

SKRIPSI

ANALISIS GENANGAN BANJIR MENGGUNAKAN HEC-RAS 6.0

DI SUNGAI PAPPa KELURAHAN PATTENE KAB. TAKALAR



PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022

**FLOOD ANALYSIS USING HEC-RAS 6.0 IN THE PAPPA RIVER,
PATTENE KELURAHAN KAB. TAKALAR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Pengairan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar

Disusun dan Diajukan Oleh:

MUH. SYAKIR ANSHARI RIDWAN

105 81 11275 17

ANDIKA PUTRA SALDI

105 81 11181 17

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

2022

No. Urut	07/02/2022
No. Absen	1 reg
Jumlah	Smk. Alami
Harus	
No. K	
No. S	
No. P	
No. R	R/0017/SLP/22CP
No. A	AID
No. F	F



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

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muh. Syakir Anshari Ridwan** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11275 17 dan **Andika Putra Saldi** dengan nomor induk mahasiswa 105 81 11181 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/22201/091004/2022, 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 29 Januari 2022

Makassar, 27 Jumadil Akhir 1443 H
29 Januari 2022 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji :

a. Ketua : Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM.

b. Sekretaris : Dr. Fithriyah Arief Wangsa, ST., MT.

3. Anggota : 1. Mahmuddin, ST., MT., IPM.

2. M. Agusalm, ST., MT.

3. Indriyanti, ST., MT.

Mengetahui:

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M. Sc.

Pembimbing II

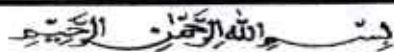
Farida Gaffar, ST., MM., IPM.



Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM.

NBM : 759 108



HALAMAN PERSETUJUAN

gas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana
knik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
iversitas Muhammadiyah Makassar.

dul Skripsi : **ANALISIS GENANGAN BANJIR MENGGUNAKAN HEC-RAS 6.0**
DISUNGAI PAPPAL KELURAHAN PATTENE KAB. TAKALAR

ma : **MUH. SYAKIR ANSHARI RIDWAN**
ANDIKA PUTRA SALDI

p. Stambuk : 105 81 110275 17

105 81 11181 17

Makassar, 29 Januari 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

r. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M. SC

Pembimbing II

Farida Gaffar, ST., MM., IPM

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan

M. Agusafim / S.T., M.T

NBM : 947 993

ANALISIS GENANGAN BANJIR MENGGUNAKAN HEC-RAS 6.0 DISUNGAI PAPPa KELURAHAN PATTENE KAB. TAKALAR

¹Muh. Syakir Anshari Ridwan, ²Andika Putra Saldi

^{1,2}Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No.259

Email : ¹syakiranshari@gmail.com, ²andikaputrasaldi25@gmail.com

Abstrak

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di beberapa daerah khususnya di Indonesia, dimana Indonesia mempunyai iklim tropis serta memiliki curah hujan yang tinggi pada musim penghujan dan inilah yang memungkinkan banjir serta puluapan air di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi banjir yang terjadi di Kelurahan Pattene sungai Pappa kabupaten Takalar dan untuk mengetahui solusi pengendalian banjir yang tepat pada aliran sungai Pappa. Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Digunakan pada penelitian ini yaitu : curah hujan, debit banjir, lokasi yang terdampak banjir menggunakan HEC-RAS 6.0. Dari hasil analisis debit banjir rencana untuk sungai Pappa menggunakan metode HSS Nakayasu dapat disimpulkan bahwa debit maksimal untuk setiap kala ulang didapatkan untuk Q2 = 565.20 m³/dtk, untuk Q5 = 660.45 m³/dtk, untuk Q10 = 768.11 m³/dtk, untuk Q25 = 947.00 m³/dtk, untuk Q50 = 965.50 m³/dtk, untuk Q100 = 1038.34 m³/dtk, untuk Q200 = 1106.73 m³/dtk dan luasan yang tergenang banjir pada wilayah percobaan yakni untuk kala ulang 2 tahunan sebesar 2.140023 km² dan pada kala ulang 5 tahunan sebesar 2.188068 km², pada kala ulang 10 tahunan sebesar 2.225266 km², pada kala ulang 25 tahunan sebesar 2.268495 km², pada kala ulang 50 tahunan sebesar 2.272319 km² pada kala ulang 100 tahunan sebesar 2.288776 km² dan pada kala ulang 200 sebesar 2.304914 km². Berdasarkan hasil perhitungan luasan yang tergenang banjir lebih besar berada pada kala ulang 200 dibandingkan dengan kala ulang 2 tahunan.

Kata Kunci : Banjir, HEC-RAS 6.0, Sungai

Abstract

Floods are one of the natural disasters that often occur in several areas, especially in Indonesia, where Indonesia has a tropical climate and has high rainfall during the rainy season and this is what allows floods and overflows of water along the Watershed (DAS). The purpose of this study was to determine the potential for flooding that occurred in the Pattene sub-district of the Pappa river, Takalar district and to determine the appropriate flood control solution in the Pappa river flow. In this study using a quantitative method. Used in this study, namely: rainfall, flood discharge, locations affected by floods using HEC-RAS 6.0. From the analysis of the planned flood discharge for the Pappa river using the Nakayasu HSS method, it can be concluded that the maximum discharge for each return period is obtained for Q2 = 565.20 m³/s, for Q5 = 660.45 m³/s, for Q10 = 768.11 m³/s, for Q25 = 947.00 m³/s, for Q50 = 965.50 m³/s, for Q100 = 1038.34 m³/s, for Q200 = 1106.73 m³/s and the area that is flooded in the experimental area is 2.140023 2 and for the 5-year return period 2.188068 2, 2.225266 2 on the 10-year return period, 2.268495 2 on the 25th year return, 2.272319 2 on the 50th year return period of 2.288776 2 and 2.304914 2

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun tugas akhir yang berjudul "ANALISIS GENANGAN BANJIR MENGGUNAKAN HEC-RAS 6.0 DI KELURAHAN PATTENE SUNGAI PAPPa TAKALAR"

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga tugas akhir ini dapat selesai. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada:

1. Kedua Orang Tua kami yang selalu memberi dukungan secara moral maupun material dan doa kepada kami.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
3. Bapak M. Agusalim, S.T., M.T. sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

4. Ibu Dr.Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Sc. sebagai pembimbing I dan Ibu Farida Gaffar, S.T., M.M. IPM. sebagai pembimbing II yang sabar memberikan bimbingan dalam menyelesaikan proposal penelitian.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Suadara/Saudari kami di FAKULTAS TEKNIK Jurusan Pengairan, AKURASI 2017 khususnya kelas D dan F yang telah berjuang bersama dan selalu memberikan doa serta dukungan kepada kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan proposal penelitian yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta Bangsa dan Negara Amin. *"Billahi Fii Sabill Haq Fastabikul Khaerat"*

Makassar, 2022

Tim Penulis

on the 200th return period. Based on the calculation of the area that is inundated by floods, it is greater at the 200 return period compared to the 2 year return period.

Keywords : Flood, HEC-RAS 6.0, River.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	6
B. Sungai.....	7
C. Banjir.....	11
1. Banjir Air.....	12
2. Banjir (Cileuncang).....	12
3. Banjir Rob (Laut Pasang).....	12
4. Banjir Bandang.....	13
5. Banjir Lahar.....	13
6. Banjir Lumpur.....	13

D. Hidrologi	14
1. Hujan Rerata.....	14
2. Distribusi Curah Hujan	16
3. Intensitas Curah Hujan.....	18
4. Koefisien Limpasan	18
5. Debit Banjir Rencana.....	19
6. Hidrolika	22
7. HEC-RAS.....	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
A. Lokasi Penelitian	25
B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data.....	26
1. Jenis Penelitian.....	26
2. Sumber Data.....	26
C. Variabel Penelitian.....	26
D. Teknik Pengumpulan Data.....	28
E. Prosedur Penelitian.....	29
1. Analisis Hidrologi.....	29
2. Analisis Penampang Sungai menggunakan HEC-RAS.....	29
a. Membuat File Project HEC-RAS	29
b. Input Data Geometri Sungai.....	31
c. Input Data Unsteady Flow.....	33
d. Melakukan Run Unsteady Flow untuk Data yang Sudah dimasukkan.....	35
E. Bagan Alur Penelitian.....	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. Analisis Hidrologi	39
1. Penentuan Daerah Aliran Sungai	39
2. Perhitungan Curah Hujan Rerata menggunakan Metode Polygon Thiessen	40
3. Perhitungan Dispersi	43
4. Perhitungan Curah Hujan Rencana menggunakan Log Pearson Type III	45
5. Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-jaman	47
6. Perhitungan Debit Banjir Rencana menggunakan HSS Nakayasu	49
B. Hasil Penampang dan Profil Muka Air Sungai UnSteady Flow menggunakan HEC-RAS 6.0	55
C. Analisis Daerah Genangan Banjir Sungai Pappa	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
A. Kesimpulan	69
B. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Aliran Sungai.....	8
Gambar 2. Profil Melintang Penampang Sungai.....	9
Gambar 3. Peristiwa Banjir.....	11
Gambar 4. Hidrograf Satuan Metode Nakayasu.....	21
Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian.....	25
Gambar 6. Tampilan Utama Aplikasi HEC-RAS.....	29
Gambar 7. Tampilan Pengisian Nama Project Aplikasi HEC-RAS.....	30
Gambar 8. Tampilan Pengaturan System Unit pada Aplikasi HEC-RAS.....	31
Gambar 9. Tampilan untuk Import Data dari Arcgis ke HEC-RAS.....	31
Gambar 10. Tampilan Input Data Cross Section Sungai pada HEC-RAS.....	32
Gambar 11. Tampilan Geometri Sungai pada HEC-RAS.....	32
Gambar 12. Tampilan Input Data untuk Unsteady Flow.....	33
Gambar 13. Tampilan Input Data Boundary Condition Flow Hidrograf.....	34
Gambar 14. Tampilan Input Data Boundary Condition Flow Hidrograf.....	34
Gambar 15. Tampilan Jendela Initial Condition.....	35
Gambar 16. Tampilan Analisi Projek Unsteady Flow pada HEC-RAS.....	36
Gambar 17. Proses Run Project Selesai pada HEC-RAS.....	37
Gambar 18. Bagan Alur Penelitian.....	38
Gambar 19. Peta Daerah Aliran Sungai Pappa.....	39
Gambar 20. Grafik HSS Nakayasu DAS Pappa.....	52
Gambar 21. Grafik HSS Nakayasu DAS Pappa.....	54
Gambar 22. Hasil Output Running Unsteady Flow Profil Melintang RS 76 dan RS	

28	55
Gambar 23. Hasil Output Running Unsteady Flow Profil Melintang RS 77 dan RS 19	56
Gambar 24. Hasil Output Running Unsteady Flow Profil Melintang RS 73 dan RS 18	57
Gambar 25. Hasil Output Running Unsteady Flow Profil Melintang RS 74 dan RS 20	58
Gambar 26. Hasil Output Running Unsteady Flow Profil Melintang RS 78 dan RS 43	59
Gambar 27. Hasil Output Running Unsteady Flow Profil Melintang RS 74 dan RS 19	60
Gambar 28. Hasil Output Running Unsteady Flow Profil Melintang RS 70 dan RS 28	61
Gambar 29. Hasil Banjir Periode Kala Ulang 2 Tahun	64
Gambar 30. Hasil Banjir Periode Kala Ulang 5 Tahun	65
Gambar 31. Hasil Banjir Periode Kala Ulang 10 Tahun	65
Gambar 32. Hasil Banjir Periode Kala Ulang 25 Tahun	66
Gambar 33. Hasil Banjir Periode Kala Ulang 50 Tahun	66
Gambar 34. Hasil Banjir Periode Kala Ulang 100 Tahun	67
Gambar 35. Hasil Banjir Periode Kala Ulang 200 Tahun	67
Gambar 36. Grafik luas keseluruhan genangan banjir kala ulang tahunan	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Koefisien Limpasan	19
Tabel 2. Pengukuran Menggunakan Polygon Thiessen	40
Tabel 3. Perhitungan Hujan Rerata Model Polygon Thiessen	41
Tabel 4. Analisis Frekuensi Curah Hujan	43
Tabel 5. Perhitungan Dispersi	44
Tabel 6. Parameter Uji Statistik Pemilihan Jenis Distribusi	44
Tabel 7. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III	45
Tabel 8. Parameter Untuk Log Pearson Type III	46
Tabel 9. Nilai Cs Log Pearson Type III yang Telah di Interpolasi	46
Tabel 10. Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III	47
Tabel 11. Nilai Distribusi Jam-jaman Metode Mononobe	47
Tabel 12. Perhitungan Hujan Netto	48
Tabel 13. Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-Jaman	48
Tabel 14. Perhitungan Parameter Metode Nakayasu	49
Tabel 15. Perhitungan Metode Nakayasu	50
Tabel 16. Tabel Rekap Perhitungan Nakayasu di Setiao Kala Ulang Tahun	53
Tabel 17. Rekap Kapasitas Penampang Sungai Dalam Menampung Debit Banjir Rencana	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Curah Hujan Stasiun Malolo	73
Lampiran 2. Curah Hujan Stasiun Pappa	74
Lampiran 3. Curah Hujan Stasiun Pamukkulu	75
Lampiran 4. Curah Hujan Stasiun Jenemaring	76
Lampiran 5. Tabel Distribusi Log Person III untuk Koefisien Kemencengan (C_s)	77
Lampiran 6. Gambar Penampang Keseluruhan Unsteady Flow	78
Lampiran 7. Tabular Output Penampang Q2, Q5, Q10, Q25, Q50, Q100, Q200	105
Lampiran 8. Nilai Kekasaran Manning Berdasarkan Dinding Alur Sungai	121

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai adalah badan air alamiah tempat mengalirnya air hujan dan air buangan menuju laut dan tempat bersemayamnya biotik dan abiotik. Sesuai dengan fungsi dan manfaatnya bagi kehidupan manusia, sungai harus dilindungi dan dijaga kelestariannya ditingkatkan fungsi dan manfaatnya serta dikendalikan daya rusaknya terhadap lingkungan fungsi sungai sebagai pemulih kualitas air perlu dijaga dengan tidak membebani zat pencemar yang melebihi kemampuan pemulihan alami air sungai. Sungai sebagai penyalur banjir perlu diantisipasi agar tidak menimbulkan kerugian bagi aktivitas masyarakat di sekitar aliran sungai.

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di beberapa daerah khususnya di Indonesia, dimana Indonesia mempunyai iklim tropis serta memiliki curah hujan yang tinggi pada musim penghujan dan inilah yang memungkinkan banjir serta puluapan air di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS).

Banjir pada aliran sekitar sungai biasanya terjadi akibat penampang sungai tidak mampu menampung sehingga air sungai meluap dan menggenangi daerah di sekitarnya (Agung Tejo Kusuma dkk.)

Upaya yang dapat dilakukan akibat luapan sungai dapat dilakukan melalui perencanaan pengendalian banjir yang tepat. Hal ini dapat kita tempuh melalui

serangkaian analisis mengenai dampak genangan banjir terhadap daerah-daerah di sekitaran DAS (Daerah Aliran Sungai) (M.Baitullah Al Amin).

