

TESIS

**ANALISA SIMULASI DAYA TAMPUNG DEBIT BANJIR
SUNGAI MASAMBA**

Simulation Analysis Of The Flood Capacity Of Masamba River

**FRANSISKUS RANTE TARUK
D012182014**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2022**

PENGAJUAN TESIS

**ANALISA SIMULASI DAYA TAMPUNG DEBIT BANJIR
SUNGAI MASAMBA**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Ilmu Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

**FRANSISKUS RANTE TARUK
D012182014**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

TESIS

ANALISA SIMULASI DAYA TAMPUNG DEBIT BANJIR SUNGAI MASAMBA

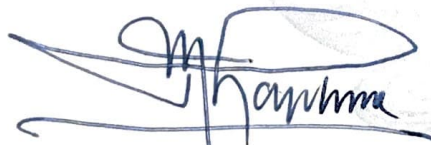
FRANSISKUS RANTE TARUK
D012182014

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 17 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng
NIP. 1954091019831003



Dr. Eng. Ir. H. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT
NIP. 197305121999031002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST. MT. IPM
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. M. Asad Abdurrahman, ST. MEng. PM
NIP. 197303061998021001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Fransiskus Rante Taruk
Nomor mahasiswa : D012182014
Program studi : Ilmu Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Analisa Simulasi Daya Tampung Debit Banjir Sungai Masamba” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Ir. H.Muhammad Saleh Pallu, M.Eng. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Eng. Ir.H. Mukhsan Putra Hatta,ST., MT. sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding The 5TH EPI International Conference On Science and Engineering (EISCE) sebagai artikel dengan judul “Simulation Analysis Of The Flood Capacity Of Masamba River”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, Maret 2023



Yang menyatakan

Fransiskus Rante Taruk

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan YME yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada penulis sampai saat ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian Tesis yang berjudul “**Analisa Simulasi Daya Tampung Debit Banjir Sungai Masamba**”.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang begitu besar kepada bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng** dan **Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT** selaku pembimbing utama dan pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan waktu, gagasan dan pengetahuan serta dorongan semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan usulan penelitian tesis ini. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada ibu dan ayah, saudara dan rekan-rekan penulis atas segala bantuan, doa, nasihat dan motivasinya selama penyusunan penelitian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih memerlukan perbaikan, baik itu sebagian ataupun secara menyeluruh. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan usulan tesis ini demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pembacanya terutama bagi penulis sendiri.

Penulis

Fransiskus Rante Taruk

ABSTRAK

FRANSISKUS RANTE TARUK. *Analisa Simulasi Daya Tampung Debit Banjir Sungai Masamba* (dibimbing oleh **Muhammad Saleh Pallu, Mukhsan Putra Hatta**)

Sungai merupakan salah satu sumber daya air yang banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air baku sehingga keberadaannya sangat penting dalam menunjang kebutuhan manusia . Di Sulawesi Selatan terdapat beberapa kabupaten yang rawan banjir yang hampir setiap tahun terjadi. Untuk mendapatkan tinggi muka air banjir serta daerah yang terdampak pada Sungai Masamba menggunakan aplikasi HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System). Hasil Penelitian, berdasarkan analisis hidrologi debit banjir rancangan DAS Masamba dengan metode Nakayasu diperoleh Q_2 yaitu $287,77 \text{ m}^3/\text{det}$, Q_5 yaitu $362,90 \text{ m}^3/\text{det}$, Q_{10} yaitu $404,05 \text{ m}^3/\text{det}$ dan debit banjir kala ulang 20 tahun yaitu $440,77 \text{ m}^3/\text{det}$. Lokasi genangan tersebar pada 11 desa/kelurahan di Kecamatan Masamba. Kesimpulan dari penelitian ini dari simulasi diperoleh bahwa kemampuan penampang Sungai Masamba hanya mampu menampung debit banjir kala ulang 2 tahun dengan debit puncak sebesar $287,77 \text{ m}^3/\text{det}$. Berdasarkan hasil simulasi banjir luas genangan untuk klasifikasi tingkat bahaya banjir rendah (0 - 0.76 m) adalah 496,554 Ha, Tingkat bahaya banjir sedang (0.76 m – 1.5 m) adalah 288,294 Ha, dan Tingkat bahaya banjir tinggi (>1.5 m) adalah 179,223 Ha.

Kata kunci: Debit Banjir, Tingkat Bahaya Banjir, Aplikasi HEC-RAS, Sungai Masamba

ABSTRACT

FRANSISKUS RANTE TARUK. *Simulation Analysis Of The Flood Capacity Of Masamba River* (supervised by **Muhammad Saleh Pallu, Mukhsan Putra Hatta**)

River is one of the water resources that is widely used to meet raw water needs so that its existence is very important in supporting human needs. In South Sulawesi there are several districts that are prone to flooding which occurs almost every year. To obtain the flood water level and the area affected by the Masamba River using the HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System) application. Research results, based on the hydrological analysis of the design flood discharge of the Masamba Watershed with the Nakayasu method, Q_2 is 287.77 m³/sec, Q_5 is 362.90 m³/sec, Q_{10} is 404.05 m³/sec and the 20 year return period flood discharge is 440.77 m³/sec. The inundation locations are spread over 11 villages in Masamba District. The conclusion of this study from the simulation is that the cross-sectional capacity of the Masamba River is only able to accommodate a 2-year return flood discharge with a peak discharge of 287.77 m³/sec. Based on the flood simulation results, the inundation area for the classification of low flood hazard level (0 - 0.76 m) is 496.554 Ha, Medium flood hazard level (0.76 m – 1.5 m) is 288.294 Ha, and High flood hazard level (> 1.5 m) is 179.223 Ha.

