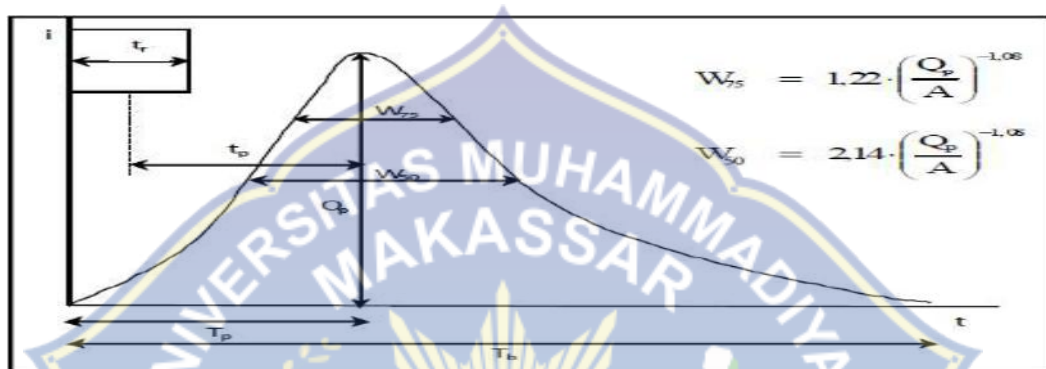
A = Luas daerah pengaliran (km^2)

L = Panjang aliran utama (km)

L_c = Jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan pelepasan (outlet) yang diukur sepanjang aliran utama.

Dengan unsur-unsur tersebut diatas Snyder membuat rumus-rumusnya seperti berikut:

$$tp = Ct(L.Lc)^{0.3} \quad (29)$$



Gambar 8. Bentuk Umum Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder

(Sumber: Chow, et al, 1988)

$$tr = \frac{t}{5,5} \quad (30)$$

$$Qp = 2,78 \frac{C \cdot A}{t} \quad (31)$$

$$Tb = \frac{7 + 3T}{2} \quad (32)$$

Koefisien-koefisien C_t dan C_p harus ditentukan secara empiric, karena besarnya berubah-ubah antara daerah yang satu dengan daerah yang lainnya. Dalam system metric besarnya C_t antara 0,75 dan 3,00 sedangkan C_p berada antara 0,90 hingga 1,40.

Belakangan banyak digunakan rumus Snyder yang telah diubah, yang telah banyak digunakan di Indonesia. Perubahan tersebut terletak pada:

a) pangkat 0,3 pada rumus (21) yang diganti dengan n sehingga menjadi:

$$t_p = Ct (L.Lc)^n$$

b) t_r (22) diganti dengan t_e , yang merupakan durasi curah hujan efektif, sedangkan

$$t_r = 1 \text{ jam.}$$

c) Hubungan t_e, t_p, t_r dan t_p adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Bila } t_e > t_r \text{ maka } t'_p &= t_p (t_e - t_r), \text{ sehingga } T_p = t'_p + 0,5 \text{ dan bila } t_e < t_r \text{ maka } T_p \\ &= t_p + 0,5 \end{aligned}$$

d) $q_p = 0,278 \frac{C}{T}$ dan

$$Q_p = q_p A \text{ untuk hujan } 1 \text{ mm/jam}$$

$$q_p = \text{puncak hidrograf satuan (m}^3/\text{det/mm/km}^2\text{)}$$

$$Q_p = \text{debit puncak (m}^3/\text{det/mm)}$$

t_p = waktu antara titik berat curah hujan hingga puncak (time lag) dalam jam

T_p = waktu yang diperlukan antara permulaan hujan hingga mencapai puncak hidrograf

Snyder hanya membuat rumus empiric untuk menghitung debit puncak Q_p dan waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak dari hidrografnya saja, sehingga untuk mendapatkan lengkung hidrografnya memerlukan waktu untuk mengaklibrasi parameter-parameternya yang kemudian diberikan rumus ALEXEJEV, yang memberikan hidrograf satuannya. Persamaan hidrograf alexejev adalah sebagai berikut:

$$1) \quad Q = f(t) \tag{33}$$

$$2) \quad Y = \frac{Q}{q} \quad d \quad X = \frac{t}{t} \quad (34)$$

$$3) \quad Y = 10 - a \frac{(1-X)}{X} \quad (35)$$

Dengan a diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$= \frac{Q \cdot T}{h \cdot A} \quad (36)$$

dan h = tinggi hujan = 1 mm

$$a = 1,32 \cdot 2 + 0,15 \cdot 2 + 0,045 \quad (37)$$

D. Analisis Hidrolika

1. Perangkat Lunak HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center–River Analysis System) adalah salah satu program (software) yang diterbitkan oleh U.S Army Corps of Engineering-Hydrologic Engineering Center (HEC) yang digunakan untuk melakukan perhitungan profil aliran sungai satu dimensi, baik aliran tetap (steady flow) maupun aliran tak tetap (Unsteady flow). HEC-RAS juga memiliki kemampuan untuk melakukan simulasi perhitungan profil muka air pada struktur bangunan air, seperti jembatan, pintu, bendung dan lain-lain (Permatasari, 2015).

2. Langkah-langkah Pemodelan Hidrolika Menggunakan HEC-RAS

Secara garis besar langkah-langkah pemodelan atau hitungan hidrolika dengan perangkat lunak HEC-RAS adalah sebagai berikut:

a) Pembuatan File Project

Langkah pertama pemodelan atau hitungan hidrolika dengan HEC-RAS

adalah membuat file Project. Suatu model dalam HEC-RAS disimpan dalam sebuah file project. Pemakai menuliskan nama file Project dan HEC-RAS akan memakai nama file project tersebut untuk menamai semua file yang berkaitan dengan model tersebut.

b) Peniruan Geometri Saluran

Parameter geometri saluran yang dibutuhkan oleh HEC-RAS adalah alur, tampang panjang dan lintang, kekasaran dasar (koefisien Manning), serta kehilangan energi di tempat perubahan tampang saluran (koefisien ekspansi dan kontraksi). HEC-RAS juga membutuhkan geometri struktur hidraulik yang ada di sepanjang saluran, misalnya jembatan, pintu air, bendung, peluap, dan sejenisnya.

c) Peniruan Hidrolika (Data Aliran Dan Syarat Batas)

Peniruan hidrolika pada perangkat lunak ini memerlukan beberapa data aliran. Data aliran yang diperlukan dalam hitungan aliran tak permanen (unsteady flow) adalah debit di batas hulu serta elevasi muka air di batas hilir.

d) Hitungan Hidrolika

Hitungan hidrolika pada perangkat lunak ini dilakukan dengan cara merunning program HEC-RAS, berdasarkan langkah-langkah yang telah dilakukan sebelumnya.

e) Presentasi Hasil Hitungan HEC-RAS

Menampilkan hasil hitungan dalam bentuk grafik atau tabel. Presentasi dalam bentuk grafik dipakai untuk menampilkan tampang lintang di suatu River Reach, tampang panjang (profil muka air sepanjang alur), kurva ukur debit,

gambar perspektif alur, atau hidrograf (untuk hitungan aliran tak permanen). Presentasi dalam bentuk tabel dipakai untuk menampilkan hasil rinciberupa angka (nilai) variabel di lokasi/titik tertentu, atau laporan ringkas proses hitungan seperti kesalahan dan peringatan.

E. Penanggulangan Banjir

1. Sistem Pengendalian Banjir

Banjir dapat terjadi bila intensitas curah hujan besar atau lama dan sungai tidak dapat menampung saluran air yang datang, sehingga mengakibatkan terjadinya luapan dari bahan sungai yang disebabkan oleh kelebihan limpasan permukaan. Terjadinya banjir dapat menimbulkan kerugian harta benda bagi penduduk bahkan dapat pula menimbulkan korban jiwa. Pengurangan kerugian akibat banjir dapat dilakukan jika penyebab banjir telah diketahui (Permatasari, 2015).

Beberapa penyebab banjir antara lain adalah sebagai berikut:

- a) Intensitas curah hujan yang tinggi, sehingga kapasitas sungai tidak mampu lagi menampung debit dari air hujan tersebut.
- b) Adanya pertemuan anak-anak sungai dengan sungai utama.
- c) Morfologi sungai yang berkelok-kelok mengakibatkan air sungai tidak dapat segera mengalir kehilir.
- d) Lokasi daerah aliran sungai yang terletak di daerah cekungan.
- e) Faktor kerusakan lingkungan, misalnya penggundulan hutan di daerah hulu, yang berfungsi sebagai daerah resapan air.

Upaya pengendalian banjir (flood control) untuk mengurangi pengaruh air yang berlebihan pada sungai tersebut dapat dilakukan dengan beberapa metode berikut:

- a) Pengurangan puncak banjir dengan waduk (retarding basin)
- b)) Pengurangan aliran dalam suatu alur yang ditetapkan dengan tanggul, dinding penah (parafet) banjir, atau suatu aliran tertutup.
- c) Penurunan muka air banjir dengan perbaikan alur sungai.
- d) Pengendalian air banjir melalui saluran banjir (floodway) kedalam alur sungai lain atau bahkan DAS lain.

Selanjutnya perlu diingat bahwa penerapan cara-cara kegiatan penanggulangan bencana banjir harus pula diselesaikan dengan lokasi serta sifat dari banjir yang akan terjadi. Sebagaimana halnya, banjir di bagian hulu biasanya arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang. Agar penanggulangan bencana banjir dapat dilakukan secara efektif maka setiap kondisi banjir sepanjang sungai haruslah dipelajari secara seksama, sehingga program penanggulangan dapat dipersiapkan secara lebih mantap (Sosrodarsono, 1994 dalam Permatasari, 2015).

2. Tujuan Penanggulangan Banjir

Adapun tujuan penanggulangan banjir adalah sebagai berikut:

- a) Menurunkan serta memperlambat debit banjir di hulu, sehingga tidak mengganggu daerah-daerah peruntukan di sepanjang sungai.
- b) Mengalirkan debit banjir kelaut secepat mungkin dengan kapasitas cukup di bagian hilir.

- c) Menambah atau memperbesar dimensi tampang alur sungai.
- d) Memperkecil nilai kekasaran alur sungai.
- e) Pelurusan atau pemendekan alur sungai pada sungai berbelok atau ber-meander.
- f) Sebagai pengendalian transportasi sedimen.

3. Faktor-faktor Penanggulangan Banjir

Faktor-faktor yang perlu di pertimbangkan dalam pemilihan jenis bangunan penanggulangan banjir adalah sebagai berikut:

- a) Pengaruh regim sungai terutama erosi dan sedimentasi (degradasi dan agradasi sungai) dan hubungannya dengan biaya pemeliharaan.
- b) Kebutuhan perlindungan erosi di daerah kritis.
- c) Pengaruh bangunan terhadap lingkungan.
- d) Perkembangan pembangunan daerah.
- e) Pengaruh bangunan terhadap kondisi aliran di sebelah hulu dan sebelah hilirnya.

F. Perencanaan Tanggul

1. Konstruksi Tanggul

Tanggul disepanjang sungai adalah bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir. Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah, karena tanggul merupakan bangunan

menerus yang sangat panjang serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar (Sosrodarsono dan Tominaga, 1994).

Pada setiap perencanaan tanggul, kriteria-kriteria sebagai berikut harus dipenuhi:

- a) Tubuh tanggul harus kuat menerima tekanan air.
- b) Tubuh tanggul harus cukup stabil.
- c) Tubuh tanggul harus cukup tingginya.

2. Fungsi Tanggul

Menurut Barid dan Yacob (2007), Tanggul berguna untuk memperlancar aliran sungai dan merubah bantaran sungai menjadi lahan pemukiman. Selain itu tanggul memiliki fungsi untuk memperlancar aliran sungai dan mengurangi resiko banjir akibat aliran volume berlebih dalam jangka waktu yang pendek pada daerah hilir dari suatu tanggul.

3. Trase Tempat Kedudukan Tanggul

Garis bahu depan suatu tanggul disebut pula sebagai trase tempat kedudukan tanggul atau disingkat dengan istilah trase tanggul. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penetapan trase tanggul adalah (Sosrodarsono, 1994 dalam Permatasari, 2015).

- a) Lokasi trase tanggul

Supaya tempat kedudukan tanggul melintasi tanah pondasi yang kedap air dan diusakan agar dihindarkan pondasi tanah yang lemah, seperti rawa-rawa, lumpur lunak dan gambut.

b) Dalam menentukan arah trase tanggul agar diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Supaya dipilih suatu penampang basah sungai yang paling efektif dengan
- 2) Kapasitas pengaliran maksimum.
- 3) Agar trase tanggul searah dengan arah arus sungai dan dihindarkan terjadinya belokan yang tajam.
- 4) Diusahakan agar arah trase tanggul kiri dan tanggul kanan separarel mungkin dengan alur sungai, dihindarkan adanya perubahan lebar sungai yang mendadak. Diusahakan agar bantaran cukup lebar, sehingga jarak anatar tepi alur sungai dan kaki tanggul cukup jauh.
- 5) Pada sungai-sungai yang arusnya tidak deras, diusahakan agar kurva alirannya stabil.

c) Jarak antara trase tanggul sungai

- 1) Jarak antara trase tanggul dianggap sebagai jarak antara kedua tanggul yang membujur dikanan kiri sungai yang ditetapkan berdasarkan debit banjir rencana untuk sungai tersebut, kemiringannya, tinggi muka air pada air banjir yang pernah terjadi, arah serta kecepatan arus sungai dan jika mungkin tambahan persediaan lebar seperlunya.

2) Guna menentukan debit sungai umumnya digunakan formula Chezy, sebagai berikut :

$$Q = CBH^{3/2} I^{1/2} \quad (38)$$

Dimana: Q = debit (m³/s)

C = koefisien Chezy

B = lebar sungai

H = kedalaman rata-rata

I = kemiringan permukaan sungai

4. Bentuk dan Struktur Penampang Melintang Tanggul

a) Bagian Tanggul

Bentuk standar dan nama bagian dari tanggul lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.

b) Tinggi Jagaan Tanggul

Tinggi jagaan merupakan tambahan tinggi pada tanggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang mengalir. Loncatan ini dapat terjadi akibat adanya ombak, gelombang. Loncatan hidrolis pada saat terjadi banjir. Kenaikkan permukaan air sungai dapat pula terjadi akibat gejala naik turunnya dasar sungai yang disebabkan oleh proses penggerusan dan pengendapan pada dasar sungai tersebut yang disebut evolusi dasar sungai.



Gambar 9. Bentuk standar dan nama bagian tanggul (Sosrodarsono,1994)

Tabel 3. Hubungan antara debit banjir rencana dan tinggi jagaan (Sosrodarsono dan Tominaga, 1994)

No	Debit banjir rencana (m ³ /det)	Tinggi jagaan (m)
1	< 200	0,6
2	200-500	0,8
3	500-2000	1,0
4	2000-5000	1,2
5	5000-10000	1,5
6	> 10000	2,0

c) Lebar mercu tanggul

Pada daerah yang padat dimana perolehan areal tanah untuk tempat kedudukan tanggul sukar untuk didapatkan sangat sukar dan mahal, pembangunan tanggul dengan mercu yang tidak lebar dan dengan lerengnya yang agak curam kelihatannya cukup memadai, khususnya apabila hanya ditinjau dari segi stabilitas tanggulnya. Akan tetapi mercu yang cukup lebar (3-7 meter) biasanya diperlukan apabila ditinjau dari keperluan untuk perondaan di waktu banjir dan sebagai jalan-jalan inspeksi serta logistik untuk pemeliharaan tanggul. Berikut merupakan lebar standar mercu tanggul berdasarkan debit banjir rencana.

Tabel 4. Lebar standar mercu (Sosrodarsono dan Tominaga, 1994)

No	Debit banjir rencana (m ³ /det)	Lebar mercu (m)
1	< 500	3,0

2	500-2000	4,0
3	2000-5000	5,0
4	5000-10000	6,0
5	>10000	7,0

d) Kemiringan lereng tanggul

Penentuan kemiringan lereng tanggul merupakan tahapan yang paling penting dalam perencanaan tanggul dan sangat erat kaitannya dengan infiltrasi air dalam tubuh tanggul serta karakteristik mekanika tanah tubuh tanggul tersebut. Dalam keadaan biasa tanpa perkuatan lereng, tanggul direncanakan dengan kemiringan 1:2 atau lebih kecil.

Berm dan elevasi kemiringan talud dasar mempunyai hubungan yang sangat erat satu sama lain dan keduanya harus ditentukan melalui pengujian terhadap bahan badan tanggul, durasi banjir, stabilitas terhadap kebocoran dari air tinggi dan pondasi subsoil dari pada tanggul tersebut. Hal tersebut dapat ditunjukkan sebagai berikut (Permatasari, 2015) :

- 1) Berm harus disediakan tiap 3 –5 m dari puncak pada sisi bagian air bila tinggi tanggul 6 m atau lebih, dan tiap-tiap 3 meter dari puncak pada sisi bagian tanah bila tinggi tanggul 4m atau lebih.
- 2) Lebar 3 m atau lebih. Miring talud tanggul harus merupakan kemiringan landai 1:2 atau lebih, namun hal itu tidak perlu bila talud permukaan dilapisi dengan beton atau bahan serupa.

5. Bentuk dan Dimensi Tanggul

Adapun bentuk dan dimensi tanggul adalah sebagai berikut :

- a) Talu tanggul dapat dibuat tunggal dan ganda
- b) Tanggul bagian dalam harus diberi perkuatan pasangan batu atau beton kedap air.
- c) Talud tanggul bagian luar dilapis tanah liat dan ditanami rumput dan apabila diperlukan diberi pasangan batu kosong dengan ijuk setebal 10 cm.
- d) Bila tanggul lebih dari 3m, ketinggian tanggul 3m harus dibuat bahu dengan lebar minimal 1m, baik dalam maupun luar tanggul.
- e) Kemiringan arah memanjang tanggul sama dengan kemiringan dasar sungai rencana.
- f) Tinggi tanggul ditentukan berdasarkan elevasi.
- g) Tinggi jagaan tanggul ditentukan dengan syarat tinggi jagaan.
- h) Lebar puncak minimal 4 m.
- i) Pada talud luar dan dalam dibuat tangga pasangan batu dengan jarak maksimum 40 m.
- j) Talud tanggul bagian dalam harus tahan terhadap abrasi dan benturan akibat aliran lahar, dengan ketentuan minimum perkuatan tanggul jika diuji di laboratorium.

6. Stabilitas Tanggul

- a) Penyebab Kerusakan Tanggul.

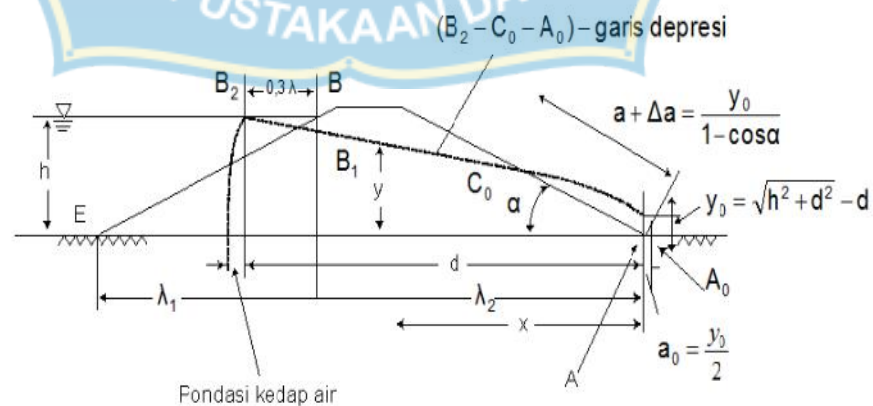
Adapun berbagai penyebab kerusakan tubuh tanggul pada umumnya penyebab kerusakan tubuh tanggul adalah sebagai berikut:

- 1) Terbentuknya bidang gelincir yang menerus akibat kemiringan lereng tanggul terlalu curam.
 - 2) Terjadinya keruntuhan lereng tanggul akibat kejenuhan air dalam tubuh tanggul yang disebabkan oleh rembesan air pada saat banjir atau pada saat terjadinya hujan terus menerus.
 - 3) Terjadi kebocoran pada pondasi tanggul.
 - 4) Tergerusnya lereng depan tanggul oleh arus sungai
 - 5) Terjadinya limpasan pada mercu tanggul
 - 6) Terjadi pergeseran pondasi akibat gempa
- b) Stabilitas lereng tanggul

Adapun stabilitas lereng tanggul adalah sebagai berikut:

1) Formasi Garis Depresi

Bila terdapat aliran rembesan didalam tubuh tanggul, maka untuk menganalisa aliran rembesan diperlukan suatu formasi garis depresi dengan menggunakan metode Casagrande (Sosrodarsono, 1989 dalam Permatasari, 2015).



Gambar 10. Garis depresi pada bendungan homogen
(Sumber : Sosrodarsono, 1989 dan Permatasari, 2015)

Pada Gambar 10 tumit hilir lereng dianggap sebagai titik permulaan koordinat dengan sumbu-sumbu x dan y, maka garis depresi diperoleh dengan persamaan parabola bentuk dasar sebagai berikut:

$$I_1 = m.h \quad (39)$$

$$I_2 = I_{\text{total}} - I_1 \quad (40)$$

$$d = 0,3 I_1 + I_{2i} \quad (41)$$

$$a + \frac{\Delta a}{1 - \cos} = \frac{y_0}{2} \quad (42)$$

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0} \quad (43)$$

$$y = \sqrt{2 y_0 x + y_0^2} \quad (44)$$

$$y = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad (45)$$

Dimana : h = Jarak vertikal antara titik A dan B

d = Jarak horizontal antara titik B2 dan A

I_1 = Jarak horizontal antara B dan E

I_2 = Jarak horizontal antara B dan A

A = Ujung tumit hilir bendungan

B = Titik perpotongan antara muka air waduk dan lereng udik bendungan

A_1 = Titik perpotongan antara parabola bentuk besar garis depresi dengan garis vertikal melalui titik B

B_1 = Titik yang terletak sejauh 0,31, horizontal kearah udik dari titik B

2) Penyelesaian Penyederhanaan menurut Bishop.

Runtuhnya suatu tanggul biasanya dimulai dengan terjadinya longsor, baik di lereng bagian dalam maupun di bagian luar. Sehingga dalam perencanaan lereng tanggul perlu dilakukan pengujian stabilitas sehingga didapatkan lereng yang stabil. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk pengujian stabilitas lereng, diantaranya adalah metode irisan Bishop. Analisa Bishop ini dipakai sejak kira-kira tahun 1955. Besar gaya P diperoleh dengan menguraikan gaya-gaya vertikal, yaitu (Permatasari, 2015)

$$(P - ul) \frac{\tan \theta'}{F_k} \sin + (P - ul) \cos = W + \left[X_n - X_{n-1} - \frac{c'}{F_k} \sin - ul \cos \right] \quad (46)$$

$$(P - ul) \frac{\tan \theta' \sin}{F_k} + \cos = W + (X_n - X_{n-1}) - 1 - \left[\frac{c' \sin}{F_k} + u \cos \right] \quad (47)$$

$$(P - ul) = \frac{W + (X_n - X_{n-1}) - 1 - \left[\frac{c' \sin}{F_k} + u \cos \right]}{\frac{\tan \theta' \sin}{F_k} + \cos} \quad (48)$$

Pada analisa Bishop ini, harga $(X_n - X_{n-1}) = 0$, sehingga :

$$(P - ul) = \frac{W - 1 \left[\frac{c' \sin}{F_k} + u \cos \right]}{\frac{\tan \theta' \sin}{F_k} + \cos} \quad (49)$$

Faktor Keamanan :

$$\frac{1}{\sin \theta} \left[c' + (W - ub) \tan \theta' \right] \frac{\sec \theta}{F_k \tan \theta' + 1} \quad (50)$$

Dalam hal ini : $b = l$

Harga F_k dalam Persamaan 32. terdapat dibelah kiri dan kanan. Karena itu menghitung harga F_k harus dipakai cara ulangan, yaitu diambil harga F_k sebagai cara coba-coba. Harga F_k yang diperoleh kemudian dimasukkan lagi pada sebelah kanan dan seterusnya.

Harga F_k (Fellenius) < F_k (Bishop), hal ini disebabkan oleh pengaruh besarnya tegangan air pori dan sudut. Analisa Bishop menghasilkan faktor keamanan yang cukup tepat, sedangkan harga yang diperoleh dengan analisa biasa atau Fellenius atau USBR sering tidak tepat (Sordarmo, 1999 dalam Permatasari 2015).

Langkah-Langkah perhitungan dengan menggunakan Metode Bishop sebagai berikut:

- a) Lereng dibagi menjadi sejumlah segmen/pias dengan batas-batas vertikal.
- b) Ukur lebar (b), tinggi (h), tinggi air (z) dan sudut θ' pada tiap pias
- c) Besar tegangan air pori setiap pias $u = z \cdot \gamma_w$
- d) Dengan mempergunakan harga b , h , dan z dapat dihitung berat tanah setiap pias dengan persamaan $W = \gamma_s \cdot b \cdot h$ setiap pias dianggap mempunyai tebal satuan pada arah melintang terhadap lereng (tiap meter). Harga-harga $\sin \theta$, $\tan \theta$, c' , ub dihitung agar $c' + (W - ub) \tan \theta'$ dapat dihitung ditentukan pada setiap pias.

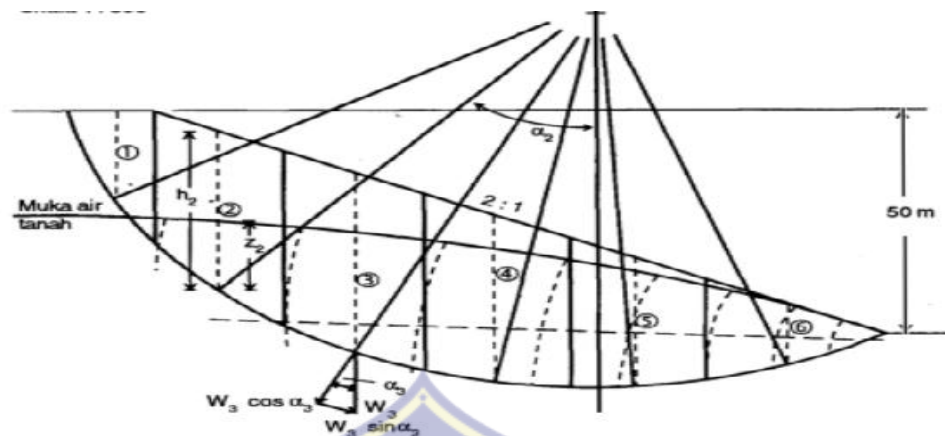
- e) Diambil suatu harga F_k sebagai coba-coba dan menghitung harga $\frac{\sec}{\tan \theta' \tan + 1} F_k$ pada setiap pias.
- f) Hasil perhitungan $c'b + (W - ub) \tan \theta'$ dan $\frac{\sec}{\tan \theta' \tan + 1} F_k$ dikalikan.
- g) Hasil $W \sin \theta'$ dijumlahkan untuk mendapatkan $\square W \sin \theta'$. Hasil perkalian dari point F dijumlahkan untuk mendapatkan $\square [c'b + (W-ub) \tan \theta'] \times \frac{\sec}{\tan \theta' \tan + 1} F_k$.
- h) Perbandingan kedua jumlah ini menghasilkan harga F_k yang dicari.

Untuk menyelesaikan perhitungan ini kita harus meneruskan perhitungan dengan cara tadi pada lingkaran-lingkaran lain, sehingga akhirnya didapatkan Lingkaran dengan harga F_k yang terkecil.

Menurut Bowles (1989) nilai dari faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsorannya seperti Tabel 3. dibawah ini:

Tabel 5. Faktor keamanan lereng (Bowles, 1989)

F	Kejadian
$F < 1,07$	Keruntuhan biasa terjadi
$1,07 < F \leq 1,25$	Keruntuhan pernah terjadi
$F > 1,25$	Keruntuhan jarang terjadi



Gambar 11 . Contoh stabilitas lereng dengan rembesan
(Sumber : Soedarmo 1997 dan Permatasari 2015)

Ada beberapa hal yang sebaiknya diingat mengenai perhitungan cara ini, yaitu:

- a) Ketelitian perhitungan dapat ditingkatkan dengan memakai lebih banyak pias.
- b) Apabila lereng tidak terdiri dari tanah yang seragam, maka bert pias W harus dihitung dengan menjumlahkan berat tiap-tiap bagian yang berbeda. Harga c dan u yang dipakai adalah harga pada bidang longsor yaitu pada dasar pias.
- c) Hasil perhitungan ini tergantung terutama kepada harga-harga: c , u dan W yang diukur di lapangan dan laboratorium. Kesalahan kecil dalam menentukan harga-harga c , u dan W akan sangat mempengaruhi harga F_k .

c. Syarat-syarat Stabilitas Tanggul

Penempatan tanggul dalam perencanaan sebuah tanggul terdapat syarat-syarat stabilitas tanggul yang harus diperhitungkan atau dianalisa, diantaranya adalah sebagai berikut :

- 1) Badan tanggul harus aman terhadap kemungkinan meluapnya aliran melalui mercu pada debit air rencana

- 2) Maka mercu tanggul harus mempunyai jagaan yang cukup aman terhadap muka air sungai pada debit banjir rencana
- 3) Tinggi jagaan harus memenuhi standar yang berlaku contohnya standar nasional Indonesia
- 4) Ketinggian puncak tanggul pada profil memanjang harus disesuaikan dengan muka air banjir rencana sungai yang diperlukan
- 5) Lereng dan kaki tanggul harus stabil terhadap aliran banjir dan erosi serta gerusan. Oleh karena itu, harus diberi pelindung. Lapisan pelindung harus disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku tapi juga diperhatikan aspek ekonomisnya
- 6) Trase tanggul harus ditetapkan secara secermat mungkin dengan memperhatikan situasi dan kondisi morfologi sungai serta factor teknis dan non-teknis juga aspek ekonomis.
- 7) Jarak antara trase dan tanggul dan tebing sungai harus diusahakan cukup memadai agar jika terjadi erosi pada tebing sungai tidak mempengaruhi stabilitas tanggul
- 8) Tidak boleh terjadi kebocoran atau rembesan pada badan dan pondasi tanggul

G. Sempadan Sungai

1. Pengertian Sempadan Sungai (UUD No 28 Tahun 2015).

Sempadan sungai (*riparian zone*) adalah zona penyangga antara ekosistem perairan (sungai) dan daratan. Zona ini umumnya didominasi oleh tumbuhan dan lahan basah. Tumbuhan tersebut berupa rumput,

semak, ataupun pepohonan sepanjang tepi kiri dan kanan sungai

2. Tujuan Penetapan Sempadan Sungai (UUD No 28 Tahun 2015).

Untuk mencegah lebih besarnya kerugian akibat dari kerusakan sungai maka dilakukan Penataan Daerah Sempadan Sungai, maksud dari Penataan Daerah Sempadan Sungai adalah sebagai upaya agar kegiatan konservasi, pendayagunaan, pengendalian atas sumber daya yang ada pada sungai dapat dilaksanakan sesuai dengan tujuannya, antara lain :

- a) Agar fungsi sungai tidak terganggu oleh aktivitas yang berkembang di sekitarnya.
- b) Agar kegiatan pemanfaatan dan upaya peningkatan nilai manfaat sumber daya yang ada pada sungai dapat memberikan hasil secara optimal.
- c) Menjaga kelestarian fungsi sungai.
- d) Agar daya rusak air terhadap sungai dan lingkungannya dapat dibatasi.

3. Fungsi Sempadan Sungai (UUD No 28 Tahun 2015).

Adapun fungsi sempadan sungai adalah sebagai berikut:

- a) Sebagai pelindung sungai.
- b) Sebagai ruang penyangga antara ekosistem sungai dan daratan, agar fungsi sungai dan kegiatan manusia tidak saling terganggu.

4. Manfaat Sempadan Sungai (UUD No 28 Tahun 2015).

Adapun manfaat sempadan sungai adalah sebagai berikut:

- a) Memperbesar infiltrasi air limpasan.
- b) Memelihara aliran dasar (base flow) sungai.
- c) Melindungi tebing sungai dari pengikisan dan erosi.

- d) Memberikan ruang bagi alur sungai untuk bergerak secara lateral.
- e) Memberikan perlindungan dari banjir.
- f) Memungkinkan untuk restorasi sungai di masa mendatang.
- g) Mempertahankan kualitas habitat amfibi dan organisme akuatik.
- h) Sebagai elemen estetika koridor sungai dan elemen ameliorasi iklim mikro.
- i) Perlindungan bagi palung sungai terkait dengan limbah cair maupun padat, desakan pemukiman masyarakat, penyempitan air sungai, perlindungan atau mantel terhadap alur sungai.
- j) Menyediakan nutrisi bagi fauna dan sebagai tempat bertelur, berpijah, dan hidup fauna air dan amfibi.

5. Dampak Negatif Hilangnya Sempadan Sungai (UUD No 28 Tahun 2015)

Hilangnya sempadan sungai karena diokupasi peruntukan lain akan menyebabkan turunnya kualitas air sungai karena hilangnya fungsi filter yang menahan pencemar *non-point source*.