Hidrograf satuan sintetis (HSS) adalah salah satu perhitungan debit puncak yang menggunakan karakteristik DAS sebagai parameternya. Terdapat banyak model HSS yang telah dikembangkan untuk mengatasi ketersediaan data di wilayah-wilayah yang akan dikaji. HSS Nakayasu merupakan salah satu metode yang sering digunakan. HSS Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Socimarno, 1987).

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menganalisis mengenai dampak genangan banjir salah satunya ialah analisis menggunakan software HEC RAS 6.0 (*Hydrolic Engenier Center River Analistic System*) pada software ini kita dapat mengetahui kondisi genangan banjir pada suatu Daerah Aliran Sungai.

Kunci penting dalam analisis genangan banjir menggunakan HEC RAS (*Hydrolic Engenier Center River Analistic System*) ialah peta topografi yang dalam bentuk tiga dimensi disebut sebagai *Digital Elevation Model* (DEM) yaitu peta yang menunjukkan relief permukaan bumi pada peta DEM juga dapat memberikan geometri penampang sungai dan daerah-daerah di sekitar sungai. (M.Baitullah Al Amin).

Dari uraian tersebut maka penelitian ini akan membahas tentang **"Analisis Genangan Banjir Menggunakan HEC RAS 6.0"** dengan study kasus di kelurahan pattene sungai pappa kab takalar.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan yang dapat diambil ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui potensi banjir, dan dataran banjir saat tingginya curah hujan tinggi di Kelurahan Pattene sungai Pappa Kab Takalar
2. Mengetahui Berapa luasan genangan banjir dengan menggunakan Hec-ras 6.0 di Kelurahan Pattene Kab Takalar.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini ialah:

1. Untuk mengetahui potensi banjir yang terjadi di Kelurahan Pattene sungai Pappa Kab Takalar
2. Untuk mengetahui solusi pengendalian banjir yang tepat pada aliran sungai Pappa

D. Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dan bahan bacaan yang melakukan penelitian yang berhubungan dengan analisis genangan banjir menggunakan program HEC-RAS 6.0 khususnya di aliran sungai Pappa.

E. Batasan Masalah

Agar tujuan penulisan ini mencapai sasaran yang diinginkan dan terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah, diantaranya sebagai berikut:

1. lokasi penelitian hanya dilakukan di kelurahan pattene sungai pappa kab takalar

2. program yang di gunakan untuk menganalisis genangan banjir yaitu program HEC-RAS 6.0
3. Elevasi di ambil dari website DEMNAS (Digital Elevation Model Nasional)
4. Menggunakan data stasiun curah hujan yaitu stasiun CH Pappa, stasiun CH Pamukkulu, stasiun CH jenemarung, stasiun CH Malolo
5. Data curah hujan yang digunakan selama 20 tahun terakhir
6. Perhitungan curah hujan rerata
7. Perhitungan curah hujan rencana
8. Perhitungan debit banjir rencana

F. Sistematika Penulisan

Bab I PENDAHULUAN, pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II KAJIAN PUSTAKA, pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dianalisis, meliputi teori tentang DAS, hidrologi, irigasi, PDA, uji validasi data, debit andalan, analisis kebutuhan air irigasi, pola tanam dan neraca air.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN, pada bab ini menjelaskan tentang metode penelitian yang mencakup lokasi penelitian, jenis penelitian, variabel penelitian, teknik pengumpulan data, prosedur penelitian serta bagan alir penelitian.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN, pada bab ini menjelaskan mengenai hasil penlitian analisis debit banjir puncak dan kapasitas penampang Sungai Pappa

Bab V KESIMPULAN DAN SARAN, pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan hasil analisis dan berbagai saran dari penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) ialah suatu wilayah daratan yang merupakan suatu kesatuan dengan sungai-sungai yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Daerah aliran sungai (DAS) memiliki jaringan muka-sungai atau pertemuan antara sungai ke muara dan pantai. Daerah aliran sungai (DAS) juga ialah setiap luas permukaan dari limpasan yang dihasilkan dari curah hujan yang terkumpul melalui titik yang sama hal ini sangatlah identik dengan aliran sungai. Ukuran DAS atau yang biasa disebut cekungan drainase atau daerah tangkapan air di definisikan dalam beberapa skala berdasarkan geografi yang paling relevan dengan wilayah spesifiknya.

Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau kelaut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampe dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP 37 2012).

Menurut (Easter dan Hufschmidt 1985) "suatu kawasan yang di batasi oleh suatu topografi yang mana mendrainasikan air melalui system aliran sungai DAS sebagai unit hidrologis dan sebagai unit sosioekonomi dan sosiopolitik untuk merencanakan dan mengimplementasikan aktivitas pengelolaan sumber daya

alam". Berdasarkan fungsinya DAS dibagi menjadi tiga bagian yaitu DAS bagian hulu, DAS bagian tengah dan DAS bagian hilir.

B. Sungai

Sungai adalah aliran air di permukaan yang besar dan berbentuk memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Sungai merupakan tempat mengalirnya air secara gravitasi menuju ke tempat yang lebih rendah. Sungai juga merupakan salah satu wadah tempat berkumpulnya air dari suatu kawasan. Apabila aktivitas manusia yang berada di sekitar aliran sungai tidak diimbangi dengan kesadaran melestarikan lingkungan sungai, maka kualitas air sungai akan buruk. Tetapi jika sebaliknya aktivitas manusia diimbangi oleh kesadaran menjaga lingkungan sungai, maka kualitas air sungai akan relatif baik. Arah aliran sungai sesuai dengan sifat air mulai dari tempat yang tinggi ke tempat rendah. Sungai bermula dari gunung atau dataran tinggi menuju ke danau atau lautan.

Pada beberapa kasus, sebuah sungai secara sederhana mengalir meresap ke dalam tanah sebelum menemukan badan air lainnya. Melalui sungai merupakan cara yang biasa bagi air hujan yang turun di daratan untuk mengalir ke laut atau tampungan air yang besar seperti danau. Sungai terdiri dari beberapa bagian, bermula dari mata air yang mengalir ke anak sungai. Beberapa anak sungai akan bergabung untuk membentuk sungai utama. Aliran air biasanya berbatasan dengan saluran dengan dasar dan tebing di sebelah kiri dan kanan. Pengujung sungai di mana sungai bertemu laut dikenali sebagai muara sungai.

Sungai merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Air dalam sungai umumnya terkumpul dari presipitasi, seperti hujan, embun, mata air, limpasan bawah tanah, dan di beberapa negara tertentu juga berasal dari lelehan es/salju. Selain air, sungai juga mengalirkan sedimen dan polutan. (wikipedia.com)



Gambar 1. Aliran Sungai, Sumber : (Nasional.Okezone.com)

1. Kapasitas Sungai

a. Pengertian Kapasitas

Menurut KBBI Kapasitas adalah ruang yang tersedia dan daya tampung. Secara umum kapasitas berarti jumlah maksimum output fisik yang dapat disimpan atau di tampung oleh suatu wadah atau tempat.

b. Kapasitas Tampungan Sungai

Kapasitas tampungan sungai merupakan kemampuan sungai untuk mengalirkan aliran air. Apabila kapasitas tampungan sungai tidak mampu lagi

mengalirkan debit air, maka akan terjadi luapan pada sungai dan menyebabkan genangan pada daerah bantaran banjir. Pengurangan kapasitas tampungan sungai dapat disebabkan oleh pengendapan yang berasal dari erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai tersebut (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002:78).

Analisis kapasitas tampungan sungai diperlukan untuk mengidentifikasi apakah dimensi penampang sungai yang mampu mengalirkan debit banjir rencana. Kapasitas tampungan sungai dianalisis dengan menggunakan software HEC-RAS.



Gambar 2. Profil Melintang Penampang Sungai, Sumber : (Slideplayer.info)

c. Peningkatan Kapasitas Sungai

Peningkatan kapasitas sungai (River improvement) dilakukan terutama berkaitan erat dengan pengendalian banjir, yang merupakan usaha untuk memperbesar kapasitas pengaliran sungai. Hal ini dimaksud untuk menampung debit banjir yang terjadi untuk dialirkan ke hilir atau laut, sehingga tidak terjadi limpasan. Pekerjaan ini pada dasarnya dapat meliputi kegiatan antara lain:

- 1) Perbaiki bentuk penampang melintang.
- 2) Mengatur penampang memanjang sungai.
- 3) Menurunkan angka kekasaran dinding alur sungai.
- 4) Melakukan sudetan pada alur sungai meander.
- 5) Melakukan rekonstruksi bangunan di sepanjang sungai yang tidak sesuai dan mengganggu pengaliran banjir.
- 6) Menstabilkan alur sungai.
- 7) Pembuatan tanggul banjir.

System pengerukan alur saluran bertujuan untuk memperbesar kapasitas tampungan sungai dan memperlancar aliran sungai. Analisis yang harus diperhitungkan adalah analisis hidrologi, analisis hidraulika dan analisis sedimentasi. Analisis perhitungan perlu dilakukan dengan cermat mengingat kembalinya sungai ke bentuk semula sangat besar. Pengerukan juga kegiatan-kegiatan melebarkan sungai, mengarahkan alur sungai dan memperdalam sungai. Untuk mengarahkan sungai dan melebarkan penampangnya sering diperlukan pembebasan lahan. Oleh karena itu dalam kajiannya harus juga memperhitungkan aspek ekonomi (ganti rugi) dan aspek sosial terutama bagi masyarakat atau stake holders lainnya yang merasa dirugikan akibat lahannya berkurang.

Hal-hal penting dalam river improvement diantaranya adalah:

- 1) Perencanaan penampang melintang sungai,
- 2) Hidrologi dan hidraulika banjir,
- 3) Elevasi, talut dan lebar tanggul,
- 4) Stabilitas terhadap erosi dan longsor,

- 5) Perkuatan tebing sungai (revetment),
- 6) Efek pengaruh back water akibat bangunan dan pasang surut.

C. Banjir

Suatu definisi banjir menurut suripin (2004) adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya. Banjir dapat disebabkan karena beberapa hal seperti tingginya curah hujan di wilayah tersebut, penampang dari saluran atau saluran tidak dapat menampung debit air yang ada, banyaknya sedimen yang tertampung didalam sungai atau saluran sehingga mengurangi kapasitas dari sungai atau saluran tersebut.



Gambar 3. Peristiwa Banjir, Sumber : (Tirto.Id)

Peristiwa banjir yang terjadi tentunya bermacam-macam tergantung pada penyebabnya. Oleh karena itu, terjadinya banjir dilihat dari penyebabnya terbagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

1. Banjir Air

Banjir air merupakan banjir yang sering sekali terjadi saat ini. Penyebab dari banjir ini adalah kondisi air yang meluap di beberapa tempat, seperti sungai, danau maupun selokan. Meluapnya air dari tempat-tempat tersebut yang biasanya menjadi tempat penampungan dan sirkulasi membuat daratan yang ada di sekitarnya akan tergenang air. Banjir ini biasanya terjadi karena hujan yang begitu lama sehingga sungai, danau maupun selokan tidak lagi cukup untuk menampung semua air hujan tersebut.

2. Banjir (Cileuncang)

Banjir ini hampir sama dengan banjir air. Tetapi banjir cileuncang ini terjadi karena hujan yang deras dengan debit/aliran air yang begitu besar sedemikian sehingga air hujan yang sangat banyak ini tidak mampu mengalir melalui saluran air (drainase) sehingga air pun meluap dan menggenangi daratan.

3. Banjir Rob (Laut Pasang)

Banjir laut pasang atau dikenal dengan sebutan banjir rob merupakan jenis banjir yang disebabkan oleh naiknya atau pasangannya air laut sehingga menuju ke daratan sekitarnya. Banjir jenis ini biasanya sering menimpa permukiman bahkan kota-kota yang berada di pinggir laut, seperti daerah Muara Baru di Ibukota Jakarta. Terjadinya air pasang ini di laut akan menahan aliran air sungai yang seharusnya menuju ke laut. Karena tumpukan air sungai tersebutlah yang menyebabkan tanggul jebol dan air menggenangi daratan.

4. Banjir Bandang

Banjir bandang merupakan banjir yang tidak hanya membawa air saja tapi material-material lainnya seperti sampah dan lumpur. Biasanya banjir ini disebabkan karena bendungan air yang jebol. Sehingga banjir ini memiliki tingkat bahaya yang lebih tinggi daripada banjir air. Bukan hanya karena mengangkut material-material lain di dalamnya yang tidak memungkinkan manusia berenang dengan mudah, tetapi juga arus air yang terkadang sangat deras.

5. Banjir Lahar

Banjir lahar merupakan jenis banjir yang disebabkan oleh lahar gunung berapi yang masih aktif saat mengalami erupsi atau meletus. Dari proses erupsi inilah nantinya gunung akan mengeluarkan lahar dingin yang akan menyebar ke lingkungan sekitarnya. Air dalam sungai akan mengalami pendangkalan sehingga juga akan ikut meluap merendam daratan.

6. Banjir Lumpur

Banjir ini merupakan jenis banjir yang disebabkan oleh lumpur. Salah satu contoh identic yang masih terjadi sampai saat ini adalah banjir lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur. Banjir lumpur ini hampir menyerupai banjir bandang, tetapi lebih disebabkan Karen keluarnya lumpur dari dalam bumi yang kemudian menggenangi daratan. Tentu lumpur yang keluar dari dalam bumi tersebut berbeda dengan lumpur-lumpur yang ada di permukaan. Hal ini bisa dianalisa dari kandungan yang dimilikinya, seperti gas-gas kimia yang berbahaya.

D. Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang meliputi kejadian, distribusi, pergerakan, dan sifat-sifat perairan di bumi serta hubungannya dengan lingkungan dalam setiap fase siklus hidrologi. Siklus air atau siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air dimurnikan dengan penguapan dan diangkut dari permukaan bumi (termasuk lautan) ke atmosfer dan kembali ke daratan atau lautan. Siklus hidrologi akan terus bergerak secara terus menerus dengan tiga cara yang berbeda yaitu sebagai berikut:

- a. Evaporasi (transpirasi) atau air di laut, sungai, daratan, dll kemudian akan kembali menguap ke atmosfer menjadi awan lalu menjadi titik-titik air yang akan jatuh dalam bentuk es, hujan, salju
- b. Infiltrasi (perkolasi ke dalam tanah) dimana air bergerak melalui celah-celah dan pori-pori serta batuan yang ada di bawah tanah yang dapat bergerak secara vertikal dan horizontal di bawah permukaan tanah hingga ke sistem air permukaan.
- c. Air permukaan yaitu air yang bergerak di atas permukaan tanah yang dapat kita lihat pada daerah urban

1. Hujan Rerata

Hujan rerata adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir (BMKG, 2016). Menurut Triatmodjo (2008), stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Untuk menentukan

hujan rerata pada suatu daerah ada beberapa metode yang bisa di gunakan, metode rerata aritmatik (aljabar), metode polygon thiessen dan metode isyoyet. Pada penelitian ini di gunakan metode Polygon thiessen.

a. Metode Polygon Thiessen

Apabila tidak stasiun pencatat dengan jarak 10 – 20 km, maka digunakan stasiun hujan dengan jarak kurang dari 50 km, dengan syarat minimal tiga stasiun hujan. Dalam kasus ini, hujan rerata kawasan dapat dicari dengan metode Polygon Thiessen. Metode ini memperkirakan luas wilayah yang diwakili oleh masing – masing stasiun, tinggi curah hujan dan jumlah stasiun. Metode polygon thiessen dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

$$\bar{R} = C_1 R_1 + C_2 R_2 + \dots + C_n R_n \quad (2)$$

$$C = \text{Koefisien Thiessen} = \frac{A}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3)$$

Dengan:

R = Curah hujan maksimum rata – rata (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah pada polygon 1, 2, ..., n (km^2)

Nilai perbandingan antara luas polygon yang mewakili setiap stasiun terhadap luas total Daerah Aliran Sungai (DAS) tersebut disebut sebagai faktor bobot thiessen untuk stasiun tersebut. Dengan demikian cara ini dipandang lebih baik dari cara metode rata-rata aljabar karena telah memperhitungkan pengaruh letak penyebaran stasiun penakar hujan.

2. Distribusi Curah Hujan

Tujuan dari analisa distribusi frekuensi curah hujan adalah untuk memperkirakan besarnya *variate-variate* masa ulang tertentu. untuk menganalisis probabilitas banjir biasanya dipakai beberapa macam distribusi yaitu:

a) Metode Gumbel

$$X_T = X + s \cdot K \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan : X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

X = Nilai tengah sampel

s = Standar deviasi sampel

K = Faktor Frekuensi

b) Log Pearson type III

$$\log X_T = \log X_r + K \cdot \log S_x \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan : X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

K = faktor frekuensi yang merupakan fungsi periode ulang dan tipe distribusi

c) Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan : X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$\bar{X}$ = Nilai tengah sampel

S_d = Standar deviasi sampel

K_T = Faktor Frekuensi

Distribusi Log Normal

$$\text{Log} X_T = \text{Log} X_r + K \cdot \text{Log} S_x \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan : K = Variabel Standar, Besarnya bergantung pada koefisien kemiringan

Analisa frekuensi curah hujan diperlukan untuk menentukan jenis sebaran (distribusi) yang mempunyai parameter statistik sebagai berikut :

a) Curah hujan rata-rata ($\bar{X}$)

Ialah nilai rata-rata dari sekumpulan atau berbagai data

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (8)$$

b) Standar deviasi

Ialah nilai yang paling sering digunakan apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata nilai S akan besar tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap rata-rata maka S akan kecil

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (9)$$

c) Koefisien Skewness

Ialah pengukuran seberapa besar kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng

$$Cv = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \dots\dots\dots (10)$$

d) Koefisien Variasi (Cv)

Ialah nilai perbandingan antara deviasi standar S dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (11)$$

e) Koefisien Kurtosis (Ck)

ialah koefisien untuk mengukur kemencengan dari bentuk kurva distribusi yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots \dots \dots (12)$$

Pemilihan tipe distribusi yaitu ;

- Tipe distribusi Normal ($Cs \approx 0$; $Ck \approx 3$)
- Tipe distribusi Log Normal ($Cs \approx 3Cv$)
- Tipe distribusi Gumbel ($Cs \approx 1,139$; $Ck \approx 5,4$)

Bila ketiga sebaran diatas tidak memenuhi kriteria, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe distribusi Log Pearson Type III

3. Intensitas Curah Hujan

Untuk menghitung hidrograf banjir rancangan dengan hidrograf satuan tertentu perlu diketahui terlebih dahulu distribusi curah hujan jam-jaman dengan interval tertentu dengan cara mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan :

I = Intesitas curah hujan (mm/jam)

t = Waktu curah hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalm 24 jam (mm)

4. Koefisien Limpasan

Menurut Asdak (2004).Merupakan bilangan yang menunjukkan nisbag antara aliran permukaan dengan curah hujan penyebabnya.banyak metode yang dapat di

gunakan untuk menentukan besarnya koefisien limpasan seperti metode u.s forest service, metode hassing, dan metode cook. Dalam penelitian ini koefisien limpasan di ambil dari tabel nilai koefisien limpasan.

Tabel 1. koefisien limpasan

Jenis Daerah	Koefisien Aliran	Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran
Daerah Perdagangan Kota Sekitar kita	0.70-0.95	Jalan Aspal	0.75-0.95
	0.50-0.70	Aspal dan beton	0.70-0.85
Daerah Pemukiman Satu rumah	0.30-0.50	Batu bata dan batako	0.70-0.95
	0.40-0.60	Atap Rumah	0.70-0.95
Banyak Rumah terpasang	0.60-0.75	Halaman berumput, tanah pasir	0.05-0.10
Pemukiman, pinggir Kota	0.25-0.40	Datar, 2%	0.10-0.15
Apartemen	0.50-0.70	Rata-rata 2-7%	0.15-0.20
Daerah Industri		Curam 7% atau lebih	0.15-0.20
		Halaman berumput, tanah pasir padat	
Ringan	0.50-0.80	Datar, 2%	0.13-0.17
Padat	0.60-0.90	Rata-Rata 2-7%	0.18-0.22
Lapangan, kuburan dan sejenisnya	0.10-0.25	Curam 7% atau lebih	0.25-0.35
Halaman, jalan kereta api, dan sejenisnya	0.20-0.35		
Lahan tidak terpelihara	0.10-0.30		

Sumber Schwab et al 1981, arsyad 2006

5. Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan analisa distribusi curah hujan rencana, distribusi yang dipilih untuk digunakan dalam tepat. Oleh karena itu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Selanjutnya dari data curah hujan rencana yang diperoleh tersebut dilakukan analisa debit banjir rencana. Ada beberapa metode analisa debit banjir yang tersedia. Seperti metode Rasional, metode Weduwen, metode haspers, metode hss nakayasu, metode hss gama I, dan masih banyak yang lain. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode hss nakayasu.

a. Harga Satuan Sintetis Nakayasu

Hidrograf satuan sintetis (HSS) nakayasu merupakan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu daerah aliran sungai (DAS). untuk membuat suatu hidrograf banjir pada sungai perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut (wayan sutapa). Adapun karakteristik tersebut ialah:

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

Persamaan dari hdirograf satuan Nakayasu adalah :

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3,6.(0,3.T_p + T_{0,3})} \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan :

Q_p = Debit puncak banjir ($m^3/detik$)

R_0 = Hujan Satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

C = koefisien pengaliran

persamaan kurva hidrograf satuan sintetisnya ialah:

1. Bagian lengkung naik : $0 < t < T_p$

$$Q_p = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4} Q_p \quad (15)$$

Dimana :

$Q(t)$ = Limpasan sebelum mencapai debit puncak (M^3)

t = Waktu (jam)

2. Bagian lengkung turun

- a) Selang Nilai : $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0.3})$

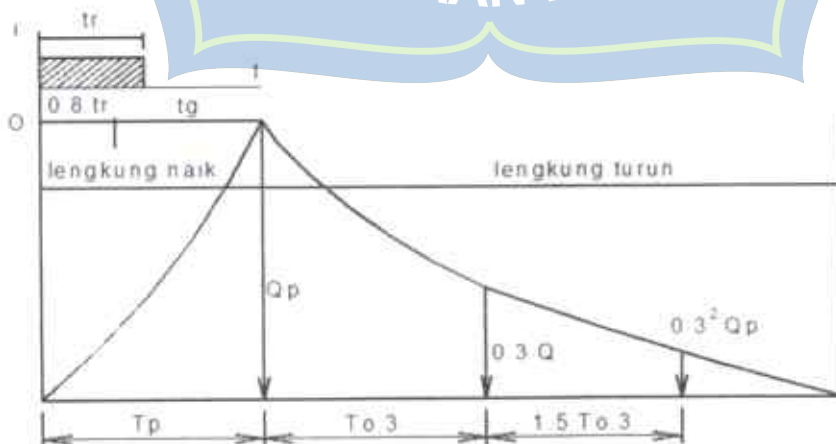
$$Q(t) = Q_p \cdot 0.3 \frac{(t - T_p)}{0.3} \quad (16)$$

- b) Selang nilai $(T_p + T_{0.3}) \leq t \leq (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0.3 \frac{(t - T_p + 0.5 T_{0.3})}{1.5 T_{0.3}} \quad (17)$$

- c) Selang Nilai : $1.5 T_{0.3} > (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0.3 \frac{(t - T_p + 1.5 T_{0.3})}{2.0 T_{0.3}} \quad (18)$$



Gambar 4. Hidrograf satuan – metode Nakayasu

6. Hidrolika

Hidrolika merupakan suatu topik dalam ilmu terapan dan teknik yang berurusan dengan sifat-sifat mekanis fluida, yang mempelajari perilaku dari aliran air secara mikra maupun makro. Analisis hidrolika sungai dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana dan profil muka air banjir sepanjang alur yang di tinjau. Salah satu hasil perhitungan kapasitas alur adalah nilai kapasitas sungai. Salah satu pendekatan dalam perhitungan hidraulik sungai adalah dengan menggunakan rumus *Manning* yang menganggap aliran sungai adalah tetap sebagai berikut :

Analisis Hidrolika sungai dimaksudkan untuk menganalisis profil muka air banjir di sungai dengan berbagai kala ulang dari debit rencana. Dalam analisis hidrolika akan dianalisa seberapa jauh pengaruh pengendalian banjir yang terjadi. Untuk mendukung analisis hidrolika sungai maka dilakukan pengukuran topografi disepanjang sungai yang bersangkutan, yaitu pengukuran situasi, penampang memanjang dan melintang. Perhitungan hidrolika sungai, penelusuran aliran puncak dilakukan dengan kriteria bahwa : Hidrograf aliran masuk untuk setiap sungai (lateral in flow) menggunakan hidrograf banjir dengan beberapa kala ulang, selanjutnya dianalisa pengaruh banjirnya.

Tahapan kegiatan yang dilakukan untuk analisa hidrolika sebagai berikut :

- a. Penyiapan Skematik Sungai
- b. Input data Geometri Sungai (Melintang dan memanjang)]
- c. Input data Debit aliran Sungai (Flow data)
- d. Perhitungan elevasi muka air banjir

Data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- a. Data koordinat as sungai atau tebing sungai yang ditinjau untuk menyusun skema sungai.
- b. Posisi titik-titik percabangan sungai dan lokasi jembatan.
- c. Data potongan memanjang sungai yang meliputi jarak memanjang pada as, tebing kiri dan tebing kanan, elevasi dasar.
- d. Data cross section sungai yang diambil dari hasil pengukuran topografi sungai.
- e. Posisi batas palung sungai (tebing kiri dan tebing kanan) pada data cross section.
- f. Angka kekasaran Manning (n) pada palung sungai dan bantaran sungai

7. HEC-RAS

Hydraulic Engineering Center-River Analysis System atau HEC-RAS merupakan program yang didesain untuk memodelkan aliran di sungai, program River Analysis System (RAS), yang dibuat oleh Hydraulic Engineering Center (HEC) yang merupakan suatu divisi di dalam institute for water resources (IWR) di bawah US Army Corps of Engineering (USACE). HEC-RAS merupakan model suatu satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*stedy and unstedy one-dimensional flow model*) (Istiarto, 2014). HEC-RAS juga mampu memperhitungkan penampang muka air aliran subkritis dan superkritis. Sistem ini mengandung 4 komponen analisis hidrolis satu dimensi, yaitu perhitungan penampang muka air aliran tetap (*steady flow*), aliran tidak tetap (*unsteady flow*), perhitungan transportasi sedimen, dan kualitas air.

Dalam bagian ini HEC-RAS *memodelkan* suatu sungai dengan aliran steady berubah lambat laun. System ini dapat mensimulasikan aliran pada seluruh jaringan saluran ataupun pada saluran tunggal tanpa percabangan, baik itu aliran kritis, subkritis, ataupun campuran sehingga didapat profil muka air yang diinginkan. Konsep adsar dari perhitungan adalah menggunakan persamaan energi dan persamaan momentum. Kehilangan energi juga di perhitungkan dalam simulasi ini dengan menggunakan prinsip gesekan pada saluran, belokan serta perubahan penampang, baik akibat adanya jembatan, gorong-gorong ataupun bndung pada saluran atau sungai yang ditinjau.

Pada system permodelan ini, HEC-RAS mensimulasikan aliran unsteady pada jaringan saluran terbuka. Awalnya aliran unsteady hanya di disain untuk memodelkan aliran subkritis, tetapi versi terbaru dari HEC-RAS yaitu versi 6.0 dapat juga untuk memodelkan aliran superkritis, kritis, subkritis ataupun campuran, srta *loncatan* hidrolik. Selain itu penghitungan kehilangan energi pada gesekan saluran, belokan serta perubahan penampang juga di perhitungkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian yang akan kami kerjakan berada di Daerah Aliran Sungai (DAS) di kecamatan patene kabupaten takalar tepatnya di aliran sungai pappa pada titik pertama di koordinat $5^{\circ}24'39.21''\text{S}$ $119^{\circ}28'59.79''\text{E}$ dan titik kedua terdapat pada koordinat $5^{\circ}24'40.18''\text{S}$ $119^{\circ}28'6.77''\text{E}$.



Gambar 5. Peta lokasi penelitian

B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana kuantitatif menurut Arikunto (2006:12) yakni pendekatan penelitian yang banyak menggunakan angka di dalamnya mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data yang kita peroleh serta persentase hasilnya.

Maka dari itu metode kuantitatif juga sering di sebut metode penemuan hal ini di sebabkan karena metode ini bisa di kembangkan dan di temukan di berbagai IPTEK (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) baru.

2. Sumber Data

Dalam penemuan menentukan data yang di gunakan untuk Sungai (2012) pappu kec. Pattene Kab. Takalar menggunakan beberapa data yaitu sebagai berikut:

a. Data karakteristik DAS

Data karakteristik DAS di dapatkan dari peta Digital Elevation Model (DEM) dengan bantuan software HEC RAS 6.0

b. Data curah hujan dan debit sungai

Data curah hujan dan debit sungai di dapatkan secara di dapat stasiun curah hujan pada cakupan daerah aliran sungai yang akan di tinjau di dapat dari balai pompegang je'ne berang.

C. Variabel Penelitian

Menurut silean (2018:69) mengungkapkan bahwa "Variabel penelitian adalah konsep yang mempunyai bermacam-macam nilai atau mempunyai nilai yang

bervariasi, yakni suatu sifat, katakteristik atau fenomena yang dapat menunjukkan

sesuatu yang dapat diukur atau diukur yang nilainya berbeda-beda atau bervariasi."

1. Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu: curah hujan, debit banjir, lokasi yang terdampak banjir menggunakan HEC RAS 6.0

2. Operasional variable

Definisi operational variable menurut sugiyono (2015,h.38) adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari obyek atau kegiatan yang memiliki variasi tertentu yang telah ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Definisi variabel-variabel penelitian harus di

rumuskan untuk menghindari kesesatan dalam pengumpulan data. Maka berdasarkan variabel di atas maka gambaran mengenai operasional variable dalam penelitian ini yaitu:

- a. Curah hujan, adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kali atau hujan terkonsentrasi (Wesli, 2008).
- b. Debit banjir rencana menggunakan metode nakayasu yaitu digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi pada suatu daerah ketika curah hujan yang tinggi
- c. Hidrolika, merupakan mata kuliah dalam bidang ketekniksipilan yang menyangkut tentang sifat-sifat mekanis fluida. Dimana pada bidang ini kita mempelajari perilaku aliran air secara mikro maupun makro. Hal yang dimaksud ialah seperti aliran tertutup dan terbuka, hitungan dinamika fluida, serta banyak lagi yang menyangkut soal aliran air.

- d. Software HEC-RAS 6.0 perangkat lunak ini memungkinkan kita untuk melakukan perhitungan steady flow satu dimensi, perhitungan unsteady flow satu dan dua dimensi, transportasi sedimen dan permodelan kualitas air. Pada perangkat lunak ini juga kita dapat membuat analisis kerusakan banjir.

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi data yang baik dan tepat agar tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik, pengumpulan data sekunder yang di kumpulkan sebagai berikut:

1. Data geometri sungai

Dalam hal ini data geometri sungai peta DAS di dapatkan dari data Digital Elevation Model (DEM) lalu di bantu dengan software Arc-gis untuk memudahkan pengolahan data geometri yang nantinya dapat di proses di software Hec-Ras 6.0. Data Digital Elevation (DEM) dapat di download secara gratis dari website resmi DEMNAS Indonesia atau geospasial Indonesia dan hanya membutuhkan pembuatan akun geospasial yang dapat di isi secara gratis.

2. Data curah hujan

Dalam menghitung curah hujan ada beberapa stasiun yang dapat digunakan dalam menghitung debit air pertama daerah aliran sungai (DAS) dengan menggunakan stasiun yaitu:

- a. Stasiun curah hujan Malolo
- b. Stasiun curah hujan pambakka
- c. Stasiun curah hujan pappa

- d. Stasiun curah hujan Jenemarung

E. Prosedur Penelitian

1. Analisis hidrologi

- a. Pengumpulan data peta Daerah Aliran Sungai (DAS).
- b. Pengumpulan data curah hujan yang berada di lokasi penelitian
- c. Perhitungan curah hujan rerata untuk menghitung curah hujan rencana menggunakan metode polygon thiesen.
- d. Perhitungan dispersi
- e. Perhitungan curah hujan rencana.
- f. Perhitungan distribusi hujan jam-jaman.
- g. Analisis hitungan hidrograf satuan debit banjir dengan menggunakan metode (HSS) nakayasu

2. Analisis Penampang Sungai menggunakan HEC-RAS

a. Membuat File Project HEC-RAS

1. Buka Aplikasi HEC-RAS

ini adalah tampilan awal yang akan muncul pada saat kita membuka software HECRAS dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Utama Aplikasi HEC-RAS

2. Pilih New Project Dari Menu File

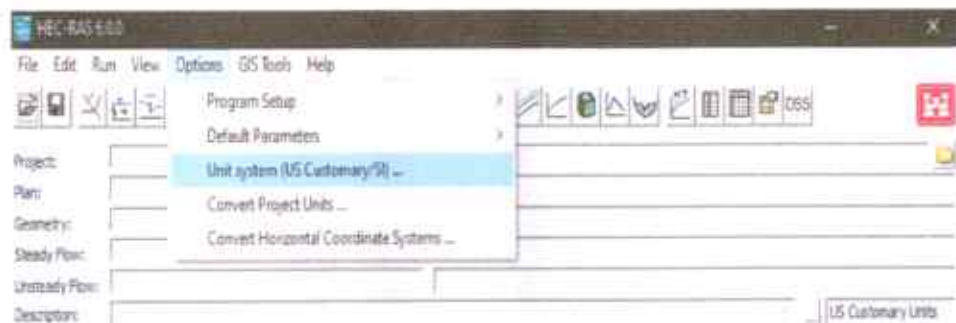
Pada sesi ini kita dapat memilih tempat file sesuka hati untuk nantinya menyimpan file yang akan kita kerjakan di software HECRAS dapat di lihat pada gambar 7.

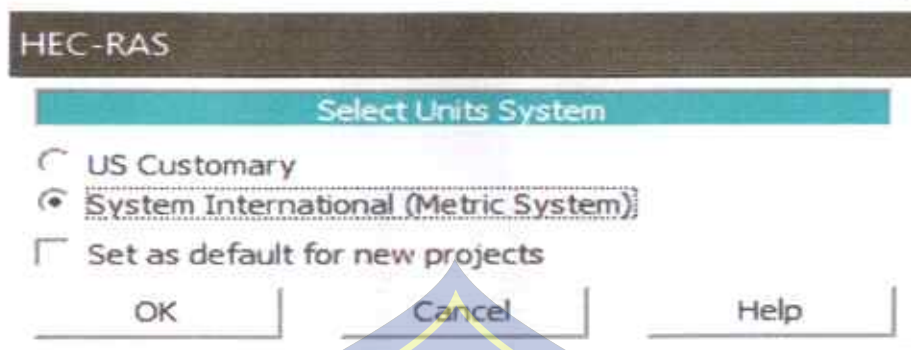


Gambar 7. Tampilan Pengisian Nama Project Aplikasi HEC-RAS

3. Pengaturan Unit System

Sistem satuan yang bisa digunakan dalam HEC-RAS ada dua yaitu Sistem Amerika (US Customary) dan Sistem Internasional (SI). Default dalam HEC-RAS adalah Sistem Amerika. Untuk mengubahnya, klik pada menu **Option | Unit System (US Customary/SI) | System International.**



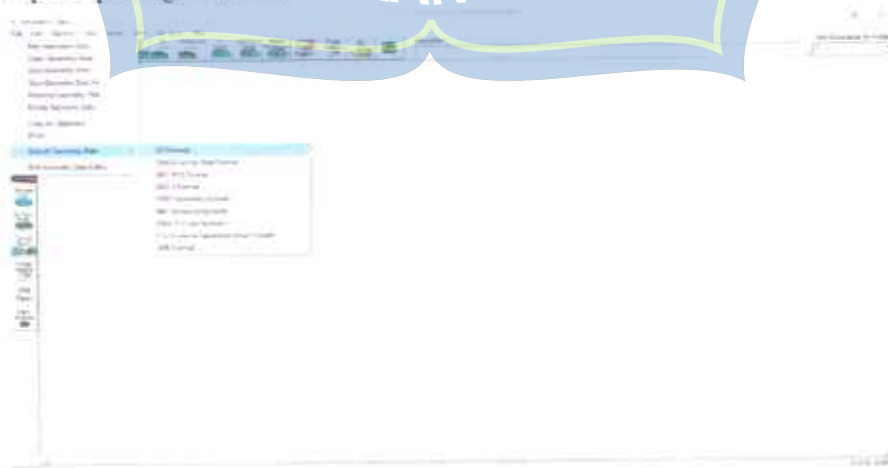


Gambar 8. Tampilan Pengaturan System Unit Pada Aplikasi HEC-RAS

b. Input Data Geometri Sungai

Tahap-tahap dalam input data geometri sungai

1. Menggambar alur sungai dengan mengklik River Reach. Untuk bisa menggambar sesuai dengan peta aslinya, kita dapat menggunakan gambar lokasi sebagai background. Untuk menambahkan background kita klik add/edit background picture. Dapat juga dengan cara mengimpor file yang telah kita olah di aplikasi aregis ke dalam HECRAS dapat di lihat pada gambar 4.6
2. Kita masukkan data cross section dengan mengklik Cross section dan pilih menu option dan add a new cross section. Akan keluar tampilan seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan untuk import data dari aregis ke HEC-RAS



Gambar 10. Tampilan Input Data Cross Section Sungai Pada HEC-RAS



Gambar 11. Tampilan Geometri Sungai Pada HEC-RAS

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|--|
| River Sta | : Nama potongan melintang |
| Station | : Jarak komulatif antara titik elevasi
potongan |
| Elevation | : Elevasi pada titik station |
| Downstream reach length | : Jarak tiap potongan melintang sungai
dengan potongan sebelumnya |

Manning's n value : Nilai manning saluran (0.025 = untuk daerah bertanah)

Main channel bank station : Station titik utama sungai

Cont/Exp Coefficient : Koefisien kontraksi dan ekspansi

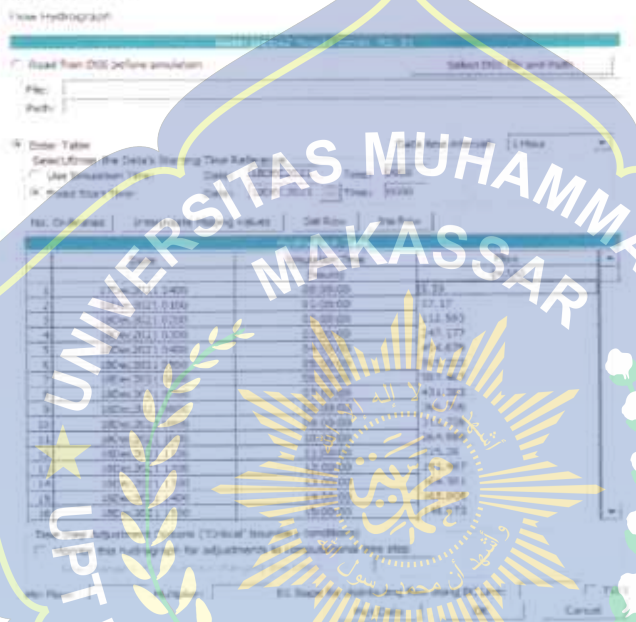
c. Input Data Unsteady Flow

Pilih Un Steady Flow Data pada menu edit. Akan keluar tampilan seperti gambar 12. Data debit yang digunakan adalah debit banjir rencana yang didapat dari hasil analisis hidrologi pada perhitungan sebelumnya. Hasil perhitungan yang dimasukkan ialah Q total pada setiap kala ulang tahun. Dan selanjutnya kita memilih boundary condition flow hydrograph pada bagian hulu penampang dan normal depth pada bagian hilir penampang sungai.

Station	Boundary Condition	Value
1	Stage Hydrograph	10000
2	Normal Depth	10000

Gambar 12. Tampilan input data untuk Unsteady flow

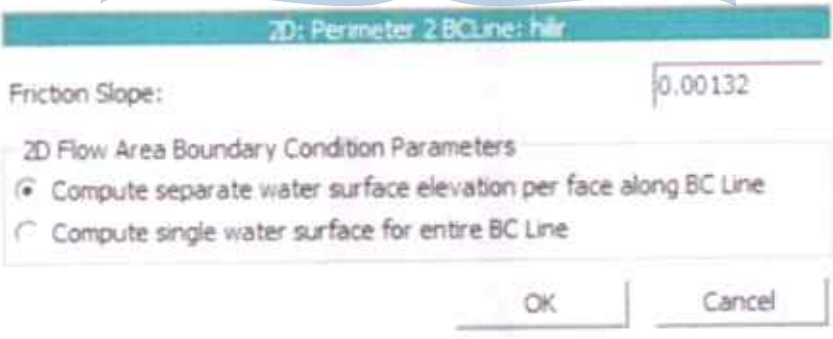
Setelah itu klik boundary condition bagian hulu lalu masukkan data hidrologi yang telah di hitung pada perhitungan sebelumnya dan tentukan waktu yang akan di gunakan untuk proses running data ini dapat di lihat pada gambar 13.



Gambar 13. Tampilan input data boundary condition untuk flow hidrograf

Setelah itu klik pada boundary condition pada bagian hilir dan masukkan nilai kemiringan sungai yang dapat di lihat pada gambar 14.

Normal Depth Downstream Boundary



Gambar 14. Tampilan input data boundary condition untuk flow hidrograf

Setelah data boundary condition terisi selanjutnya mengisi initial condition dengan cara klik initial condition di samping bar boundary condition lalu masukkan nilai kondisi awal curah hujan pada perhitungan hidrologi yang telah di hitung sebelumnya, cara ini bisa di lihat pada gambar

15.



Gambar 15. Tampilan jendela initial condition

d. Melakukan Run Unsteadyflow untuk Data yang Sudah dimasukkan

Setelah semua data sudah terisi langkah selanjutnya ialah melakukan proses running pada dengan cara klik unsteady flow analysis pada jendela awal software HECRAS setelah itu tentukan tanggal dan waktu memulai running dan mengakhiri proses running ini harus di samakan dengan data yang sudah di masukkan di langkah sebelumnya, pada bagian program to Run kita harus mencentang sesuai dengan data apa saja yang telah dimasukkan dan jika data tidak ada maka tidak perlu di centang contohnya

pada penelitian ini data sediment tidak di masukkan maka dari itu pada programs to Run dibagain sediment tidak di centang langkah ini dapat di lihat pada gambar 16.