Keywords: Flood Discharge, Flood Hazard Level, HEC-RAS Software, Masamba River

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PENGAJUAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Penelitian Terdahulu.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	8
2.2. Banjir	9
2.3. Analisa Hidrologi	10
2.4. Penyusunan Model Spasial Daerah Rawan Banjir	37
2.5. HEC-RAS	42
2.6. <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	46
2.7. Kerangka Pemikiran	47
BAB III METODE PENELITIAN.....	48

3.1. Tempat dan Waktu.....	48
3.2. Alat dan Bahan	49
3.3. Teknik Pengumpulan Data	49
3.4. Teknik Analisis Data	50
3.5. Bagan Alir Penelitian	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1. Inventarisasi dan Analisis Ketinggian Banjir	53
4.2. Survey dan Analisis Pemotretan Udara	56
4.3. Survey dan Analisis Data Topografi	59
4.4. Analisis Hidrologi dan Hidrolika	63
4.5. Penggambaran Peta Kawasan Banjir	68
4.6. Analisis Daerah Terdampak Banjir	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
5.1. Kesimpulan	78
5.2. Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1 Perbandingan penelitian sebelumnya	5
Tabel 2 Kriteria penentuan metode perhitungann curah hujan	14
Tabel 3 Nilai variabel reduksi gauss	18
Tabel 4 Faktor frekuensi untuk distribusi Log-Pearson type III	21
Tabel 5 Nilai variabel reduksi Gumbel	25
Tabel 6 Hubungan reduksi rata – rata (Y_n) dan reduksi standar deviasi (S_n) dengan jumlah data kejadian (n).	25
Tabel 7 Nilai kritis untuk distribusi Chi-Kuadrat (uji satu sisi).	30
Tabel 8 Nilai P kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov	31
Tabel 9 Nilai koefisien pengaliran (C)	32
Tabel 10 Klasifikasi tingkat kedalaman genangan banjir.....	38
Tabel 11 Klasifikasi variabel tingkat kerentanan wilayah	40
Tabel 12 Variabel tingkat kerentanan wilayah.....	40
Tabel 13 Variabel tingkat kapasitas wilayah.....	41
Tabel 14 Klasifikasi tingkat kedalaman genangan banjir.....	45
Tabel 15 Interpretasi nilai MAPE	46
Tabel 16 Teknik analisis penelitian	51
Tabel 17 Data hasil pengukuran topografi sungai Masamba	60
Tabel 18 Data curah hujan maksimum harian DAS Masamba	63
Tabel 19 Tabel perhitungan distribusi	64
Tabel 20 Tabel penentuan distribusi curah hujan.....	65
Tabel 21 Hasil perhitungan kurva distribusi Log Pearson III pada DAS Masamba.....	66
Tabel 22 Hasil perhitungan Uji Chi-Kuadrat untuk distribusi Log Pearson Tipe III pada DAS Masamba.....	67
Tabel 23 Hasil perhitungan hujan rancangan metode Log Pearson III DAS Masamba.....	68

Tabel 24 Hasil perhitungan debit banjir rencana DAS Masamba	69
Tabel 25 Perbandingan data hasil simulasi dan pengukuran lapangan Sungai Masamba	71
Tabel 26 Luas genangan banjir berdasarkan pola guna lahan DAS Masamba	80

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1 Batas aliran sungai.....	9
Gambar 2 Stasiun hujan untuk koreksi data.	11
Gambar 3 Sketsa analisis kurva massa ganda stasiun A dan stasiun B.....	13
Gambar 4 Poligon Thiessen.....	15
Gambar 5 Kurva distribusi frekuensi normal	17
Gambar 6 HSS Nakayasu	35
Gambar 7 Tahapan metode raster conditional.....	38
Gambar 8 Penentuan tingkat ancaman, kapasitas dan risiko bencana.....	42
Gambar 9 Kerangka pemikiran	48
Gambar 10 Lokasi penelitian.....	48
Gambar 11 Bagan alir penelitian	52
Gambar 12 Deskripsi TTG 0806 Sungai Masamba	53
Gambar 13 Inventarisasi ketinggian banjir sungai Masamba.....	55
Gambar 14 Pemotretan udara sungai Masamba	58
Gambar 15 Digital Terrain Model DAS Masamba	62
Gambar 16 Hidrograf debit banjir sungai Masamba	66
Gambar 17 Profil muka air pada bagian hulu sungai Masamba.....	67
Gambar 18 Profil muka air pada bagian tengah sungai Masamba	67
Gambar 19 Profil muka air pada bagian hilir sungai Masamba	67
Gambar 20 Perbandingan antara kedalaman simulasi dan kedalaman banjir sungai Masamba di lapangan.....	72
Gambar 21 Korelasi antara data simulasi dan data banjir sungai Masamba di lapangan	72
Gambar 22 Peta kawasan banjir sungai Masamba	73
Gambar 23 Peta dampak banjir sungai Masamba	74
Gambar 24. Luas genangan banjir berdasarkan administrasi DAS Masamba	82

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
Lampiran 1. Inventarisasi Ketinggian Banjir Sungai Masamba Tahun 2022	82

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu sumber daya air yang banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air baku sehingga keberadaannya sangat penting dalam menunjang kebutuhan manusia. Seiring dengan perubahan kondisi di wilayah sungai, perubahan tata guna lahan dan pertumbuhan penduduk membuat sungai tidak berfungsi optimal sebagaimana mestinya sehingga akibat dari perubahan tersebut adalah timbulnya bencana khususnya bencana banjir yang mengakibatkan banyak kerugian.

Banjir merupakan bencana alam yang seringkali terjadi di musim penghujan yang merebak di berbagai Daerah Aliran Sungai (DAS) di sebagian besar wilayah Indonesia akan dapat terjadi sewaktu – waktu. Banjir adalah suatu kondisi dimana terjadi peningkatan debit air sungai sehingga meluap dan menggenangi daerah sekitarnya. Adanya perubahan iklim ataupun kelalaian manusia dalam mengantisipasi terjadinya bencana banjir dapat menimbulkan potensi kerugian yang besar baik materil maupun korban jiwa. Di Sulawesi Selatan terdapat beberapa kabupaten yang rawan banjir yang hampir setiap tahun terjadi.

Untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan dan kerugian akibat banjir dibutuhkan upaya penanggulangan bencana banjir yang dapat segera direalisasikan di lapangan. Solusi penanganan yang bisa dilakukan adalah melalui kajian kondisi eksisting sungai dan karakteristik banjirnya untuk menentukan ruas – ruas sungai

yang rawan banjir guna menentukan rencana yang optimal berdasarkan kelayakan hidraulika (Nanlohy, Benjamin J.B. dkk, 2008)

Banjir di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dilihat dari topografi dataran rendah, cekungan dan sebagian besar wilayahnya adalah lautan. Curah hujan di daerah hulu dapat menyebabkan banjir di daerah hilir apalagi untuk daerah – daerah yang permukaan tanahnya lebih rendah atau hanya beberapa meter diatas permukaan laut (Suprarto, 2011). Akibat kemiringan lereng yang cukup terjal serta dangkalnya sungai Masamba menyebabkan penampang sungai tidak mampu menahan debit banjir yang terjadi sehingga aliran air menggerus tebing-tebing sungai disepanjang sungai Masamba dan menyebabkan pelebaran sungai yang cukup besar. Selain menyebabkan pelebaran sungai, air yang meluap juga merendam wilayah-wilayah di sepanjang sungai terutama di daerah Muara mendapatkan dampak yang cukup besar mengingat daerah tersebut juga dipengaruhi oleh pasang-surut dari teluk Bone.

Dari permasalahan yang terjadi, untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Oleh karena itu, diperlukan analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir serta analisis hidrolika untuk mendapatkan tinggi muka air banjir di Sungai Masamba dengan berbagai kala ulang. Untuk mendapatkan tinggi muka air banjir serta daerah yang terdampak pada Sungai Masamba menggunakan aplikasi HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System*). Untuk itu dalam rencana penelitian yang berkaitan dengan penyusunan tesis ini, maka saya mengangkat judul **“Analisa Simulasi Daya Tampung Debit Banjir Sungai Masamba”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa besar kapasitas daya tampung debit banjir kala ulang 2,5,10 dan 20 tahun pada Sungai Masamba?
2. Bagaimana model daerah rawan banjir Sungai Masamba?

1.3. Batasan Masalah

Dari penelitian ini, permasalahan berfokus pada :

1. Wilayah Penelitian ini hanya mencakup Sungai Masamba, Kabupaten Luwu Utara.
2. Penentuan batas-batas sub DAS menggunakan analisis topografi dengan bantuan software ArcGIS.
3. Pemodelan daerah rawan banjir menggunakan software HEC-RAS

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Menganalisis kapasitas daya tampung debit banjir kala ulang 2, 5, 10 dan 20 tahun.
2. Menganalisis daerah terdampak bencana banjir pada Sungai Masamba.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi serta masukan bagi pemerintah dan instansi terkait dalam menetapkan program pembangunan dan pengelolaan daerah-daerah rawan banjir.
2. Diharapkan memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dalam penanganan banjir di daerah sekitar sungai.
3. Dapat dijadikan salah satu sumber untuk pengembangan penelitian lebih lanjut

1.6. Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mirip dan berkaitan dengan penelitian ini. Ada beberapa penelitian yang memiliki tujuan yang mirip namun juga mempunyai beberapa perbedaan seperti metode perhitungan yang digunakan, metode simulasi, lokasi penelitian dan objek yang diteliti. Perbedaan metode yang digunakan, pembahasan dan scenario penanganan tergantung dari DAS yang ditinjau, karena setiap DAS memiliki karakteristiknya sendiri.

Tabel 1 Perbandingan penelitian sebelumnya

No.	Penulis	Judul	Metode	Hasil
1.	Silvi Yustitia Eka Pratiwi, Nanang Saiful Rizal, Totok Dwi Kuryani	Kajian Intensitas Hujan Dengan Debit Banjir Serta Integrasi Dengan Sistem Informasi Bencana (Studi Kasus Das Dinoyo Kecamatan Panti Kabupaten Jember)	Metode yang digunakan untuk mencari debit dalam p enelitian ini adalah Hidrograf Banjir metode Nakayasu	- Debit Banjir Rancangan - Sistem Peringatan Dini
2.	Devi Parwati Suadnya, Jeffry S.F.Sumarauw, dan Tiny Mananoma	Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario Di Titik Kawasan Citraland	Metode yang digunakan: untuk analisis hidrologi menggunakan program HEC-HMS untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana, sedangkan untuk analisis hidrolika menggunakan program HEC-RAS untuk mendapatkan tinggi muka air banjir	- Debit banjir rancangan - Profil Muka Air

No.	Penulis	Judul	Metode	Hasil
3.	Restu Wigati, Sudarsono, dan Intan Dwi Cahyani	ANALISIS BANJIR MENGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS 4.1 (Studi kasus sub DAS Cisimeut hilir HM 0+00 Sampai dengan HM 69+00)	Analisis hujan jam-jaman menggunakan metode ABM (<i>Alternatif Block Methode</i>), debit banjir rancangan menggunakan metode Snyder dan SCS dan HEC-RAS untuk mengetahui kapasitas tampung sungai menggunakan aliran <i>Steady flow</i> dan aliran <i>Unstaedy flow</i>	- Debit Banjir Rancangan - Simulasi aliran <i>Steady</i> <i>Flow</i> dan aliran <i>Unsteady Flow</i>
4.	Armila, Muh.Nur Akbar, Andi Bunga Tongeng A, dan Fausiah Latif	Simulasi Komputasi Debit Sungai Takalalla (Studi Kasus Dusun Takalalla Kab. Sinjai)	Untuk perhitungan debit banjir menggunakan program HEC- HMS dan untuk perhitungan tinggi muka air menggunakan program HEC-RAS	- Debit Banjir Rancangan - Tinggi Muka Air
6.	Queen Sukma Slat, Tiny Manamona, Jeffry S.F. Sumarrauw	Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Pinateduan Di Desa Tatelu Kabupaten Minahasa Utara	Analisis menggunakan beberapa metode yaitu metode data debit tersedia ataupun tidak tersedia data debit dan Analisis Hidraulika untuk prediksi elevasi tinggi	- Debit Banjir Rancangan - Tinggi Muka Air -