Hilangnya sempadan sungai juga mengakibatkan terjadinya peningkatan gerusan tebing sungai yang dapat mengancam bangunan atau fasilitas umum lain karena tergerus arus sungai. Karena hilangnya sempadan sungai kita terjebak pada kegiatan pembangunan fisik perkuatan tebing sungai yang tidak pernah ada habisnya. Karena gerusan tebing meningkat geometri tampang sungai akan berubah menjadi lebih lebar, dangkal dan landai, kemampuan mengalirkan air juga akan menurun. Sungai yang demikian sangat rentan terhadap luapan banjir.

Lebih menyedihkan lagi pada kondisi sungai yang demikian ini jumlah kehidupan akuatik juga menurun drastis atau bahkan punah, karena hilangnya

tetumbuhan di sempadan sungai. Hal ini terjadi karena sempadan sungai lebih terekspose sinar matahari sehingga udara di sekitar sungai menjadi lebih panas, temperatur air sungai meningkat yang mengakibatkan turunnya oksigen terlarut, sehingga kurang memenuhi syarat untuk kehidupan biota air dan berakibat turunnya jumlah keaneka ragaman hayati baik di sungai maupun di sempadannya.

6. Pemulihan Kembali Sempadan Sungai (UUD No 28 Tahun 2015)

Memulihkan kondisi sempadan sungai menjadi alami kembali adalah kegiatan kunci untuk memperbaiki dan menjaga fungsi sungai. Banyak manfaat yang dapat dipetik dari membaiknya kembali fungsi sempadan sungai. Palung sungai menjadi lebih stabil, kualitas air menjadi lebih baik, kehidupan habitat flora fauna meningkat, estetika juga lebih menarik karena ada kehidupan yang harmonis di antara unsur-unsur alam termasuk manusia di dalamnya.

Langkah pertama untuk itu adalah penyediaan lahan di kiri dan kanan palung sungai yang berfungsi sebagai sempadan sungai. Kemudian penanaman tetumbuhan asli setempat meliputi rerumputan, semak dan pepohonan. Maksud dipilihnya tetumbuhan asli setempat adalah agar tetumbuhan tersebut dapat tumbuh dengan baik karena cocok dengan kondisi iklim dan tanah setempat tanpa memerlukan pemupukan. Pemupukan apalagi secara rutin harus dihindari agar sisa-sisa pupuk tidak masuk ke dalam sungai dan mengakibatkan pencemaran.

Selain pemupukan di sempadan sungai juga harus dihindari kegiatan penggembalaan ternak dan penggunaan alat berat, karena keduanya dapat membuat rusaknya tetumbuhan di sempadan sungai.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berlangsung pada bulan Juli sampai dengan bulan September tahun 2019, dengan melakukan survey data di Sungai Maros. Lokasi Penelitian ini dilakukan di Sungai Maros, Adapun peta lokasi Sungai Maros yang akan diteliti adalah sebagai berikut :



Gambar 12. Peta Jaringan Pos Hujan Sungai Maros
(Sumber: BMKG Kab. Maros)

B. Teknik dan Pengumpulan Data

Studi penelitian dilakukan sesuai dengan urutan di bawah ini:

1) Data Primer

Data primer diperoleh dengan cara melakukan survey atau mengukur langsung di lapangan. Data primer yang dikumpulkan pada penelitian ini meliputi: data dimensi sungai berupa lebar sungai, kedalaman sungai, elevasi sungai, luas DAS, dan panjang sungai pada bagian hilir Sungai Maros.

2) Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diambil oleh peneliti secara tidak langsung dari objeknya berupa data tertulis. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait yaitu BBWS Pompengan Jeneberang. Data sekunder yang diperlukan diantaranya peta DAS, data hidrologi curah hujan, data AWLR, dan data debit. Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder dalam pengumpulan data penelitian.

3) Data Observasi

Data observasi diperoleh dari penelusuran sungai Maros (walk trough) digunakan untuk mendapatkan gambaran yang jelas dari lokasi penelitian. Data yang diperoleh berupa foto kondisi lapangan.

4) Literatur (Pustaka)

Data literatur merupakan data formal yang diperoleh dari sumber informasi. Dalam penelitian ini, data literatur diperoleh dari buku naskah (teks

book), Peraturan Pemerintah dan SNI, bahan ajar (kuliah) dari dosen serta literatur yang diperoleh dari sumber internet dan juga jurnal yang berkaitan.

C. Analisis Data dan Pengelolaan Data

1) Analisis Hidrologi

Melakukan analisa hidrologi untuk mendapatkan curah hujan wilayah menggunakan Metode Aljabar dan Metode Poligon Thiessen Sedangkan untuk perhitungan curah hujan rancangan menggunakan Metode Normal, Metode Log Normal, Metode Gumbel dan Metode Log Pearson Tipe III kemudian untuk debit banjir rancangan yang digunakan untuk menentukan penampang yang cukup dan mampu menampung debit banjir dengan menggunakan Metode HSSN (Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu) dan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder.

2) Analisa Hidrolika

Menghitung penampang sungai yang mampu menampung debit banjir tersebut dan juga mengetahui keperluan perbaikan sungai. Analisa banjir dan analisa penanggulangan banjir ini dibantu dengan menggunakan software HEC-RAS 5.0.3

3) Penentuan Dimensi Tanggul

Pembangunan tanggul dilakukan sebagai salah satu upaya penanggulangan banjir. Dimensi tanggul ditentukan berdasarkan profil muka air dan debit sungai pada saat banjir terjadi.

4) Perhitungan Stabilitas Tanggul

Perhitungan stabilitas tanggul dilakukan untuk mengetahui stabilitas lereng tanggul terhadap kelongsoran. Analisis stabilitas tanggul menggunakan

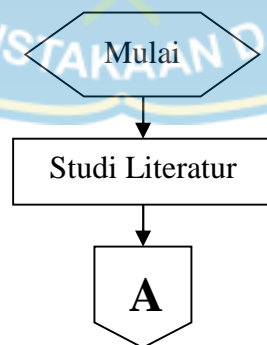
metode Bishop.

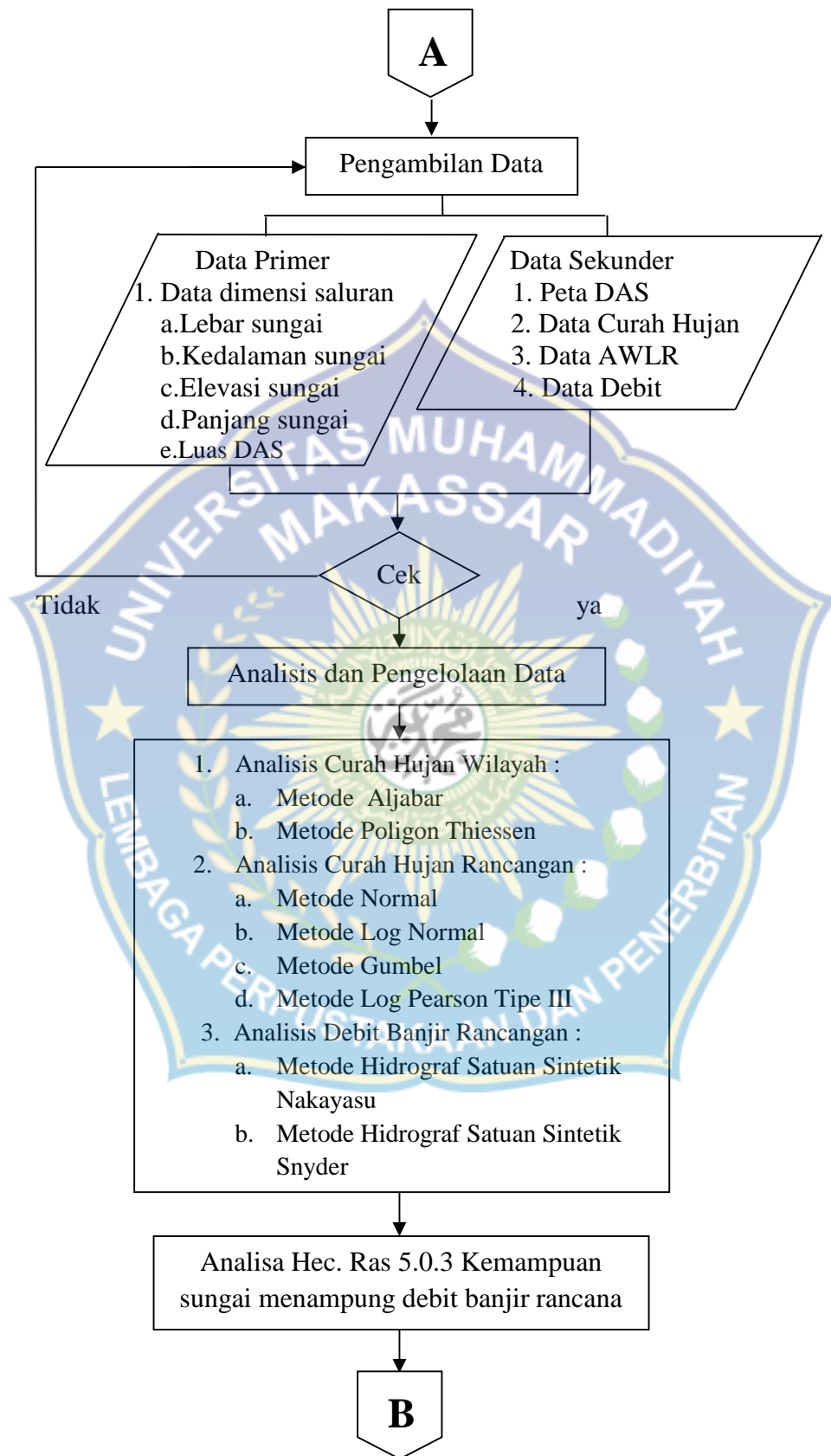
D. Pelaksanaan Penelitian

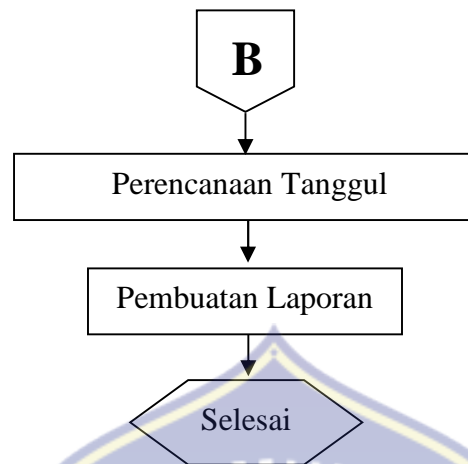
Lokasi penelitian berada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros di Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan tepatnya di Tompobulu sebagai titik kontrol dengan pengambilan data di Kantor Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang. Adapun DAS yang dimaksud dipengaruhi oleh 3 (tiga) stasiun pengamatan curah hujan yaitu Stasiun Batu Bassi, Stasiun Tanralili dan Stasiun Tompobulu.

E. Bagan Alur Penelitian

Agar Penelitian ini terstruktur maka alur pikir dalam penelitian Analisis Banjir Sungai Maros dengan HEC- RAS 5.0.3 seperti diperlihatkan pada gambar alir dibawah ini:







Gambar 13. Bagan Alur Penelitian



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Curah Hujan

Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan dititik dimana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut.

Analisa curah hujan dalam bab ini meliputi analisa curah hujan wilayah, dan curah hujan rencangan dengan serial data 20 tahun dan 3 stasiun penakar.

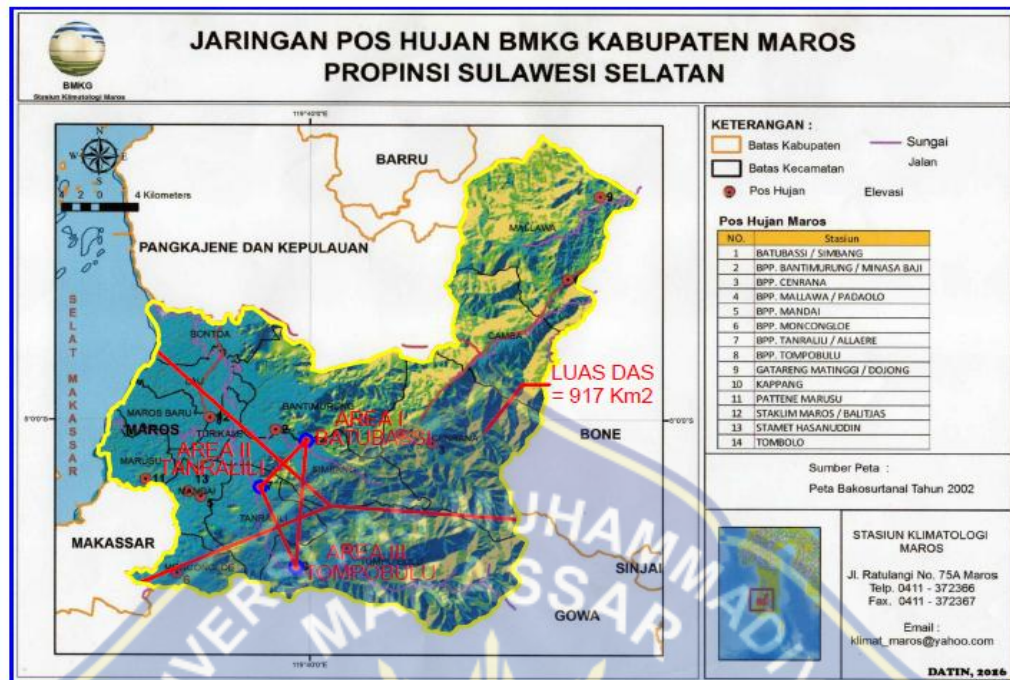
1. Analisa Distribusi Curah Hujan Wilayah

Suatu daerah dimana terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat dimasing-masing stasiun dapat tidak sama, sehingga perlu untuk menentukan hujan rata-rata pada daerah tersebut.

Curah hujan wilayah dihitung dengan metode Poligon Thiessen. Analisa ini didasarkan pada 3 stasiun penakar hujan yang terdapat pada daerah aliran sungai Maros, yaitu: stasiun Batu Bassi, stasiun Tanralili, dan stasiun Tompobulu.

Data curah hujan yang dibutuhkan untuk perhitungan analisis hidrologi adalah data curah hujan harian maksimum tahunan yang diperoleh dari pos pengamatan curah hujan yang berpengaruh pada DAS Sungai Maros.

Berikut perhitungan curah hujan wilayah menggunakan metode rata-rata Aljabar dan Polygon Thiessen



Gambar 14. Poligon Thiessen DAS Sungai Maros
(Sumber : BMKG Kab. Maros)

Tabel 6. Perhitungan curah hujan harian maksimum Rata-rata dari ketiga stasiun (1998-2017).

No	Kejadian			Stasiun			Hujan harian rata-rata aljabar	Hujan harian rata-rata Thiessen	Hujan maksimum harian rata-rata
	Thn	Bln	Tgl	Batu Bassi	Tanralili	Tompobulu			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	1998	Des	27	151	80	17	82.67	89.50	89.50
		Des	30	79	126	27	77.33	77.50	
		Des	14	65	74	89	76.00	74.90	
2	1999	Jan	1	210	153	69	144.00	150.60	153.90
		Jan	2	120	250	69	146.33	143.70	
		Feb	5	120	153	200	157.67	153.90	
3	2000	Feb	3	129	200	132	153.67	151.20	171.20
		Feb	3	179	200	132	170.33	171.20	
		Jan	30	63	1	178	80.67	78.90	
4	2001	Feb	3	773	197	53	341.00	384.20	384.20
		Mar	4	142	260	208	203.33	197.20	
		Mar	4	142	260	208	203.33	197.20	
5	2002	Mar	7	154	70	72	98.67	104.20	104.20
		Des	28	25	200	66	97.00	89.80	
		Jan	1	0	23	174	65.67	59.10	
6	2003	Des	17	136	0	0	45.33	54.40	111.50
		Jan	13	45	150	0	65.00	63.00	
		Feb	19	80	100	165	115.00	111.50	

Bersambung

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
7	2004	Mar	4	164	130	0	98.00	104.60	104.60
		Mar	4	103	130	52	95.00	95.80	
		Mar	9	12	0	94	35.33	33.00	
8	2005	Des	19	184	40	43	89.00	98.50	110.40
		Des	19	90	200	48	112.67	110.40	
		Des	20	35	75	119	76.33	72.20	
9	2006	Mar	28	165	100	92	119.00	123.60	178.90
		Jan	2	193	250	89	177.33	178.90	
		Des	30	60	100	210	123.33	117.00	
10	2007	Des	22	158	200	132	163.33	162.80	162.80
		Feb	21	179	160	132	157.00	159.20	
		Feb	1	63	1	135	66.33	66.00	
11	2008	Des	31	126	100	53	93.00	96.30	191.80
		Feb	2	142	172	208	174.00	170.80	
		Des	13	142	260	190	197.33	191.80	
12	2009	Feb	1	123	70	72	88.33	91.80	91.80
		Jan	31	25	158	66	83.00	77.20	
		mei	19	23	0	198	73.67	68.60	
13	2010	Jan	14	94	0	72	55.33	59.20	107.30
		Jan	12	30	89	0	39.67	38.70	
		Jan	27	80	100	151	110.33	107.30	
14	2011	Jan	11	302	168	53	174.33	187.10	187.10
		Feb	28	67	125	0	64.00	64.30	
		Feb	20	73	193	98	121.33	116.50	
15	2012	Mar	16	208	200	7	138.33	145.30	145.30
		Mar	19	210	80	7	99.00	110.10	
		Jan	27	21	23	154	66.00	61.50	
16	2013	Jan	2	277	164	100	180.33	190.00	190.00
		Jan	2	277	164	100	180.33	190.00	
		Des	23	81	102	150	111.00	108.00	
17	2014	Apr	11	289	6	0	98.33	117.40	117.40
		Des	6	0	154	11	55.00	49.50	
		Nov	23	0	7	68	25.00	22.50	
18	2015	Okt	11	167	0	0	55.67	66.80	89.40
		Feb	19	0	144	0	48.00	43.20	
		Des	17	36	0	250	95.33	89.40	
19	2016	Des	13	120	0	50	56.67	63.00	68.70
		Nov	6	0	184	45	76.33	68.70	
		Apr	4	3	0	150	51.00	46.20	
20	2017	Des	22	138	23	30	63.67	71.10	100.20
		Des	21	0	184	150	111.33	100.20	
		Des	21	0	184	150	111.33	100.20	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan dari data perhitungan di atas diketahui curah hujan harian maksimum tahunan terendah terjadi pada tahun 2016 dengan curah hujan sebesar 68.70 mm dan curah hujan tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2001 dengan curah hujan sebesar 384.20 mm.

2. Analisa Parameter Statistik.

Dalam analisis data diperlukan ukuran-ukuran numeric yang menjadi parameter. Parameter yang digunakan untuk pemilihan jenis distribusi. Dalam menentukan curah hujan rancangan dilakukan dengan analisa parameter statistic.

Tabel 7. Analisa Parameter Statistik Curah Hujan Maksimum Rata-rata Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros.

No	Tahun	X_i (mm)	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2001	384.20	241.19	58172.62	14030653.28	3384053263.92
2	2008	191.80	48.79	2380.46	116142.84	5666609.33
3	2013	190.00	46.99	2208.06	103756.74	4875529.41
4	2011	187.10	44.09	1943.93	85707.79	3778856.46
5	2006	178.90	35.89	1288.09	46229.63	1659181.26
6	2000	171.20	28.19	794.68	22401.92	631510.10
7	2007	162.80	19.79	391.64	7750.64	153385.10
8	1999	153.90	10.89	118.59	1291.47	14064.09
9	2012	145.30	2.29	5.24	12.01	27.50
10	2014	117.40	-25.61	655.87	-16796.88	430168.21
11	2003	111.50	-31.51	992.88	-31285.65	985810.89
12	2005	110.40	-32.61	1063.41	-34677.87	1130845.29
13	2010	107.30	-35.71	1275.20	-45537.54	1626145.50
14	2004	104.60	-38.41	1475.33	-56667.35	2176593.00
15	2002	104.20	-38.81	1506.22	-58456.25	2268686.94
16	2017	100.20	-42.81	1832.70	-78457.72	3358774.99
17	2009	91.80	-51.21	2622.46	-134296.39	6877317.96
18	1998	89.50	-53.51	2863.32	-153216.26	8198602.00
19	2015	89.40	-53.61	2874.03	-154076.86	8260060.51
20	2016	68.70	-74.31	5521.98	-410338.04	30492220.05
Jumlah		2860.20				
Xrt		143,01		89986.71	13240139.51	3466637652.51

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 8. Kesimpulan Pemilihan jenis distribusi

Metode	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$C_s = 0,00$	$C_s = 2,38$	Tidak memenuhi syarat
	$C_k = 3,00$	$C_k = 10,06$	
Log Normal	$C_s = 3 \times C_v$	$C_s = 1,67$	Tidak memenuhi syarat
	$C_k > 0$	$C_k = 7,56$	
Gumbel	$C_s = 1,1396$	$C_s = 2,38$	Tidak memenuhi syarat
	$C_k = 5,4002$	$C_k = 10,06$	
Log Pearson Type III	Selain nilai di atas	$C_s = 0,863$ $C_k = 0,36$	Memenuhi syarat

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari table 8. Disimpulkan bahwa parameter statistic dari data tidak sesuai untuk distribusi Normal, Log Normal, dan Gumbel, sehingga untuk menentukan curah hujan rancangan dilakukan dengan distribusi Log Pearson Type III.

3. Analisa Curah Hujan Rancangan

Dalam analisis hujan aliran untuk memperkirakan debit banjir rancangan diperlukan masukan hujan rancangan kedalam suatu system DAS, berupa kedalaman hujan disuatu titik atau hietograf hujan rancangan yang merupakan distribusi hujan sebagai fungsi waktu selama hujan deras. Distribusi hujan yang terjadi digunakan sebagai masukan untuk mendapatkan hidrograf aliran.

Curah hujan rancangan, 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, 100 tahun, dan 200 tahun dihitung dengan metode Log Pearson Type III.

Tabel 9. Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson Type III.

No	Kala ulang (Tahun)	P(%)	Xi	Log Xi	(Log Xi-Log Xr)	(log Xi-Log Xr) ²	(Log Xi-Log Xr) ³	(Log Xi-Log Xr) ⁴
1	21.00	4.76	384.20	2.58	0.46	0.2116	0.0973	0.0448
2	10.50	9.52	191.80	2.28	0.16	0.0256	0.0041	0.0007
3	7.00	14.29	190.00	2.28	0.16	0.0256	0.0041	0.0007
4	5.30	19.05	187.10	2.27	0.15	0.0225	0.0034	0.0005
5	4.20	23.81	178.90	2.25	0.13	0.0169	0.0022	0.0003
6	3.50	28.57	171.20	2.23	0.11	0.0121	0.0013	0.0001
7	3.00	33.33	162.80	2.21	0.09	0.0081	0.0007	0.0001
8	2.60	38.10	153.90	2.19	0.07	0.0049	0.0003	0.0000
9	2.30	42.86	145.30	2.16	0.04	0.0016	0.0001	0.0000
10	2.10	47.62	117.40	2.07	-0.05	0.0025	-0.0001	0.0000
11	1.90	52.38	111.50	2.05	-0.07	0.0049	-0.0003	0.0000
12	1.80	57.14	110.40	2.04	-0.08	0.0064	-0.0005	0.0000
13	1.60	61.90	107.30	2.03	-0.09	0.0081	-0.0007	0.0001
14	1.50	66.67	104.60	2.02	-0.10	0.0100	-0.0010	0.0001
15	1.40	71.43	104.20	2.02	-0.10	0.0100	-0.0010	0.0001
16	1.30	76.19	100.20	2.00	-0.12	0.0144	-0.0017	0.0002
17	1.20	80.95	91.80	1.96	-0.16	0.0256	-0.0041	0.0007
18	1.20	85.71	89.50	1.95	-0.17	0.0289	-0.0049	0.0008
19	1.10	90.48	89.40	1.95	-0.17	0.0289	-0.0049	0.0008
20	1.10	95.24	68.70	1.84	-0.28	0.0784	-0.0220	0.0061
Jumlah	75.60		2860.20	42.38	-0.02	0.5470	0.0723	0.0561

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 10. Hasil Hitungan Metode Log Pearson Type III

NO	Periode Ulang	G	S	Log Xt	Xt (mm)
1	2	-0.142	0.17	2.10	125.89
2	5	0.773	0.17	2.25	177.83
3	10	1.338	0.17	2.35	223.87
4	25	2.009	0.17	2.46	288.40
5	50	2.481	0.17	2.54	346.74
6	100	2.933	0.17	2.62	416.87
7	200	3.387	0.17	2.70	501.19

(Sumber: Hasil Perhitungan)

B. Analisis Debit Banjir Rancangan

1. Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu.

a. Perhitungan Curah Hujan efektif jam-jaman

Tabel 11. Intensitas Curah Hujan Jam-jaman

No	Jam ke	Rata-rata hujan Dari 1 s/d jam ke-T	Rerata Hujan Per jam (RT)	Rasio	Persentase (%)
1	0 - 1	0.5848	R24	0.5848	58.48
2	1 - 2	0.3684	R24	0.1520	15.20
3	2 - 3	0.2811	R24	0.1065	10.65
4	3 - 4	0.2321	R24	0.0851	8.51
5	4 - 5	0.2000	R24	0.0716	7.16

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 12. Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-jaman

Waktu (jam)	Rasio (%)	Curah Hujan Rancangan						
		2 tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun	200 Tahun
1	58.4800	55.2154	77.9962	98.1894	126.4922	152.0802	182.8392	219.8219
2	15.2000	14.3515	20.2726	25.5212	32.8776	39.5284	47.5232	57.1357
3	10.6500	10.0555	14.2042	17.8816	23.0360	27.6959	33.2975	40.0326
4	8.5100	8.0349	11.3500	14.2885	18.4071	22.1307	26.6067	31.9885
5	7.1600	6.7603	9.5495	12.0218	15.4871	18.6199	22.3859	26.9139
Hujan Efektif		94.4175	133.3725	167.9025	216.3000	260.0550	312.6525	375.8925
Koefisien Pengaliran		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Probabilitas hujan Maksimum		125.8900	177.8300	223.8700	288.4000	346.7400	416.8700	501.1900

(Sumber: Hasil Perhitungan)

b. Perhitungan analisis debit banjir Metode HSS Nakayasu

Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam analisis Hidrograf

Satuan Sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut:

Luas DAS = 917 km²

Panjang sungai = 82 Km

Hujan satuan = 1 mm (Hujan satuan (mm))

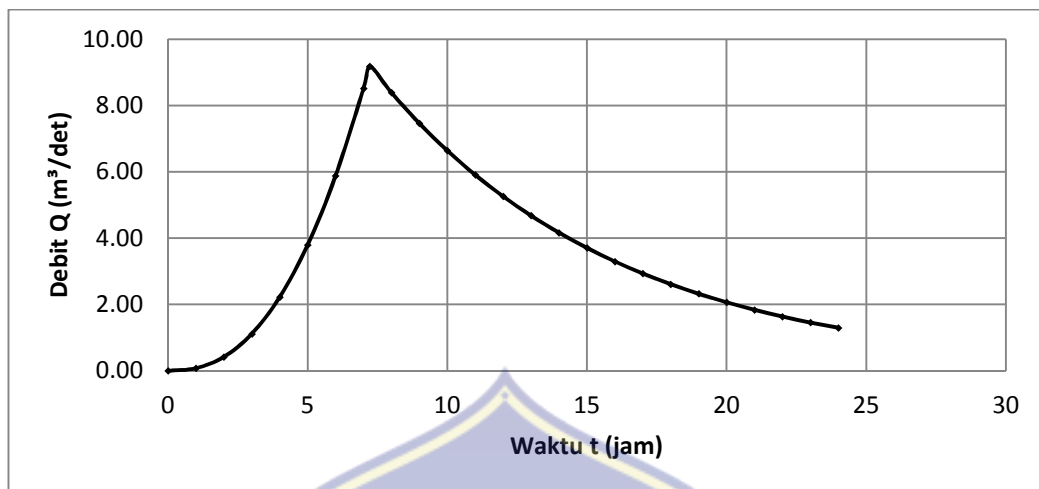
Koefisien Pengaliran = 0,75 (Sungai di daerah pegunungan 0,75 sampai 0,80)

= 2 (Daerah pengaliran biasa)

Tabel 13. Perhitungan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu.

t (jam)	Qnaik m ³ /dtk
0	0.0000
1	0.0798
2	0.4210
3	1.1140
4	2.2219
5	3.7958
6	5.8795
7	8.5116
7.224	9.1800
8	8.3854
9	7.4621
10	6.6404
11	5.9092
12	5.2585
13	4.6794
14	4.1641
15	3.7056
16	3.2976
17	2.9344
18	2.6113
19	2.3238
20	2.0679
21	1.8402
22	1.6375
23	1.4572
24	1.2968

(Sumber: Hasil Perhitungan)

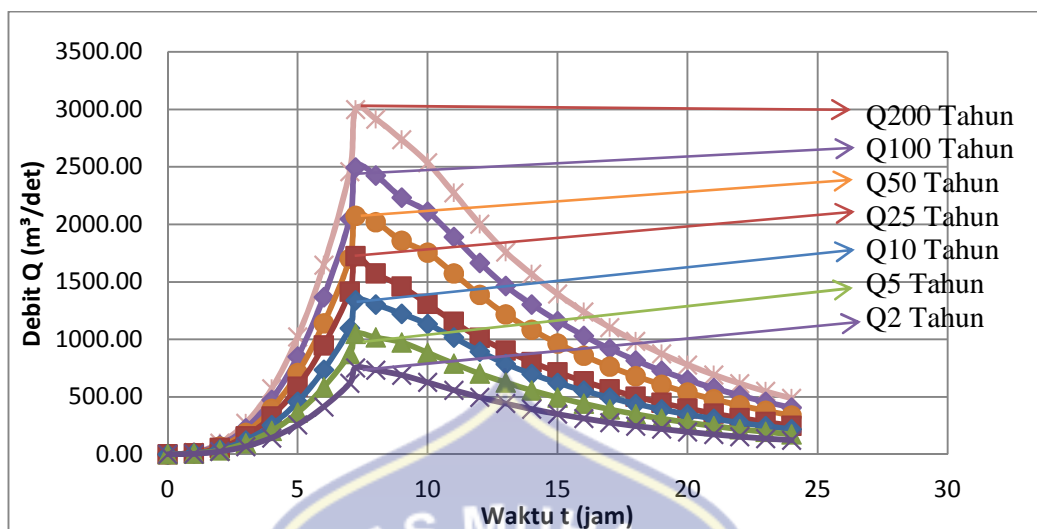


Gambar 15. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Banjir Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Periode Ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 Tahun DAS Maros

t (jam)	Q total						
	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	100 thn	200 thn
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	4.4062	6.2241	7.8355	10.0941	12.1360	14.5906	17.5418
2	24.3909	34.4542	43.3743	55.8768	67.1802	80.7677	97.1044
3	68.3544	96.5561	121.5544	156.5921	188.2689	226.3473	272.1303
4	143.5453	202.7692	255.2660	328.8457	395.3676	475.3326	571.4779
5	256.5982	362.4657	456.3078	587.8372	706.7503	849.6940	1021.5610
6	413.2536	583.7539	734.8877	946.7170	1138.2275	1368.4398	1645.2330
7	617.9034	872.8383	1098.8157	1415.5461	1701.8959	2046.1128	2459.9784
7.224	753.2403	1047.9040	1339.4845	1725.5877	2074.6553	2494.2643	2998.7780
8	732.8125	1016.4392	1303.1579	1574.8514	2018.3909	2426.6200	2917.4516
9	689.3654	973.7846	1222.4757	1459.7514	1856.9301	2232.5029	2736.8239
10	626.0491	884.3452	1133.1294	1308.9303	1755.0428	2110.0087	2536.7997
11	558.5736	789.0306	1016.0548	1153.0148	1573.7123	1892.0031	2274.6983
12	497.0632	702.1422	895.0257	1013.3201	1386.2568	1666.6339	2003.7435
13	442.3265	624.8223	786.5880	901.7399	1218.3036	1464.7113	1760.9781
14	393.6205	556.0208	699.9739	802.4492	1084.1518	1303.4267	1567.0704
15	350.2788	494.7973	622.8998	714.0774	964.7757	1159.9063	1394.5201
16	311.7035	440.3064	554.3013	635.4477	858.5273	1032.1686	1240.9451
17	277.3807	391.8229	493.2653	565.4810	763.9917	918.5128	1104.3002
18	246.8394	348.6806	438.9536	503.2122	679.8714	817.3787	982.7097
29	219.6582	310.2850	390.6176	447.8014	605.0063	727.3718	874.4971
20	195.4708	276.1184	347.6051	398.4844	538.3866	647.2779	778.2027
21	173.9433	245.7090	309.3227	354.6052	479.0933	575.9922	692.4981
22	154.7896	218.6529	275.2618	315.5643	426.3381	512.5670	616.2437
23	137.7476	194.5798	244.9562	280.8168	379.3994	456.1348	548.3970
24	122.5799	173.1541	217.9835	249.8916	337.6228	405.9086	488.0118

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 16. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu Dengan berbagai kala ulang 2,5,10,25,50,100,200 Tahun

2. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder

Dalam perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder memiliki beberapa parameter dasar perhitungannya. Seperti yang telah dikemukakan oleh F.F. Snyder dari Amerika Serikat bahwa ada tiga parameter dalam penentuan hidrograf yaitu; lebar dasar hidrograf, debit puncak, dan kedelamaan DAS (Maros) yang cukup memadai untuk mendefinisikan hidrograf satuan.