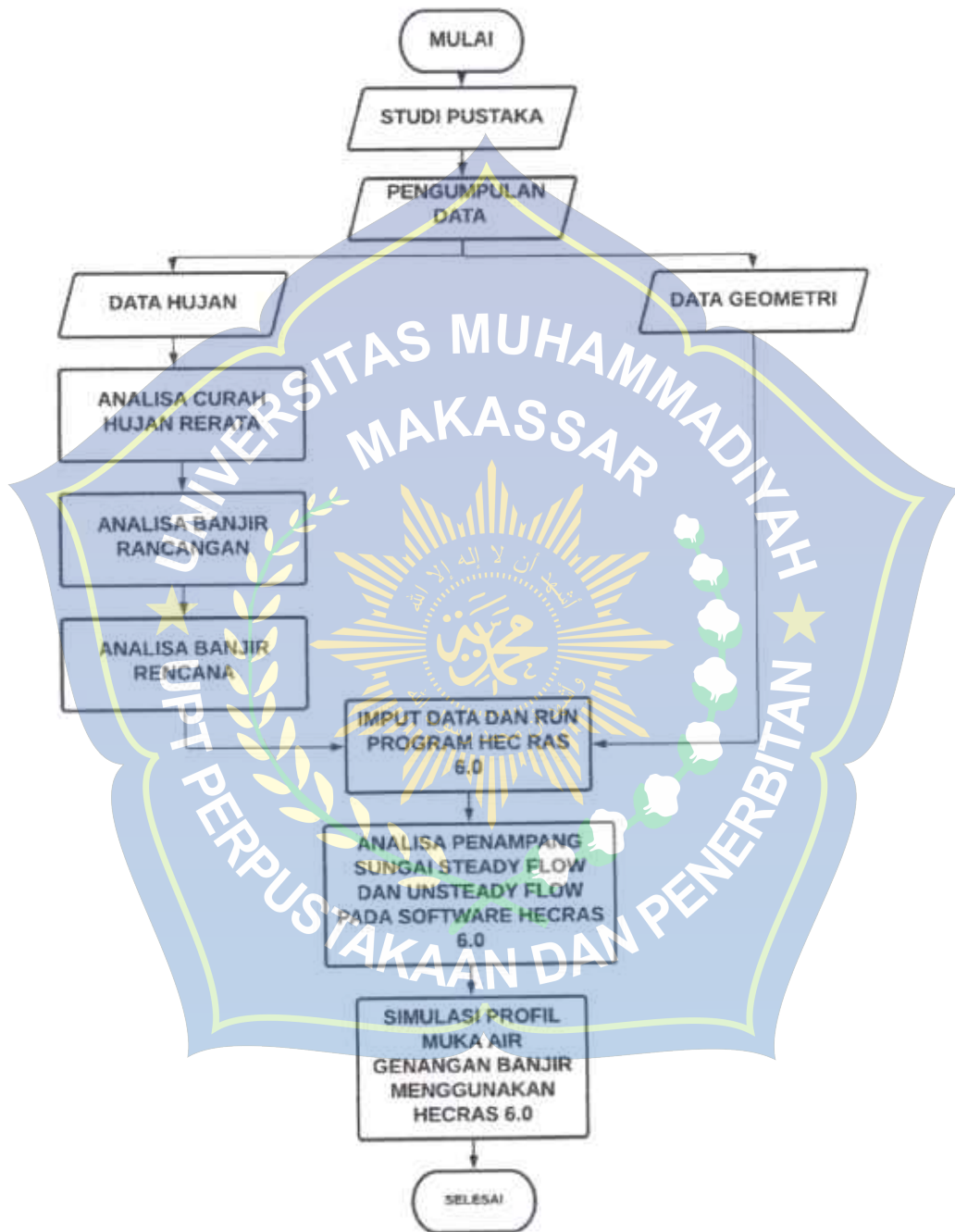
Gambar 16. Tampilan analisis projek unsteady flow pada HECRAS

Setelah itu click compute dan proses running pun akan berjalan. Ketika ingin melakukan run pada HEC-RAS dan terkadang terjadi kesalahan input data maka, aplikasi akan memberitahu bahwa ada data yang kosong ataupun data yang tidak masuk akal. Dan juga ketika ini terjadi maka semua kesalahan yang menyebabkan gagalnya aplikasi untuk merunning data akan tertulis pada aplikasi HEC-RAS



Gambar 17. Proses Run Project Selesai Pada HEC-RAS

E. Bagan Alur Penelitian



Gambar 18. Bagan alur Penelitian

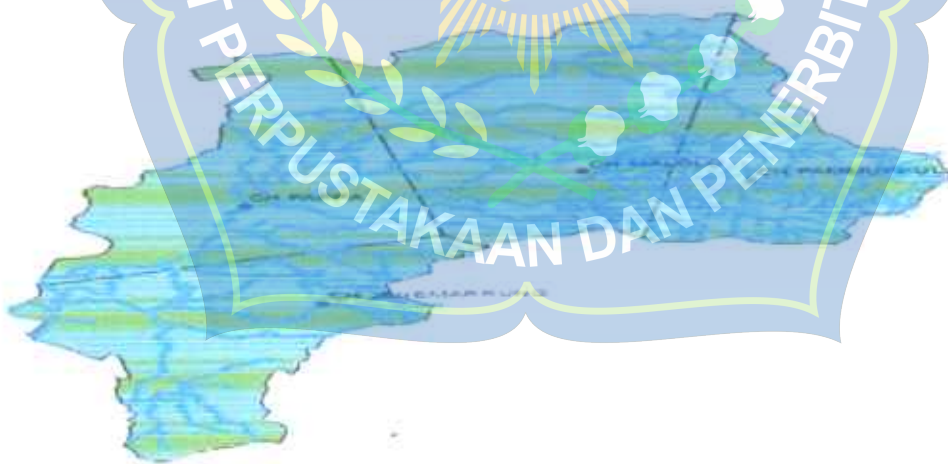
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hidrologi

1. Penentuan Daerah Aliran Sungai

Dalam pembuatan peta daerah aliran sungai ini kita menggunakan bantuan software Arc-GIS. Dalam peta daerah aliran sungai ini kita menggunakan beberapa stasiun curah hujan yang berada dalam DAS Pappa, yaitu Stasiun Curah Hujan Malolo, Stasiun Curah Hujan Pappa, Stasiun Curah Hujan Pamukkulu, Stasiun Curah Hujan Jene'maring. Berikut adalah peta daerah aliran sungai yang telah dibuat menggunakan bantuan software Arc-GIS.



Gambar 19. Peta Daerah Aliran Sungai Pappa

2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Menggunakan Metode Polygon Thiessen

Setelah menggambar poligon thiessen pada peta DAS Pappa diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Pengukuran Menggunakan Polygon Thiessen

Luas DAS (A)	Luas pengaruh stasiun (B)	Koefisien (B/A)
400 km ²	101.81 km ²	0.25
	69.77 km ²	0.17
	131.40 km ²	0.33
	97.01 km ²	0.24

Dengan menggunakan data diatas kita dapat menghitung curah hujan rerata metode polygon thissen menggunakan rumus yang telah di bahas di bab sebelumnya.

Contoh perhitungan untuk metode polygon thiessen :

$$R = A_1.C_1 + A_2.C_2 + A_3.C_3 + A_4.C_4$$

$$R = 117 \times 0.25 + 69 \times 0.17 + 54 \times 0.33 + 13 \times 0.24$$

$$R = 62.71$$

Tabel 3. Perhitungan Hujan Rerata Metode Polygon Thiessen

TAHUN	TANGGAL	STASIUN				R	POLYGON THIESSEN
		I	II	III	IV		
1999	30-Oct	117	69	54	13	62.71	62.71
	9-Dec	30	91	67	26	51.83	
	20-Dec	0	0	75	0	24.64	
	7-Dec	31	40	40	118	56.63	
2000	25-Feb	112	7	6	185	76.57	119.13
	4-Feb	11	201	16	13	46.27	
	3-Feb	37	9	200	175	119.13	
	25-Feb	112	7	6	185	76.57	
2001	2-Feb	199	168	90	300	182.28	182.28
	10-Jan	127	169	93	190	138.44	
	2-Dec	101	53	100	90	89.63	
	2-Feb	199	168	90	300	182.28	
2002	2-Jan	134	89	100	105	107.95	107.95
	12-Mar	0	104	87	0	46.72	
	1-Jan	101	80	120	108	105.28	
	1-Jan	101	80	120	108	105.28	
2003	24-Dec	151	96	115	60	107.51	108.79
	23-Dec	123	111	140	50	108.79	
	23-Dec	123	111	140	50	108.79	
	18-Dec	21	10	31	110	43.95	
2004	9-Mar	120	151	93	5	88.65	88.65
	9-Mar	120	151	93	5	88.65	
	22-Apr	40	24	103	0	48.20	
	5-Feb	0	10	25	100	34.21	
2005	28-Mar	135	81	218	8	122.05	122.05
	19-Jan	63	124	18	28	50.37	
	28-Mar	135	81	218	8	122.05	
	27-Dec	31	47	46	96	54.48	
2006	25-Jan	125	34	134	50	93.89	93.89
	31-Dec	66	125	8	90	63.06	
	25-Jan	125	34	134	50	93.89	
	29-Mar	0	102	11	100	45.66	
2007	25-Nov	138	0	120	0	74.55	88.52
	1-Jan	58	134	98	75	88.52	
	25-Nov	138	0	120	0	74.55	
	20-Dec	53	38	60	100	64.08	

(sambungan tabel 3.)

2008	4-Feb	152	132	53	10	81.55	110.11
	2-Feb	94	184	68	10	80.79	
	21-Feb	92	32	210	50	110.11	
	15-Jan	29	15	10	125	43.60	
2009	31-Jan	174	180	168	0	130.88	130.88
	13-Jan	93	240	160	0	118.10	
	31-Jan	174	180	168	0	130.88	
	1-Feb	25	31	60	100	55.73	
2010	12-Jan	139	112	130	3	98.35	98.35
	14-Jan	90	155	50	0	66.37	
	12-Jan	139	112	130	3	98.35	
	16-Jun	2	0	16	130	37.29	
2011	25-Jan	125	0	0	0	31.82	46.30
	7-Feb	74	90	0	0	34.53	
	12-Jan	0	60	96	15	46.30	
	10-Jan	0	50	20	75	33.48	
2012	25-Nov	138	10	10	15	43.79	80.74
	9-Jan	1	245	78	50	80.74	
	10-Jan	0	50	95	60	54.48	
	10-Jan	0	50	95	60	54.48	
2013	25-Dec	135	21	0	0	38.02	107.19
	5-Jan	49	30	40	50	42.97	
	11-Apr	3	2	87	20	34.54	
	4-May	0	0	31	400	107.19	
2014	24-Jan	116	75	121	20	87.21	87.21
	30-Dec	7	127.5	7	0	26.32	
	24-Jan	116	75	121	20	87.21	
	28-Jun	0	0	0	200	48.51	
2015	3-Jan	187	0	181	0	107.06	152.15
	23-Jan	11	140	2	0	27.88	
	17-Dec	166	120	197	100	152.15	
	16-Dec	40	0	19	300	89.18	
2016	11-Feb	131	0	156	0	84.59	84.59
	24-Sep	38	75	60	0	42.47	
	11-Feb	131	0	156	0	84.59	
	17-Feb	0	0	0	150	36.38	
2017	21-Dec	122	76	108	75	97.98	106.43
	22-Dec	15	123	16	165	70.55	
	2-Feb	117	65	125	100	106.43	
	3-Feb	50	29	56	250	96.81	
2018	11-Jan	188	37	121	13	97.21	97.21
	7-Feb	102	175	73	50	92.60	
	11-Jan	188	37	121	13	97.21	
	21-Jan	13	16	15	215	63.17	
JUMLAH							2075.13
RATA-RATA							103.76

(sumber: Perhitungan)

3. Perhitungan Dispersi

untuk menentukan jenis distribusi curah hujan yang akan digunakan dalam mengelolah data curah hujan rencana, terlebih dahulu dilakukan perhitungan dispersi yaitu menghitung Standar Deviasi, Koefisien Variasi, Skewness, dan koefisien Kurtosis.

Tabel 0. Analisis Frekuensi Curah Hujan

tahun	X_i	$X_i - \text{rata}''$	$(X_i - \text{rata}'')^2$	$(X_i - \text{rata}'')^3$	$(X_i - \text{rata}'')^4$
1999	182.28	78.52	6165.90	484166.49	38018324.62
2000	152.15	48.40	2342.24	113356.63	5486085.54
2001	130.88	27.12	735.48	19946.00	540930.17
2002	122.05	18.29	334.52	6118.23	111901.23
2003	119.13	15.38	236.40	3634.68	55884.13
2004	110.11	6.36	40.40	256.74	1631.78
2005	108.79	5.03	25.31	127.32	640.48
2006	107.95	4.19	17.57	73.63	308.59
2007	107.19	3.44	11.82	40.62	139.62
2008	106.43	2.68	7.17	19.21	51.43
2009	98.35	-5.41	29.23	-158.01	854.25
2010	97.21	-6.55	42.88	-280.82	1838.99
2011	93.89	-9.86	97.28	-959.44	9462.93
2012	88.65	-15.11	228.29	-3449.20	52114.48
2013	88.52	-15.24	232.13	-3536.74	53885.28
2014	87.21	-16.55	273.84	-4531.60	74989.85
2015	84.59	-19.17	367.32	-7039.92	134924.41
2016	80.74	-23.01	529.68	-12190.53	280562.83
2017	62.71	-41.05	1684.96	-69164.69	2839090.79
2018	46.30	-57.46	3301.45	-189695.23	10899549.79
jumlah	2075.13	0.00	16703.85	336733.35	58563171.19
rata''	103.76	0.00	835.19	16836.67	2928158.56

(sumber: Perhitungan)

Tabel 5. Perhitungan Dispersi

Parameter	Persamaan	Nilai
X	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$	103.76
S	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$	29.6304638
Cv	$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$	0.285769829
Cs	$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \bar{X})^3}{S^3}$	0.0000000000067
Ck	$Ck = \frac{n^2-1}{4(n-1)(n-2)(n-3)} \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \bar{X})^4}{S^4}$	0.0000000000000015

(sumber: Perhitungan)

Berikut adalah tabel kesimpulan untuk pemilihan metode sitribusi yang akan digunakan:

Tabel 6. Parameter Uji Statistik Pemilihan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan	keterangan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3	-0.01 2.62	tidak diterima
2	Log Normal	Cs = Cv ² +3Cv Ck = Cv ⁴ +6Cv ² +36Cv ⁴ +16Cv ⁶ +1	0.88 4.41	tidak diterima
3	Gumbel	Cs = 1.14 Ck = 5.4	-0.01 2.62	tidak diterima
4	log pearson III	Selain dari nilai diatas/flexibel		Diterima

Sumber : Bambang Triatmojo

Berdasarkan hasil uji parameter statistik pada tabel diatas, maka metode yang digunakan ialah distribusi Log Perason Type III dalam perhitungan curah hujan rencana.