No.	Penulis	Judul	Metode	Hasil
7.	Fransiskus Rante Taruk	Analisa Simulasi Komputasi Daya Tampung Debit Banjir Das Masamba	<p>muka air menggunakan program HEC-RAS versi 5.07</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penentuan batas-batas sub DAS menggunakan software ArcGIS. - Perhitungan debit banjir dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik <i>Siol Conservation Service</i> (HSS SCS) dengan bantuan software HEC-HMS 4.8 - Pemodelan daerah rawan banjir menggunakan software HEC-RAS 	<ul style="list-style-type: none"> - Debit Banjir Rancangan - Tinggi Muka Air Daerah Rawan Banjir DAS Masamba

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) menurut definisi adalah suatu daerah yang dibatasi (dikelilingi) oleh garis ketinggian di mana setiap air yang jatuh di permukaan tanah akan dialirkan melalui satu outlet. Komponen yang ada di dalam sistem DAS secara umum dapat dibedakan dalam 3 kelompok, yaitu komponen masukan yaitu curah hujan, komponen output yaitu debit aliran dan polusi / sedimen, dan komponen proses yaitu manusia, vegetasi, tanah, iklim dan topografi. Setiap komponen dalam suatu DAS harus dikelola sehingga dapat mencapai tujuan yang kita inginkan. Tujuan dari pengelolaan DAS adalah melakukan pengelolaan sumber daya alam secara rasional supaya dapat dimanfaatkan secara maksimum dan berkelanjutan sehingga dapat diperoleh kondisi tata air yang baik. Sedangkan pembangunan berkelanjutan adalah pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam bagi kepentingan manusia pada saat sekarang ini dengan masih menjamin kelangsungan pemanfaatan sumber daya alam untuk generasi yang akan datang (Budiono, 2014).

Menurut Sri Harto (dalam Rapar dkk., 2014), Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian. Untuk menentukan batas DAS sangat diperlukan peta topografi yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik

jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuh– tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis–garis kontur, peta dengan skala 1:50.000 dipandang mencukupi. Dari peta yang dimiliki, ditetapkan titik–titik tertinggi di sekeliling sungai utama (main stream) yang dimaksudkan, masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu. (Queen,S.S. dkk, 2020).
 Batas Aliran sungai disajikan pada **Gambar 1**.



Sumber : Lapak GIS, 2019

Gambar 1 Batas aliran sungai

2.2. Banjir

Akibat bencana banjir, bangunan-bangunan akan rusak atau hancur yang disebabkan oleh daya terjang air banjir, terseret arus , daya kikis genangan air, longsornya tanah di seputar/di bawah pondasi, tertabrak/terkikis oleh benturan

benda-benda yang terseret arus. Kerugian cenderung lebih besar bila letak bangunan di lembah-lembah pegunungan disbanding di dataran rendah terbuka. Banjir dadakan kan menghantam apa saja di lalunya (Sebastian Ligal ,2008).

Menurut Arief Rosyidie 2013 dalam Kodoatie dan Syarief (2006) menjelaskan faktor penyebab banjir antara lain; perubahan guna lahan, pembuangan sampah, erosi dan sedimentasi, kawasan kumuh di sepanjang sungai, sistem pengendalian banjir yang tidak tepat, curah hujan tinggi, fisiografi sungai, kapasitas sungai yang tidak memadai, pengaruh air pasang, 10 penurunan tanah, bangunan air, kerusakan bangunan pengendali banjir. Terjadinya banjir juga dipengaruhi oleh kegiatan manusia atau pembangunan yang kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi lingkungan. Banyak pemanfaatan ruang yang kurang memperhatikan kemampuannya dan melebihi kapasitas daya dukungnya.

2.3. Analisa Hidrologi

Analisis Hidrologi merupakan suatu langkah analisis terhadap data hidrologi seperti data hujan, debit, suhu, temperatur, penyinaran matahari dan sebagainya, yang kemudian akan menghasilkan besaran dari debit banjir rencana dan hidrograf banjir (Sukmara, Riyan Benny, 2015).

1. Curah Hujan

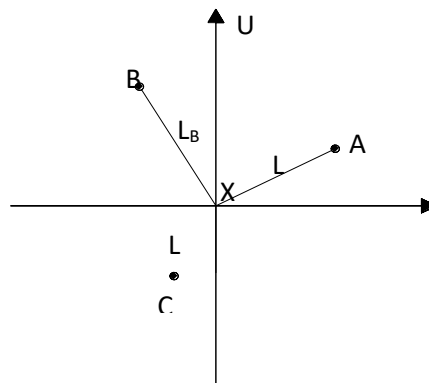
Curah hujan adalah banyaknya air yang jatuh dipermukaan tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm). Data curah yang terjadi disuatu wilayah merupakan hujan yang terjadi pada satu titik saja (*point rainfall*).

Sehingga, sebaiknya diperlukan lebih dari satu stasiun hujan untuk melakukan perhitungan hujan rencana (Sukmara, Riyan Benny, 2015).

Data curah hujan yang digunakan dalam analisis adalah data hujan maksimum, agar analisis dapat mendekati kondisi yang sebenarnya. Data hujan harian tersebut diperoleh dari stasiun - stasiun hujan yang terdapat di sekitar DAS, yang mewakili frekuensi hujan yang jatuh dalam daerah tangkapan hujan (Br, Sri Harto, 1993).