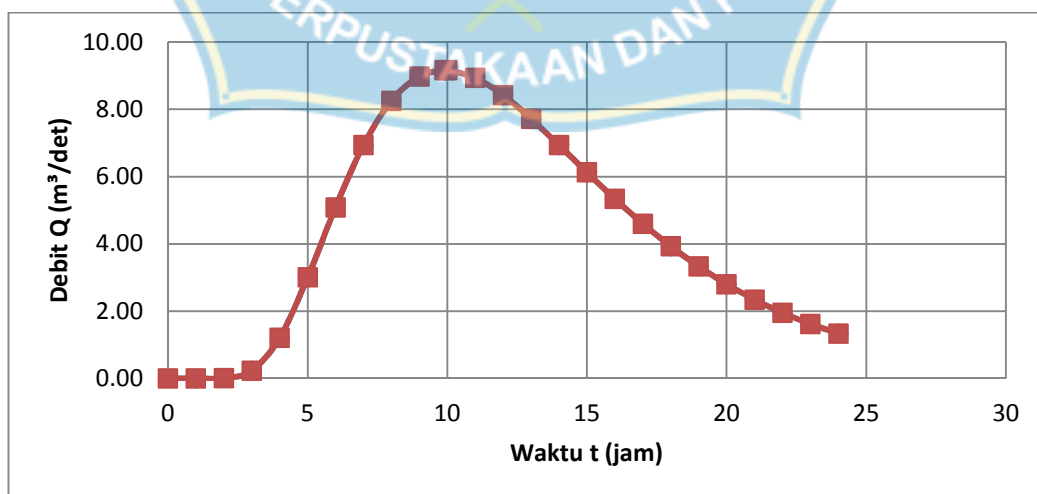
Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam analisis Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder adalah sebagai berikut:

Luas DAS (A)	= 917 km ²
Panjang Sungai (L)	= 82 km ²
Jarak titik berat DAS dengan outlet	= 32,39 km
Tinggi hujan (h)	= 1,00 mm
Koefisien dari slope basannya (0,9-3,0) (ct)	= 0,9
Koefisien karakteristik (0,5-1.4) (cp)	= 0,5
Lamanya hujan efektif 1 jam (tr)	= 1,00 jam

Tabel 15. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder

t (Jam)	X	Y	Q (m ³ /dtk)
(1)	(2)	(3)	(4)
0	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.1010	0.0000	0.0000
2	0.2020	0.0007	0.0064
3	0.3030	0.0249	0.2283
4	0.4040	0.1321	1.2114
5	0.5051	0.3274	3.0023
6	0.6061	0.5546	5.0857
7	0.7071	0.7563	6.9353
8	0.8081	0.9004	8.2567
9	0.9091	0.9793	8.9802
9.90	1.0000	1.0000	9.1700
10	1.0101	0.9998	9.1682
11	1.1111	0.9747	8.9380
12	1.2121	0.9181	8.4190
13	1.3131	0.8421	7.7221
14	1.4141	0.7564	6.9362
15	1.5152	0.6681	6.1265
16	1.6162	0.5822	5.3388
17	1.7172	0.5017	4.6006
18	1.8182	0.4284	3.9284
19	1.9192	0.3629	3.3278
20	2.0202	0.3054	2.8005
21	2.1212	0.2555	2.3429
22	2.2222	0.2127	1.9505
23	2.3232	0.1763	1.6167
24	2.4242	0.1456	1.3352

(Sumber : Hasil Perhitungan)



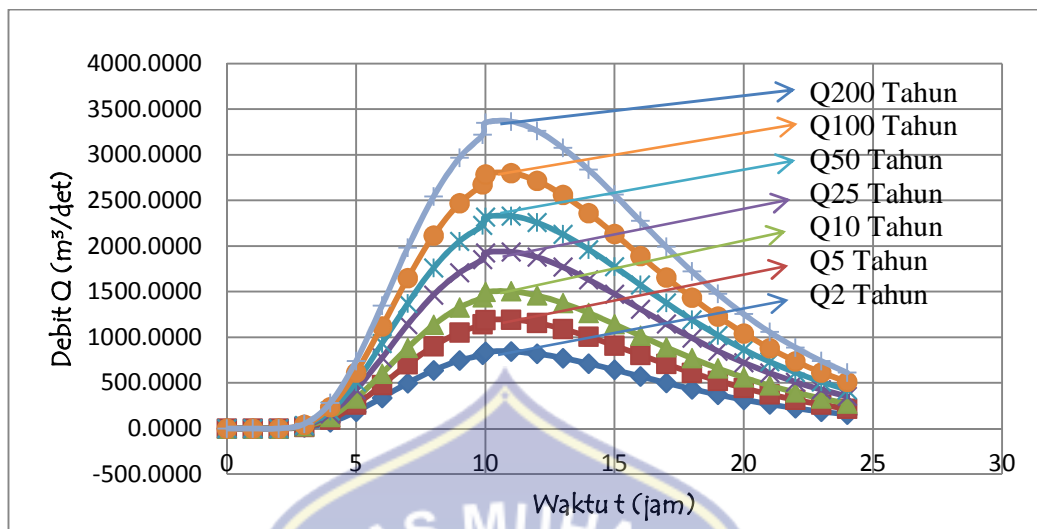
Gambar 17. Grafik Lengkung Naik dan Turun HSS Snyder DAS Maros

Untuk mengetahui debit banjir rencana berdasarkan perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder, dilakukan dengan memperhitungkan hujan rencana pada periode tertentu. Adapun perhitungan ditunjukkan pada Tabel 25 berikut:

Tabel 16. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Banjir Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 Tahun DAS Maros

t (jam)	Q total						
	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	100 thn	200 thn
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.3534	0.4992	0.6284	0.8096	0.9733	1.1702	1.4069
3	12.6975	17.9362	22.5799	29.0886	34.9729	42.0463	50.5510
4	70.2287	99.2037	124.8875	160.8861	193.4316	232.5540	279.5925
5	185.5057	262.0416	329.8842	424.9723	510.9397	614.2798	738.5296
6	337.9554	477.3890	600.9849	774.2170	930.8328	1119.0984	1345.4574
7	497.3893	702.6023	884.5057	1139.4621	1369.9628	1647.0446	1980.1910
8	638.8809	902.4705	1136.1197	1463.6030	1759.6740	2115.5767	2543.4931
9	745.2387	1052.7099	1325.2557	1707.2573	2052.6167	2467.7685	2966.9225
9.9	808.3350	1141.8386	1437.4596	1851.8037	2226.4032	2676.7042	3218.1198
10	841.3560	1188.4832	1496.1805	1927.4509	2317.3530	2786.0487	3349.5817
11	845.2743	1194.0185	1503.1487	1936.4275	2328.1455	2799.0243	3365.1816
12	819.7118	1157.9093	1457.6909	1877.8669	2257.7385	2714.3770	3263.4131
13	772.7378	1091.5546	1374.1568	1770.2544	2128.3573	2558.8277	3076.4011
14	712.2618	1006.1274	1266.6127	1631.7109	1961.7880	2358.5690	2835.6360
15	643.5410	909.0539	1144.4067	1474.2795	1772.5098	2131.0084	2562.0468
16	571.4168	807.1724	1016.1483	1309.0509	1573.8572	1892.1774	2274.9077
17	500.1842	706.5508	889.4758	1145.8652	1377.6610	1656.2996	1991.3188
18	432.7346	611.2728	769.5304	991.3460	1191.8843	1432.9484	1722.7906
19	370.6992	523.6429	659.2133	849.2300	1021.0199	1227.5259	1475.8174
20	314.9489	444.8911	560.0726	721.5123	867.4662	1042.9154	1253.8657
21	265.6840	375.3001	472.4648	608.6520	731.7753	879.7805	1057.7334
22	222.7778	314.6920	396.1651	510.3588	613.5988	737.7022	886.9170
23	185.8169	262.4817	330.4377	425.6858	511.7972	615.3107	739.7696
24	154.2962	217.9558	274.3843	353.4749	424.9790	510.9330	614.2794

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 18. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 2 tahun 200 Tahun DAS Maros

Tabel 17. Rekapitulasi Perhitungan Analisis Debit Banjir Rancangan

No	Kala Ulang (Tahun)	Metode HSS Nakayasu (m^3/dtk)	Metode HSS Snyder (m^3/dtk)
1	2	753,2403	845,2743
2	5	1047,9040	1194,0185
3	10	1339,4845	1503,1487
4	25	1725,5877	1936,4275
5	50	2074,6553	2328,1455
6	100	2494,2643	2799,0243
7	200	2998,7780	3365,1816

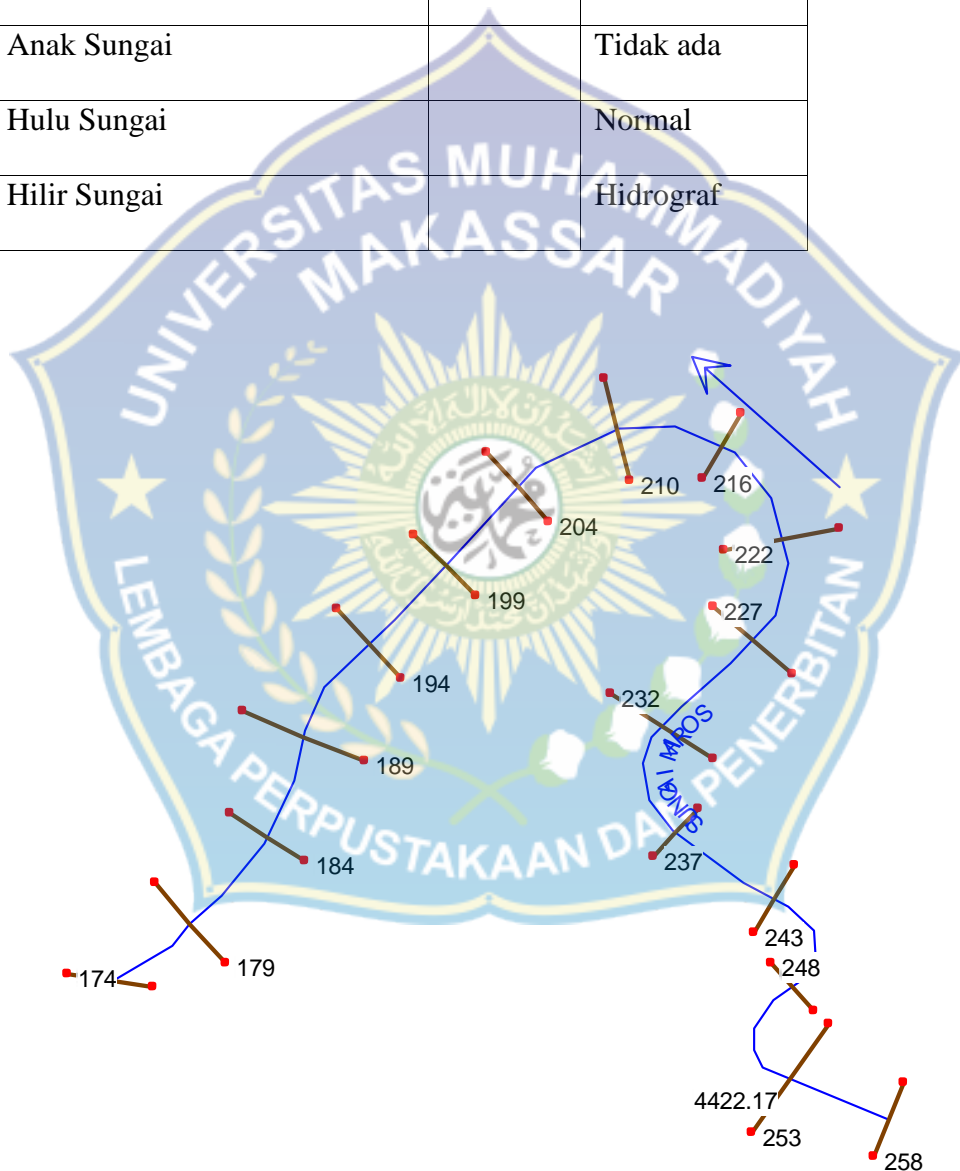
(Sumber: Hasil Perhitungan)

C. Analisis Hidrolika

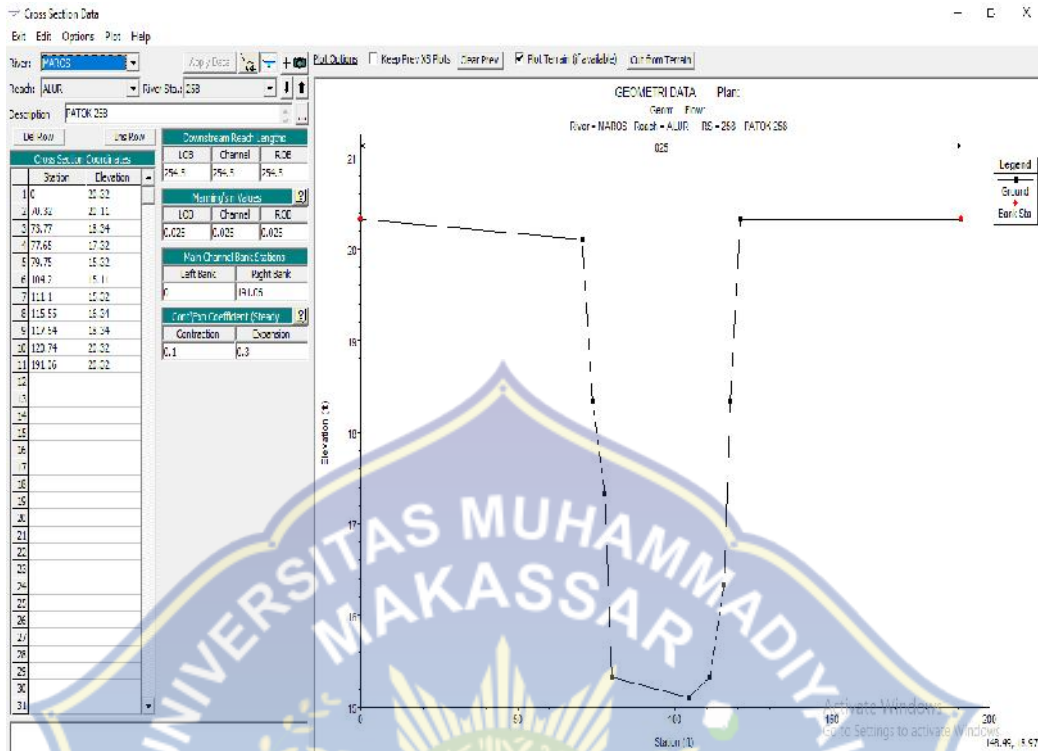
1. Analisis Data

Dalam melakukan program HEC-RAS perlu disiapkan data awal seperti panjang sungai, lebar sungai, koefisien manning, kondisi eksisting sungai apakah jembatan atau tidak, kondisi hulu sungai, jumlah anak sungai yang ada, kondisi pasang surut, serta data debit sungai yang direncanakan.

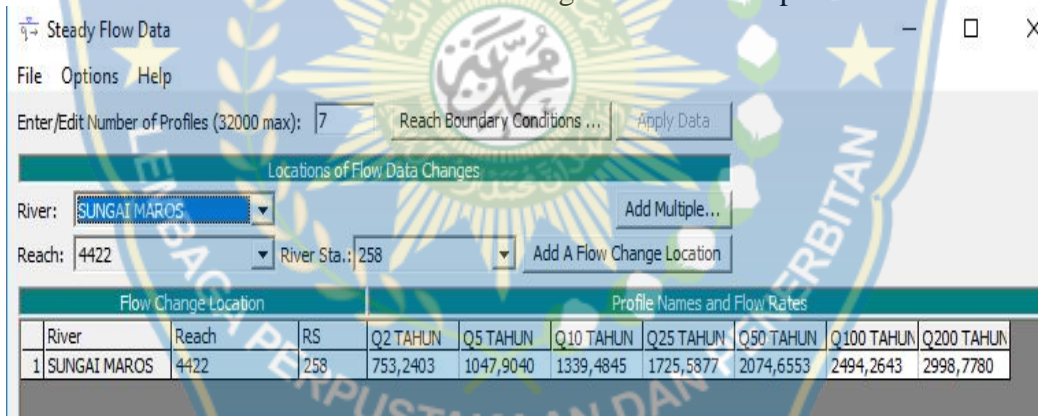
Panjang Sungai Penelitian	4,42	Km
Lebar Sungai Rata-rata	154,70	m
Koefisien Manning	0,025	Lapisan Tanah
Debit Rencana	Q25	Tahun
Jembatan		Tidak ada
Anak Sungai		Tidak ada
Hulu Sungai		Normal
Hilir Sungai		Hidrograf



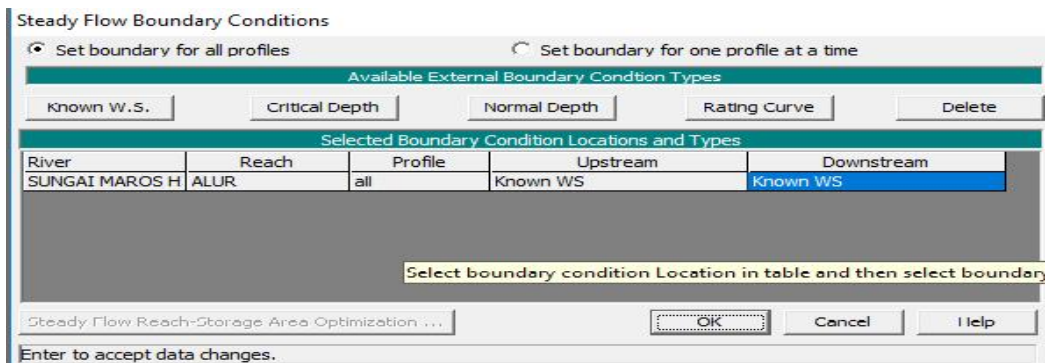
Gambar 19. Skema sistem sungai tiap Patok



Gambar 20. Skema sistem sungai dan contoh input cross



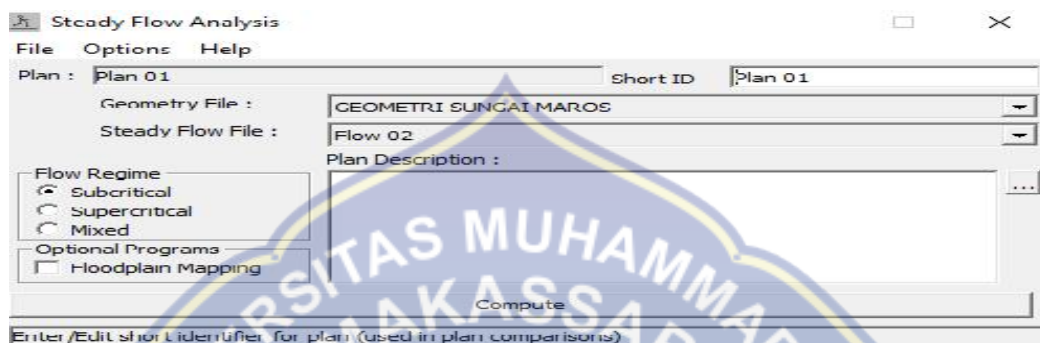
Gambar 21. Input data debit Steady Flow



Gambar 22. Input Boundary Condition

2. Tahapan Perhitungan Hidraulik

Setelah tahapan pemasukan data geometri, data debit aliran dan data kondisi batas selesai, maka tahapan perhitungan hidraulik untuk kondisi steady flow analisis dapat dilakukan.



Gambar 23. Tahapan perhitungan pemodelan

3. Tahapan Penyusunan keluaran (output) Program

Dari tahapan perhitungan hidraulik akan dihasilkan keluaran berupa:

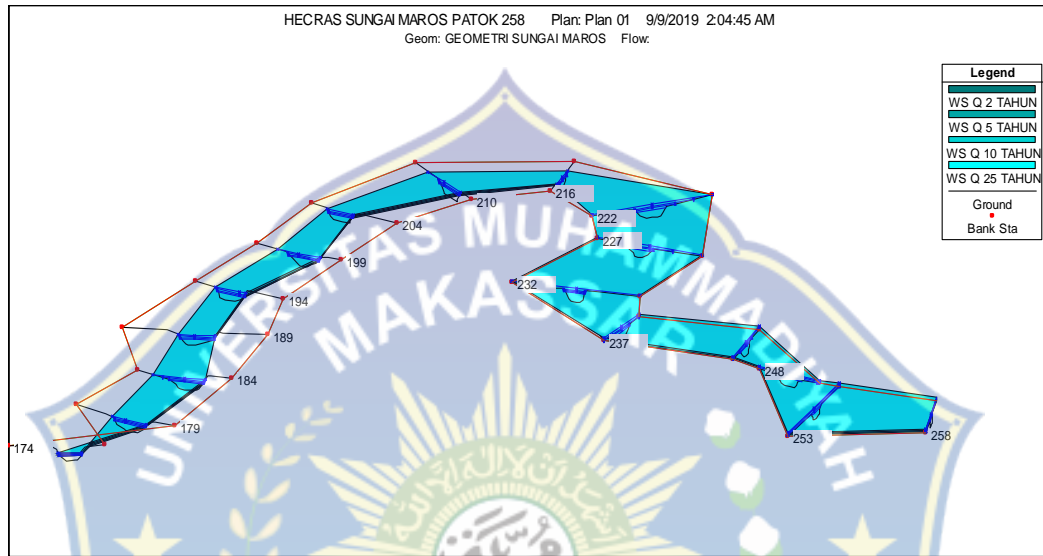
- Plot muka air pada setiap potongan melintang (Cross section)
- Plot profil memanjang muka air (long section)
- Tabel (Summary output) yang memberikan informasi debit, elevasi muka air, kecepatan arus, kemiringan saluran dan lain-lain.

4. Simulasi Hidraulik HEC-RAS

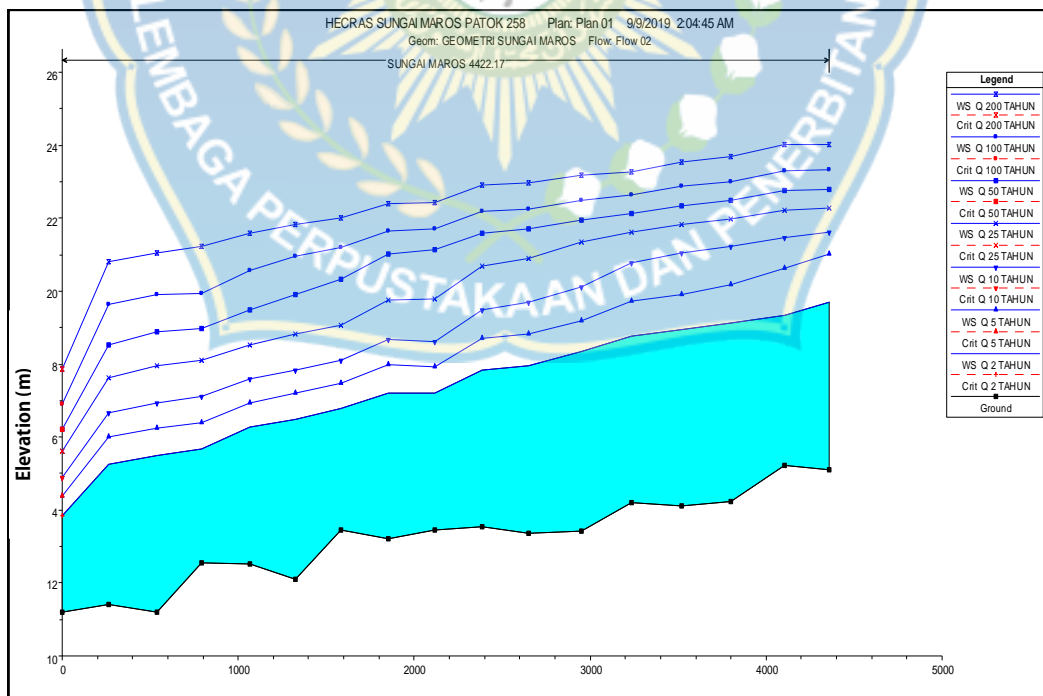
Pemodelan pada kondisi eksisting dilakukan dengan menggunakan data debit banjir pada periode ulang 2 tahunan (Q_{2th}) sebagai debit tahunan dan 25 tahunan (Q_{25th}), sehingga akan didapat tinggi muka air banjir tahunan (MAB) pada sungai yang ditinjau.

Simulasi dilakukan dengan menggunakan syarat batasan seperti yang telah diuraikan diatas dan dilakukan dengan kondisi aliran steady flow, dimana debit aliran yang di input kedalam model adalah berupa banjir maksimum

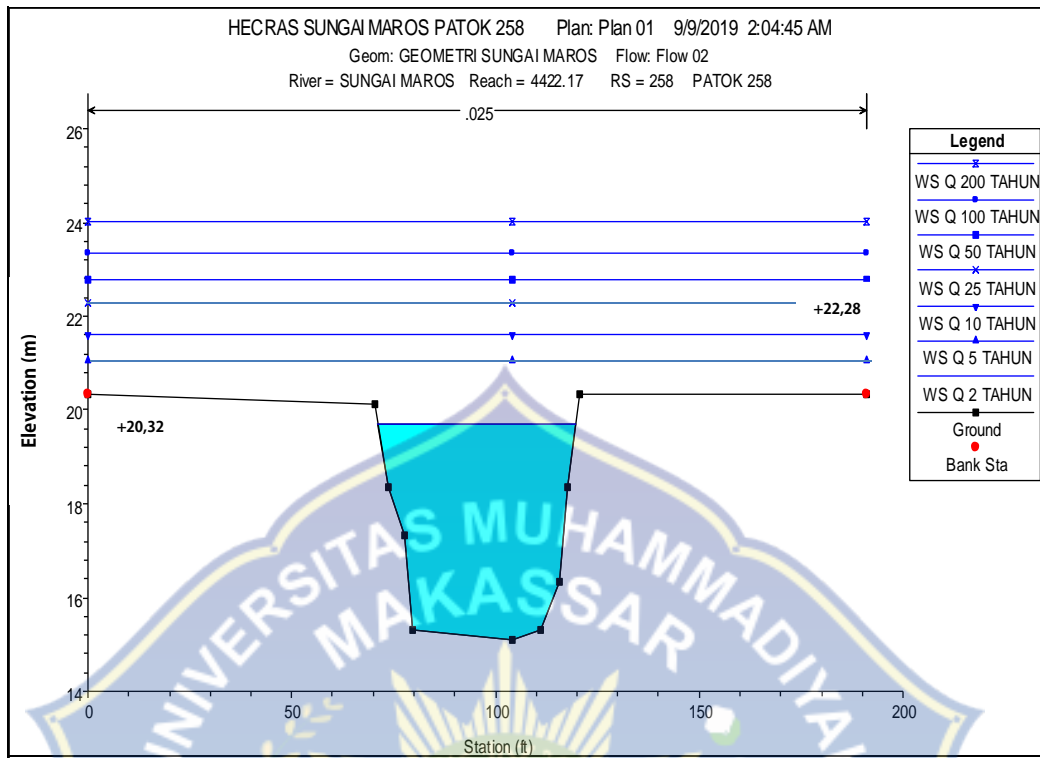
(Qpeak) pada tiap-tiap titik tinjauan. Sehingga dapat diketahui elevasi muka air maksimum yang terjadi dan kecepatan aliran pada setiap profil melintang kali/sungai. Berikut adalah gambaran hasil tinggi elevasi muka air banjir hasil simulasi HEC-RAS yang telah dilakukan.



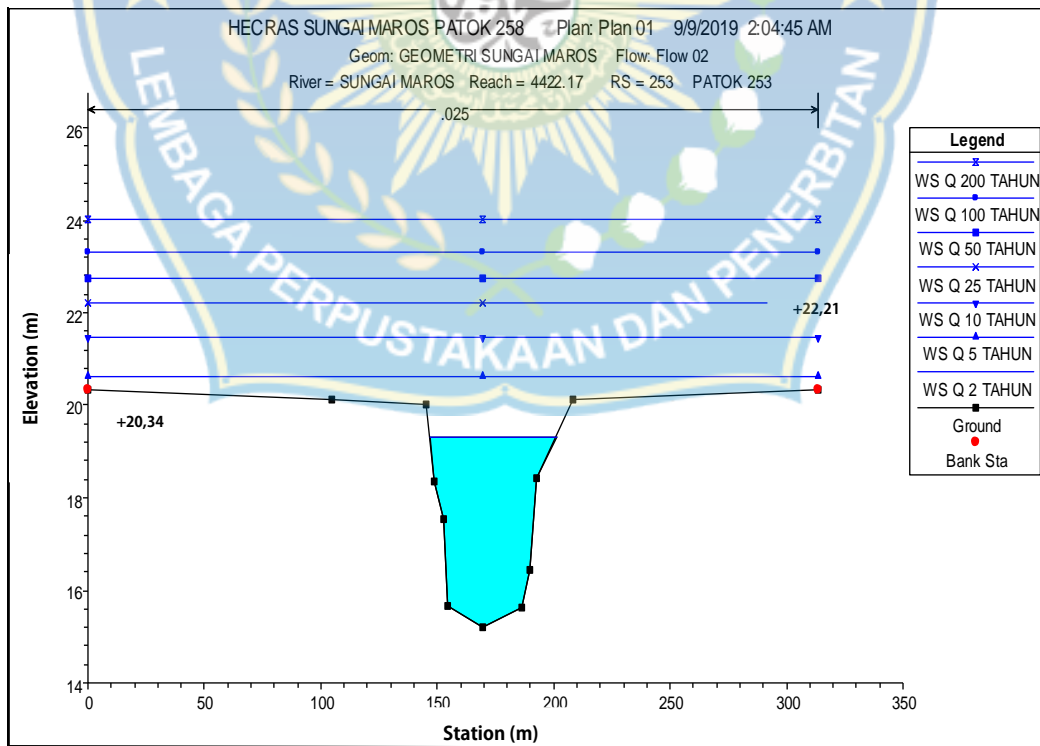
Gambar 24. Denah Lay Out Sungai Maros Hasil Running HEC-RAS Q_{25thn}



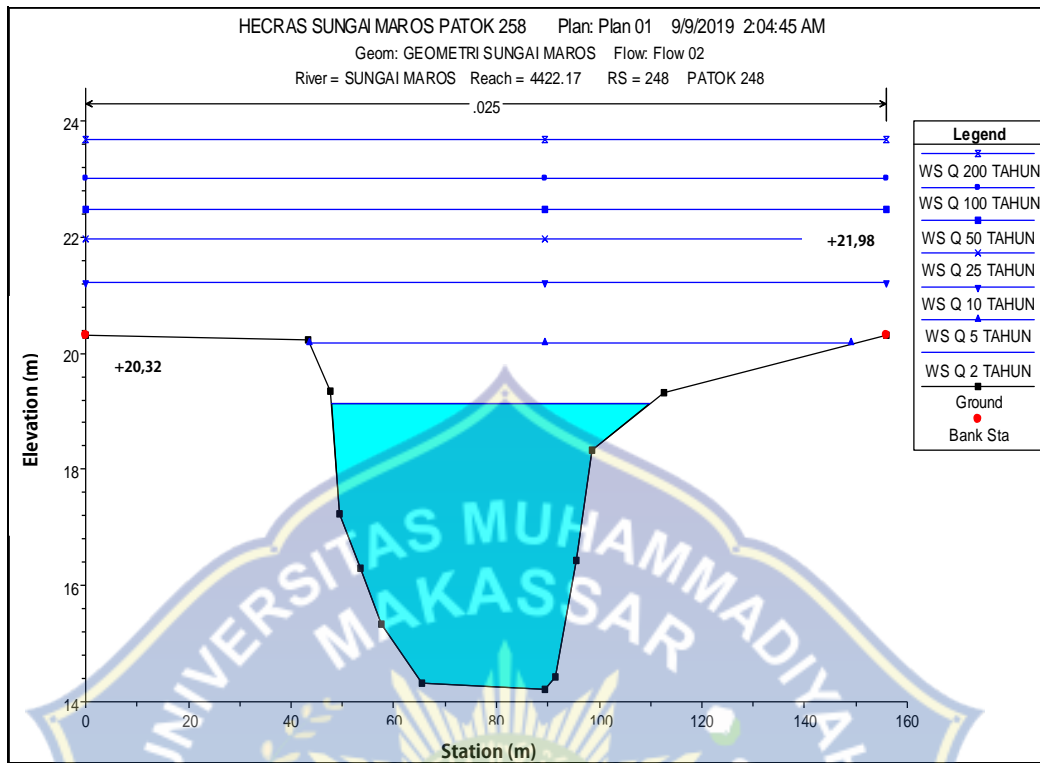
Gambar 25. Kondisi Long Section Sungai Maros Hasil Running HEC-RAS Q_{2th} - Q_{25} (Sta. 00+45 km)