4. Perhitungan Curah Hujan Rencana Menggunakan Log Pearson Type III

Curah hujan rencana dapat dihitung menggunakan rumus (6) pada BAB II. Periode ulang yang dicari dalam hitungan ini ialah 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, dan 200 tahun. Untuk perhitungan distribusi Log Pearson Type III dituliskan dalam tabel berikut ini :

Tabel 7. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III

no	X_i	$\log X_i$	$(\log X_i - \log X_s)^2$	$(\log X_i - \log X_s)^3$	$(\log X_i - \log X_s)^4$
1	182.28	2.26	0.0672	0.0671673	0.0045114
2	152.15	2.18	0.0327	0.0326558	0.0010664
3	130.88	2.12	0.0133	0.0132915	0.0001767
4	122.05	2.09	0.0072	0.0072170	0.0000521
5	119.13	2.08	0.0055	0.0055436	0.0000307
6	110.11	2.04	0.0016	0.0016212	0.0000026
7	108.79	2.04	0.0012	0.0012254	0.0000015
8	107.95	2.03	0.0010	0.0010012	0.0000010
9	107.19	2.03	0.0008	0.0008179	0.0000007
10	106.43	2.03	0.0007	0.0006508	0.0000004
11	98.35	1.99	0.0001	0.0000774	0.0000000
12	97.21	1.99	0.0002	0.0001924	0.0000000
13	93.89	1.97	0.0008	0.0008373	0.0000007
14	88.65	1.95	0.0029	0.0029059	0.0000084
15	88.52	1.95	0.0030	0.0029733	0.0000088
16	87.21	1.94	0.0037	0.0037227	0.0000139
17	84.59	1.93	0.0055	0.0055128	0.0000304
18	80.74	1.91	0.0089	0.0089254	0.0000797
19	62.71	1.80	0.0417	0.0417171	0.0017403
20	46.30	1.72	0.0793	0.0792827	0.0062857
JUMLAH	2075.13	40.03	0.2773	0.2773384	0.0140115
Rata"	103.75645	2.001572	0.1178	0.0138669	0.0007006

(sumber: Perhitungan)

Berdasarkan tabel diatas, maka didapatkan nilai sebagai berikut :

Tabel 8. Parameter Untuk Log Pearson Type III

Parameter	Nilai
rata-rata ($\log X_r$)	2.00
jumlah data (n)	20
standar deviasi (Sx)	0.12
koefisien kemencengan (Cs)	-0.22

Nilai Cs yang akan digunakan pada metode Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel distribusi log pearson III untuk koefisien kemencengan. Dikarena tidak ada nilai yang sesuai pada tabel tersebut, maka kita melakukan interpolasi seperti dibawah ini :

Tabel 9. Nilai Cs Log Pearson Type III Yang Telah Diinterpolasi

Cs	2	5	10	25	50	100	200
-0.2	-0.2547	0.3053	0.850	1.6097	1.680	1.945	2.176
-0.3	-0.2413	0.3177	0.853	1.5767	1.643	1.890	2.104
-0.220	-0.252	0.308	0.851	1.603	1.673	1.934	2.163

(sumber: Perhitungan)

Setelah kita mendapatkan semua data yang diperlukan untuk menghitung curah hujan rencana menggunakan metode Log Pearson Type III, kita masukkan rumus Log Pearson Type III dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 10. Curah Rencana Metode Log Pearson Type III

KALA ULANG	P (%)	Cs	log xt	xt (mm)
2	50	-0.2520	1.97	93.57
5	20	0.3078	2.04	109.33
10	10	0.8506	2.10	127.16
25	4	1.6032	2.20	156.77
50	2	1.6727	2.20	159.83
100	1	1.9342	2.24	171.89
200	0.5	2.1635	2.26	183.21

(sumber: Perhitungan)

5. Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-jaman

Dalam perhitungan distribusi jam-jaman kita menggunakan metode mononobe. Dengan menggunakan rumus yang terdapat di bab II maka kita mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 11. Nilai Distribusi Jam-jaman Metode Mononobe

Waktu Hujan Jam	Distribusi Hujan %
1	55.032%
2	14.304%
3	10.034%
4	7.988%
5	6.746%
6	5.896%

(sumber: Perhitungan)

Tabel 12. Perhitungan Hujan Netto

Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan (mm)	Koef. Pengaliran (C)	Hujan Netto Rn (mm)
2	93.5664	0.7000	65.50
5	109.3337	0.7000	76.53
10	127.1562	0.7000	89.01
25	156.7703	0.7000	109.74
50	159.8330	0.7000	111.88
100	171.8920	0.7000	120.32
200	183.2126	0.7000	128.25

(sumber: Perhitungan)

Tabel 13. Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-Jaman

t	Rt	Hujan Netto (Rn, mm) dengan Kala Ulang (Tahun)						
		2	5	10	25	50	100	200
		65.497	76.534	89.009	109.739	111.883	120.324	128.249
(Jam)	(%)	Hujan Netto Jam-jaman = Rn x Rt						
1	55.032%	36.044	42.118	48.984	60.392	61.572	66.217	70.578
2	14.304%	9.369	10.947	12.732	15.697	16.004	17.211	18.345
3	10.034%	6.572	7.679	8.931	11.011	11.236	12.073	12.868
4	7.988%	5.232	6.113	7.110	8.766	8.937	9.612	10.245
5	6.746%	4.418	5.163	6.004	7.403	7.547	8.117	8.651
6	5.896%	3.862	4.513	5.248	6.471	6.597	7.095	7.562

6. Perhitungan Debit Banjir Rencana Menggunakan HSS Nakayasu

Data-data yang diketahui :

Luas DAS (A) = 400 Km²

Panjang Sungai (L) = 57 km

a = 2 (untuk daerah pengaliran biasa)

Ro = 1 mm

C = 0.7

Dari data diatas kita dapat menghitung parameter yang digunakan dalam metode nakayasu dan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 14. Perhitungan Parameter Metode Nakayasu

Parameter	Unit	Nilai
$T_g = 0.4 \times a + (0.058 \times L)$	jam	3.706
a		2
$T_r = 0.55 \times T_g$	jam	2.04
$T_p = T_g + (0.8 \times T_r)$	jam	5.33564
$T_{0,3} = a \times T_g$	jam	7.41
$0.5 \times T_{0,3}$	jam	3.71
$1.5 \times T_{0,3}$	jam	11.12
$2.0 \times T_{0,3}$	jam	14.82
$(T_p + T_{0,3})$	jam	12.75
$(T_p + T_{0,3} + 1.5T_{0,3})$	jam	23.87
$Q_p = (C \times R_o \times A)$	m ³ /det	8.63
$3.6 \times (0.3 \times T_p + T_{0,3})$		

(sumber : perhitungan)

Untuk perhitungan debit banjir rencana metode HSS Nakasyasu kita menggunakan persamaan dibawah ini :

- Rumus waktu naik :

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

- Rumus waktu turun 1 :

$$Q_t = Q_{max} \times 0,3^{\left(\frac{t-T_p}{T-0,3}\right)}$$

- Rumus waktu turun 2 :

$$Q_t = Q_{max} \times 0,3^{\left(\frac{t-T_p+0,5 T-0,3}{1,5 T-0,3}\right)}$$

- Rumus waktu turun 3 :

$$Q_t = Q_{max} \times 0,3^{\left(\frac{t-T_p+1,5 T-0,3}{2 T-0,3}\right)}$$

Untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 15. Perhitungan Metode Nakayasu

t (jam)	Q m ³ /dtk	Keterangan
1	0.1551	Q naik
2	0.8185	
3	2.1659	
4	4.3200	
5	7.3803	
5.34	8.0295	QP
6	7.7480	Q Turun 1
7	6.5864	
8	5.5989	
9	4.7594	
10	4.0459	
11	3.4393	Q turun 2
12	2.9236	
12.75	2.5889	
13	2.5193	
14	2.2608	
15	2.0287	
16	1.8205	
17	1.6337	
18	1.4660	
19	1.3155	
20	1.1805	
21	1.0594	
22	0.9506	
23	0.8531	
23.87	0.7767	

(Sambungan tabel 15.)

24	0.7683
25	0.7084
26	0.6531
27	0.6022
28	0.5552
29	0.5119
30	0.4719
31	0.4351
32	0.4012
33	0.3699
34	0.3410
35	0.3144
36	0.2899
37	0.2673
38	0.2464
39	0.2272
40	0.2095
41	0.1931
42	0.1781
43	0.1642
44	0.1514
45	0.1396
46	0.1287
47	0.1186
48	0.1094
49	0.1009
50	0.0930
51	0.0857
52	0.0790
53	0.0729
54	0.0672
55	0.0620
56	0.0571
57	0.0527
58	0.0486

(sumber: Perhitungan)

Grafik Lengkung Naik & Turun Hidrograf Satuan Sintetik (HSS)
Nakayasu Pada DAS Pappa



Gambar 20. Grafik HSS Nakayasu DAS Pappa

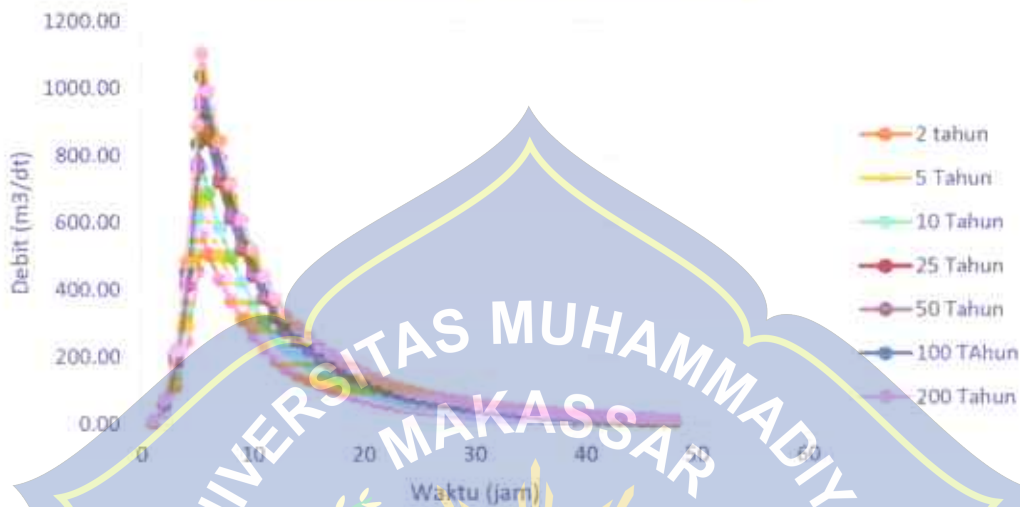
Dari gambar 20 dapat kita lihat bahwa grafik hubungan Q dan t terus meningkat seiring berjalannya waktu hingga mencapai puncak pada puncak dengan debit $8.62 \text{ m}^3/\text{dt}$ di waktu 5.34 jam dan setelah itu grafiknya pun perlahan menurun seiring berjalannya waktu.

Tabel 16. Rekap Perhitungan Nakayasu Di Setiao Kala Ulang Tahun

t	Q	2	5	10	25	50	100	200
1.00	0.155	5.59	6.53	7.60	9.37	9.55	10.27	10.94
2.00	0.818	37.17	43.43	50.51	62.28	63.50	68.29	72.78
3.00	2.166	112.59	131.57	153.01	188.65	192.33	206.85	220.47
4.00	4.320	247.18	288.83	335.91	414.14	422.24	454.09	484.00
5.00	7.380	454.88	531.53	618.18	762.15	777.04	835.66	890.70
5.34	8.630	565.20	660.45	768.11	947.00	965.50	1038.34	1106.73
6.00	7.748	507.47	592.98	689.64	850.26	866.87	932.27	993.67
7.00	6.586	431.38	504.08	586.25	722.78	736.90	792.50	844.69
8.00	5.599	366.71	428.50	498.35	614.42	626.42	673.68	718.05
9.00	4.759	311.73	364.26	423.63	522.30	532.50	572.68	610.39
10.00	4.046	264.99	309.64	360.12	443.99	452.66	486.82	518.88
11.00	3.439	225.26	263.22	306.13	377.42	384.80	413.83	441.08
12.00	2.924	191.49	223.75	260.23	320.84	327.10	351.78	374.95
12.75	2.589	169.56	198.13	230.43	284.10	289.65	311.50	332.02
13.00	2.519	165.01	192.81	224.24	276.47	281.87	303.14	323.10
14.00	2.261	148.07	173.02	201.23	248.10	252.94	272.03	289.94
15.00	2.029	132.88	155.27	180.58	222.63	226.98	244.11	260.18
16.00	1.821	119.24	139.33	162.04	199.78	203.69	219.05	233.48
17.00	1.634	107.00	125.03	145.41	179.28	182.78	196.57	209.52
18.00	1.466	96.02	112.20	130.49	160.88	164.02	176.40	188.01
19.00	1.316	86.16	100.68	117.10	144.37	147.19	158.79	168.72
20.00	1.181	77.32	90.35	105.08	129.55	132.08	142.05	151.40
21.00	1.059	69.38	81.08	94.29	116.25	118.53	127.47	135.86
22.00	0.951	62.26	72.76	84.62	104.32	106.36	114.39	121.92
23.00	0.853	55.87	65.29	75.93	93.62	95.44	102.65	109.41
23.87	0.777	50.87	59.44	69.13	85.23	86.89	93.45	99.61
24.00	0.768	50.32	58.80	68.38	84.31	85.96	92.44	98.53
25.00	0.708	46.39	54.21	63.05	77.73	79.25	85.23	90.85
26.00	0.653	42.78	49.98	58.13	71.67	73.07	78.58	83.76
27.00	0.602	39.44	46.09	53.60	66.08	67.37	72.45	77.23
28.00	0.555	36.36	42.49	49.42	60.93	62.12	66.80	71.20
29.00	0.512	33.53	39.13	45.56	56.17	57.27	61.59	65.65
30.00	0.472	30.91	36.12	42.01	51.79	52.80	56.79	60.53
31.00	0.435	28.50	33.30	38.73	47.75	48.68	52.36	55.80
32.00	0.401	26.28	30.70	35.71	44.03	44.89	48.27	51.45
33.00	0.370	24.23	28.31	32.92	40.59	41.38	44.51	47.44
34.00	0.341	22.34	26.10	30.36	37.43	38.16	41.04	43.74
35.00	0.314	20.59	24.06	27.99	34.51	35.18	37.83	40.33
36.00	0.290	18.99	22.19	25.80	31.81	32.44	34.88	37.18
37.00	0.267	17.51	20.46	23.79	29.33	29.91	32.16	34.28
38.00	0.246	16.14	18.86	21.94	27.04	27.57	29.65	31.61
39.00	0.227	14.88	17.39	20.22	24.93	25.42	27.34	29.14
40.00	0.209	13.72	16.03	18.65	22.99	23.44	25.21	26.87
41.00	0.193	12.65	14.78	17.19	21.20	21.61	23.24	24.77
42.00	0.178	11.66	13.63	15.85	19.54	19.92	21.43	22.84
43.00	0.164	10.75	12.57	14.61	18.02	18.37	19.76	21.06
44.00	0.151	9.92	11.59	13.47	16.61	16.94	18.22	19.41
45.00	0.140	9.14	10.68	12.42	15.32	15.62	16.79	17.90
46.00	0.129	8.43	9.85	11.45	14.12	14.40	15.48	16.50
47.00	0.119	7.77	9.08	10.56	13.02	13.27	14.28	15.22
48.00	0.109	7.16	8.37	9.74	12.00	12.24	13.16	14.03

(sumber: Perhitungan)

Grafik Rekap HSS Nakayasu



Gambar 21. Grafik HSS Nakayasu DAS Pappa

Dari grafik diatas dapat kita lihat bahwa grafik hubungan Q dan t terus meningkat seiring berjalannya waktu hingga mencapai puncak pada puncak di waktu 5,34 jam dan untuk kala ulang 2 tahun debit puncaknya adalah $565.20 m^3/dtk$, untuk kala ulang 5 tahun debit puncaknya adalah $660.45 m^3/dtk$, untuk kala ulang 10 tahun debit puncaknya adalah $768.11 m^3/dtk$, untuk kala ulang 25 tahun debit puncaknya adalah $947.00 m^3/dtk$, untuk kala ulang 50 tahun debit puncaknya adalah $965.50 m^3/dtk$, untuk kala ulang 100 tahun debit puncaknya adalah $1038.34 m^3/dtk$, untuk kala ulang 100 tahun debit puncaknya adalah $1106.73 m^3/dtk$