2. Pengisian Data Hilang

Untuk mengisi data hujan yang hilang akibat rusaknya alat atau pengamat tidak mencatat data di suatu stasiun dapat diisi dengan nilai perkiraan berdasar dari tiga atau lebih stasiun terdekat disekitarnya. Pada **Gambar 2** dapat dilihat gambaran stasiun x dan beberapa stasiun di sekelilingnya



Sumber : Triatmodjo, Bambang, 2014

Gambar 2 Stasiun hujan untuk koreksi data

3. Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Uji konsistensi artinya menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman dan pengukuran, data tersebut harus betul – betul menggambarkan fenomena hidrologi sama seperti keadaan di lapangan (sebenarnya). Bisa dikatakan juga data hidrologi tersebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dan nilai sebenarnya (Soewarno, 1995).

Hal yang menyebabkan terjadinya kesalahan yaitu perubahan lokasi stasiun hujan atau perubahan cara pengukuran yang dapat memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah hujan yang terukur (Triatmojo, Bambang, 2014).

Cara pengujian konsistensi dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda dan RAPS, namun dalam penelitian ini hanya digunakan metode kurva massa ganda.

Dalam metode kurva massa ganda dilakukan perbandingan nilai kumulatif seri data yang diuji (stasiun A) dengan nilai kumulatif seri data dari stasiun referensi (stasiun B). Stasiun referensi juga di ambil dari nilai rata – rata stasiun yang ada di dekatnya.

Kemudian nilai kumulatif seri data yang diuji dan referensi digambarkan pada grafik sistem koordinat kartesius (X-Y) dan membentuk kurva. Kurva yang terbentuk akan diperiksa untuk melihat perubahan kemiringan.

Jika kurva membentuk garis lurus artinya data stasiun A konsisten. Sebaliknya jika kurva terjadi perubahan atau patahan artinya data stasiun A tidak

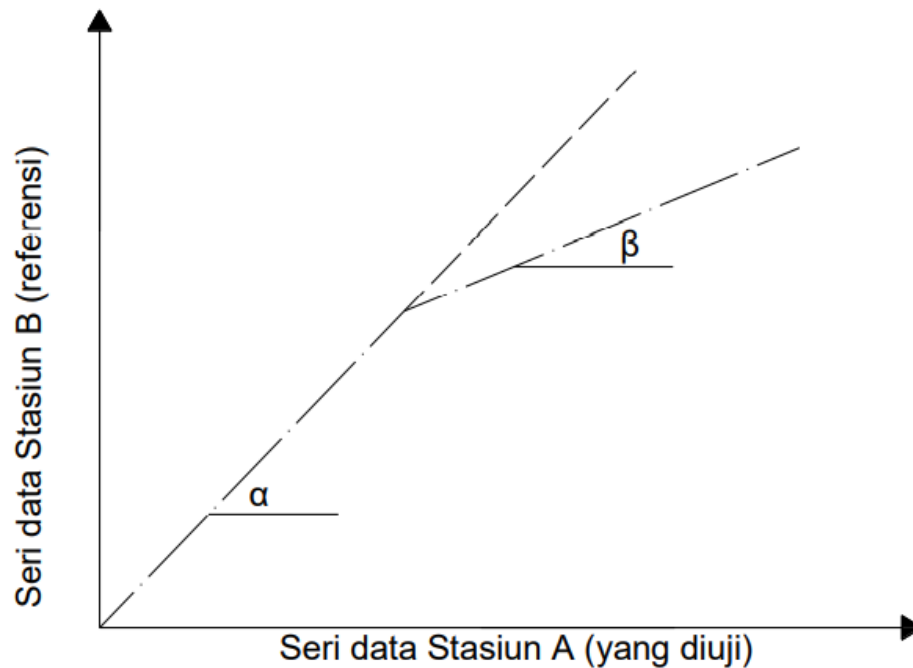
konsisten dan perlu dikoreksi dengan mengalihkan atau membagi data sebelum atau sesudah patahan dengan faktor koreksi (Kamiana, I Made, 2011):

$$\frac{\beta}{\alpha} \quad (1)$$

Keterangan :

β : kemiringan kurva sebelum patahan

α : kemiringan kurva sesudah patahan



Gambar 3 Sketsa analisis kurva massa ganda stasiun A dan stasiun B.

4. Distribusi Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang dibutuhkan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir yaitu curah hujan rata-rata di seluruh wilayah yang bersangkutan. Ada beberapa cara perhitungan curah hujan dari

pengamatan di beberapa titik, yaitu cara rata-rata aljabar, cara Thiessen, dan cara garis Isohyet (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

Menurut Suripin (2014), pemilihan metode perhitungan yang cocok pada suatu DAS tergantung dari beberapa faktor, maka dari itu ada beberapa kriteria dalam penggunaan metode perhitungan curah hujan wilayah yang disajikan pada

Tabel 2.

Tabel 2 Kriteria penentuan metode perhitungann curah hujan

No	Jenis Kriteria	Metode yang dapat digunakan
1	Jaring - jaring penakar hujan	
a.	Jumlah pos penakar hujan cukup banyak	Aljabar, Thiessen atau Isohyet
b.	Jumlah pos penakar hujan terbatas	Aljabar atau Thiessen
c.	Jumlah pos penakar hujan tunggal	Metode Hujan Titik
2	Luas DAS	
a.	> 5000 km ²	Isohyet
b.	500 - 5000 km ²	Thiessen
c.	< 500 km ²	Aljabar
3	Topografi DAS	
a.	Pegunungan	Aljabar
b.	Daratan	Thiessen
c.	Berbukit tidak beraturan	Isohyet

Sumber : Suripin, 2004

Berdasarkan tabel diatas dan luas DAS, jumlah stasiun hujan dan topografi das maka maka perhitungan distribusi curah hujan wilayah dalam penelitian ini menggunakan metode poligon thiessen.