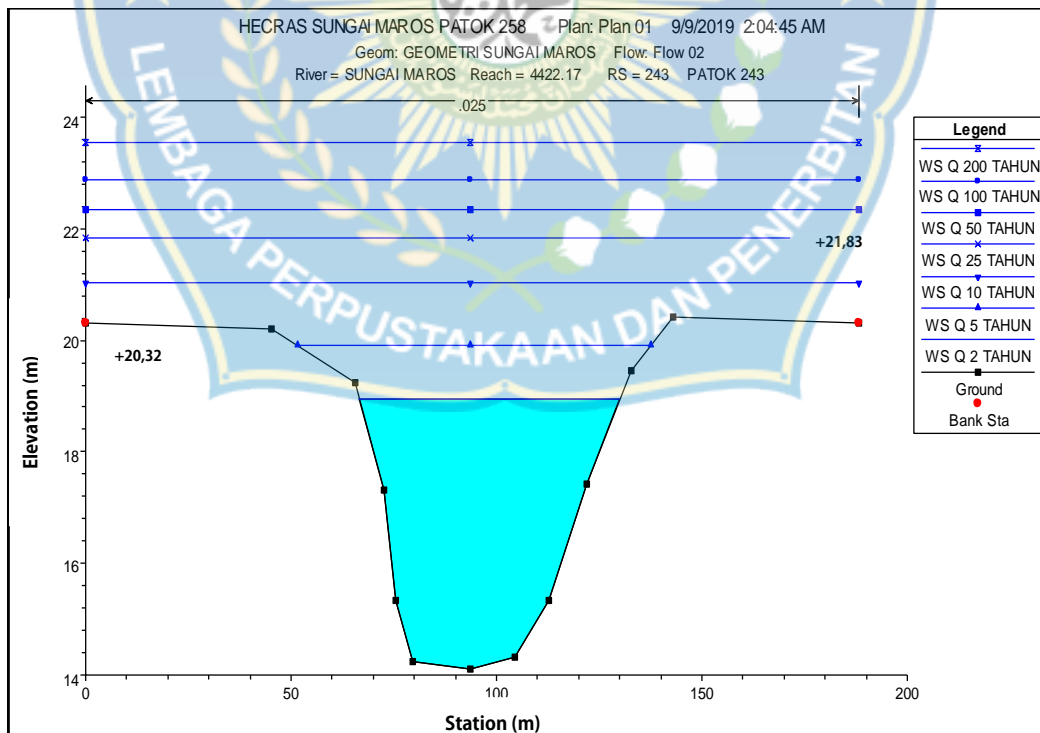
Gambar 26. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 258 (Sta.00+025 km)



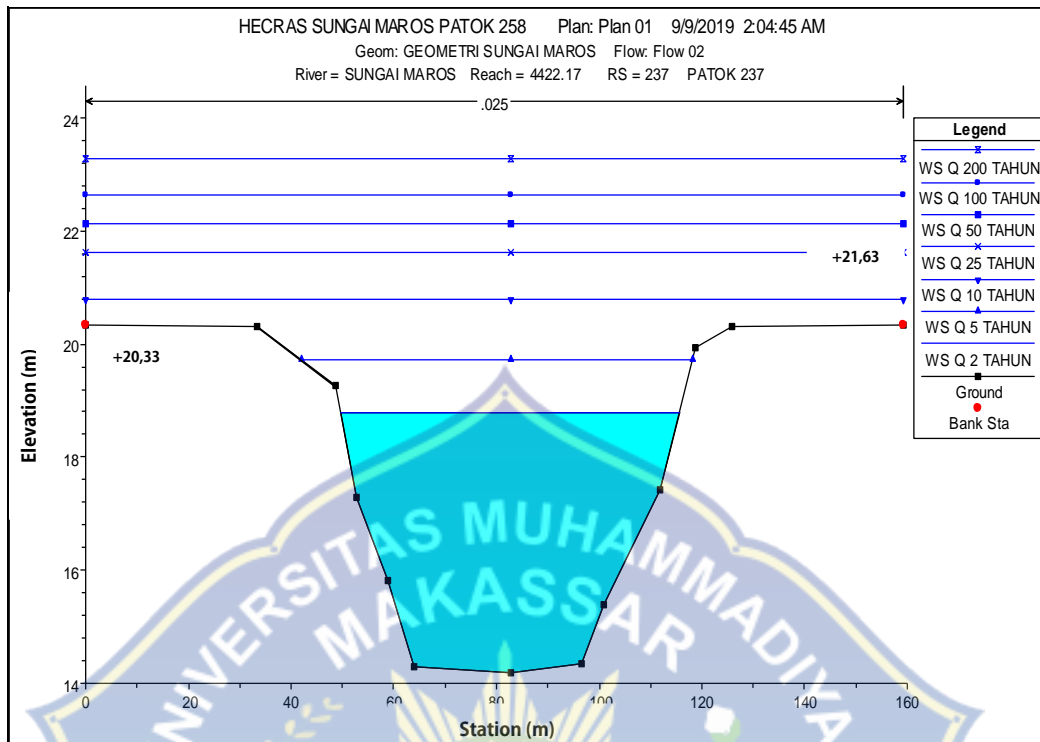
Gambar 27. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 253 (Sta.03+05 km)



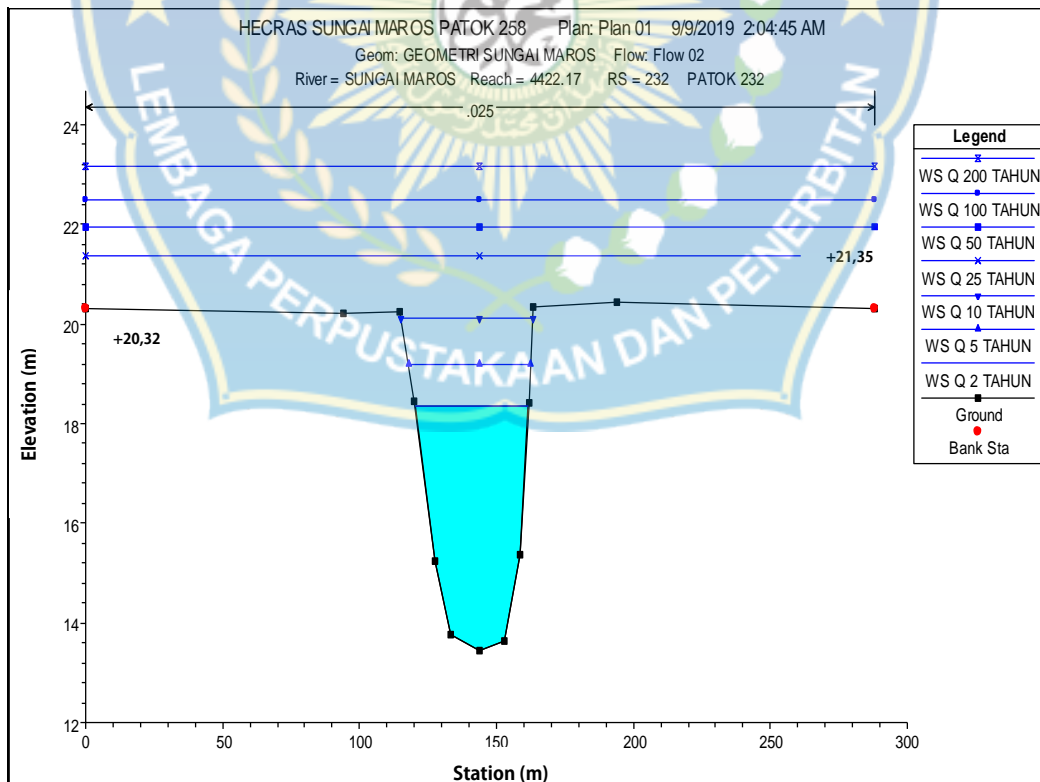
Gambar 28. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 248 (Sta.06+08 km)



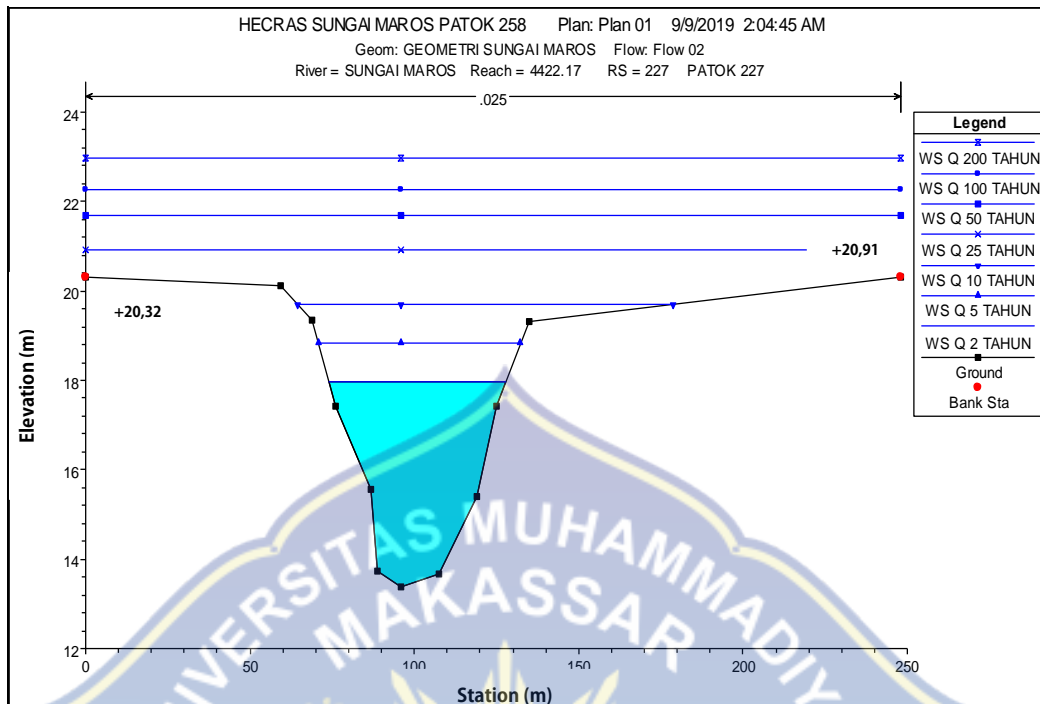
Gambar 29. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 243 (Sta.09+11 km)



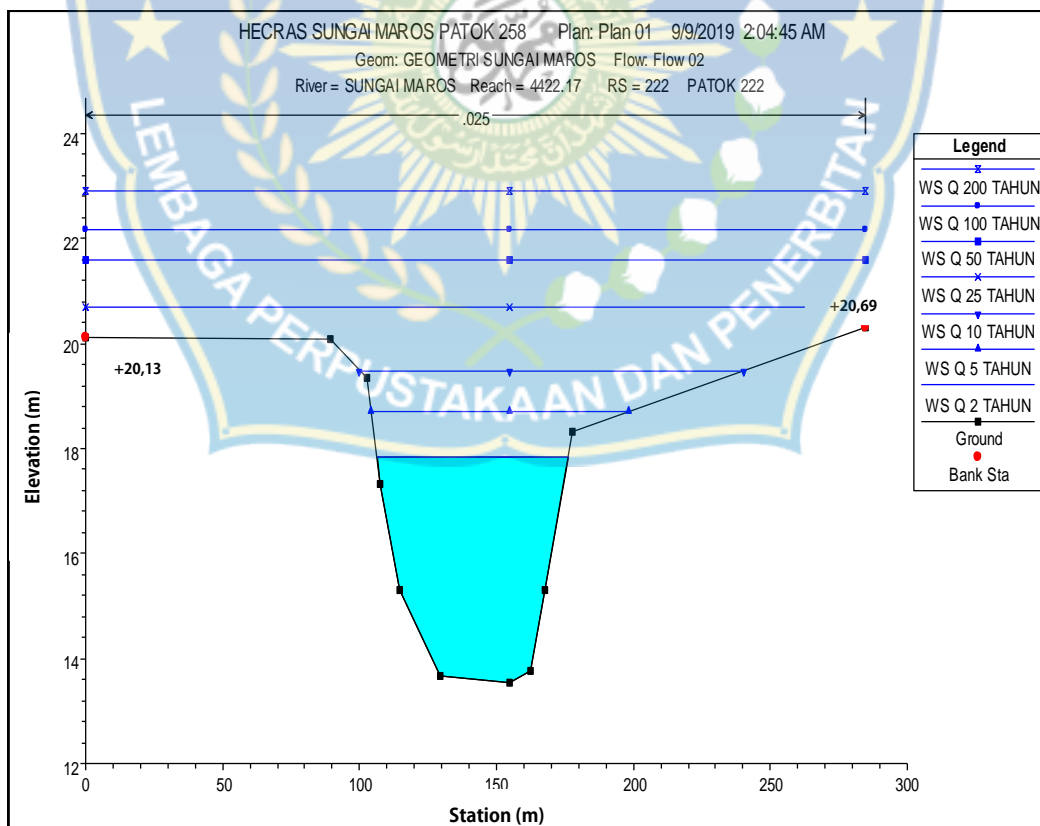
Gambar 30. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 237 (Sta.11+14 km)



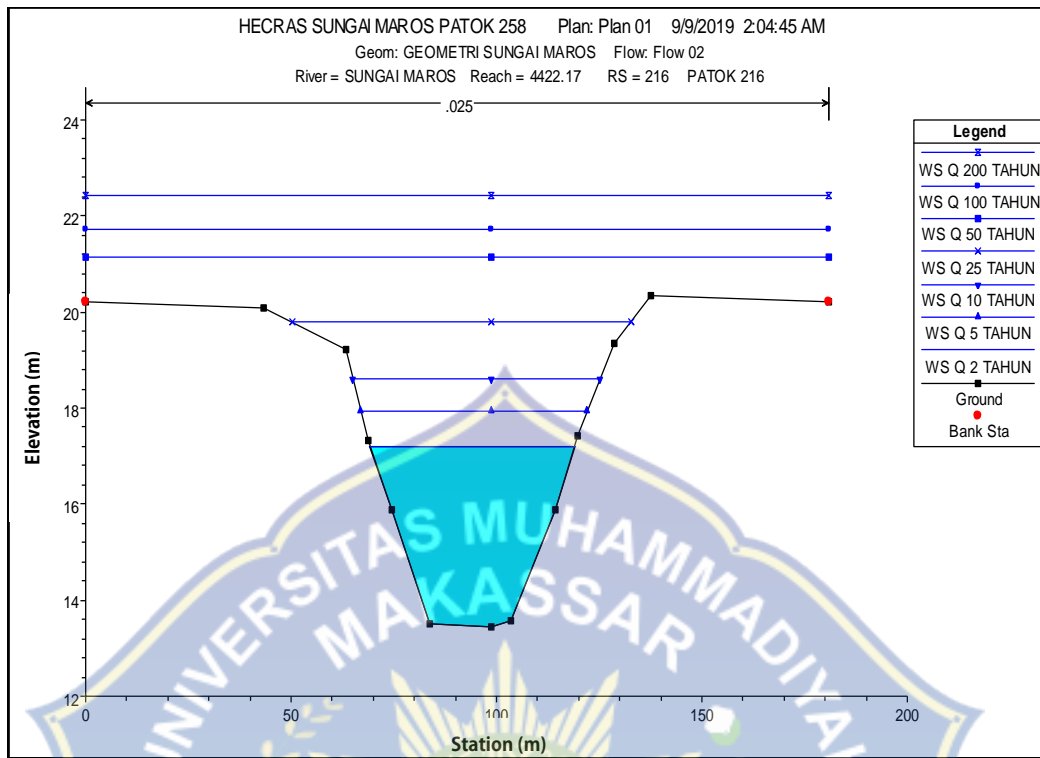
Gambar 31. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 232 (Sta.14+17 km)



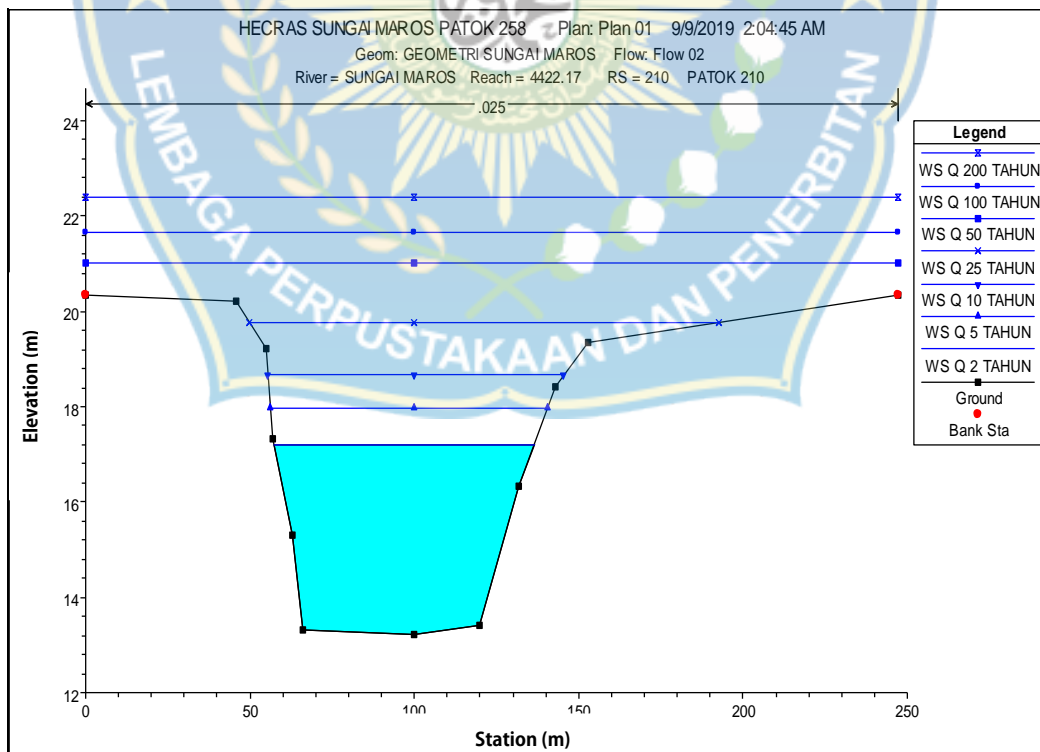
Gambar 32. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 227 (Sta.17+19 km)



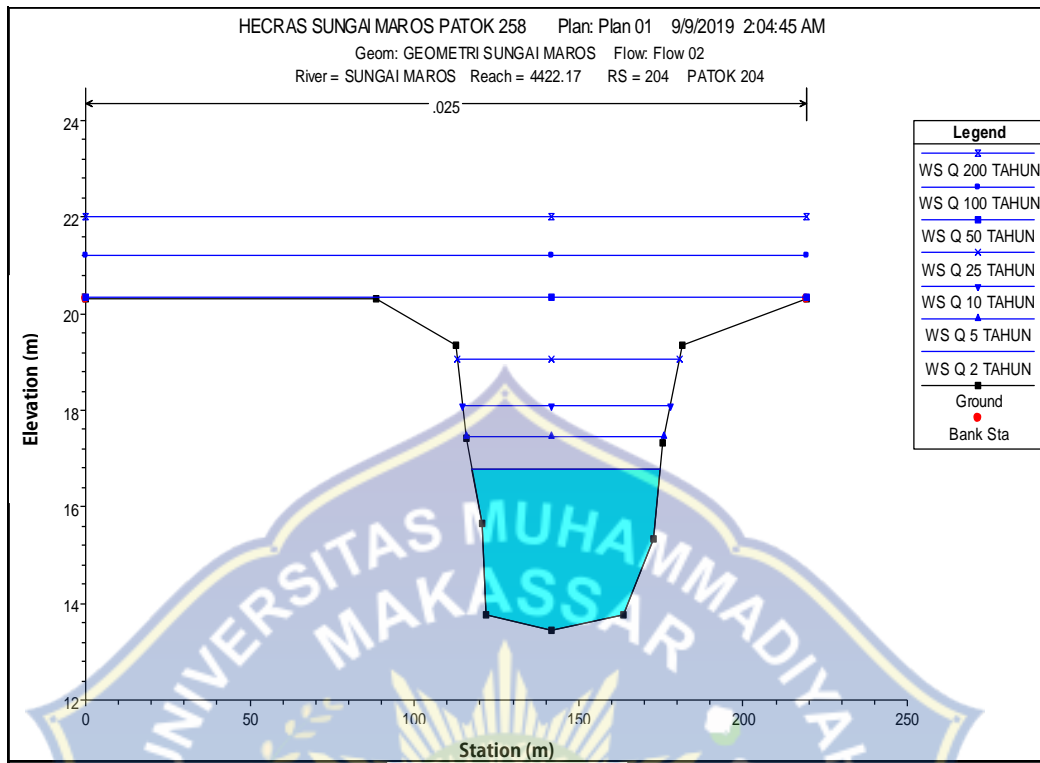
Gambar 33. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 222 (Sta.20+22 km)



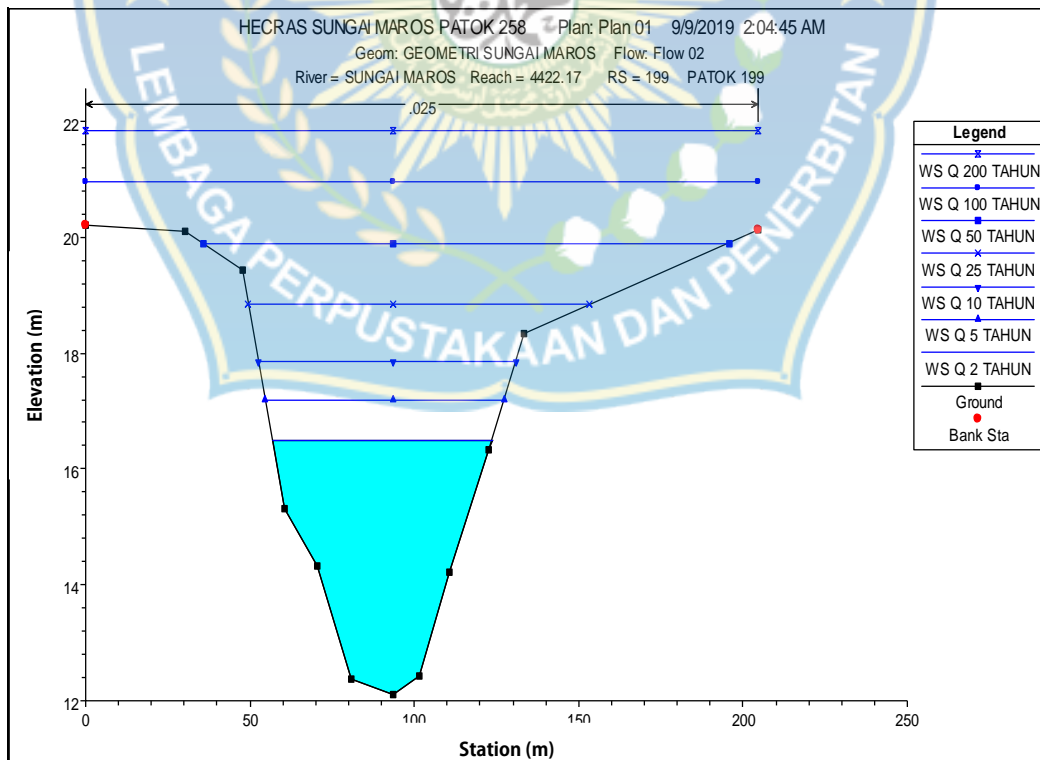
Gambar 34. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 216 (Sta.22+25 km)



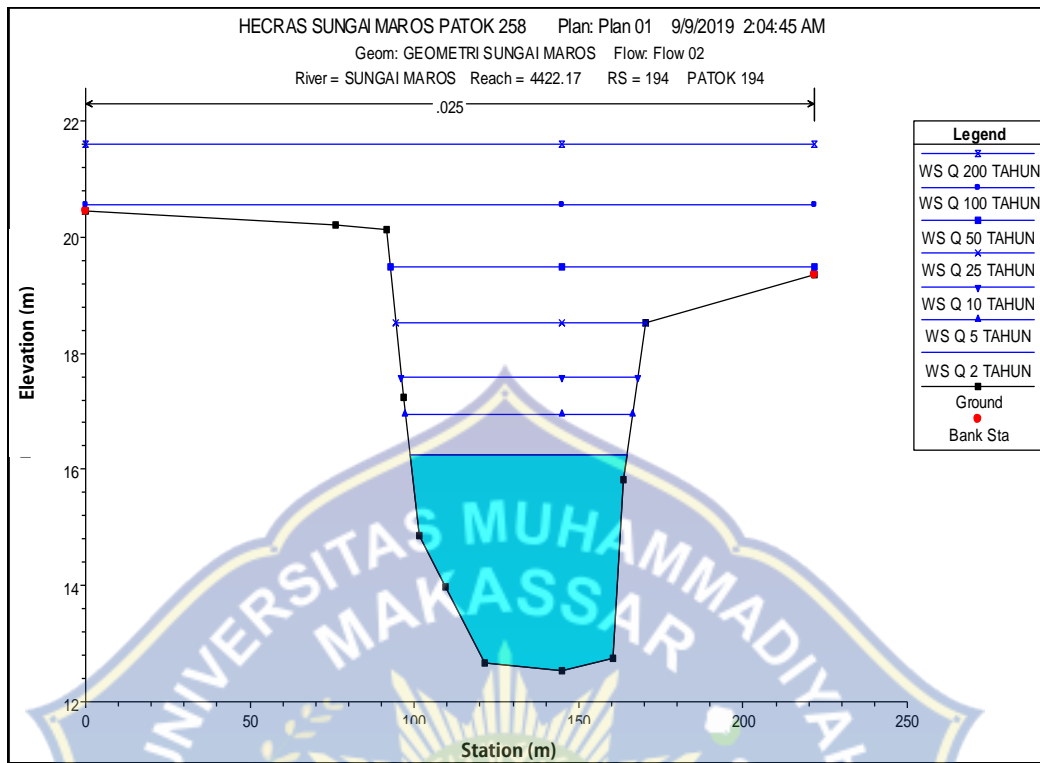
Gambar 35. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 210 (Sta.25+27 km)



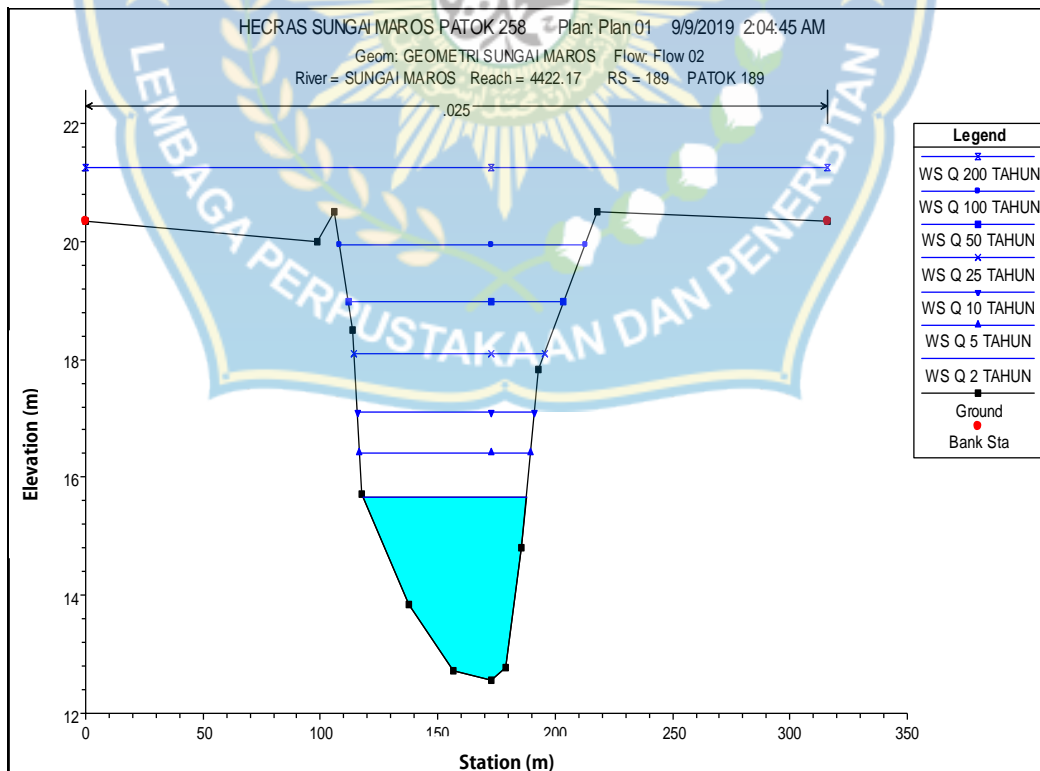
Gambar 36. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 204 (Sta 27+30 km)



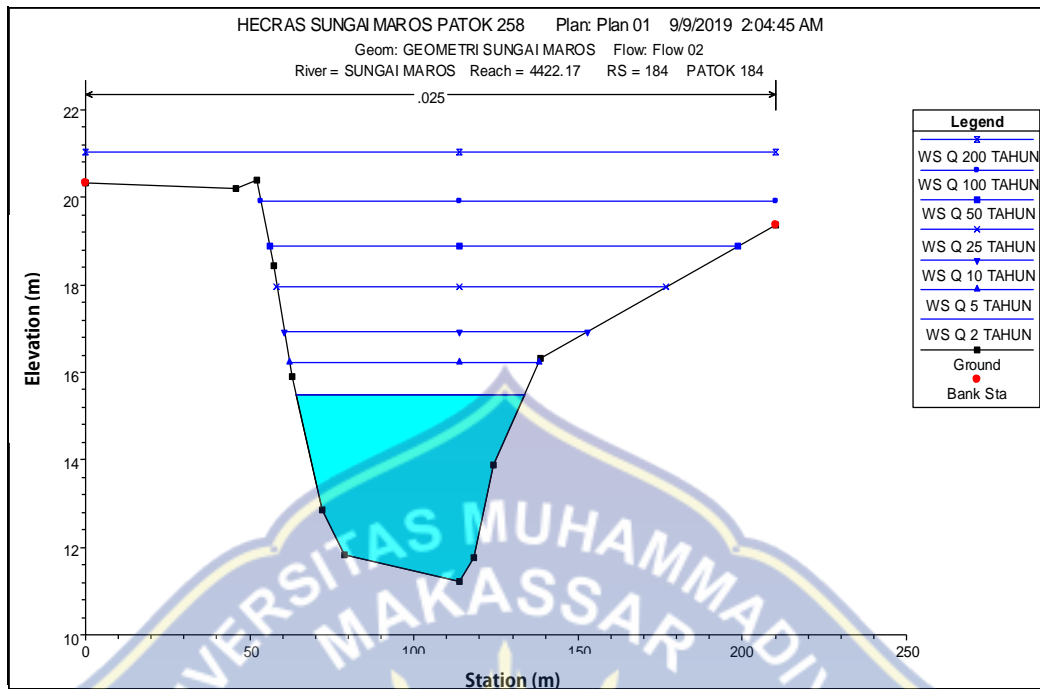
Gambar 37. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 199 (Sta.30+32 km)



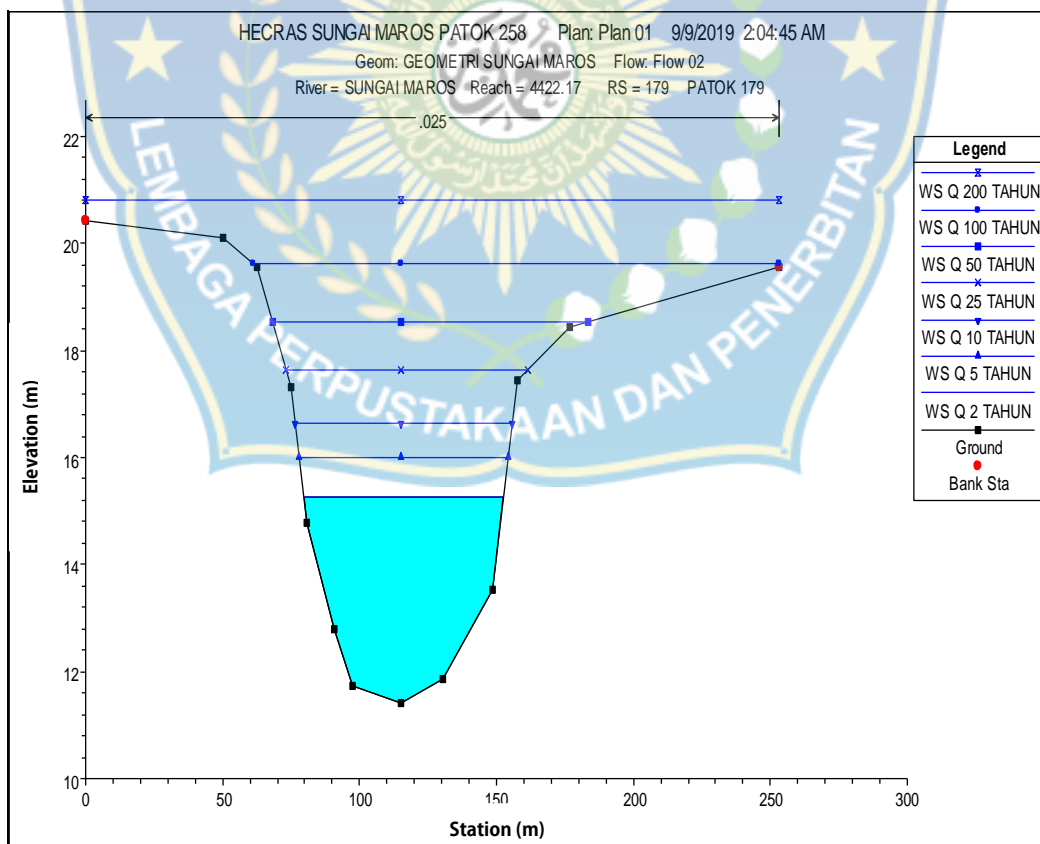
Gambar 38. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 194 (Sta.32-35 km)