B. Hasil Penampang dan Profil Muka Air Sungai UnSteady Flow

Menggunakan HEC-RAS 6.0

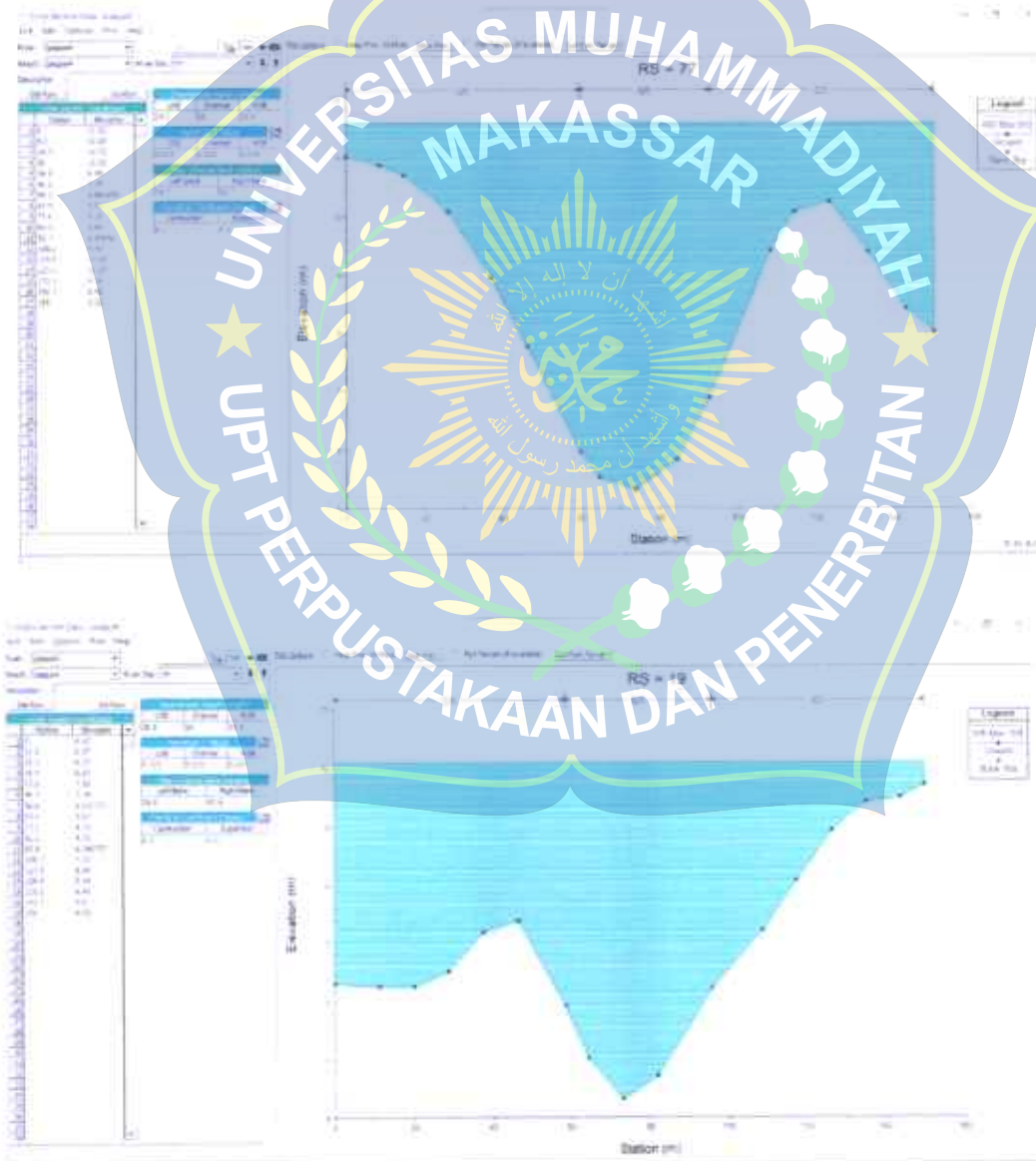
1. Debit banjir rencana 2 tahun



Gambar 22. Hasil output running unsteady flow profil melintang RS 76 dan RS 28

Pada gambar 22 di atas memperlihatkan penampang sungai yang telah melalui proses running unsteady flow pada HEC-RAS untuk debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 2 tahun pada kondisi permukaan air maksimum.

2. Debit banjir rencana 5 tahun



Gambar 23. Hasil output running unsteady flow profil melintang RS 77 dan RS 19

Pada gambar 23 di atas memperlihatkan penampang sungai yang telah melalui proses running unsteady flow pada HEC-RAS untuk debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 5 tahun pada kondisi permukaan air maksimum.

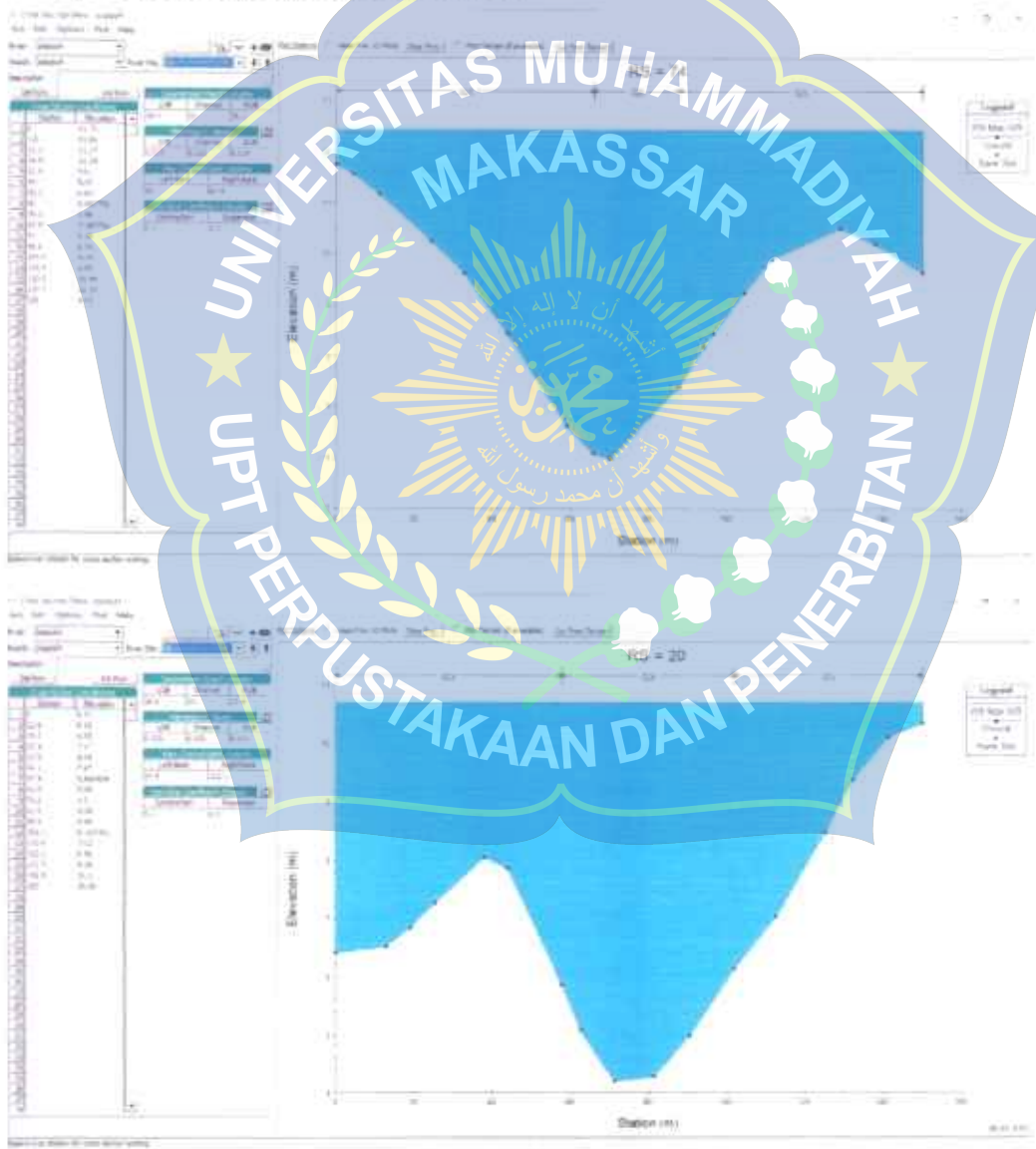
3. Debit banjir rencana 10 tahun



Gambar 24. Hasil output running unsteady flow profil melintang RS 73 dan RS 18

Pada gambar 24 di atas memperlihatkan penampang sungai yang telah melalui proses running unsteady flow pada HEC-RAS untuk debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 10 tahun pada kondisi permukaan air maksimum.

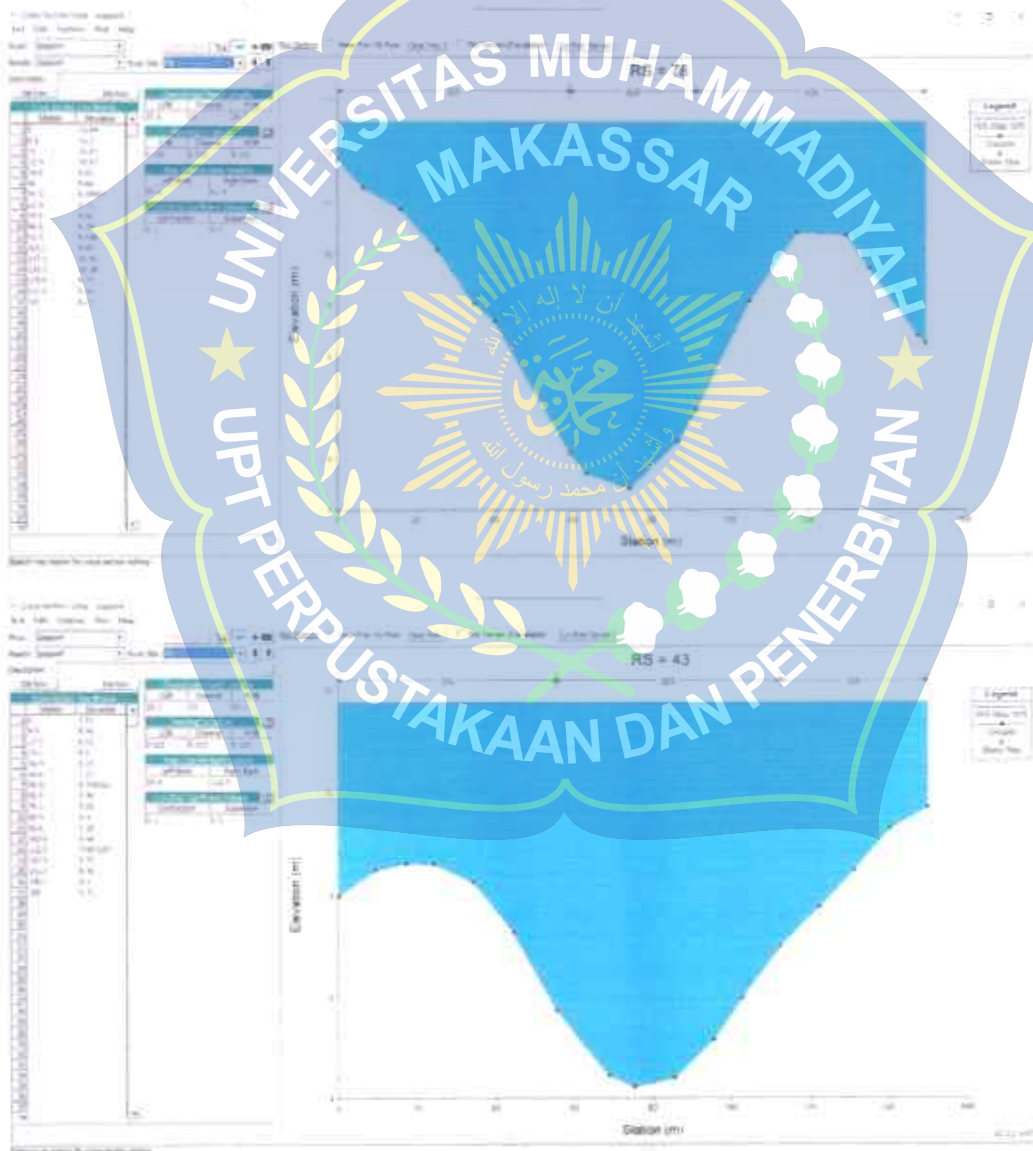
4. Debit banjir rencana 25 tahun



Gambar 25. Hasil output running unsteady flow profil melintang RS 74 dan RS 20

Pada gambar 25. di atas memperlihatkan penampang sungai yang telah melalui proses running unsteady flow pada HEC-RAS untuk debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 25 tahun pada kondisi permukaan air maksimum.

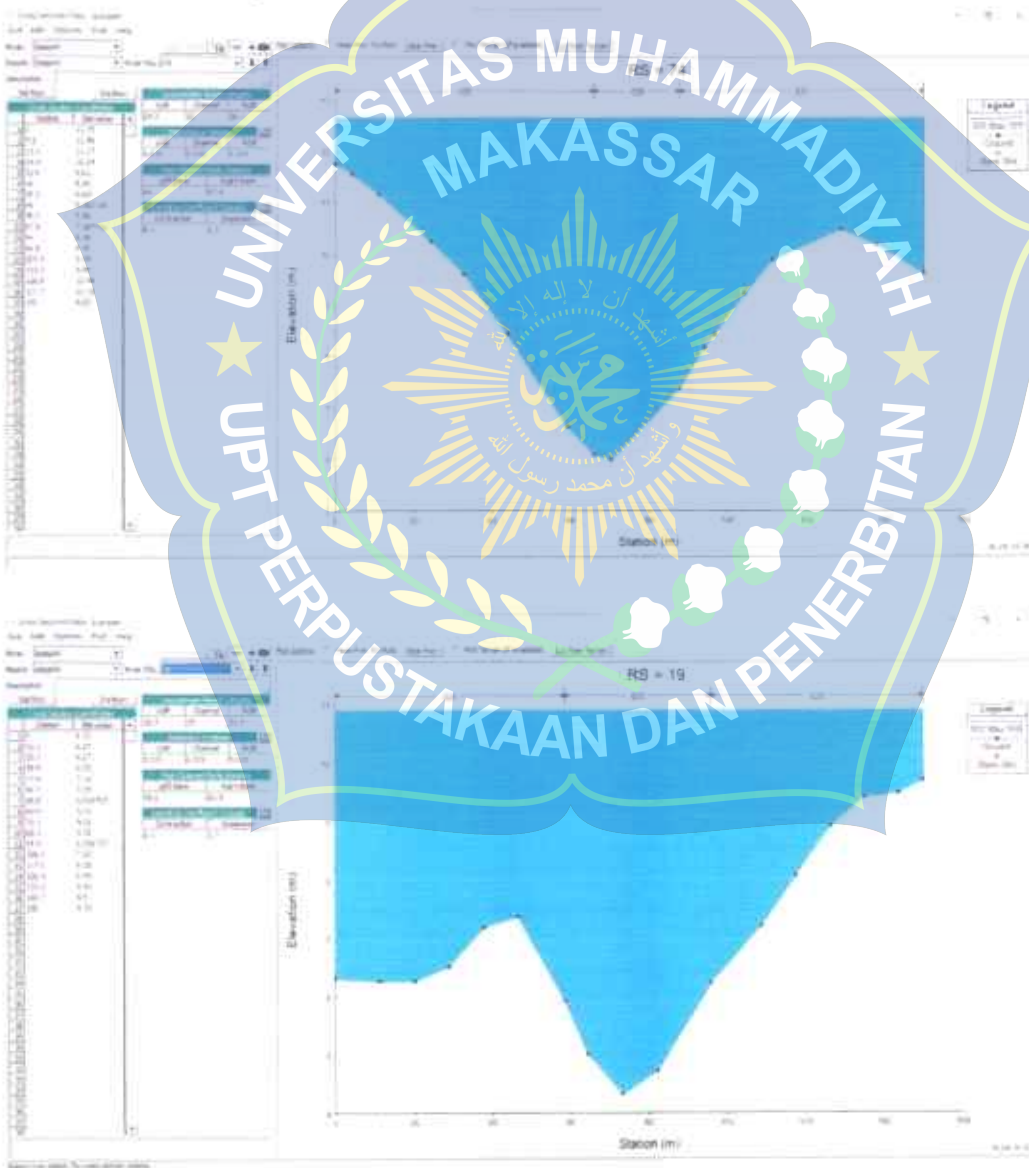
5. Debit banjir rencana 50 tahun



Gambar 26. Hasil output running unsteady flow profil melintang RS 78 dan RS 43

Pada gambar 26. di atas memperlihatkan penampang sungai yang telah melalui proses running unsteady flow pada HEC-RAS untuk debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 50 tahun pada kondisi permukaan air maksimum

6. Debit banjir rencana 100 tahun



Gambar 27. Hasil output running unsteady flow profil melintang RS 74 dan RS 19

Pada gambar 28 di atas memperlihatkan penampang sungai yang telah melalui proses running unsteady flow pada HEC-RAS untuk debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 200 tahun pada kondisi permukaan air maksimum.