Berikut penjelasan cara perhitungan distribusi curah hujan wilayah metode Thiessen (Triatmodjo, Bambang, 2014):

Metode ini merupakan metode yang memperhitungkan bobot dari masing – masing yang mewakili luasan di sekitarnya. Suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun hujan yang terdekat, jadi hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Dimana bentuk matematikanya seperti berikut :

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2)$$

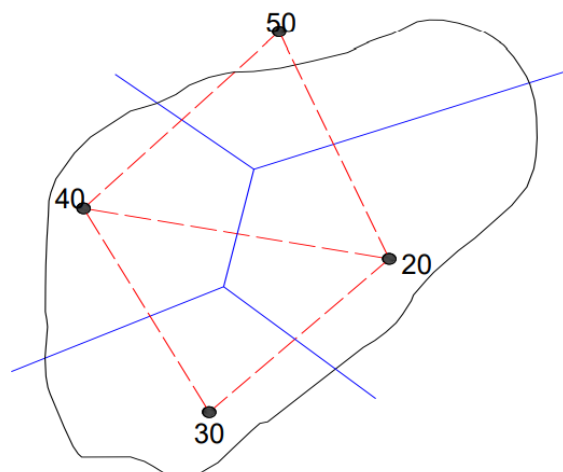
Keterangan :

\bar{p} : hujan rerata kawasan

p_1, p_2, \dots, p_n : hujan di stasiun 1, 2, 3, n

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

Metode ini banyak digunakan dalam perhitungan hujan rerata kawasan namun, jika ada penambahan atau pemindahan stasiun maka harus dibuat lagi poligon yang baru



Sumber :Triatmodjo, Bambang, 2014

Gambar 4 Poligon thiessen

5. Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis frekwensi bertujuan untuk menentukan besaran hujan dengan periode ulang tertentu, Sukmara, Riyan Benny, (2015). Ada beberapa metode yang digunakan dalam analisis frekwensi untuk hidrologi, seperti distribusi normal, log normal, Gumbel, Log Pearson III, dsb (Triatmodjo, Bambang, 2014).

Dalam penelitian ini metode yang digunakan dalam analisis dsitribusi ferkuensi yaitu metode log pearson III. Berikut merupakan penjelasan dari masing – masing metode :

a. Distribusi Normal

Sebaran normal juga disebut sebaran Gauss yang sering dipakai untuk analisis frekuensi hujan harian maksimum, dimana sebarannya mempunyai fungsi kerapatan kemungkinan (probability density function) sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, \quad -\infty \leq x \leq \infty \quad (3)$$

dimana :

P(X) : fungsi kerapatan peluang normal

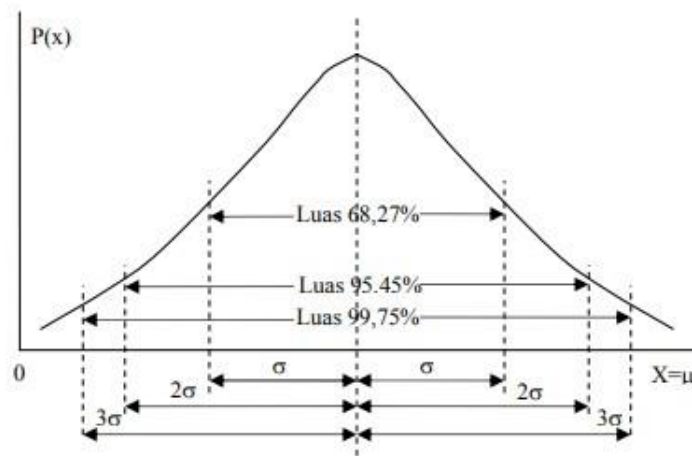
Π : 3,14156

e : 2,71828

μ : Nilai X rata-rata

σ : standar deviasi nilai X

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Sumber : Hadisusanto, Nugroho, 2010.

Gambar 5 Kurva distribusi frekuensi normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (PDF= *probability density function*) yang paling dikenal adalah bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal. PDF distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

yang dapat didekati dengan :

$$X_T = \mu + K_T \dots$$

$$X_T = \bar{X} + K_T S$$

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} .$$

(4)

Dimana :

X_T : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan.

\bar{X} : Nilai rata- rata hitung variate.

S : Deviasi standar nilai variate.

KT : Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang (dapat dilihat pada **Tabel 3**).

(Sumber : Hadisusanto, Nugroho, 2010)

Tabel 3 Nilai variabel reduksi gauss

No.	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	K _T
1.	1,001	0,999	-3,05
2.	1,005	0,995	-2,58
3.	1,01	0,99	-2,33
4.	1,05	0,95	-1,64
5.	1,11	0,9	-1,28
6.	1,25	0,8	-0,84
7.	1,33	0,75	-0,67
8.	1,43	0,7	-0,52
9.	1,67	0,6	-0,25
10.	2	0,5	0
11.	2,5	0,4	0,25
12.	3,33	0,3	0,52
13.	4	0,25	0,67
14.	5	0,2	0,84
15.	10	0,1	1,28
16.	20	0,05	1,64
17.	50	0,02	2,05
18.	100	0,01	2,33
19.	200	0,005	2,58
20.	500	0,002	2,88
21.	1000	0,001	3,09

Sumber : Bonnier 1980 dalam Suripin, 2004

b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log normal. PDF () untuk

distribusi Log Normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{X\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(Y - \mu Y)^2}{2\sigma Y^2}\right] \quad X > 0 \quad (5)$$

Dimana :

$P(X)$: Peluang log normal

X : Nilai variate pengamatan.

σY : Deviasi standar nilai variate Y .

μY : Nilai rata-rata populasi Y .