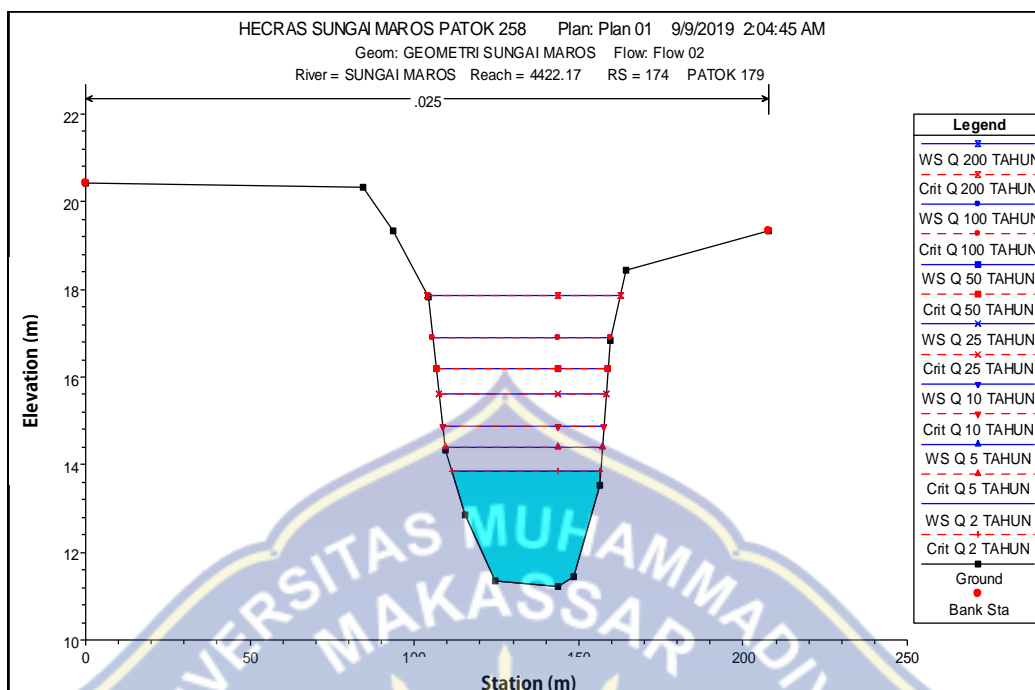
Gambar 39. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 189 (Sta.35+38 km)



Gambar 40. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 184 (Sta.38+40 km)



Gambar 41. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 179 (Sta.40+43 km)



Gambar 42. Kondisi Cross Section Sungai Maros Bagian Hilir Patok 174 (Sta.43+45 km)

Setelah dilakukan simulasi HEC-RAS 5.0.3. dari patok 258 sampai patok 174 maka dapat disimpulkan bahwa pada sungai maros bagian hilir mulai dari patok 258 sampai patok 222, dibutuhkan perencanaan peninggian tanggul, yaitu pada table berikut:

Tabel 18. Data hasil hitungan analisis hidrolika dengan HEC-RAS

No	Patok	Jarak antar patok (m)	Letak sungai	Keterangan	Tinggi tanggul rencana (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	P258-P253	250	Sta.00-02 km	meluap	2,00
2	P253-P248	300	Sta.03+05 km	meluap	1,90
3	P248-P243	280	Sta 06+08 km	meluap	1,70
4	P243-P237	280	Sta.09+11 Km	meluap	1,50

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
5	P237- P232	290	Sta.11+14 km	meluap	1,30
6	P232- P227	300	Sta.14+17 km	meluap	1,00
7	P227- P222	260	Sta.17+19 km	meluap	0,60
8	P222- P216	270	Sta 20+22 km	meluap	0,60
9	P216- PP210	260	Sta.22+25 km	Aman	Tidak perlu tanggul
10	P210- P204	270	Sta.25+27 km	Aman	Tidak perlu tanggul
11	P204- P199	250	Sta.27+30 km	Aman	Tidak perlu tanggul
12	P199- P194	260	Sta.30+32 km	Aman	Tidak perlu tanggul
13	P194- P189	270	Sta.32+35 km	Aman	Tidak perlu tanggul
14	P189- P184	250	Sta 35+38 km	Aman	Tidak perlu tanggul
15	P184- P179	280	Sta.38+40 km	Aman	Tidak perlu tanggul
16	P179- P174	260	Sta.40+43 km	Aman	Tidak perlu tanggul
17	P174- P170	320	Sta.43+45 km	Aman	Tidak perlu tanggul

(Sumber : hasil perhitungan)

Penambahan tanggul minimal berkisar 0,59 meter dan penambahan tanggul maksimal berkisar 1,96 meter di ukur dari sempadan sungai sampai debit banjir yang direncanakan yaitu (Q_{25}) sehingga didapatkan penambahan rata-rata tanggul sebesar 1,31 meter pada Sungai Maros.

D. Penanggulangan banjir

1. Perencanaan peninggian tanggul

Setelah kami meninjau langsung ke lokasi sekitaran sungai Maros

Kecamatan Turikale dan sekitarnya yang berada di kabupaten Maros, dan kami bertanya langsung ke masyarakat sekitaran sungai yang berada di pinggir sungai tersebut, pada banjir yang terakhir pada tahun 2019 yang terjadi kemarin menurut masyarakat banjir tahun ini merupakan banjir terbesar yang pernah terjadi sepanjang tahun yang tingginya hampir mencapai 2 meter dari rumah Warga yang berada di sekitaran sungai tersebut. Dan masyarakat sangat berharap ada bantuan sejenis peninggian tanggul terutama yang menuju ke hulu pada sungai Maros karena kondisinya yang sudah sangat memprihatinkan baik itu karena faktor alam maupun oleh tangan Manusia itu sendiri mengingat musim hujan sudah hampir terjadi lagi.

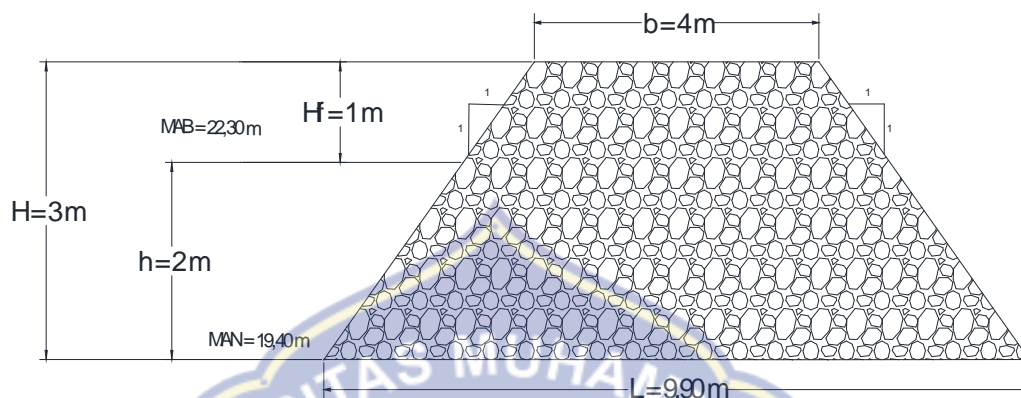
Berikut ini data dimensi tanggul yang direncanakan peninggian tanggul, yang mengacu pada simulasi HEC-RAS pada sungai Maros karena pada patok atau kawasan tersebut terjadi luapan di sekitar sungai setelah di analisa debit rencana yaitu Q_{25} tahun.

Tabel 19. Dimensi tanggul untuk kala ulang 25 tahun

Patok	Kala Ulang (thn)	Debit (m^3/dtk)	h (m)	Tinggi jagaan (m)	H (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	B (m)
P258-P253	Q ₂₅	1725,5877	2,00	1	3,00	9,90	250	4
P253-P248			1,90	1	2,90	9,70	300	4
P248-P243			1,70	1	2,70	9,40	280	4
P243-P237			1,50	1	2,50	9,10	280	4
P237-P232			1,30	1	2,30	8,60	290	4
P232-P227			1,00	1	2,00	8,10	300	4
P227-P222			0,60	1	1,60	7,20	260	4
P222-P216			0,60	1	1,60	7,10	270	4

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Adapun gambar dimensi tanggul pada sungai Maros Patok 258 terdapat pada gambar berikut:



Gambar 43. Gambar dimensi tanggul pada patok 258 Sta.00+02 km

Setelah dianalisis debit banjir Rancangan Q_{25} sebesar $1725,5877 \text{ m}^3/\text{dtk}$, dan dianalisis hidroliknya menggunakan aplikasi HEC-RAS maka pada patok 258 sampai patok 222 terjadi luapan pada sungai Maros, Adapun data luapannya diukur melalui aplikasi HEC-RAS dengan mengukur elevasi tinggi muka air banjir Q_{25} dikurangi dengan elevasi tanah asli pada sungai Maros yaitu sebagai berikut :

- 1) Patok 258-253 (Sta.00-02 km) terjadi luapan setinggi 2,00 m diukur dari bantaran sungai Maros
- 2) Patok 253-248 (Sta.03+05 km) terjadi luapan setinggi 1,90 m diukur dari bantaran sungai Maros
- 3) Patok 248-243 (Sta 06+08 km) terjadi luapan setinggi 1,70 m diukur dari bantaran sungai Maros
- 4) Patok 243-237 (Sta.09+11Km) terjadi luapan setinggi 1,50 m diukur dari bantaran sungai Maros

- 5) Patok 237-232 (Sta.11+14 km) terjadi luapan setinggi 1,30 m diukur dari bantaran sungai Maros
- 6) Patok 232-227 (Sta.14+17 km) terjadi luapan setinggi 1,00 m diukur dari bantaran sungai Maros
- 7) Patok 227-222 (Sta.17+19 km) terjadi luapan setinggi 0,60 m diukur dari bantaran sungai Maros
- 8) Patok 222-216 (Sta 20+22 km) terjadi luapan setinggi 0,60 m dari bantaran sungai Maros

Sehingga pada patok di atas memerlukan peninggian tanggul di sekitaran bantaran sungai Maros karena pada patok di atas tinggi luapan tertinggi sebesar 2,00 m dan tinggi luapan terendah sebesar 0,60 m dan perlu perawatan sekitar tebing sungai yang banyak terdapat sampah-sampah bekas banjir yang terjadi setiap tahunnya pada sungai Maros dan tebing sungai sekitaran sungai Maros pada patok diatas belum pernah direncanakan sejenis tanggul yang bisa menanggulangi banjir yang setiap tahunnya terjadi di sekitaran sungai tersebut.. Dan pada patok 217 sampai patok 170 yang telah dianalisa debit banjir rancangan Q_{25} dan HEC-RAS nya, maka pada patok tersebut tidak terjadi luapan, sehingga tidak memerlukan perencanaan peninggian tanggul hanya saja perlu perawatan sekitaran sungai tersebut sehingga tidak terjadi penyumbatan sungai jika musim hujan datang.

Adapun sketsa Sungai Maros dan dimensi tanggul yang akan direncanakan peninggian tanggul terdapat pada gambar berikut:

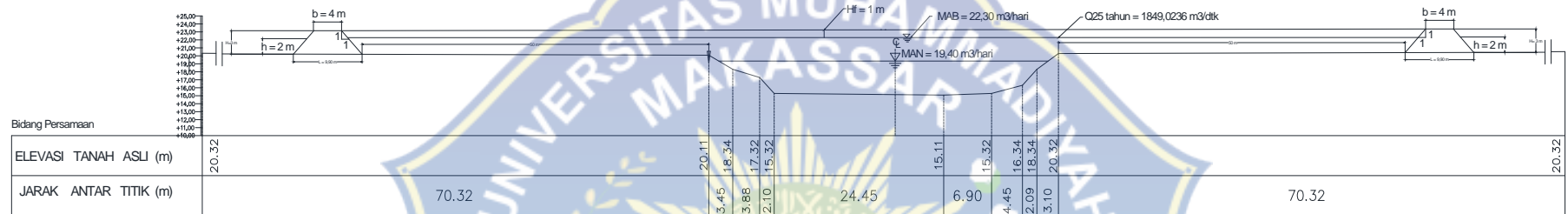
Patok 258-253 Sta.00+02

Elevasi Tanggul h = 22,30 m

Elevasi muka air normal = 19,40 m³/hari

Elevasi puncak tanggul H = 23,10 m

Elevasi muka air banjir = 22,30 m³/hari



Gambar 44. Sketsa Sungai Maros Patok 258-253 Sta.00+02 tampak melintang

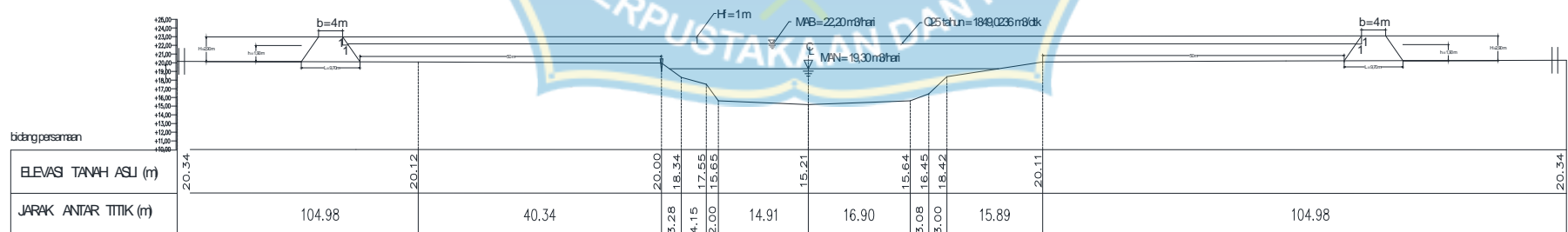
Patok 253-248 Sta.03+05

Elevasi Tanggul h = 22,20 m

Elevasi muka air normal = 19,30 m³/dtk

Elevasi puncak Tanggul H = 23,00 m

Elevasi muka air banjir = 22,20 m³/dtk



Gambar 45. Sketsa Sungai Maros Patok 253-248 Sta.03+05 tampak melintang

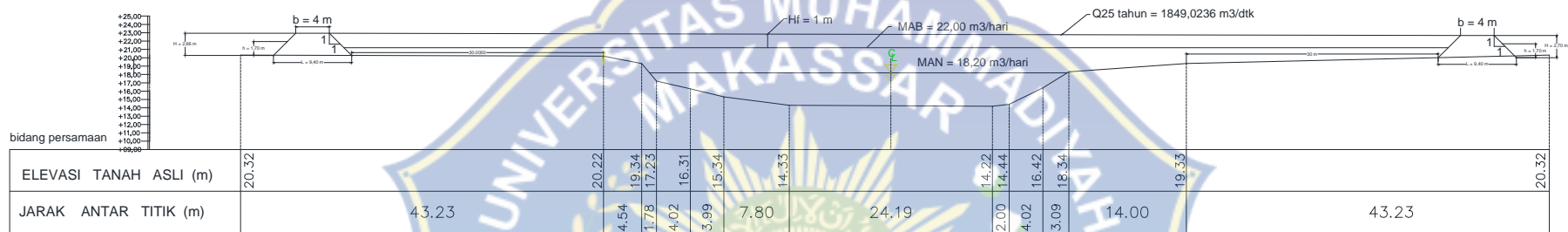
Patok 248-243 Sta.06+09

Elevasi Tanggul h = 22,00 m

Elevasi muka air normal = 18,20 m³/dtk

Elevasi puncak Tanggul H = 23,00 m

Elevasi muka air banjir = 22,00 m³/dtk



Gambar 46. Sketsa Sungai Maros Patok 248-243 Sta.06+08 tampak melintang

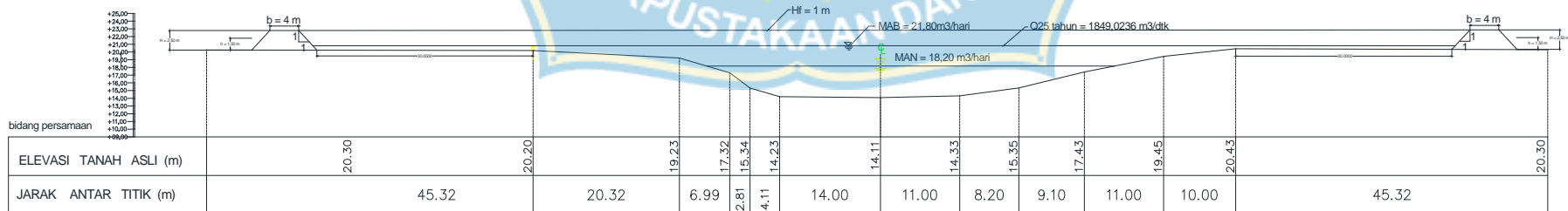
Patok 243-237 Sta.09+11

Elevasi Tanggul h = 21,80 m

Elevasi muka air normal = 18,20 m³/dtk

Elevasi puncak puncak Tanggul H = 22,80 m

Elevasi muka air banjir = 21,80 m³/dtk



Gambar 47. Sketsa Sungai Maros Patok 243-237 Sta.09+11 tampak melintang

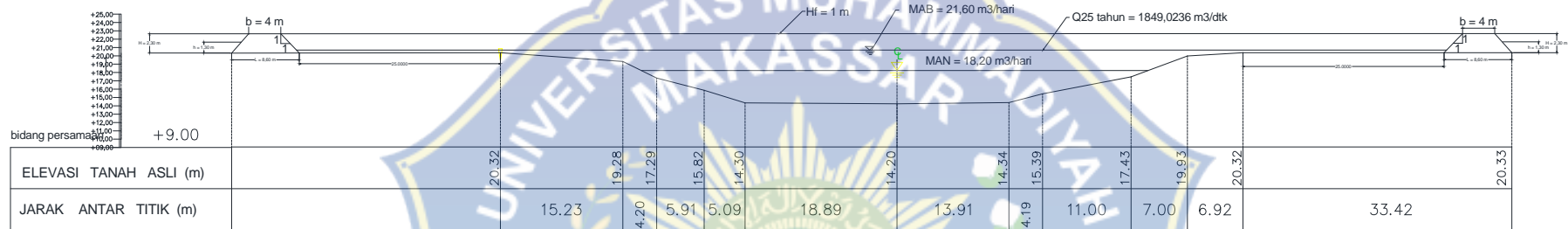
Patok 237-232 Sta.11+14

Elevasi Tanggul h = 21,60 m

Elevasi muka air normal = 18,20 m³/dtk

Elevasi puncak Tanggul H = 22,60 m

Elevasi muka air banjir = 21,60 m³/dtk



Gambar 48. Sketsa Sungai Maros Patok 237-232 Sta.11+14 tampak melintang

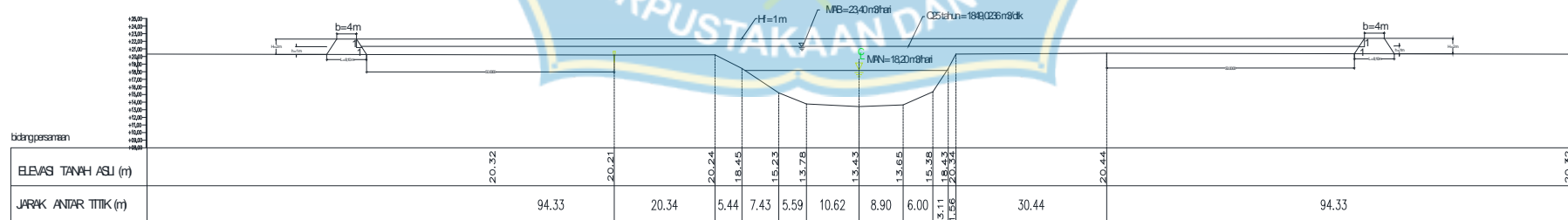
Patok 232-227 Sta.14+17

Elevasi Tanggul h = 21,40 m

Elevasi muka air normal = 18,20 m³/dtk

Elevasi puncak Tanggul H = 22,40 m

Elevasi muka air banjir = 21,40m³/dtk



Gambar 49. Sketsa Sungai Maros Patok 232-227 Sta.14+17 tampak melintang

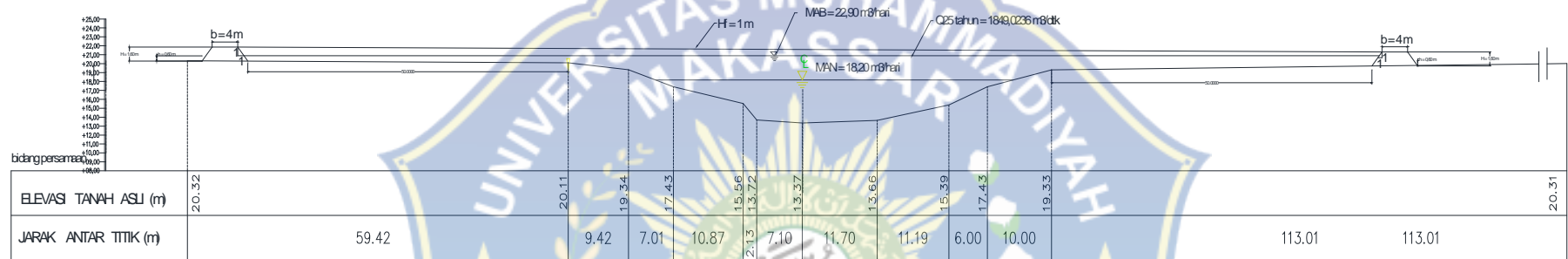
Patok 227-222 Sta.17+19

Elevasi Tanggul h = 20,90 m

Elevasi muka air normal = 18,20 m³/dtk

Elevasi puncak Tanggul H = 21,90 m

Elevasi muka air banjir = 22,90 m³/dtk



Gambar 50. Sketsa Sungai Maros Patok 227-222 Sta.17+19 tampak melintang

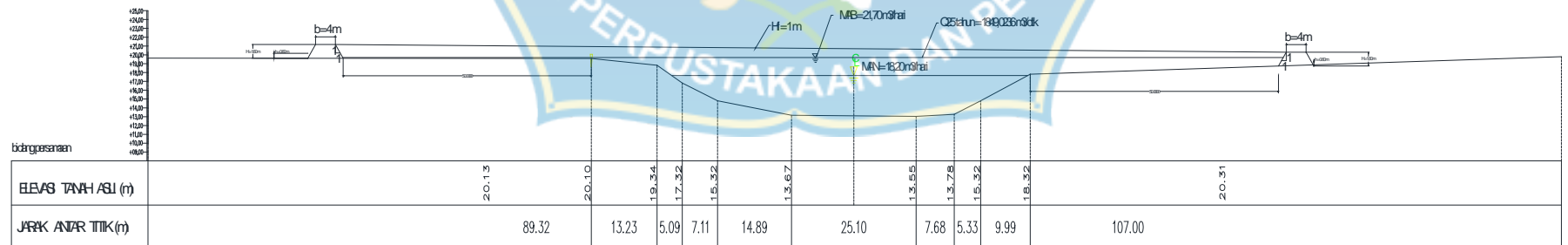
Patok 222-216 Sta.20+22

Elevasi Tanggul h = 20,70 m

Elevasi muka air normal = 18,20 m³/dtk

Elevasi puncak Tanggul H = 21,70 m

Elevasi muka air banjir = 20,70 m³/dtk



Gambar 51. Sketsa Sungai Maros Patok 222-216 Sta.20+22 tampak melintang

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang ada pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil perhitungan debit banjir rancangan sungai Maros menggunakan metode Hidrograf satuan Sintetik Nakayasu, sehingga untuk perhitungan periode ulang Q_{10} tahun sebesar $1339,4845 \text{ m}^3/\text{dtk}$, periode ulang Q_{25} tahun sebesar $1725,5877 \text{ m}^3/\text{dtk}$, periode ulang Q_{50} tahun sebesar $2074,6553 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan periode ulang Q_{100} tahun sebesar $2494,2643 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
- 2) Untuk mendesain tanggul banjir menggunakan Q_{25} tahun, dimana untuk patok 258 tinggi jagaan tanggul (H_f) sebesar 1,0 m, Tinggi muka air normal (h_0) sebesar 0,21 m, Tinggi muka air banjir (h_1) sebesar 1,96 m, Tinggi puncak tanggul (H) sebesar 2,96 m, Lebar mercu tanggul (b) sebesar 4 m, Lebar dasar tanggul sebesar 9,94 m, dan kemiringan lereng tanggul (m) sebesar 1:1.

B. Saran

Dari pengamatan di dalam penelitian ini penulis memberikan saran-saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu:

- 1) Perlu dilakukan pengembangan penelitian dengan meninjau bagian sungai Maros yang berada pada bagian hilir yang berdampak banjir.
- 2) Perlu dilakukan pengembangan penelitian dengan membandingkan antara pengaruh upaya pemerintah dan upaya masyarakat terhadap penanggulangan banjir di sekitaran sungai Maros.
- 3) Pada sisi sungai Maros yang belum bertanggul, maka sebaiknya dibuatkan dinding penahan atau tanggul.



DAFTAR PUSTAKA

- Mansida Amrullah, 2015. *Buku Bahan Ajar Teknik Sungai*. Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar
- Mansida Amrullah, 2015. *Buku Bahan Ajar Morfologi Sungai*. Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar
- Gambar bentuk morfologi sungai dimodifikasi. <http://www.slideshare.net/mobile/fretea/24-struktur-sungai>. Png (diunduh tanggal 10 april 2019, 13.15)
- Loebis Joerson, M. Eng, Drs. Soewarno, Drs Suprihadi B, 1993. *Hidrologi Sungai*. Penerbit Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta
- Analisis hidrologi. <https://www.scribd.com/doc/180116048/1719-Chapter-III> (diunduh tanggal 10 april 2019, 13.15)
- Analisis curah hujan. http://digilib.unila.ac.id/5331/13/BAB_II_.pdf (diunduh tanggal 10 april 2019, 13.15)
- Debit banjir. <http://e-journal.uajy.ac.id/11441/3/TS143722.pdf> (diunduh tanggal 10 april 2019, 13.15)
- Pengertian banjir. <http://yuliee.wordpress.com/2010/02/20/pengertian-banjir/> (diunduh tanggal 10 april 2019, 13.15)
- Penyebab banjir. <http://www.g-excess.com/499/pengetahuan-penyebab-banjir/> (diunduh tanggal 10 april 2019, 13.15)
- Peraturan menteri tentang penetapan garis sempadan sungai. <https://www.dsdan.go.id/mdocs-posts/permen-pupr-28-2015-ttgpenetapan-garis-sempadan-sungai-dan-garis-sempadan-danau> (diunduh tanggal 10 april 2019, 13.15)
- Direktorat Sungai, Ditjen Pengairan, Dep. PU., 1994. *Teknologi Penanggulangan Banjir Di Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum.

- Direktorat Sungai, Ditjen Pengairan, Departemen PU, 1994. Teknologi Penanggulangan Banjir Di Indonesia.
- Tanggul <https://rahmasword.blogspot.com/2012/05/pembuatan-tanggul-penahan-banjir.html>(diunduh tanggal 10 april 2019, 13.15)
- Harto, Sri. 1993. Analisis Hidrologi., Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama
- Permatasari, Azizah. 2015. *Studi Perencanaan Tanggul dan Dinding Penahan Tanah di Sungai Cileungsi Kabupaten Bogor Jawa Barat*. Jurnal Ilmiah Universitas Brawijaya.
- Ray K Linsley, Jr., Max A Kohler., Joseph L.H Paulus, Hidrologi untuk insinyur edisi ke-3, Penerbit Erlangga
- Soemarto, Ir. B.I.E Dipl. H, 1987, Hidrologi Teknik., Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistic untuk Analisa Data. Jilid 1. Bandung: Nova
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistic untuk Analisa Data. Jilid 2. Bandung: Nova
- Soewarno. 2000. Hidrologi Operasional., Jilid kesatu. Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. Hidrologi Terapan., Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta
- Wilson, E. M. 1990. Hidrologi Teknik., Edisi Ke Empat. Bandung. ITB Bandung.



LAMPIRAN

Tabel 20. Data curah hujan harian Batu Bassi (mm)

Tahun	Bulan												Max
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	
1998	71	64	151	114	77	26	51	18	118	66	98	74	151
1999	183	210	90	117	97	15	31	3	10	94	71	115	183
2000	118	129	65	70	64	68	27	5	5	38	85	67	129
2001	156	131	157	36	40	130	5	0	4	125	43	773	773
2002	150	61	125	103	80	47	0	0	0	7	95	154	150
2003	108	121	100	66	56	12	22	17	75	63	0	136	136
2004	117	164	80	57	107	26	3	0	0	3	55	90	164
2005	75	59	69	63	0	8	34	5	23	89	48	184	184
2006	139	160	165	78	92	65	0	0	0	0	89	134	165
2007	124	158	68	68	52	23	3	0	7	23	72	118	158
2008	114	126	114	32	23	56	12	6	23	27	68	85	126
2009	102	119	16	36	55	16	5	0	10	19	37	123	123
2010	89	72	43	94	63	51	47	45	73	82	80	88	94
2011	194	191	231	175	72	10	1	0	0	37	133	302	302
2012	158	208	131	149	95	158	53	6	11	64	40	84	208
2013	277	135	85	98	39	54	53	3	19	46	67	145	277
2014	138	77	64	289	109	43	10	8	0	0	0	0	289
2015	118	155	125	130	90	62	73	0	31	167	101	96	167
2016	192	98	140	51	46	46	44	0	29	55	93	120	192
2017	128	86	96	84	26	27	14	18	104	73	80	138	138

Sumber: BBWS Pompengan Jeneberang dan BMKG Kab.Maros

Tabel 21. Data curah hujan harian Tanralili (mm)

Tahun	Bulan												Max
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	
1998	70	75	65	95	91	38	58	36	95	55	100	126	126
1999	250	100	45	100	57	38	26	2	0	55	81	125	250
2000	116	200	65	37	15	47	10	0	5	98	86	116	200
2001	61	200	260	90	85	60	0	0	0	37	62	152	260
2002	190	80	108	102	55	22	0	0	0	14	64	200	200
2003	150	100	72	50	60	0	0	0	0	0	0	0	150
2004	90	95	130	66	50	0	14	5	0	20	65	100	130
2005	107	37	70	62	9	28	38	27	0	53	50	200	200
2006	250	100	45	100	57	38	26	2	0	55	81	125	250
2007	128	160	85	42	137	23	5	0	33	75	75	116	160
2008	168	172	98	53	32	109	11	0	0	0	55	97	172
2009	158	122	37	68	79	29	17	8	11	11	40	74	158
2010	89	53	42	45	74	21	48	41	57	68	83	78	89
2011	106	125	72	60	49	14	8	0	0	100	0	112	125
2012	74	75	80	36	34	30	25	23	0	0	64	38	80
2013	164	130	82	138	26	61	14	0	0	106	130	152	164
2014	134	80	56	103	65	43	54	2	0	0	54	154	154
2015	120	144	91	86	68	37	0	0	0	0	0	0	144
2016	57	63	64	75	54	23	23	3	26	74	86	41	86
2017	96	119	69	69	67	44	13	7	54	69	73	184	184

Sumber: BBWS Pompengan Jeneberang dan BMKG Kab.Maros

Tabel 22. Data curah hujan harian Tompobulu (mm)

Tahun	Bulan												Max
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	
1998	31	89	57	61	51	21	19	12	11	35	59	54	89
1999	92	200	62	16	20	24	39	15	0	56	128	139	200
2000	178	139	114	49	40	74	39	16	6	77	75	83	178
2001	180	132	208	112	64	95	0	0	87	73	105	132	208
2002	174	80	85	100	94	46	0	0	0	19	100	118	174
2003	0	165	68	42	0	15	0	0	0	30	89	150	165
2004	0	0	94	62	86	12	7	0	0	0	75	63	94
2005	75	87	68	61	54	24	18	0	0	26	0	119	119
2006	146	92	210	23	62	52	12	0	0	33	26	112	210
2007	55	135	113	40	40	78	6	6	23	97	49	110	135
2008	100	150	75	84	49	19	12	42	4	56	116	190	190
2009	100	100	98	71	198	59	18	0	95	26	33	125	125
2010	151	100	151	69	80	57	53	58	110	101	123	91	151
2011	83	98	98	62	42	20	0	0	27	46	87	80	98
2012	154	97	106	66	60	88	0	0	40	40	60	130	154
2013	120	120	120	100	80	120	80	0	0	32	120	150	150
2014	15	10	13	13	7	3	14	0	0	1	68	24	68
2015	100	125	100	110	100	70	0	0	30	0	50	250	250
2016	75	75	75	150	50	50	64	25	50	73	63	50	150
2017	85	115	50	68	30	50	20	10	54	50	50	150	150

Sumber: BBWS Pompengan Jeneberang dan BMKG Kab.Maros

1. Perhitungan curah hujan wilayah menggunakan metode rata-rata Aljabar dan Polygon Thiessen

a. Metode Rata-rata Aljabar

Contoh perhitungan:

$$\bar{P} = \frac{R1 + R2 + R3}{3}$$

$$\bar{P} = \frac{151 + 80 + 17}{3}$$

$$= 82,67 \text{ mm}$$

b. Metode Poligon Thiessen

Contoh perhitungan:

$$\bar{P} = \frac{A1R1 + A2R2 + A3R3}{A1 + A2 + A3}$$

$$\bar{P} = \frac{(0.4 \times 151) + (0.3 \times 80) + (0.3 \times 17)}{0.4 + 0.3 + 0.3}$$

$$= 89.50 \text{ mm}$$

Tabel 23. Perhitungan curah hujan maksimum harian Rata-rata untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros.