Tabel 17. Rekap Kapasitas Penampang Sungai Dalam Menampung Debit Banjir

[illegible]

C. Analisis Daerah Genangan Banjir Sungai Pappa

Setelah melakukan tes analisis menggunakan software HEC-RAS maka diperoleh hasil berupa luasan genangan menurut periode ulangnya masing-masing untuk mendapatkan luasan genangan kita menggunakan bantuan google earth yang dapat dilakukan di dalam software hecras itu sendiri. penentuan luasan genangan ini tidak dapat dilakukan running secara langsung di karenakan cakupan wilayah lokasi penelitian terbilang kurang dari cakupan minimal oleh karena itu kami melakukan menggunakan proses manual dengan menggunakan bantuan google earth sekaligus besar genangan yang terjadi

Berikut adalah hasil analisis luasan genangan banjir sungai pappa menurut periode ulangnya

1. Periode ulang 2 tahunan



Gambar 29. Hasil banjir periode kala ulang 2 tahun

Pada gambar 29 di atas kita dapat melihat Luas genangan 1 adalah $1,10 \text{ km}^2$ dan Luas Genangan 2 adalah $1,08 \text{ km}^2$ maka total luasan periode kala ulang 2 tahunan adalah $2,180 \text{ km}^2$

2. Periode ulang 5 tahunan



Gambar 30. Hasil banjir periode kala ulang 5 tahun

Pada gambar 30 di atas kita dapat melihat Luas genangan 1 adalah $1,11 \text{ km}^2$ dan Luas Genangan 2 adalah $1,078 \text{ km}^2$ maka total luasan periode kala ulang 5 tahunan adalah $2,188 \text{ km}^2$

3. Periode ulang 10 tahunan



Gambar 31. Hasil banjir periode kala ulang 10 tahun

Pada gambar 31 di atas kita dapat melihat Luas genangan 1 adalah $1,122 \text{ km}^2$ dan Luas Genangan 2 adalah $1,103 \text{ km}^2$ maka total luasan periode kala ulang 10 tahunan adalah $2,225 \text{ km}^2$

4. Periode ulang 25 tahunan



Gambar 32. Hasil banjir periode kala ulang 25 tahun

Pada gambar 32 di atas kita dapat melihat Luas genangan 1 adalah $1,137 \text{ km}^2$ dan Luas Genangan 2 adalah $1,131 \text{ km}^2$ maka total luasan periode kala ulang 25 tahunan adalah $2,268 \text{ km}^2$

5. Periode ulang 50 tahunan



Gambar 33. Hasil banjir periode kala ulang 50 tahun

Pada gambar 33 di atas kita dapat melihat Luas genangan 1 adalah $1,148 \text{ km}^2$ dan Luas Genangan 2 adalah $1,122 \text{ km}^2$ maka total luasan periode kala ulang 50 tahunan adalah $2,273 \text{ km}^2$

6. Periode ulang 100 tahunan



Gambar 34. Hasil banjir periode kala ulang 100 tahun

Pada gambar 34 di atas kita dapat melihat Luas genangan 1 adalah $1,151 \text{ km}^2$ dan Luas Genangan 2 adalah $1,137 \text{ km}^2$ maka total luasan periode kala ulang 100 tahunan adalah $2,288 \text{ km}^2$

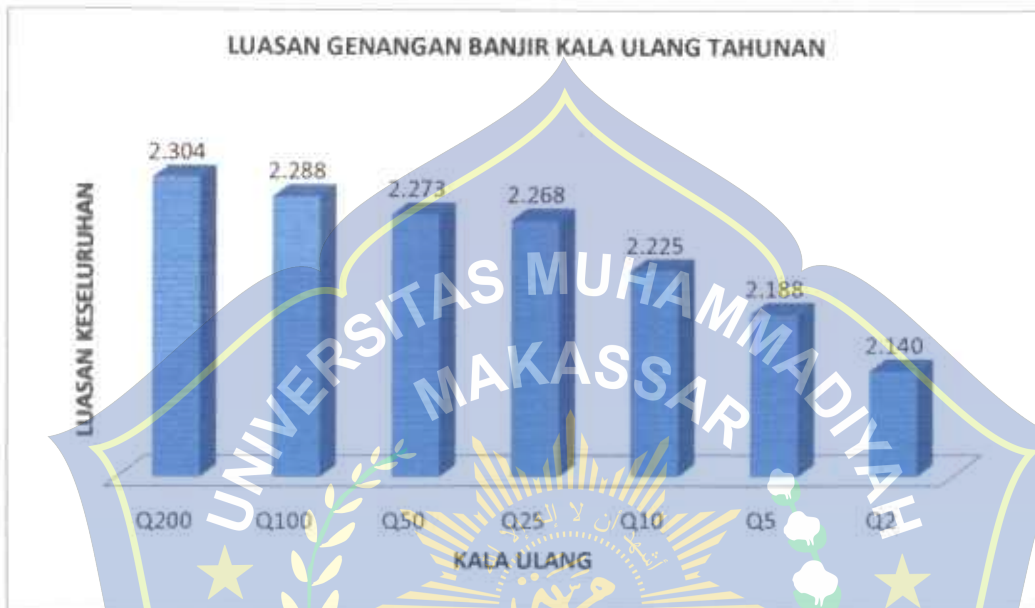
7. Periode ulang 200 tahunan



Gambar 35. Hasil banjir periode kala ulang 200 tahun

Pada gambar 35 di atas kita dapat luasan periode kala ulang 200 tahunan adalah $2,303 \text{ km}^2$

Rekap luas genangan yang terjadi pada periode kala ulang 2, 5, 10, 50, 100, 200 tahunan dapat dilihat pada gambar 36 dibawah ini :



Gambar 36. Luas keseluruhan genangan banjir kala ulang tahunan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dari hasil analisis debit banjir rencana untuk Sungai Pappa menggunakan Metode HSS Nakayasu dapat disimpulkan bahwa :

Debit maksimal untuk setiap kala ulang didapatkan :

- | | | |
|----------------|-----------|-----------|
| a. Untuk Q 2 | : 565,20 | m^3/dtk |
| b. Untuk Q 5 | : 660,45 | m^3/dtk |
| c. Untuk Q 10 | : 768,11 | m^3/dtk |
| d. Untuk Q 25 | : 947,00 | m^3/dtk |
| e. Untuk Q 50 | : 965,50 | m^3/dtk |
| f. Untuk Q 100 | : 1038,34 | m^3/dtk |
| g. Untuk Q 200 | : 1106,73 | m^3/dtk |

2. Dari hasil analisis di atas menunjukkan bahwa luasan yang tergenang banjir pada wilayah percobaan yakni untuk kala ulang 2 tahunan sebesar $2,140 \text{ km}^2$ dan pada kala ulang 5 tahunan sebesar $2,188 \text{ km}^2$, pada kala ulang 10 tahunan sebesar $2,225 \text{ km}^2$, pada kala ulang 25 tahunan sebesar $2,268 \text{ km}^2$, pada kala ulang 50 tahunan sebesar $2,273 \text{ km}^2$ pada kala ulang 100 tahunan sebesar $2,288 \text{ km}^2$ dan pada kala ulang 200 sebesar $2,303 \text{ km}^2$.

B. Saran

1. Untuk tidak terjadinya luapan maka perlu dilakukan normalisasi disungai pappu
2. Menambah metode atau menggunakan aplikasi yang lain dalam menganalisis penampang sungai sebagai perbandingan
3. Study hidrologi yang dilakukan harus lebih detail yang berkaitan dengan panjang waktu pengamatan dan jumlah stasiun serta data hujan yang baru agar menghasilkan studi yang lebih baik
4. Pengembangan penelitian untuk normalisasi sungai supaya bisa mencegah terjadinya banjir
5. Untuk mendapatkan tinggi muka air yang lebih akurat harus mengumpulkan data sedimen dan kualitas tanah sungai

DAFTAR PUSTAKA

- Anto,wiji& Noor salim & Adhitya S,M, 2019.*Analisi dan Evakuasi kapasitas penampang sungai jatiroto dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1* ,Jawa timur: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember
- Asdak, C., (2004), Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai, Gadjah Mada University Press, Jogjakart
- Andrian Ivan& Wati A. pranoto., 2020. *Analisi Angkutan sedimen dasar sungai cibeet dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS dan uji laboratorium*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, Vol. 3 No. 1 Februari 2020. ISSN: 2622-545X.
- Al Amin,M.B& L.Ulfa & H.haki. 2016. *Simulasi karakteristik genangan banjir menggunakan HEC-RAS 5* . Sumatera selatan.Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- Bambang Triatmodjo, 2008. "Hidrologi Terapan". Yogyakarta : Beta Offset.
- Easter dan Hufschmidt (1985), Penelitian untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu di Negara Berkembang- (Kertas konsep). Pusat Timur-Barat, Honolulu, Hawaii.
- Gustiani,A. 2020. *Pengendalian banjir pada sungai dengan analisa HEC-RAS diwilayah darat kota bima*, Bima . Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
- Haq, taquiuddin. 2018. *Pemodelan genangan banjir(flood inundation)di das tanggul Kab. jember menggunakan integrasi arcgis dan Hec-Ras*. Jember, jurusan Teknik Sipil Universitas Jember
- Hutajulu, aspian & Amir fauzi& yulizae. 2020. *Simulasi banjir pada sungai krueng jambo aye Kab. Aceh utara menggunakan HEC-RAS* . Jounal Of The Civil Engineering Student. Vol. 2 No. 3 Desember 2020: Hal 225-231.ISSN 2685-0606.
- Haki,helmi & m.Baitullah Al amin. 2016. *Simulasi profil muka air dan potensi banjir ekstrim disungai musi menggunakan HEC-RAS dan SIG*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Palembang , ISBN: 979-587-617-1
- Irwan tedi & Zainul faizen Haza&Lilik H,W, 2017.*Analisa genangan banjirmenggunakan sistem HEC-RAS 5.0.7* , Yogyakarta : Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Sarjanawiyata tamansiswa

Istiarto, 2014. Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. Modul Pelatihan

Kusuma, Agung Tejo & nanag saiful rizal & Taufan abadi . 2016. *Analisis dan evauasi kapasitas penampang sungai sampean Bondowoso Dengan menggunakan Program HEC-RAS 4.1*. Jawa timur: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah jember

Kodoatie, R.J. dan Sugiyanto, 2002. Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

Rahman Ando, Arif . 2016. *Sindi Hidrolis dengan Menggunakan HEC-RAS*. Makassar . Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Ros rante, Novia dkk. 2016. *Analisa Debit banjir anak sungai tikala pada titik unjauan Kel Banjer link V Kec Tikala dengan menggunakan HEC-RAS dan HEC- HMS*. Manado: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Tekno Vol. 14/No.65/april 2016 ISSN : 0215-9617

Siregar, Rizal inanda & Ivan Indrawan. 2017. *Studi Komparasi pemodelan 1-D dan 2-D dalam memodelkan banjir das citarum hulu*, Medan, Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara. Vol.3, No 2 Desember 2017. ISSN: 31-37-4898

Suripin, 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan ANDI Offset Yogyakarta.

Syahputra ichasn & Cut rahmawati, 2018. *Aplikasi program Hec-Ras 5.0.3 pada studi penanganan banjir*, Aceh Besar: Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Abulyatama. Vol 4, No 2, Desember 2018. ISSN: 2460-8912

Wigati, Restu & Soedarsono & Tia mutia . 2016. *Analisa Banjir menggunakan software HEC-RAS 4.1.0*. Banten : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Vol. 5 No 2

LAMPIRAN

Lampiran 1. Curah Hujan Stasiun Malolo

tahun	BULAN											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1999	109	83	59	62	65	32	21	4	0	117	35	40
2000	77	112	64	81	47	38	15	1	8	86	73	78
2001	127	199	85	52	41	48	0	0	4	35	86	125
2002	134	105	89	76	27	21	0	0	0	0	50	55
2003	130	133	79	75	22	15	18	0	3	19	43	151
2004	86	75	120	40	25	23	10	0	4	12	38	72
2005	63	43	135	58	13	18	8	24	7	67	60	117
2006	125	119	71	-	-	-	10	0	0	0	45	66
2007	102	79	58	98	35	79	3	9	28	13	138	135
2008	81	152	75	38	82	76	0	26	11	67	74	72
2009	174	73	58	55	34	13	14	2	1	26	73	79
2010	139	65	51	47	41	85	117	105	86	78	85	64
2011	125	119	71	-	-	-	10	0	0	0	45	66
2012	102	79	58	88	35	79	3	9	28	13	138	135
2013	102	112	67	118	68	80	45	7	2	33	24	135
2014	116	78	33	86	29	16	2	0	0	1	89	115
2015	187	102	97	92	29	24	0	0	0	5	34	166
2016	114	131	44	67	44	47	85	5	58	97	73	56
2017	61	117	76	62	14	37	58	63	45	52	69	122
2018	188	109	97	26	14	56	30	0	56	9	95	63

(sumber : BBWA Pompengan Jeneberang)