Apabila nilai $P(X)$ digambarkan pada kertas, maka peluang logaritmik merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Log} X_T &= \overline{\text{Log} X} + K_T S \\ K_T &= \frac{\text{Log} X_T - \overline{\text{Log} X}}{S} \end{aligned} \quad (6)$$

Dimana :

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

Y : Nilai rata-rata hitung variate.

S : Deviasi standar nilai variate.

KT : Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang (dapat dilihat pada Tabel 2).

(Sumber : Hadisusanto, Nugroho, 2010)

c. Distribusi/Sebaran Log-Pearson Tipe III

Sebaran ini digunakan pada perhitungan hujan harian maksimum untuk menghitung besarnya banjir rencana yang terjadi pada periode ulang tertentu, berikut fungsi kerapatan peluangnya :

$$P(X) = \frac{1}{a \cdot \Gamma \cdot b} \left[\frac{X - C}{a} \right]^{b-1} e^{-\left[\frac{X-C}{a} \right]} \quad (7)$$

Keterangan

$P(X)$: fungsi kerapatan peluang variat X .

X : nilai variat.

a, b, c : parameter.

Jika nilai variat X diplot pada kertas logaritmik, maka bentuk persamaan matematikannya adalah persamaan garis lurus sebagai berikut :

$$X_{tr} = \bar{x} + k \cdot S \quad (8)$$

Keterangan

X_{tr} : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.

x : nilai rata – rata kejadian

S : Standar deviasi

K :Karakteristik distribusi log-Pearson tipe III, yang nilainya tergantung dari nilai koefisien skewnessnya (Lihat **Tabel 4** Faktor Frekuensi untuk Distribusi Log-Pearson Type III).

Berikut parameter statistik yang diperlukan pada distribusi log-Pearson tipe III yaitu:

- 1) Harga rata – rata, standar deviasi dan koefisien , yang nilai koefisien kortusis harus mendekati $Ck = 1,50 Cs^2 + 3$

Tabel 4 Faktor frekuensi untuk distribusi log-pearson type III

Kemencengan (Cs)	Peluang Ulang (tahun)									
	1.0101	1.1111	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)									
	99	90	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.660	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.799	-0.771	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.905	-0.884	-0.330	0.574	1.284	2.24	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.999	-0.895	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-1.087	-0.945	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-1.197	-0.994	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-1.318	-1.041	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-1.449	-1.086	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-1.588	-1.128	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.147	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.166	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-1.806	-1.183	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.05
0.6	-1.880	-1.200	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	2.132	3.960
0.5	-1.955	-1.216	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.231	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.258	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.175	-1.258	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-2.252	-1.270	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	-2.326	-1.282	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.292	0.017	0.420	1.270	1.761	2.000	2.252	2.482	3.950
-0.2	-2.472	-1.301	0.033	0.420	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810

Kemencengan (Cs)	Peluang Ulang (tahun)									
	1.0101	1.1111	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)									
	99	90	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
-0.3	-2.544	-1.309	0.050	0.420	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.317	0.066	0.420	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	-2.686	-1.323	0.083	0.420	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.328	0.099	0.420	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.333	0.116	0.420	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.336	0.132	0.420	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.339	0.148	0.420	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.340	0.164	0.420	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800

Sumber : Hadisusanto, Nugroho, 2010

Berikut prosedur untuk menentukan kurva distribusi log person type III

(Soewarno, 1995) :

- 1) Tentukan logaritma dari semua nilai variat X.
- 2) Hitung rata-rata variat X :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (9)$$

n = jumlah data.

- 3) Hitung nilai deviasi standar dari log X:

$$S \log x = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (10)$$

- 4) Hitung nilai koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S \log x)^3} \quad (11)$$

5) sehingga persamaan dapat ditulis :

$$\text{Log}Xt = \overline{\log x} + k(\overline{S \log x}) \quad (12)$$

6) Nilai X yang diharapkan dapat terjadi pada tingkat ulang atau periode tertentu sesuai dengan nilai CS nya dapat diperoleh dari anti log dari log X.

d. **Distribusi/Sebaran Gumbel Tipe I**

Sebaran ini pada umumnya digunakan untuk perhitungan hujan harian maksimum untuk menentukan suatu kejadian yang extrem. Dimana sebaran ini memiliki fungsi distribusi eksponensial ganda sebagai berikut:

$$P(X) = e^{(-e)^{-Y}}$$

Dengan batasan : $X \leq x$

$$-\infty < X < +\infty$$

(13)

Keterangan :

P(X): fungsi kerapatan peluang X.

X : variabel acak kontinyu.

e : 2,71828.

Y : faktor reduksi (reduced variate).

Berikut penjabaran lebih lanjut, pada sebaran Gumbel tipe I memiliki:

- 1) Nilai koefisien kemencengan $Cs \approx 1,1396$.
- 2) Nilai koefisien kurtosis $Ck \approx 5,4002$

3) Nilai Y , faktor reduksi Gumbel adalah fungsi dari besarnya peluang atau periode ulang (Lihat Tabel 4. Nilai Variabel Reduksi Gumbel)

Sebaran Gumbel tipe I juga dapat didekati dengan persamaan garis lurus sebagai berikut :

$$X_t = \bar{x} + k \cdot S \quad (14)$$

Keterangan

X_t : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.

\bar{x} : nilai rata – rata kejadian.

S : Standar deviasi.

k : faktor frekuensi k untuk harga ekstrim Gumbel, rumus :

$$k = \frac{Y_T - y_n}{S_n} \quad (15)$$

Keterangan :

Y_T : reduksi variat.

y_n : reduksi rata – rata variat yang nilainya tergantung jumlah data (n).

T_r : periode ulang.

S_n : standar deviasi variat yang nilainya tergantung jumlah data.