No	Kejadian			Hujan maximum harian Rata-rata Al-jabar
	Tahun	Bulan	Tanggal	
1	1998	Des	21	82,67
2	1999	Feb	5	157,67
3	2000	Feb	3	170,33
4	2001	Feb	3	341,00
5	2002	Mar	7	98,67
6	2003	Feb	19	115,00
7	2004	Mar	4	98,00
8	2005	Des	19	112,67
9	2006	Jan	2	177,33
10	2007	Des	22	163,33
11	2008	Des	31	197,33
12	2009	Feb	1	88,33
13	2010	Jan	27	110,33
14	2011	Jan	11	174,33
15	2012	Mar	16	138,33
16	2013	Jan	2	180,33
17	2014	Apr	11	98,33
18	2015	Des	17	95,33
19	2016	Nov	6	76,33
20	2017	Des	21	113,33

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 24. Perhitungan curah hujan maksimum harian Rata-rata untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros.

No	Kejadian			Hujan maximum harian rata-rata Thiessen
	Tahun	Bulan	Tanggal	
(1)	(2)	(3)	(3)	(4)
1	1998	Des	21	89,50
2	1999	Feb	5	153,90
3	2000	Feb	3	171,20
4	2001	Feb	3	384,20
5	2002	Mar	7	104,20

Bersambung

(1)	(2)	(3)	(3)	(4)
6	2003	Feb	19	111,50
7	2004	Mar	4	104,60
8	2005	Des	19	110,40
9	2006	Jan	2	178,90
10	2007	Des	22	162,80
11	2008	Des	31	191,80
12	2009	Feb	1	91,80
13	2010	Jan	27	107,30
14	2011	Jan	11	187,10
15	2012	Mar	16	145,30
16	2013	Jan	2	190,00
17	2014	Apr	11	117,40
18	2015	Des	17	89,40
19	2016	Nov	6	68,70
20	2017	Des	21	100,20

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 25. Tabel Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (1998-2018)

No	Tahun	Rmax
1	2001	384.20
2	2008	191.80
3	2013	190.00
4	2011	187.10
5	2006	178.90
6	2000	171.20
7	2007	162.80
8	1999	153.90
9	2012	145.30
10	2014	117.40
11	2003	111.50
12	2005	110.40
13	2010	107.30
14	2004	104.60
15	2002	104.20
16	2017	100.20
17	2009	91.80
18	1998	89.50
19	2015	89.40
20	2016	68.70

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2. Perhitungan curah hujan rancangan :

a. Metode Normal

$$\begin{aligned}
 R_t &= X_r + K_t \times S_x \\
 &= 143,01 + (-0,22) \times 67,08 \\
 &= 128,252
 \end{aligned}$$

$$C_s = n \frac{\sum (L - X - L - X)^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} = \frac{2 \times (1,5)}{(1)(1)(325944,7610)} = 2,38$$

$$\begin{aligned}
 C_k &= n^2 \frac{\sum (L - X - L - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} = \frac{4 \times (3,5)}{(1)(1)(1)(2,4)} \\
 &= 10,06
 \end{aligned}$$

b. Metode Log Normal

$$\begin{aligned}
 Y_t &= \bar{Y} + K_t \times S_x \\
 &= 2,12 + (-0,22) \times 68,82 \\
 &= -13,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= C_v^3 + C_v^2 \\
 &= 0,48(3) + 0,48^2 \\
 &= 1,67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_k &= C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 \\
 &= 0,48^8 + 6(0,48)^6 + 15(0,48)^4 + 16(0,48)^2 + 3 \\
 &= 7,56
 \end{aligned}$$

c. Metode Gumbel

$$\begin{aligned}
 X_t &= \bar{X} + S \times K \\
 &= 143,01 + 68,82 \times (-0,14) \\
 &= 133,3752
 \end{aligned}$$

$$C_s = n \frac{\sum (L - X - L - X)^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} = \frac{2 \times (1,5)}{(1)(1)(325944,7610)} = 2,565$$

$$C_k = n^2 \frac{\sum (L - X - L - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} = \frac{4 \times (3,5)}{(1)(1)(1)(2,4)} = 10,06$$

d. Metode Log Pearson

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X + (G \times S)$$

$$= 2,12 + (-0,142 \times 0,17)$$

$$= 2,10$$

$$C_s = n \frac{\sum (L - X - L - X)^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} = \frac{2 \times (0,1)}{(1)(1)(0,0)} = 0,8629$$

$$C_k = n^2 \frac{\sum (L - X - L - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} = \frac{4 \times (0,0)}{(1)(1)(1)(0,0)} = 0,36$$

$$X_{rt} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n = \frac{1}{2} (2860,20) = 143,01$$

$$\text{Standar Daviasi (S)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X - X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{8,7}{1}} = 68,82$$

$$\text{Koefisien variasi (Cv)} = \frac{S}{X} = \frac{6,8}{1,0} = 0,4812$$

3. Perhitungan curah hujan rancangan

a. perhitungan curah hujan efektif jam-jaman

Untuk T = 1 jam

$$R_t = \left(\frac{R_2}{5}\right) \times \left(\frac{5}{T}\right)^{2/3}$$

$$= 0,5848 R_{24}$$

$$RT = 1 \times 0,5848 R_{24} - (1-1) \times (R_1 - 1)$$

$$= 0,5848 R_{24}$$

b. Perhitungan debit banjir Metode HSS Nakayasu

Diketahui :

Luas DAS = 917 km²

Panjang Sungai (L) = 82 km

Hujan Satuan (R₀) = 1 mm

Koefisien Limpasan (C) = 0,75 (Berdasarkan tabel 2 hal.24)

Konstanta (α) = 2 (Daerah pengaliran biasa)

1. Waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (T_g)

$$T = 0,40 + 0,058 L$$

$$T = 0,40 + 0,058 \times 82$$

$$T_g = 5,156 \text{ jam}$$

2. Lama Hujan Efektif (T_r)

$$T = 0,5 \times T$$

$$T = 0,5 \times 5,156$$

$$T = 2,58 \text{ ja}$$

3. Menghitung Tenggang Waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir

(T_p)

$$T = T + 0,8 T$$

$$T = 5,16 + 0,8 \times 2,58$$

$$T = 7,224 \text{ ja}$$

4. Nilai $T_{0,3}$

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

$$T_{0,3} = 2 \times 5,156$$

$$T_{0,3} = 10,320 \text{ ja}$$

$$T + T_{0,3} = 7,224 + 10,320 = 17,554 \text{ ja}$$

$$1,5T_{0,3} = 1,5 \times 10,320 = 15,48 \text{ ja}$$

$$T + 1,5T_{0,3} = 7,224 + 15,48 = 22,704 \text{ ja}$$

$$T + T_{0,3} + T_{0,3}^2 = 7,224 + 10,320 + 10,320 = 27,864 \text{ ja}$$

5. Debit Puncak Banjir (Q_p)

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6 (0,3 t_p + T_{0,3})}$$

$$Q_p = \frac{0,4 \times 9 \times 1}{3,6 (0,3 \times 7,2 + 10,320)} = \frac{4,6}{4,9}$$

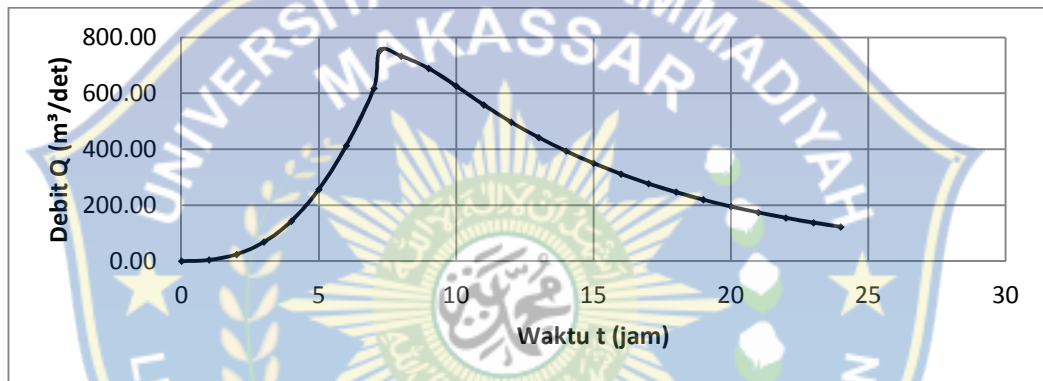
$$Q_p = 9,18 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 26. Hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu dengan kala ulang 2 tahun

t (jam)	Qt (m ³ /dt)	Distribusi hujan efektif jam-jaman					Q total (m ³ /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	
(1)	(2)	53.9610	14.0254	9.8270	7.8524	6.6067	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0798	4.4062	0.0000				4.4062
2	0.4210	23.2457	1.1452	0.0000			24.3909
3	1.1140	61.5100	6.0420	0.8024	0.0000		68.3544
4	2.2219	122.6831	15.9876	4.2334	0.6412	0.0000	143.5453
5	3.7958	209.5866	31.8876	11.2018	3.3827	0.5395	256.5982
6	5.8795	324.6389	54.4754	22.3423	8.9509	2.8461	413.2536
7	8.5116	469.9714	84.3796	38.1687	17.8527	7.5310	617.9034
7.224	9.1800	463.0032	131.7468	85.5884	47.2412	25.6607	753.2403
8	8.3854	412.0228	120.3431	92.3095	68.3899	39.7472	732.8125
9	7.4621	366.6523	107.0923	84.3194	73.7604	57.5410	689.3654

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
10	6.6404	326.2788	95.2997	75.0351	67.3759	62.0596	626.0491
11	5.9092	290.3502	84.8059	66.7725	59.9572	56.6878	558.5736
12	5.2585	258.3749	75.4674	59.4200	53.3549	50.4460	497.0632
13	4.6794	229.9224	67.1564	52.8768	47.4798	44.8911	442.3265
14	4.1641	204.6062	59.7611	47.0537	42.2515	39.9480	393.6205
15	3.7056	182.0783	53.1809	41.8721	37.5985	35.5490	350.2788
16	3.2976	162.0241	47.3255	37.2617	33.4581	31.6341	311.7035
17	2.9344	144.1840	42.1130	33.1590	29.7741	28.1506	277.3807
18	2.6113	128.3095	37.4761	29.5069	26.4959	25.0510	246.8394
19	2.3238	114.1799	33.3500	26.2579	23.5776	22.2928	219.6582
20	2.0679	101.6074	29.6775	23.3670	20.9815	19.8374	195.4708
21	1.8402	90.4152	26.4096	20.7938	18.6715	17.6532	173.9433
22	1.6375	80.4599	23.5006	18.5041	16.6154	15.7096	154.7896
23	1.4572	71.6033	20.9130	16.4659	14.7858	13.9796	137.7476
24	1.2968	63.7186	18.6110	14.6529	13.1571	12.4403	122.5799

(Sumber: Hasil Perhitungan)



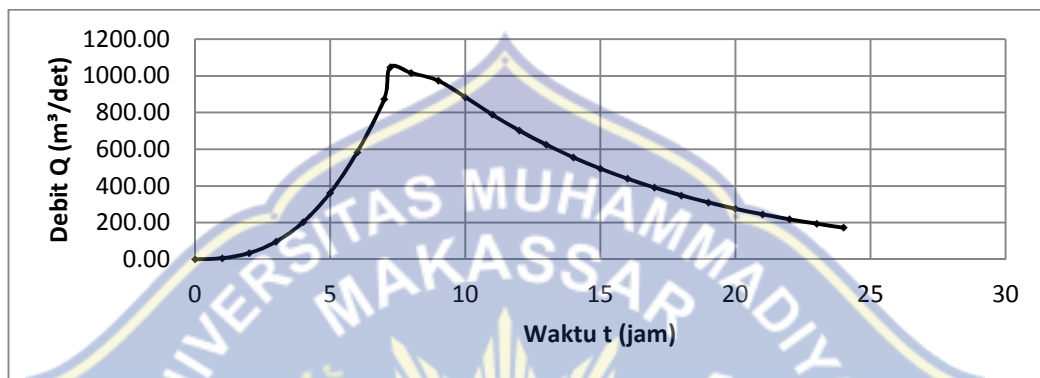
Gambar 51. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun DAS Maros

Tabel 27. Hidrograf satuan sintetis (HSS) Nakayasu dengan kala ulang 5 tahun

t (jam)	Qt (m³/dt)	Distribusi hujan efektif jam-jaman					Q total (m³/dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	
		53.9610	14.0254	9.8270	7.8524	6.6067	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0798	6.2241	0.0000				6.2241
2	0.4210	32.8364	1.6178	0.0000			34.4542
3	1.1140	86.8878	8.5348	1.1335	0.0000		96.5561
4	2.2219	173.2998	22.5837	5.9800	0.9057	0.0000	202.7692
5	3.7958	296.0580	45.0437	15.8235	4.7784	0.7621	362.4657
6	5.8795	458.5787	76.9507	31.5603	12.6439	4.0203	583.7539
7	8.5116	663.8725	119.1928	53.9163	25.2186	10.6381	872.8383
7.224	9.1800	654.0293	186.1025	120.9005	66.7323	36.2480	1047.9040
8	8.3854	582.0154	169.9939	130.3946	96.6067	56.1463	1016.4392
9	7.4621	517.9260	151.2762	119.1079	104.1930	81.2815	973.7846
10	6.6404	460.8951	134.6182	105.9932	95.1743	87.6644	884.3452
11	5.9092	410.1430	119.7948	94.3216	84.6948	80.0764	789.0306
12	5.2585	364.9754	106.6035	83.9355	75.3685	71.2593	702.1422
13	4.6794	324.7840	94.8636	74.6928	67.0694	63.4125	624.8223
14	4.1641	289.0227	84.4171	66.4671	59.6840	56.4299	556.0208

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
15	3.7056	257.2003	75.1221	59.1477	53.1112	50.2160	494.7973
16	3.2976	228.8720	66.8509	52.6351	47.2625	44.6859	440.3064
17	2.9344	203.6715	59.4879	46.8398	42.0586	39.7651	391.8229
18	2.6113	181.2476	52.9378	41.6808	37.4278	35.3866	348.6806
19	2.3238	161.2883	47.1095	37.0914	33.3054	31.4904	310.2850
20	2.0679	143.5286	41.9217	33.0077	29.6383	28.0221	276.1184
21	1.8402	127.7188	37.3056	29.3729	26.3751	24.9366	245.7090
22	1.6375	113.6561	33.1964	26.1386	23.4707	22.1911	218.6529
23	1.4572	101.1455	29.5412	23.2594	20.8863	19.7474	194.5798
24	1.2968	90.0076	26.2895	20.6984	18.5856	17.5730	173.1541

(Sumber: Hasil Perhitungan)

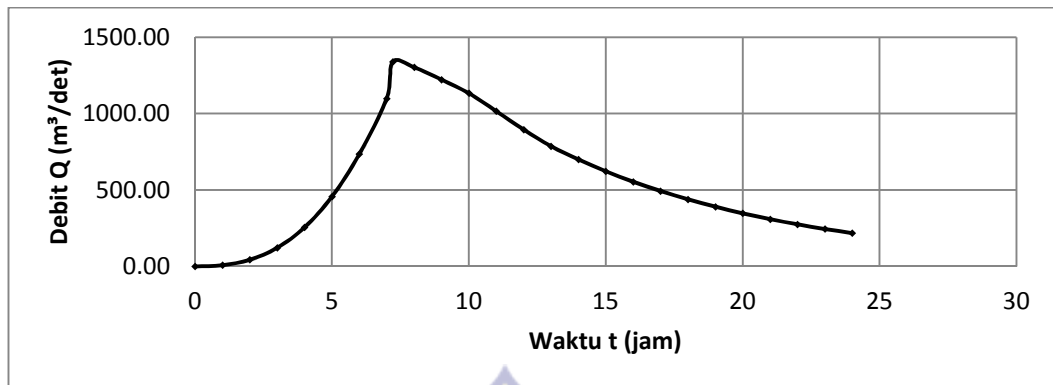


Gambar 52. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Maros

Tabel 28. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan kala ulang 10 tahun

t (jam)	Qt (m³/dt)	Distribusi hujan efektif jam-jaman					Q total (m³/dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	
		74.4831	19.3595	13.5644	10.8388	9.1193	
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0798	7.8355	0.0000				7.8355
2	0.4210	41.3377	2.0366	0.0000			43.3743
3	1.1140	109.3830	10.7444	1.4270	0.0000		121.5544
4	2.2219	218.1670	28.4306	7.5282	1.1402	0.0000	255.2660
5	3.7958	372.7073	56.7056	19.9201	6.0155	0.9593	456.3078
6	5.8795	577.3046	96.8734	39.7311	15.9174	5.0612	734.8877
7	8.5116	835.7489	150.0519	67.8750	31.7476	13.3923	1098.8157
7.224	9.1800	823.3574	234.2846	152.2010	84.0092	45.6323	1339.4845
8	8.3854	732.6991	214.0055	164.1531	121.6180	70.6822	1303.1579
9	7.4621	652.0169	214.0055	164.1531	121.6180	70.6822	1222.4757
10	6.6404	580.2208	169.4710	149.9444	131.1684	102.3248	1133.1294
11	5.9092	516.3290	150.8099	118.7410	119.8148	110.3601	1016.0548
12	5.2585	459.4675	134.2032	105.6660	94.8814	100.8076	895.0257
13	4.6794	408.8705	119.4239	94.0304	84.4336	79.8296	786.5880
14	4.1641	363.8506	106.2728	83.6752	75.1361	71.0392	699.9739
15	3.7056	323.7894	94.5714	74.4608	66.8616	63.2166	622.8998
16	3.2976	288.1270	84.1587	66.2621	59.4987	56.2548	554.3013
17	2.9344	256.4020	74.8894	58.9664	52.9475	50.0600	493.2653
18	2.6113	228.1725	66.6435	52.4718	47.1178	44.5480	438.9536
19	2.3238	203.0459	59.3062	46.6942	41.9282	39.6431	390.6176
20	2.0679	180.6881	52.7753	41.5533	37.3116	35.2768	347.6051
21	1.8402	160.7851	46.9641	36.9774	33.2036	31.3925	309.3227
22	1.6375	143.0816	41.7910	32.9057	29.5472	27.9363	275.2618
23	1.4572	127.3320	37.1895	29.2811	26.2937	24.8599	244.9562
24	1.2968	113.3106	33.0959	26.0571	23.3974	22.1225	217.9835

(Sumber: Hasil Perhitungan)

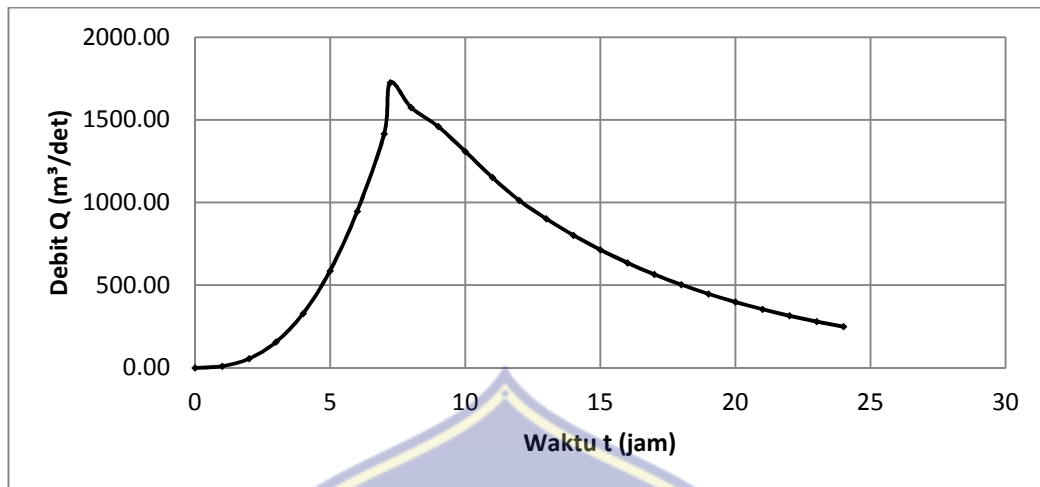


Gambar 53. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun DAS Maros

Tabel 29. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan kala ulang 25 tahun

t (jam)	Qt (m ³ /dt)	Distribusi hujan efektif jam-jaman					Q total (m ³ /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	
(1)	(2)	91.6367	23.8180	16.6883	13.3350	11.2195	(8)
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.0798	10.0941	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.0941
2	0.4210	53.2532	2.6236	0.0000	0.0000	0.0000	55.8768
3	1.1140	140.9123	13.8415	1.8383	0.0000	0.0000	156.5921
4	2.2219	281.0530	36.6256	9.6982	1.4689	0.0000	328.8457
5	3.7958	480.1391	73.0507	25.6621	7.7494	1.2359	587.8372
6	5.8795	743.7109	124.7968	51.1837	20.5055	6.5201	946.7170
7	8.5116	1076.6510	193.3038	87.4400	40.8987	17.2526	1415.5461
7.224	9.1800	1060.6877	301.8164	196.0732	108.2245	58.7859	1725.5877
8	8.3854	839.9588	275.6918	211.4705	156.6739	91.0564	1574.8514
9	7.4621	747.4677	218.3204	193.1661	168.9772	131.8200	1459.7514
10	6.6404	665.1592	194.2803	152.9683	154.3509	142.1716	1308.9303
11	5.9092	591.9076	172.8869	136.1243	122.2305	129.8655	1153.0148
12	5.2585	526.7262	153.8474	121.1348	108.7712	102.8405	1013.3201
13	4.6794	468.7295	136.9056	107.7947	96.7937	91.5164	901.7399
14	4.1641	417.1207	121.8312	95.9242	86.1342	81.4389	802.4492
15	3.7056	371.1787	108.4172	85.3622	76.6490	72.4703	714.0774
16	3.2976	330.3091	96.4760	75.9635	68.2093	64.4898	635.4477
17	2.9344	293.9426	85.8533	67.5968	60.6993	57.3890	565.4810
18	2.6113	261.5732	76.4010	60.1539	54.0138	51.0703	503.2122
19	2.3238	232.7709	67.9876	53.5311	48.0665	45.4453	447.8014
20	2.0679	207.1310	60.5014	47.6361	42.7744	40.4415	398.4844
21	1.8402	184.3244	53.8371	42.3908	38.0640	35.9889	354.6052
22	1.6375	164.0351	47.9092	37.7215	33.8727	32.0258	315.5643
23	1.4572	145.9720	42.6357	33.5681	30.1416	28.4994	280.8168
24	1.2968	129.8948	37.9408	29.8731	26.8228	25.3601	249.8916

(Sumber: Hasil Perhitungan)

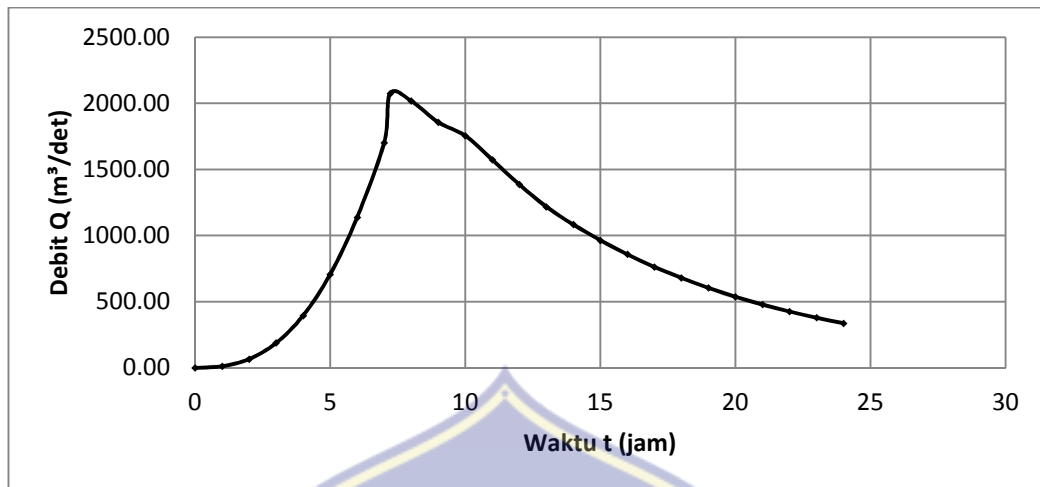


Gambar 54. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Maros

Tabel 30. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan kala ulang 50 tahun

t (jam)	Qt (m ³ /dt)	Distribusi hujan efektif jam-jaman					Q total (m ³ /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.0798	12.1360	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	12.1360
2	0.4210	64.0258	3.1544	0.0000	0.0000	0.0000	67.1802
3	1.1140	169.4173	16.6415	2.2101	0.0000	0.0000	188.2689
4	2.2219	337.9070	44.0346	11.6600	1.7660	0.0000	395.3676
5	3.7958	577.2660	87.8282	30.8532	9.3170	1.4859	706.7503
6	5.8795	894.1555	150.0419	61.5375	24.6536	7.8390	1138.2275
7	8.5116	1294.4458	232.4072	105.1281	49.1722	20.7426	1701.8959
7.224	9.1800	1275.2533	362.8707	235.7364	130.1175	70.6774	2074.6553
8	8.3854	1134.8377	331.4614	254.2484	188.3677	109.4757	2018.3909
9	7.4621	1009.8734	294.9649	254.2484	188.3677	109.4757	1856.9301
10	6.6404	898.6723	262.4844	232.2412	203.1598	158.4851	1755.0428
11	5.9092	799.7137	233.5812	183.9119	185.5748	170.9307	1573.7123
12	5.2585	711.6441	207.8601	163.6606	146.9567	156.1353	1386.2568
13	4.6794	633.2772	184.9692	145.6389	130.7747	123.6436	1218.3036
14	4.1641	563.5484	164.6002	129.6002	116.3743	110.0287	1084.1518
15	3.7056	501.4997	146.4764	115.3285	103.5584	97.9127	964.7757
16	3.2976	446.2641	130.3489	102.6299	92.1544	87.1300	858.5273
17	2.9344	397.1270	115.9921	91.3300	82.0075	77.5351	763.9917
18	2.6113	353.4040	103.2205	81.2708	72.9782	68.9979	679.8714
19	2.3238	314.4866	91.8561	72.3223	64.9403	61.4010	605.0063
20	2.0679	279.8580	81.7408	64.3597	57.7899	54.6382	538.3866
21	1.8402	249.0313	72.7402	57.2724	51.4273	48.6221	479.0933
22	1.6375	221.6113	64.7278	50.9660	45.7641	43.2689	426.3381
23	1.4572	197.2176	57.6008	45.3520	40.7249	38.5041	379.3994
24	1.2968	175.5006	51.2604	40.3585	36.2390	34.2643	337.6228

(Sumber: Hasil Perhitungan)

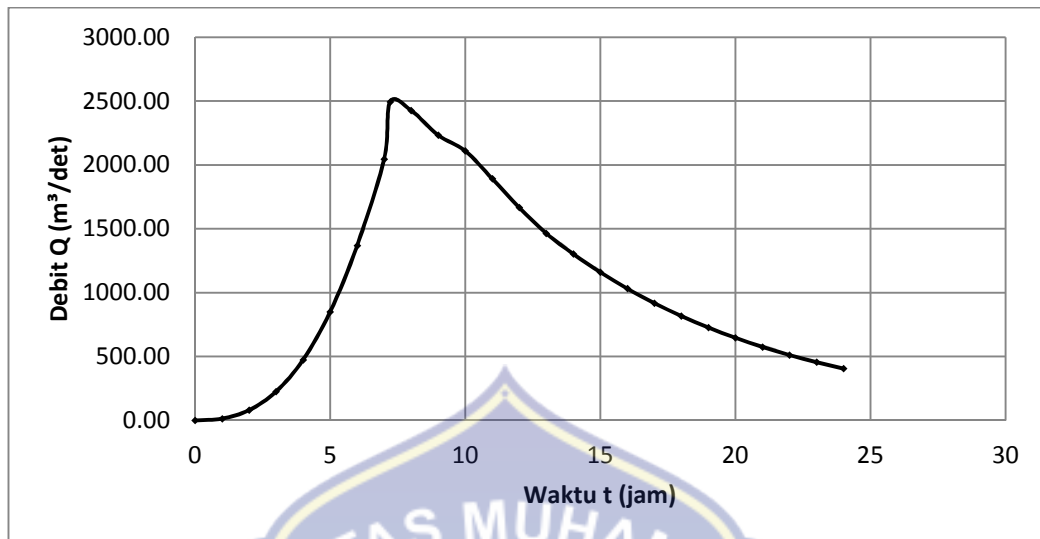


Gambar 55. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Maros

Tabel 31. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan kala ulang 100 tahun

t (jam)	Qt (m ³ /dt)	Distribusi hujan efektif jam-jaman					Q total (m ³ /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	
(1)	(2)	166.7513	43.3417	30.3677	24.2656	20.4162	(8)
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.0798	14.5906	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	14.5906
2	0.4210	76.9753	3.7924	0.0000	0.0000	0.0000	80.7677
3	1.1140	203.6829	20.0073	2.6571	0.0000	0.0000	226.3473
4	2.2219	406.2504	52.9408	14.0182	2.1232	0.0000	475.3326
5	3.7958	694.0210	105.5918	37.0934	11.2014	1.7864	849.6940
6	5.8795	1075.0031	180.3886	73.9837	29.6399	9.4245	1368.4398
7	8.5116	1556.2541	279.4127	126.3907	59.1174	24.9379	2046.1128
7.224	9.1800	1533.1798	436.2630	283.4150	156.4341	84.9724	2494.2643
8	8.3854	1364.3644	398.5010	305.6711	226.4656	131.6179	2426.6200
9	7.4621	1214.1254	354.6229	305.6711	226.4656	131.6179	2232.5029
10	6.6404	1080.4334	315.5731	279.2129	244.2495	190.5398	2110.0087
11	5.9092	961.4599	280.8241	221.1087	223.1078	205.5026	1892.0031
12	5.2585	855.5778	249.9007	196.7616	176.6791	187.7147	1666.6339
13	4.6794	761.3607	222.3801	175.0949	157.2243	148.6513	1464.7113
14	4.1641	677.5289	197.8914	155.8123	139.9113	132.2828	1303.4267
15	3.7056	602.9305	176.1020	138.6541	124.5034	117.7163	1159.9063
16	3.2976	536.5233	156.7125	123.3872	110.7930	104.7526	1032.1686
17	2.9344	477.4480	139.4521	109.8018	98.5938	93.2171	918.5128
18	2.6113	424.8817	124.0973	97.7082	87.7383	82.9532	817.3787
19	2.3238	378.0932	110.4344	86.9498	78.0747	73.8197	727.3718
20	2.0679	336.4607	98.2732	77.3767	69.4781	65.6892	647.2779
21	1.8402	299.3992	87.4522	68.8559	61.8286	58.4563	575.9922
22	1.6375	266.4333	77.8192	61.2741	55.0200	52.0204	512.5670
23	1.4572	237.1059	69.2508	54.5247	48.9616	46.2918	456.1348
24	1.2968	210.9964	61.6281	48.5211	43.5685	41.1945	405.9086

(Sumber: Hasil Perhitungan)

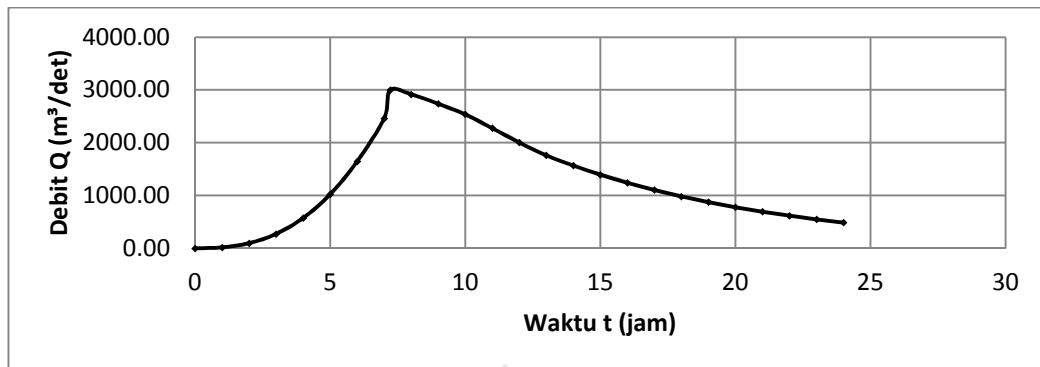


Gambar 56. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun DAS Maros

Tabel 32. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dengan kala ulang 200 tahun

t (jam)	Qt (m³/dt)	Distribusi hujan efektif jam-jaman					Q total (m³/dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	
(1)	(2)	166.7513	43.3417	30.3677	24.2656	20.4162	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	4.4062	17.5418	0.0000				17.5418
2	24.3909	92.5450	4.5594	0.0000			97.1044
3	68.3544	244.8816	24.0541	3.1946	0.0000		272.1303
4	143.5453	488.4223	63.6492	16.8537	2.5527	0.0000	571.4779
5	256.5982	834.4000	126.9498	44.5963	13.4672	2.1477	1021.5610
6	413.2536	1292.4429	216.8757	88.9484	35.6352	11.3308	1645.2330
7	617.9034	1871.0361	335.9293	151.9557	71.0752	29.9821	2459.9784
7.224	733.6725	2017.9650	486.3162	235.3717	121.4219	59.8000	2998.7780
8	753.2403	1640.3330	479.1057	367.4993	272.2733	158.2403	2917.4516
10	732.8125	1459.7053	479.1057	367.4993	272.2733	158.2403	2736.8239
11	689.3654	1298.9716	379.4039	335.6894	293.6544	229.0804	2536.7997
12	626.0491	1155.9335	337.6263	265.8325	268.2364	247.0696	2274.6983
13	558.5736	1028.6346	300.4481	236.5606	212.4164	225.6838	2003.7435
14	497.0632	915.3604	267.3608	210.5114	189.0264	178.7191	1760.9781
15	442.3265	814.5720	237.9188	187.3285	168.2115	159.0396	1567.0704
16	393.6205	724.8847	211.7220	166.6997	149.6870	141.5267	1394.5201
17	350.2788	645.0454	188.4107	148.3448	133.2033	125.9409	1240.9451
18	311.7035	574.0209	167.6590	132.0115	118.5366	112.0722	1104.3002
19	277.3807	510.8221	149.1985	117.4717	105.4853	99.7321	982.7097
20	246.8394	454.5697	132.7719	104.5371	93.8671	88.7513	874.4971
21	219.6582	404.5163	118.1509	93.0278	83.5316	78.9761	778.2027
22	195.4708	359.9584	105.1411	82.7834	74.3349	70.2803	692.4981
23	173.9433	320.3245	93.5597	73.6680	66.1490	62.5425	616.2437
24	154.7896	285.0650	83.2581	65.5534	58.8652	55.6553	548.3970

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 57. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Periode Ulang 200 Tahun DAS Maros

c. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder

1. Waktu dari titik berat DAS ke puncak hidrograf

$$T_p = C_t \times (L \times L_c)^{0,3}$$

$$T_p = 0,9 \times (82 \times 32,4)^{0,3}$$

$$T_p = 9,58 \text{ jam}$$

2. Debit Maksimum hidrograf persatuan luas (qp)

$$q_p = 0,278 \times \left(\frac{C_p}{T_p} \right)$$

$$q_p = 0,278 \times \left(\frac{0,50}{9,48} \right)$$

$$q_p = 0,01 \text{ m}^3/\text{dtk}/\text{km}^2$$

3. Lamanya curah hujan efektif (te)

$$t_e = \frac{t_p}{5,5}$$

$$t_e = \frac{9,58}{5,5}$$

$$t_e = 1,74 \text{ jam}$$

Untuk $L > 25 \text{ km}$

$$t_p' = t_p + 0,25 (t_r - t_e)$$

$$= 9,58 + 0,25 (1,00 - 1,74)$$

$$= 9,40 \text{ jam}$$

4. Waktu mencapai puncak (T_p)

$$T_p = t_p' + (1 \times t_r)$$

$$= 9,40 + (1 \times 1,00)$$

$$= 9,90 \text{ jam}$$

5. Debit puncak (Q_p)

$$Q_p = q_p \times A$$

$$= 0,01 \times 917$$

$$= 9,17 \text{ jam}$$

6. Lengkung Alexeyef

$$W = 1000 \times h \times A$$

$$= 1000 \times 1,00 \times 917$$

$$= 917,00 \text{ jam}$$

$$= \frac{(Q_p \cdot T_p \cdot 3600)}{W}$$

$$= \frac{(9,17 \cdot 9,90 \cdot 3600)}{917,00}$$

$$= 0,36$$

$$a = 1,32^2 + 0,15 + 0,045$$

$$= 1,32 (0,36)^2 + 0,15 (0,36) + 0,045$$

$$= 0,27$$

$$X = \frac{t}{T_p}$$

$$t = 5 \text{ jam}$$

$$= \frac{5}{9,90}$$

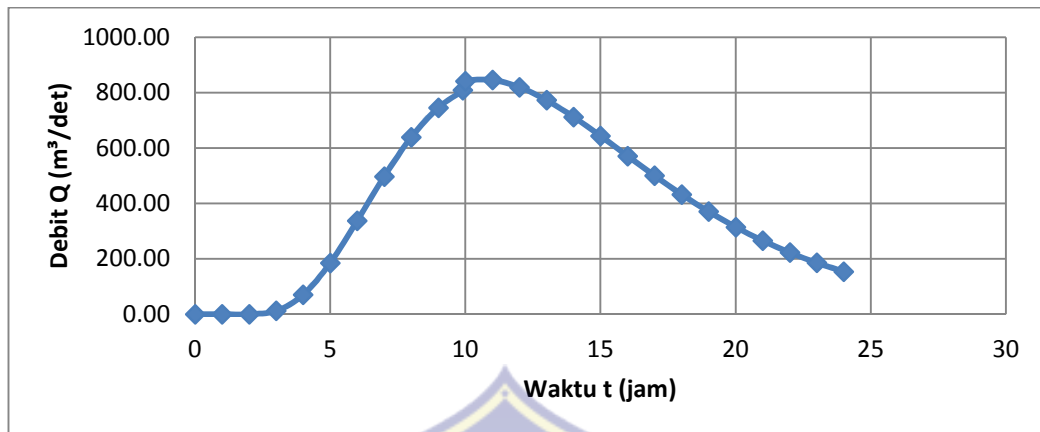
$$= 0,51$$

$$\begin{aligned}
 Y &= 10^{-a \left(\frac{1-x}{x} \right)^2} \\
 &= 10^{-1,0 \left(\frac{1-0,5}{0,5} \right)^2} \\
 &= 10^{-1,9} \\
 &= 0,327303
 \end{aligned}$$

Tabel 33. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 2 Tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman					Q total (m ³ /dtk)
		R1 74.4831	R2 19.3595	R3 13.5644	R4 10.8388	R5 9.1193	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000				0.0000
2	0.0064	0.4767	0.0000	0.0000			0.4767
3	0.2283	17.0045	0.1239	0.0000	0.0000		17.1284
4	1.2114	90.2288	4.4198	0.0868	0.0000	0.0000	94.7354
5	3.0023	223.6206	23.4521	3.0968	0.0694	0.0000	250.2389
6	5.0857	378.7987	58.1230	16.4319	2.4745	0.0584	455.8865
7	6.9353	516.5626	98.4566	40.7244	13.1301	2.0819	670.9556
8	8.2567	614.9846	134.2639	68.9845	32.5413	11.0471	861.8214
9	8.9802	668.8731	159.8456	94.0732	55.1229	27.3789	1005.2937
9.9	9.1700	683.0100	173.8522	111.9972	75.1703	46.3780	1090.4077
10	9.1682	682.8760	177.5266	121.8110	89.4927	63.2451	1134.9514
11	8.9380	665.7299	177.4918	124.3855	97.3346	75.2953	1140.2371
12	8.4190	627.0732	173.0352	124.3611	99.3918	81.8931	1105.7544
13	7.7221	575.1659	162.9876	121.2386	99.3723	83.6240	1042.3884
14	6.9362	516.6297	149.4960	114.1987	96.8772	83.6076	960.8092
15	6.1265	456.3207	134.2814	104.7457	91.2519	81.5083	868.1080
16	5.3388	397.6504	118.6060	94.0854	83.6983	76.7754	770.8155
17	4.6006	342.6669	103.3565	83.1023	75.1801	70.4201	674.7259
18	3.9284	292.5994	89.0653	72.4176	66.4039	63.2533	583.7395
19	3.3278	247.8649	76.0519	62.4044	57.8662	55.8694	500.0568
20	2.8005	208.5899	64.4245	53.2864	49.8650	48.6861	424.8519
21	2.3429	174.5065	54.2163	45.1396	42.5791	41.9543	358.3958
22	1.9505	145.2793	45.3574	37.9871	36.0694	35.8243	300.5175
23	1.6167	120.4168	37.7607	31.7800	30.3541	30.3472	250.6588
24	1.3352	99.4498	31.2985	26.4574	25.3942	25.5386	208.1385

(Sumber: Hasil Perhitungan)

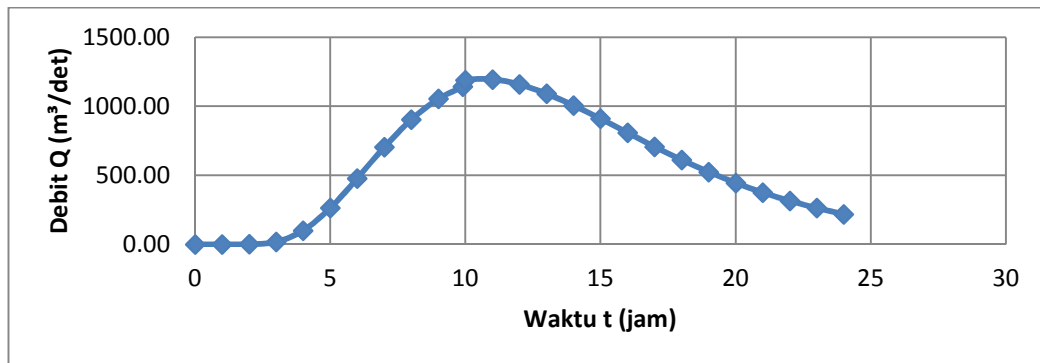


Gambar 58. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 2 Tahun DAS Maros

Tabel 34. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 5 Tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman					Q total (m ³ /dtk)
		R1 74.4831	R2 19.3595	R3 13.5644	R4 10.8388	R5 9.1193	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000				0.0000
2	0.0064	0.4767	0.0000	0.0000			0.4767
3	0.2283	17.0045	0.1239	0.0000	0.0000		17.1284
4	1.2114	90.2288	4.4198	0.0868	0.0000	0.0000	94.7354
5	3.0023	223.6206	23.4521	3.0968	0.0694	0.0000	250.2389
6	5.0857	378.7987	58.1230	16.4319	2.4745	0.0584	455.8865
7	6.9353	516.5626	98.4566	40.7244	13.1301	2.0819	670.9556
8	8.2567	614.9846	134.2639	68.9845	32.5413	11.0471	861.8214
9	8.9802	668.8731	159.8456	94.0732	55.1229	27.3789	1005.2937
9.9	9.1700	683.0100	173.8522	111.9972	75.1703	46.3780	1090.4077
10	9.1682	682.8760	177.5266	121.8110	89.4927	63.2451	1134.9514
11	8.9380	665.7299	177.4918	124.3855	97.3346	75.2953	1140.2371
12	8.4190	627.0732	173.0352	124.3611	99.3918	81.8931	1105.7544
13	7.7221	575.1659	162.9876	121.2386	99.3723	83.6240	1042.3884
14	6.9362	516.6297	149.4960	114.1987	96.8772	83.6076	960.8092
15	6.1265	456.3207	134.2814	104.7457	91.2519	81.5083	868.1080
16	5.3388	397.6504	118.6060	94.0854	83.6983	76.7754	770.8155
17	4.6006	342.6669	103.3565	83.1023	75.1801	70.4201	674.7259
18	3.9284	292.5994	89.0653	72.4176	66.4039	63.2533	583.7395
19	3.3278	247.8649	76.0519	62.4044	57.8662	55.8694	500.0568
20	2.8005	208.5899	64.4245	53.2864	49.8650	48.6861	424.8519
21	2.3429	174.5065	54.2163	45.1396	42.5791	41.9543	358.3958
22	1.9505	145.2793	45.3574	37.9871	36.0694	35.8243	300.5175
23	1.6167	120.4168	37.7607	31.7800	30.3541	30.3472	250.6588
24	1.3352	99.4498	31.2985	26.4574	25.3942	25.5386	208.1385

(Sumber: Hasil Perhitungan)

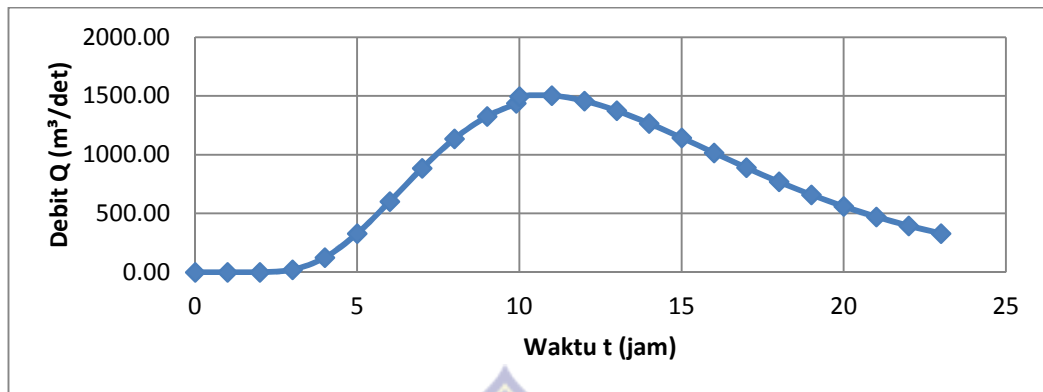


Gambar 59. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 5 Tahun DAS Maros

Tabel 35. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 10 Tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman					Q total (m ³ /dtk)
		R1 91.6367	R2 23.8180	R3 16.6883	R4 13.3350	R5 11.2195	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000				0.0000
2	0.0064	0.5865	0.0000	0.0000			0.5865
3	0.2283	20.9207	0.1524	0.0000	0.0000		21.0731
4	1.2114	111.0087	5.4376	0.1068	0.0000	0.0000	116.5531
5	3.0023	275.1209	28.8531	3.8099	0.0853	0.0000	307.8692
6	5.0857	466.0368	71.5088	20.2162	3.0444	0.0718	560.8780
7	6.9353	635.5280	121.1312	50.1033	16.1540	2.5614	825.4779
8	8.2567	756.6167	165.1850	84.8717	40.0357	13.5913	1060.3004
9	8.9802	822.9159	196.6581	115.7384	67.8178	33.6843	1236.8145
9.9	9.1700	840.3085	213.8904	137.7903	92.4822	57.0590	1341.5304
10	9.1682	840.1436	218.4111	149.8643	110.1031	77.8106	1396.3327
11	8.9380	819.0488	218.3682	153.0317	119.7510	92.6360	1402.8357
12	8.4190	771.4894	212.8853	153.0017	122.2820	100.7534	1360.4118
13	7.7221	707.6278	200.5237	149.1600	122.2579	102.8828	1282.4522
14	6.9362	635.6105	183.9250	140.4988	119.1882	102.8626	1182.0851
15	6.1265	561.4122	165.2064	128.8687	112.2674	100.2799	1068.0346
16	5.3388	489.2300	145.9210	115.7534	102.9742	94.4570	948.3356
17	4.6006	421.5838	127.1595	102.2409	92.4942	86.6381	830.1165
18	3.9284	359.9856	109.5771	89.0955	81.6969	77.8207	718.1758
19	3.3278	304.9486	93.5666	76.7762	71.1929	68.7363	615.2206
20	2.8005	256.6286	79.2615	65.5583	61.3490	59.8987	522.6961
21	2.3429	214.6956	66.7023	55.5353	52.3852	51.6164	440.9348
22	1.9505	178.7374	55.8032	46.7356	44.3762	44.0747	369.7271
23	1.6167	148.1491	46.4570	39.0990	37.3447	37.3363	308.3861
24	1.3352	122.3533	38.5066	32.5505	31.2426	31.4202	256.0732

(Sumber: Hasil Perhitungan)

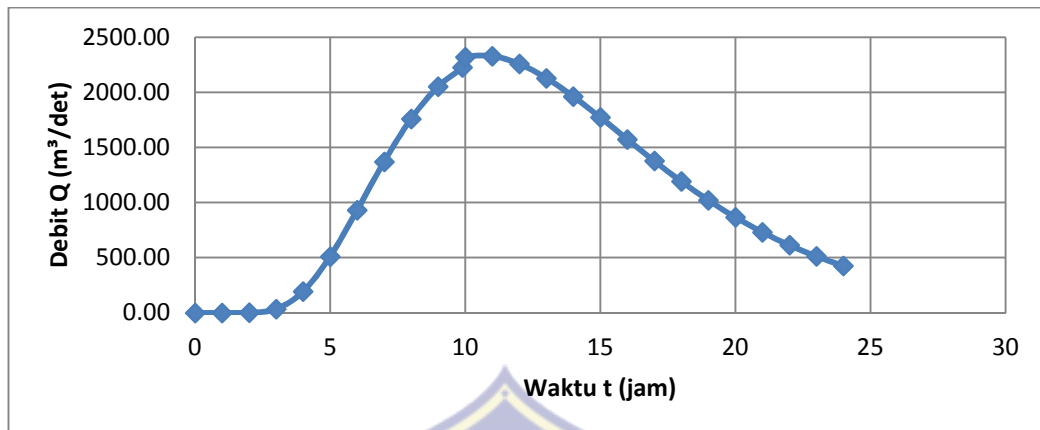


Gambar 60. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 10 Tahun DAS Maros

Tabel 36. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 25 Tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman					Q total (m ³ /dtk)
		R1 118.0492	R2 30.6831	R3 21.4984	R4 17.1785	R5 14.4534	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000				0.0000
2	0.0064	0.7555	0.0000	0.0000			0.7555
3	0.2283	26.9506	0.1964	0.0000	0.0000		27.1470
4	1.2114	143.0048	7.0050	0.1376	0.0000	0.0000	150.1474
5	3.0023	354.4191	37.1695	4.9081	0.1099	0.0000	396.6066
6	5.0857	600.3628	92.1199	26.0432	3.9219	0.0925	722.5403
7	6.9353	818.7066	156.0450	64.5446	20.8100	3.2997	1063.4059
8	8.2567	974.6968	212.7965	109.3344	51.5750	17.5088	1365.9115
9	8.9802	1060.1054	253.3412	149.0979	87.3647	43.3934	1593.3026
9.9	9.1700	1082.5112	275.5404	177.5058	119.1381	73.5057	1728.2012
10	9.1682	1082.2987	281.3640	193.0599	141.8377	100.2387	1798.7990
11	8.9380	1055.1237	281.3088	197.1403	154.2664	119.3374	1807.1766
12	8.4190	993.8562	274.2455	197.1016	157.5268	129.7944	1752.5245
13	7.7221	911.5877	258.3210	192.1527	157.4959	132.5377	1652.0950
14	6.9362	818.8129	236.9380	180.9950	153.5414	132.5117	1522.7990
15	6.1265	723.2284	212.8241	166.0128	144.6258	129.1845	1375.8756
16	5.3388	630.2411	187.9800	149.1172	132.6541	121.6832	1221.6756
17	4.6006	543.0971	163.8109	131.7099	119.1535	111.6106	1069.3820
18	3.9284	463.7445	141.1607	114.7757	105.2441	100.2517	925.1767
19	3.3278	392.8441	120.5355	98.9055	91.7126	88.5488	792.5465
20	2.8005	330.5968	102.1072	84.4543	79.0314	77.1638	673.3535
21	2.3429	276.5775	85.9280	71.5424	67.4840	66.4943	568.0262
22	1.9505	230.2550	71.8874	60.2063	57.1666	56.7787	476.2940
23	1.6167	190.8501	59.8474	50.3686	48.1084	48.0980	397.2725
24	1.3352	157.6193	49.6054	41.9326	40.2475	40.4767	329.8815

(Sumber: Hasil Perhitungan)

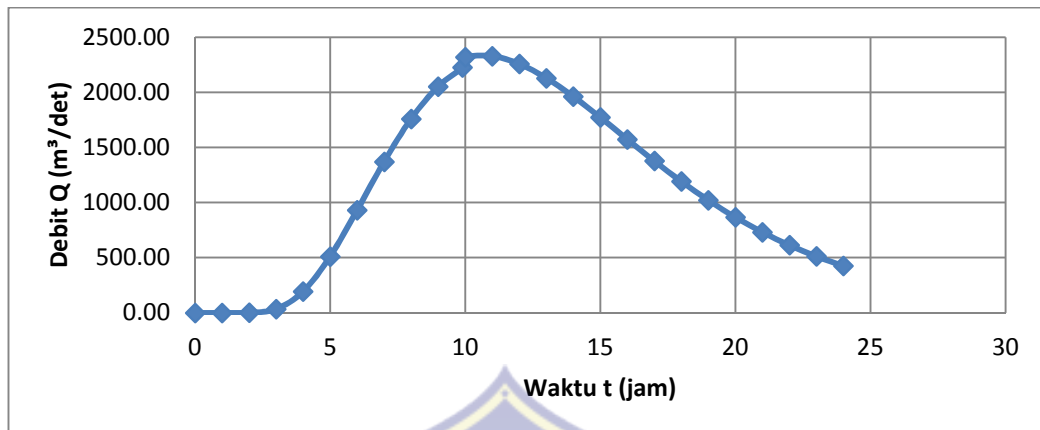


Gambar 61. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 25 Tahun DAS Maros

Tabel 37. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 50 Tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman					Q total (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000				0.0000
2	0.0064	0.9083	0.0000	0.0000			0.9083
3	0.2283	32.4018	0.2361	0.0000	0.0000		32.6379
4	1.2114	171.9299	8.4218	0.1654	0.0000	0.0000	180.5171
5	3.0023	426.1062	44.6877	5.9008	0.1322	0.0000	476.8269
6	5.0857	721.7961	110.7527	31.3108	4.7151	0.1112	868.6859
7	6.9353	984.3035	187.6079	77.5998	25.0192	3.9671	1278.4975
8	8.2567	1171.8454	255.8384	131.4491	62.0068	21.0503	1642.1900
9	8.9802	1274.5293	304.5839	179.2553	105.0355	52.1704	1915.5744
9.9	9.1700	1301.4669	331.2733	213.4093	143.2354	88.3732	2077.7581
10	9.1682	1301.2115	338.2749	232.1094	170.5265	120.5133	2162.6356
11	8.9380	1268.5400	338.2085	237.0152	185.4690	143.4750	2172.7077
12	8.4190	1194.8800	329.7166	236.9686	189.3889	156.0471	2107.0012
13	7.7221	1095.9714	310.5710	231.0187	189.3518	159.3453	1986.2582
14	6.9362	984.4313	284.8629	217.6042	184.5974	159.3140	1830.8098
15	6.1265	869.5133	255.8716	199.5916	173.8784	155.3138	1654.1687
16	5.3388	757.7177	226.0023	179.2786	159.4853	146.2953	1468.7792
17	4.6006	652.9475	196.9446	158.3504	143.2540	134.1854	1285.6819
18	3.9284	557.5445	169.7129	137.9909	126.5312	120.5290	1112.3085
19	3.3278	472.3033	144.9159	118.9108	110.2628	106.4590	952.8518
20	2.8005	397.4654	122.7602	101.5366	95.0167	92.7713	809.5502
21	2.3429	332.5198	103.3085	86.0130	81.1336	79.9437	682.9186
22	1.9505	276.8278	86.4279	72.3840	68.7294	68.2630	572.6321
23	1.6167	229.4527	71.9526	60.5565	57.8390	57.8265	477.6273
24	1.3352	189.5004	59.6389	50.4142	48.3881	48.6637	396.6053

(Sumber: Hasil Perhitungan)

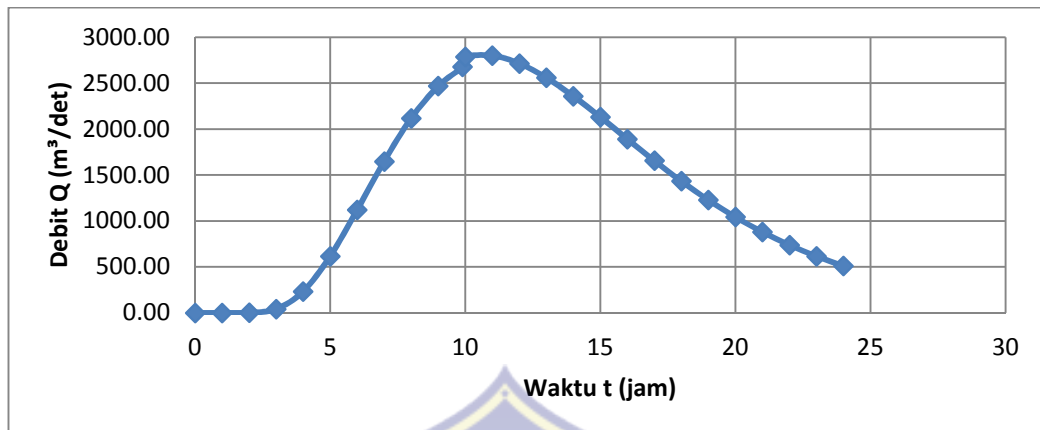


Gambar 62. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 50 Tahun DAS Maros

Tabel 38. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 100 Tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman					Q total (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000				0.0000
2	0.0064	1.0672	0.0000	0.0000			1.0672
3	0.2283	38.0693	0.2774	0.0000	0.0000		38.3467
4	1.2114	202.0025	9.8949	0.1944	0.0000	0.0000	212.0918
5	3.0023	500.6374	52.5041	6.9329	0.1553	0.0000	560.2297
6	5.0857	848.0471	130.1248	36.7874	5.5398	0.1307	1020.6298
7	6.9353	1156.4703	220.4229	91.1729	29.3953	4.6610	1502.1224
8	8.2567	1376.8155	300.5877	154.4410	72.8526	24.7322	1929.4290
9	8.9802	1497.4600	357.8594	210.6091	123.4076	61.2956	2250.6317
9.9	9.1700	1529.1094	389.2171	250.7370	168.2892	103.8307	2441.1834
10	9.1682	1528.8093	397.4434	272.7080	200.3538	141.5925	2540.9070
11	8.9380	1490.4231	397.3654	278.4718	217.9099	168.5704	2552.7406
12	8.4190	1403.8792	387.3881	278.4171	222.5156	183.3416	2475.5416
13	7.7221	1287.6702	364.8938	271.4265	222.4719	187.2166	2333.6790
14	6.9362	1156.6204	334.6889	255.6657	216.8859	187.1798	2151.0407
15	6.1265	1021.6018	300.6267	234.5024	204.2921	182.4800	1943.5030
16	5.3388	890.2518	265.5329	210.6364	187.3814	171.8840	1725.6865
17	4.6006	767.1560	231.3927	186.0477	168.3111	157.6559	1510.5634
18	3.9284	655.0658	199.3978	162.1271	148.6632	141.6108	1306.8647
19	3.3278	554.9150	170.2635	139.7096	129.5492	125.0798	1119.5171
20	2.8005	466.9870	144.2325	119.2965	111.6363	108.9980	951.1503
21	2.3429	390.6816	121.3784	101.0576	95.3250	93.9268	802.3694
22	1.9505	325.2484	101.5453	85.0447	80.7511	80.2030	672.7925
23	1.6167	269.5868	84.5380	71.1485	67.9558	67.9410	561.1701
24	1.3352	222.6463	70.0705	59.2322	56.8519	57.1756	465.9765

(Sumber: Hasil Perhitungan)

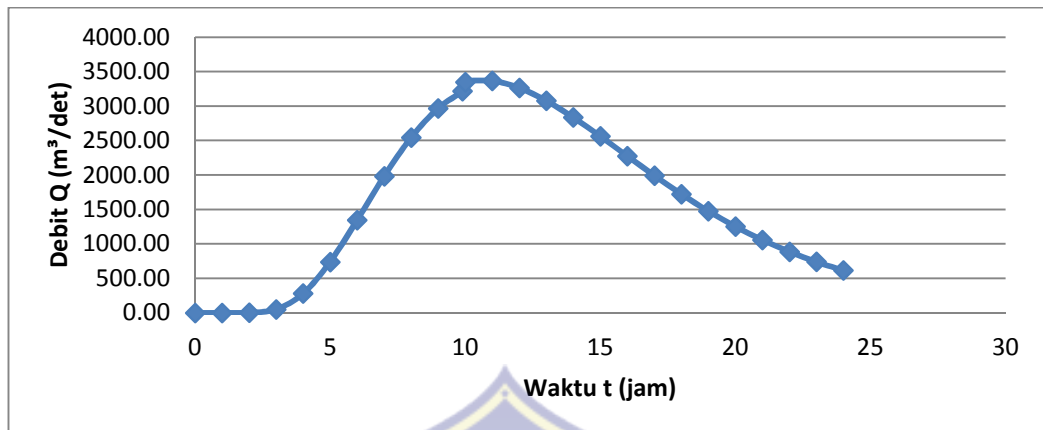


Gambar 63. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 100 Tahun DAS Maros

Tabel 39. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 200 Tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman					Q total (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.0000	0.0000					0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000				0.0000
2	0.0064	1.2538	0.0000	0.0000			1.2538
3	0.2283	44.7271	0.3259	0.0000	0.0000		45.0530
4	1.2114	237.3300	11.6254	0.2283	0.0000	0.0000	249.1837
5	3.0023	588.1920	61.6863	8.1454	0.1825	0.0000	658.2062
6	5.0857	996.3588	152.8816	43.2211	6.5087	0.1535	1199.1237
7	6.9353	1358.7210	258.9715	107.1179	34.5363	5.4762	1764.8229
8	8.2567	1617.6015	353.1559	181.4507	85.5938	29.0575	2266.8594
9	8.9802	1759.3451	420.4435	247.4418	144.9903	72.0153	2644.2360
9.9	9.1700	1796.5295	457.2853	294.5875	197.7212	121.9892	2868.1127
10	9.1682	1796.1769	466.9502	320.4010	235.3936	166.3550	2985.2767
11	8.9380	1751.0775	466.8585	327.1728	256.0201	198.0510	2999.1799
12	8.4190	1649.3983	455.1364	327.1085	261.4312	215.4054	2908.4798
13	7.7221	1512.8660	428.7081	318.8953	261.3799	219.9580	2741.8073
14	6.9362	1358.8973	393.2209	300.3781	254.8170	219.9149	2527.2282
15	6.1265	1200.2659	353.2017	275.5137	240.0206	214.3931	2283.3950
16	5.3388	1045.9446	311.9706	247.4739	220.1524	201.9440	2027.4855
17	4.6006	901.3210	271.8597	218.5849	197.7469	185.2277	1774.7402
18	3.9284	769.6278	234.2695	190.4809	174.6628	166.3765	1535.4175
19	3.3278	651.9619	200.0400	164.1430	152.2060	146.9545	1315.3054
20	2.8005	548.6566	169.4566	140.1598	131.1603	128.0602	1117.4935
21	2.3429	459.0064	142.6057	118.7312	111.9963	110.3532	942.6928
22	1.9505	382.1299	119.3040	99.9179	94.8736	94.2294	790.4548
23	1.6167	316.7338	99.3224	83.5914	79.8406	79.8229	659.3111
24	1.3352	261.5841	82.3248	69.5911	66.7947	67.1748	547.4695

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 64. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Periode Ulang 200 Tahun DAS Maros

4. Data perhitungan analisa HEC-RAS 5.0.3

a. Patok Sungai Maros

P 258	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.32
70.32	20.11
73.77	18.34
77.65	17.32
79.75	15.32
104.2	15.11
111.1	15.32
115.55	16.34
117.64	18.34
120.74	20.32
191.06	20.32

P 253	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.34
104.98	20.12
145.32	20
148.6	18.34
152.75	17.55
154.75	15.65
169.66	15.21
186.56	15.64
189.64	16.45
192.64	18.42
208.53	20.11
313.51	20.34

P 248	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.32
43.23	20.22
47.77	19.34
49.55	17.23
53.57	16.31
57.56	15.34
65.36	14.33
89.55	14.22
91.55	14.44
95.57	16.42
98.66	18.34
112.66	19.33
155.89	20.32

P 243	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.3
45.32	20.2
65.64	19.23
72.63	17.32
75.44	15.34
79.55	14.23
93.55	14.11
104.55	14.33
112.75	15.35
121.85	17.43
132.85	19.45
142.85	20.43
188.17	20.3

P 237	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.33
33.42	20.32
48.65	19.28
52.85	17.29
58.76	15.82
63.85	14.3
82.74	14.2
96.65	14.34
100.84	15.39
111.84	17.43
118.84	19.93
125.76	20.32
159.18	20.33

P 232	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.32
94.33	20.21
114.67	20.24
120.11	18.45
127.54	15.23
133.13	13.78
143.75	13.43
152.65	13.65
158.65	15.38
161.76	18.43
163.34	20.34
193.78	20.44
288.11	20.32

P 227	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.32
59.42	20.11
68.84	19.34
75.85	17.43
86.72	15.56
88.85	13.72
95.95	13.37
107.65	13.66
118.84	15.39
124.84	17.43
134.84	19.33
247.85	20.31

P 222	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.13
89.32	20.1
102.55	19.34
107.64	17.32
114.75	15.32
129.64	13.67
154.74	13.55
162.42	13.78
167.75	15.32
177.74	18.32
284.74	20.31

P 216	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.2
43.23	20.1
63.35	19.23
68.66	17.32
74.57	15.89
83.77	13.52
98.66	13.44
103.66	13.56
114.46	15.89
119.76	17.43
128.66	19.34
137.55	20.34
180.78	20.2

P210	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.34
45.66	20.21
54.89	19.23
57.02	17.34
62.8	15.32
65.91	13.33
99.91	13.22
119.8	13.42
131.91	16.34
142.89	18.43
152.8	19.34
247.03	20.34

P 204	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.32
88.32	20.3
112.64	19.34
115.75	17.43
120.66	15.67
121.77	13.78
141.55	13.44
163.66	13.77
172.64	15.34
175.64	17.32
181.53	19.34
219.52	20.32

P 199	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.21
30.32	20.11
47.64	19.43
60.64	15.32
70.64	14.32
80.64	12.38
93.53	12.11
101.64	12.43
110.64	14.23
122.75	16.32
133.53	18.34
204.55	20.12

P 194	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.45
76.23	20.21
91.46	20.13
96.66	17.24
101.65	14.87
109.35	13.98
121.22	12.66
144.73	12.53
160.35	12.76
163.57	15.82
170.55	18.53
221.66	19.34

P 189	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.33
98.43	20
105.75	20.49
113.75	18.49
117.75	15.72
137.64	13.85
156.75	12.73
172.75	12.55
178.86	12.77
185.86	14.82
192.82	17.82
217.78	20.49
316.21	20.33

P 184	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.32
45.93	20.21
52.25	20.38
57.25	18.45
62.71	15.89
72.25	12.84
78.71	11.83
113.82	11.21
118.38	11.75
124.36	13.88
138.72	16.32
210.16	19.38

P 179	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.43
50.23	20.12
62.57	19.56
74.77	17.32
80.66	14.78
90.65	12.78
97.55	11.73
115.1	11.4
130.55	11.87
148.46	13.54
157.44	17.43
176.55	18.43
253.35	19.56

P 174	
Jarak antar titik (m)	Elevasi tanah asli (m)
0	20.44
84.23	20.32
93.46	19.34
104.11	17.82
109.57	14.33
115.57	12.87
124.57	11.34
143.57	11.21
148.46	11.44
156.35	13.54
159.57	16.83
164.57	18.45
207.68	19.34

b. Lebar Sungai Maros

b
191.06
313.51
155.89
188.17
125.76
288.11
247.85
284.74
180.78
247.03
219.52
204.55
221.66
316.21
210.16
253.35
207.68
226.82529

c. Koefisien Manning

n
0.025

d. Jarak antar patok Sungai Maros

NO PATOK	JARAK LANGSUNG
P 258	254.5
P 253	301.86
P 248	280.11
P 243	283.85
P 237	286.33
P 232	298.91
P 227	264.81
P 222	269.3
P 216	263.06
P210	273.03
P 204	254.96
P 199	256.6
P 194	273.52
P 189	253.77
P 184	276.77
P 179	263.91
P 174	319.84
	275.0076471

e. Data debit maksimum Sungai Maros

No	Kala Ulang (Tahun)	Metode HSS Nakayasu (m^3/dtk)
1	2	753,2403
2	5	1047,9040
3	10	1339,4845
4	25	1725,5877
5	50	2074,6553
6	100	2494,2643
7	200	2998,7780

5. Desain Hidroulik Tanggul untuk Patok 258

a. Tinggi Muka Air Normal (h)

Tinggi muka air normal ditentukan berdasarkan tampungan sungai dan debit desain. Debit desain dapat dihitung dengan cara debit yang ada dikalikan dengan 24 x 60 x 60.

➤ Contoh perhitungan untuk Patok 258 (Sta.00+02 km) :

$$\begin{aligned}
 & 753,2403 \times 24 \times 60 \times 60 & 1339,4845 \times 24 \times 60 \times 60 \\
 & = \frac{6}{1} \frac{,9}{1} & = \frac{1}{1} \frac{6,8}{1} \\
 & = 65,08 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^6 & = 115,73 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^6 \\
 & 1047,904 \times 24 \times 60 \times 60 & 1725,5877 \times 24 \times 60 \times 60 \\
 & = \frac{9}{1} \frac{,6}{1} & = \frac{1}{1} \frac{,3}{1} \\
 & = 90,54 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^6 & = 149,09 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^6
 \end{aligned}$$

No.	Periode Ulang (Tahun)	Debit Desain	
		m ³ /detik	m ³ /hari
1	2	753.2403	65.08
2	5	1047.904	90.54
3	10	1339.4845	115.73
4	25	1725.5877	149.09

(Sumber : Hasil perhitungan)

Debit banjir yang terbesar adalah Q25 sebesar 149,09 m³/hari

Elevasi muka air normal di dapat dari hasil interpolasi :

$$Q_{25} = 15,11 \frac{(1,7 - 1,3)}{(1,7 - 1,3)} \times (20,32 - 15,11)$$

$$= 19,35 \text{ m}^3/\text{hari} \sim 19,40 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Berada antara elevasi +15,11 m dan elevasi +20,32 m dengan menggunakan rumus interpolasi diperoleh elevasi muka air normal +19,35.

$$\text{Tinggi muka air normal (h}_0) = \text{El}_{\text{MAN}} - \text{El.tanah}$$

$$= 20,32 - 20,11$$

$$= 0,21 \text{ m} \sim 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi muka air banjir (h)} = \text{El}_{\text{MAB}} - \text{El.tanah}$$

$$= 22,28 - 20,32$$

$$= 1,96 \text{ m} \sim 2,00 \text{ m}$$

Volume air akibat debit desain (V_t)

$$V_t = \frac{1}{2} \times (Q_n + Q_{n+t}) \times t$$

Dimana : V_t = Volume air akibat debit desain

Q_n = Debit periode awal

Q_{n+t} = Debit periode awal tertinggi

$$V_t = \frac{1}{2} \times (Q_n + Q_{n+t}) \times t$$

$$V_t = \frac{1}{2} \times (753,24030 + 1725,58770) \times 25,0$$

$$V_t = 30985,35 \text{ m}^3$$

6. Dimensi Hidrolis Tanggul

a. Tinggi jagaan tanggul

Tinggi jagaan tanggul dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$H_f = h + \frac{he}{2} = h_a + h_i$$

Untuk menentukan kenaikan permukaan air akibat banjir abnormal (h) adalah sebagai berikut ;

$$h = \frac{2}{3} \times \frac{Q_0}{Q} \times \frac{h}{1 + \frac{A \times h}{Q \times T}}$$

$$Q_0 = 1339,48 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q = 1849,02 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$h = 1,75 \text{ m} \sim 1,80 \text{ m}$$

$$h = h_1 - h_0$$

$$= 1,96 - 0,21$$

$$= 1,75 \text{ m} \sim 1,80 \text{ m}$$

$$A = 529,38 \text{ m}^2$$

$$T = 1 \text{ Jam} = 3600 \text{ detik}$$

$$h = \frac{2}{3} \times \frac{Q_0}{Q} \times \frac{h}{1 + \frac{A \times h}{Q \times T}}$$

$$h = \frac{2}{3} \times 0,8 \times \frac{1,4}{1,5} \times \frac{1,7}{1 + \frac{5,3 \times 1,7}{1,5 \times 3}}$$

$$h = 0,724 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$$

Menentukan tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa (he)

$$h_e = \frac{e \times T}{\lambda} \sqrt{g \times h_0}$$

diketahui :

$$e = 0,11 - 0,25 \text{ diambil } 0,10$$

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

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h_0 = 0,21 \text{ m}$$

$$h_e = \frac{e x T}{\pi} \sqrt{g x h_0}$$

$$h_e = \frac{0,1 \times 1}{3,1} \sqrt{9,81 \times 0,21}$$

$$h_e = 0,046 \text{ m}$$

jadi untuk tinggi jagaan tanggul:

$$H_f = h + \frac{h_e}{2} + h_a$$

$$H_f = 0,676 + \frac{0,0}{2} + 0,5$$

$$H_f = 1,247 \sim 1 \text{ m}$$

b. Tinggi Puncak Tanggul (H)

$$H = \text{el.puncak} - \text{el.tanah}$$

Diketahui :

$$\text{Elevasi tanah} = +20,32$$

$$\text{Elevasi MAB} = +22,28$$

$$\text{Elevasi puncak} = \text{elevasi MAB} + 1 \text{ m}$$

$$= 23,28$$

$$H = \text{el.puncak} - \text{el.tanah}$$

$$= 23,28 - 20,32$$

$$= 2,96 \text{ m} \sim 3,00 \text{ m}$$

c. Lebar Mercu Tanggul (b)

$$\begin{aligned} b &= 3,6 \times H - 3,0 \\ &= 3,6 \times 1,96 - 3,0 \\ &= 4,06 \text{ m} \sim 4 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Lebar Tanggul (L)

$$\begin{aligned} L &= 3H + b \\ &= 3 \times 1,96 + 4,06 \\ &= 9,94 \text{ m} \sim 9,90 \text{ m} \end{aligned}$$

e. Kemiringan Lereng Tanggul

Tanggul ini direncanakan dengan kemiringan

$$\text{Hulu} = 1 : 1$$

$$\text{Hilir} = 1 : 1$$

f. Perhitungan Garis depresi

untuk zone kedap air di rencanakan sebagai berikut :

$$H = 1,96 \text{ m} \sim 2,00 \text{ m}$$

$$H_0 = 0,21 \sim 0,20 \text{ m}$$

$$b = 4,06 \sim 4 \text{ m}$$

$$\text{a. } L_0 = \frac{2}{3} \times H + b$$

$$= \frac{2}{3} \times 1,96 + 4,06$$

$$= 5,36 \text{ m} \sim 5,40 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } L_1 &= 0,3 \times H - \frac{1}{2} \times H \\
 &= 0,3 \times 1,96 - \frac{1}{2} \times 1,96 \\
 &= 0,59 - 0,98 \\
 &= 0,49 \text{ m} \sim 0,50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } L_2 &= L_0 - L_1 \\
 &= 5,36 - 0,49 \\
 &= 4,87 \text{ m} \sim 4,90 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. } d &= 0,3 \times L_1 + L_2 \\
 &= 0,3 \times 0,49 + 4,87 \\
 &= 5,02 \text{ m} \sim 5,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e. } y_0 &= \sqrt{(h^2 + d^2)} - d \\
 &= \sqrt{(0,21^2 + 5,02^2)} - 5,02 \\
 &= 0,001 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{f. } y_1 &= \sqrt{2 \times y_0 \times X + y_0^2} \\
 &= \sqrt{2 \times 0,001 \times 2,5 + 0,001^2} \\
 &= 0,15 \text{ m} \sim 0,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2 &= \sqrt{2 \times y_0 \times X + y_0^2} \\
 &= 0,21 \text{ m} \sim 0,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai h selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan terdapat pada table di bawah ini :

x	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5
y	0.00	0.1483	0.2	0.257	0.296467	0.3315	0.4	0.4

(Sumber : Hasil perhitungan)

6. Perhitungan Stabilitas Lereng Tanggul Pada Saat Muka Air Banjir

Diketahui : H = 1,96 m ~ 2,00 m

$$L = 9,94 \text{ m} \sim 9,90 \text{ m}$$

$$B = 4,06 \text{ m} \sim 4,00 \text{ m}$$

$$L_i = L - (0,5 L + 0,5 b)$$

$$= 9,94 - (0,5 \times 9,94 + 0,5 \times 4,06)$$

$$= 9,94 - (4,97 + 2,03)$$

$$= 2,94 \text{ m} \sim 2,90 \text{ m}$$

$$\tan i = \frac{H}{L}$$

$$= \frac{1,9}{2,9}$$

$$= 0,67$$

$$i = 33,69^\circ$$

Jarak AB

$$AB = \frac{H}{S \cdot i}$$

$$= \frac{1,9}{S \cdot 3,6}$$

$$AB = 3,53 \text{ m} \sim 3,50 \text{ m}$$

Maka Jari-jari (R)

$$R = \frac{\frac{1}{2} \times A}{s \cdot \theta / 2}$$

Untuk θ daerah hulu dan hilir = $26,57^\circ$

Untuk hulu :

Untuk hilir :

$$R = \frac{\frac{1}{2} \times A}{s \cdot 3,6 / 2}$$

$$R = \frac{\frac{1}{2} \times A}{s \cdot 3,6 / 2}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times 3,5}{s \cdot 3,6 / 2}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times 3,5}{s \cdot 3,6 / 2}$$

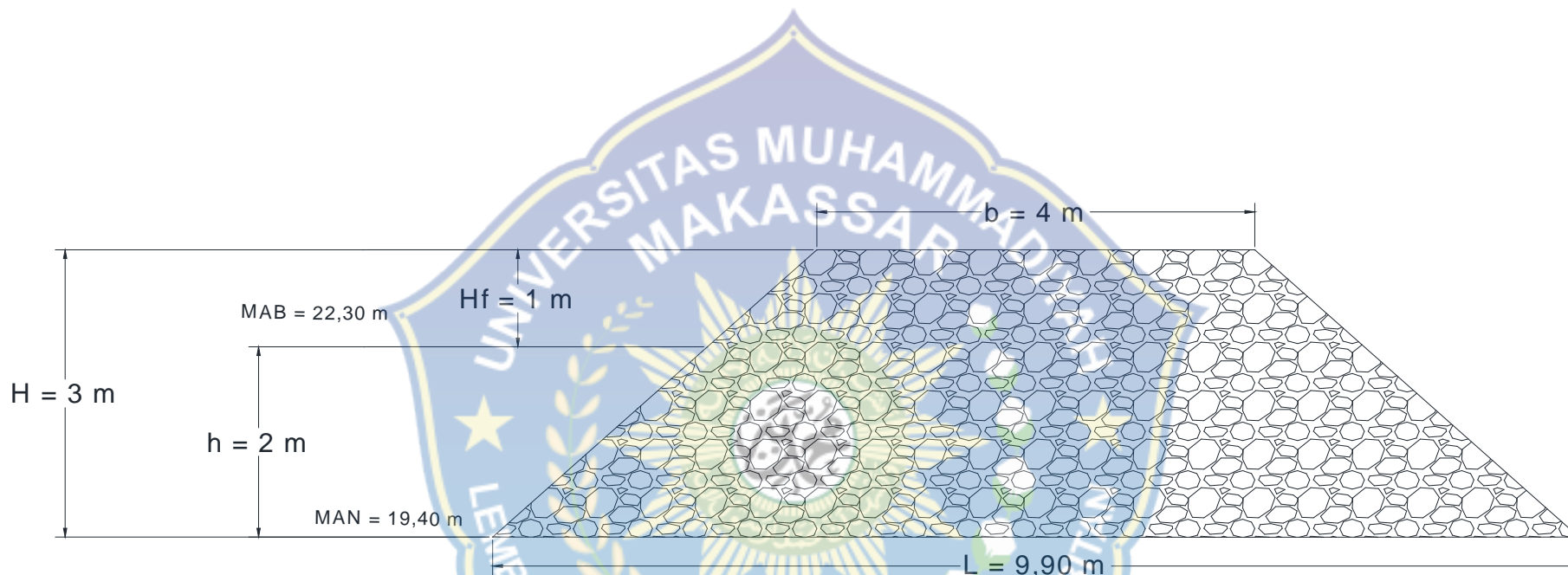
$$= \frac{1,7}{s \cdot 1,8}$$



$$= \frac{1,7}{s \cdot 1,8}$$

$$= 6,10 \text{ m}$$

$$= 6,10 \text{ m}$$

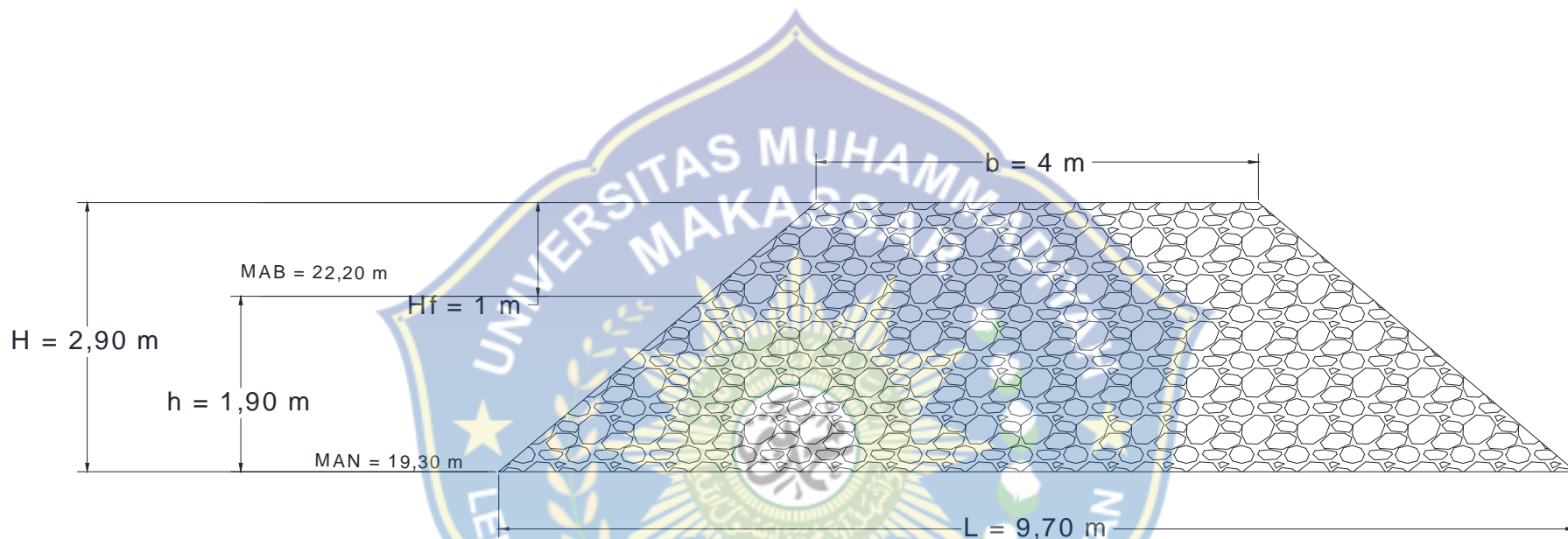
Untuk perhitungan tanggul untuk patok 253 sampai patok 222 perhitungannya sama dengan cara di atas.



KETERANGAN	
Hulu 1:1 	Hilir 1:1 

SKETSA DIMENSI TANGGUL SUNGAI MAROS P258

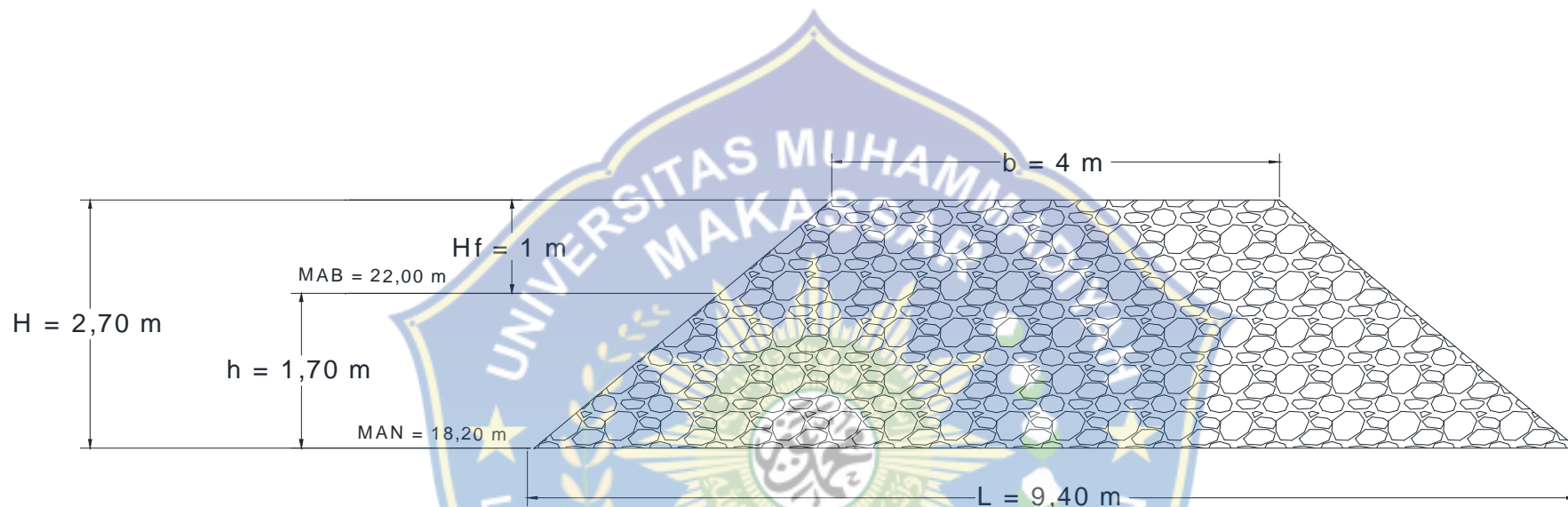
Skala : 1 : 50



SKETSA DIMENSI TANGGUL SUNGAI MAROS P253

Skala : 1 : 50

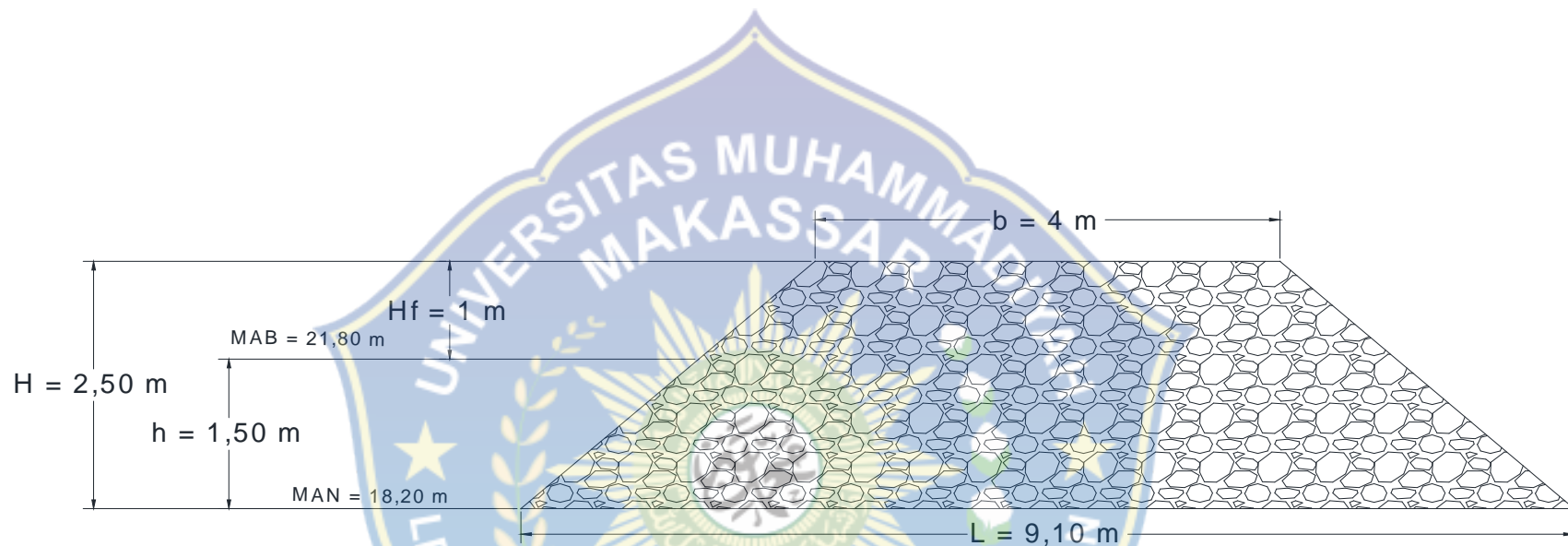
KETERANGAN	
Hulu 1:1 	Hilir 1:1 



SKETSA DIMENSI TANGGUL SUNGAI MAROS P248

Skala : 1 : 50

KETERANGAN	
Hulu 1:1 	Hilir 1:1 



SKETSA DIMENSI TANGGUL SUNGAI MAROS P243

Skala : 1 : 50

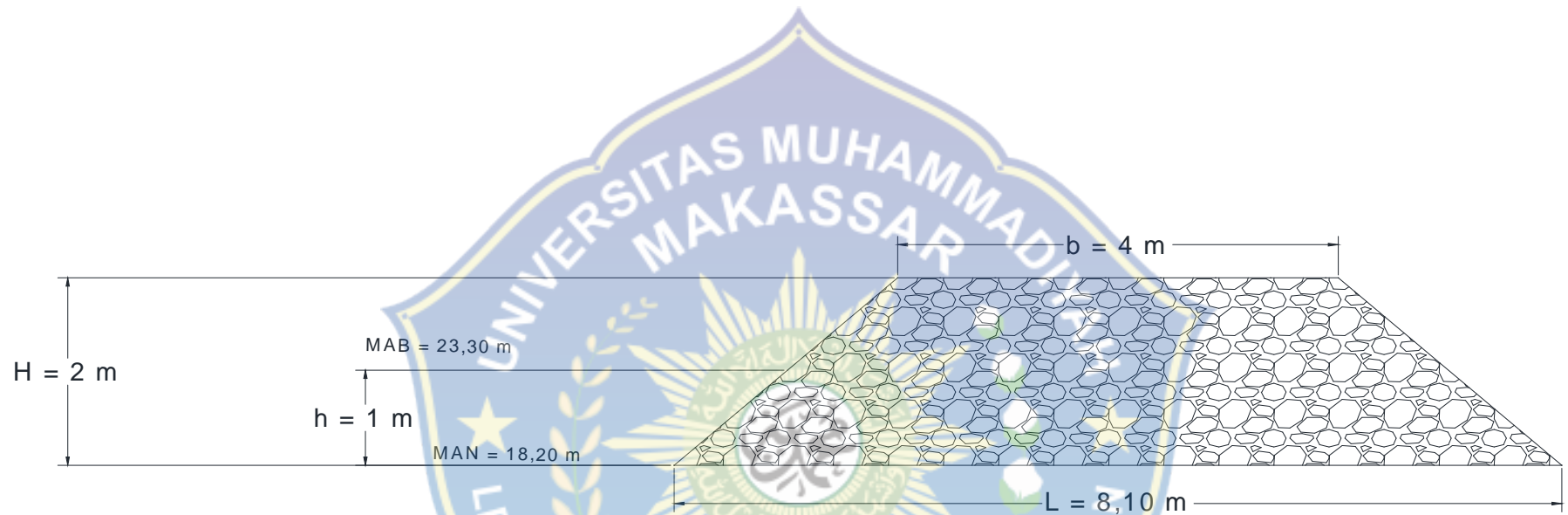
KETERANGAN	
Hulu 1:1 	Hilir 1:1



SKETSA DIMENSI TANGGUL SUNGAI MAROS P237

Skala : 1 : 50

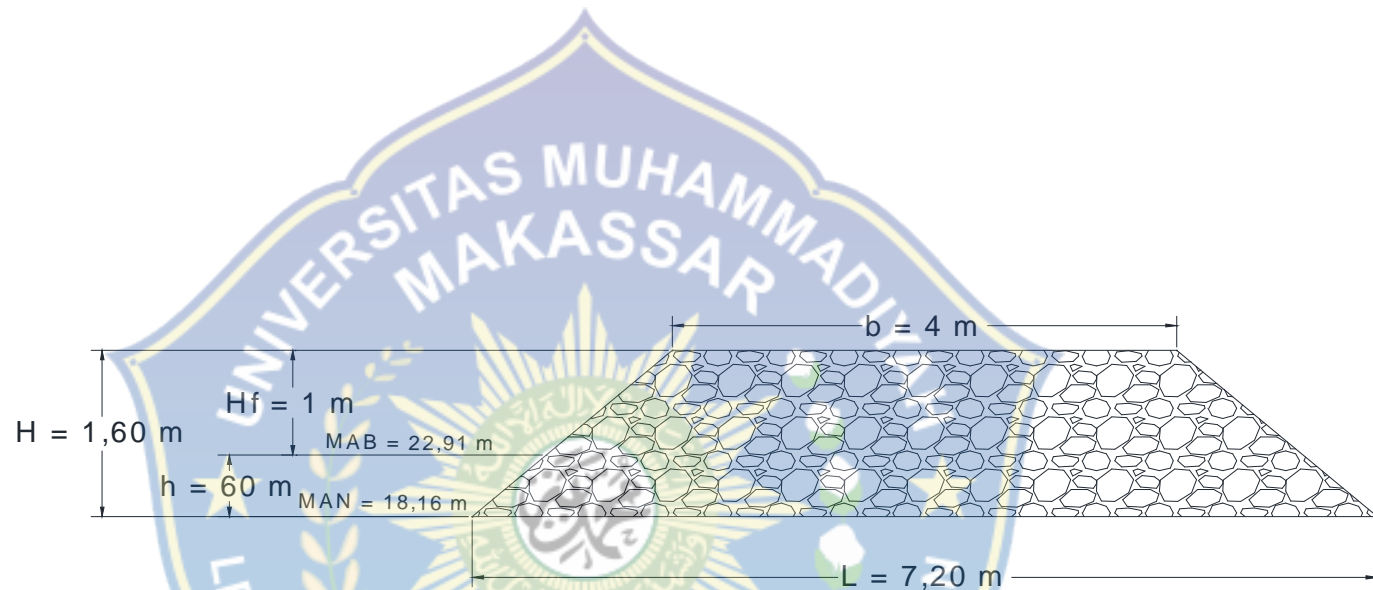
KETERANGAN	
Hulu 1:1 	Hilir 1:1



SKETSA DIMENSI TANGGUL SUNGAI MAROS P232

Skala : 1 : 50

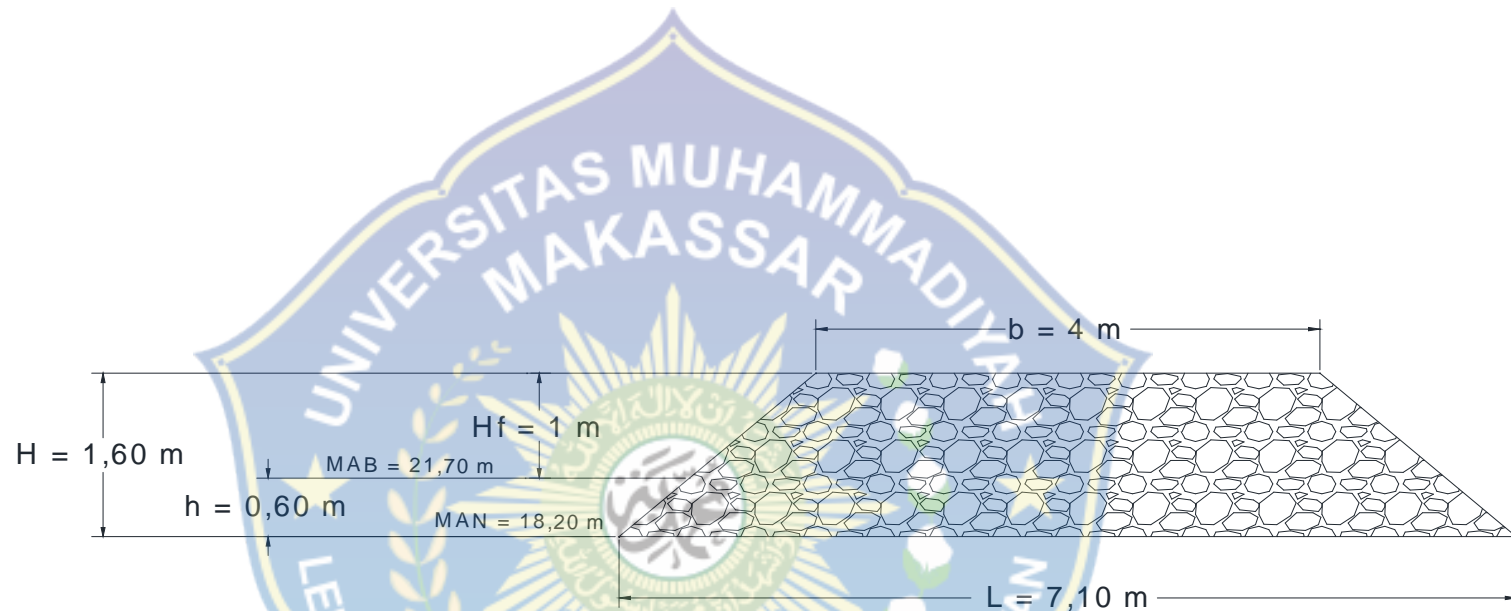
KETERANGAN	
Hulu 1:1 	Hilir 1:1 



SKETSA DIMENSI TANGGUL SUNGAI MAROS P227



Skala : 1 : 50

KETERANGAN	
Hulu 1:1 	Hilir 1:1



SKETSA DIMENSI TANGGUL SUNGAI MAROS P222

Skala : 1 : 50

KETERANGAN	
Hulu 1:1 	Hilir 1:1 



Dinding Penahan menuju ke hulu
sebelah kiri sungai Maros



Dinding Penahan menuju ke hulu
sebelah kiri sungai Maros



Dinding Penahan menuju ke hilir
sebelah kiri sungai Maros



Dinding Penahan menuju ke hilir
sebelah kiri sungai Maros



Sungai Maros menuju ke Hulu



Sungai Maros menuju ke Hilir



Keadaan sungai menuju ke hulu sungai Maros



Keadaan sungai menuju ke hilir sungai Maros



Proses wawancara dengan Masyarakat bagian hilir sekitaran sungai Maros



Proses wawancara dengan Masyarakat bagian hilir sekitaran sungai Maros



Proses wawancara dengan Masyarakat bagian hulu sekitaran sungai Maros



Proses wawancara dengan Masyarakat bagian hulu sekitaran sungai Maros