Hubungan Reduksi Rata – Rata (Y_n) dan Reduksi Standar Deviasi (S_n)

Dengan Jumlah Data Kejadian (n) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai variabel reduksi gumbel

Periode Ulang T (tahun)	Peluang (%)	Y_T
1,001	0,999	-1,920
1,110	0,990	-0,834
2,000	0,500	0,366
2,500	0,400	0,671
3,330	0,300	1,030
4,000	0,250	1,240
5,000	0,200	1,510
10,000	0,100	2,250
20,000	0,050	2,970
50,000	0,020	3,900
100,000	0,010	4,600
200,000	0,005	5,290
500,000	0,002	6,210
1,000,000	0,001	6,900

Sumber : Hadisusanto, Nugroho, 2010

Tabel 6 Hubungan reduksi rata – rata (Y_n) dan reduksi standar deviasi (S_n) dengan jumlah data kejadian (n).

n	Y_n	n	Y_n	n	S_n	n	S_n
10	0,4952	30	0,5362	10	0,9496	30	11,124
11	0,4996	31	0,5371	11	0,9676	31	11,159
12	0,5035	32	0,5380	12	0,9833	32	11,193
13	0,5070	33	0,5388	13	0,9971	33	11,226
14	0,5100	34	0,5396	14	10,095	34	11,255
15	0,5128	35	0,5402	15	10,206	35	11,285
16	0,5157	36	0,5410	16	10,316	36	11,313
17	0,5181	37	0,5418	17	10,411	37	11,339
18	0,5202	38	0,5424	18	10,493	38	11,363
19	0,5220	39	0,5430	19	10,565	39	11,388
20	0,5236	40	0,5436	20	10,628	40	11,413
21	0,5252	41	0,5442	21	10,696	41	11,436
22	0,5268	42	0,5448	22	10,754	42	11,458
23	0,5283	43	0,5453	23	10,811	43	11,480
24	0,5296	44	0,5458	24	10,864	44	11,499
25	0,5309	45	0,5463	25	10,915	45	11,519
26	0,5320	46	0,5468	26	10,961	46	11,538
27	0,5332	47	0,5473	27	11,004	47	11,557
28	0,5343	48	0,5477	28	11,047	48	11,574
29	0,5353	49	0,5481	29	11,086	49	1,590

Sumber : Hadisusanto, Nugroho, 2010

Untuk menentukan metode jenis distribusi/sebaran yang digunakan dalam analisis frekwensi untuk hidrologi, maka dilakukan pengukuran disperse sebagai parameter statistik dilanjutkan pengukuran dispersi dengan logaritma dan pengujian kecocokan distribusi/sebaran (Hartono, Sri, 1993).

6. Dispersi

Tidak semua variat dari suatu variabel hidrologi sama dengan nilai reratanya, ada yang lebih kecil atau lebih besar. Varian atau penyebaran merupakan besarnya derajat sebaran variat di sekitar nilai reratanya.

Dengan deviasi standar dan varian penyebaran suatu data dapat diukur (Triatmodjo, Bambang, 2014).

Varian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (16)$$

Akar dari varian (s^2) adalah deviasi standar, maka rumus deviasi standar :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (17)$$

Koefisien varian merupakan perbandingan antara deviasi standar dan nilai rerata, sehingga bentuknya :

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (18)$$

Deviasi standar dan koefisien varian bisa juga digunakan untuk mengetahui variabilitas dan distribusi. Deviasi standar dan koefisien variabel berbanding lurus dengan penyebaran dari distribusi, artinya makin besar deviasi standar dan koefisien variabel, maka semakin besar penyebaran dari distribusi.

Kemencengan bisa juga digunakan untuk mengetahui derajat ketidak-simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Kemencengan memiliki persamaan sebagai berikut :

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (19)$$

Koefisien asimetri berbentuk sebagai berikut :

$$C_s = \frac{a}{s^3} \quad (20)$$

Kemudian koefisien kurtosis memiliki persamaan sebagai berikut:

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (21)$$

(Sumber : Triatmodjo, Bambang, 2014).

7. Uji Kecocokan

Untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut diperlukan adanya pengujian parameter. Pengujian parameter yang sering digunakan yaitu chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004).

a. Uji Chi-Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam metode Uji Chi-Kuadrat menggunakan parameter X^2 yang dapat dihitung menggunakan rumus :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (22)$$

Keterangan :

X^2 : parameter chi-kuadrat terhitung.

E_f : frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya. O_i
: frekuensi yang diamati pada kelas yang sama.

n : jumlah nilai kelompok.

Derajat kepercayaan (α) yang sering diambil dalam Uji Chi – Kuadrat adalah 5%. Derajat kebebasan (D_k) dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$D_k = K - (p + 1).$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \quad (24)$$

Keterangan :

D_k : derajat kebebasan

P : banyaknya parameter, untuk uji Chi – Kuadrat adalah 2

K : jumlah kelas distribusi

n : banyaknya data

Selanjutnya distribusi yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis, atau dapat dirumuskan sebagai berikut

:

$$X^2 < X^2_{cr} \quad (25)$$

Keterangan :

X^2 : parameter Chi-Kuadrat terhitung.

X^2_{cr} : parameter Chi-Kuadrat kritis (dapat dilihat pada Tabel 7.).

Prosedur uji chi-kuadrat adalah sebagai berikut:

- a. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- b. Menghitung jumlah kelas.
- c. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan X^2_{cr} .
- d. Menghitung kelas distribusi.
- e. Menghitung interval kelas.
- f. Perhitungan nilai X^2
- g. Bandingkan nilai X^2 dan X^2_{cr} . (Kamiana, I Made, 2011).

Tabel 7 Nilai kritis untuk distribusi chi-kuadrat (uji satu sisi).

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,575
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	8,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,712	28,300
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,181	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928

Sumber : Suripin, 2004

b. Uji Smirnov – Kolmogrov

Prosedur uji Smirnov – Kolmogrov adalah sebagai berikut :

- a. Urutkan data (X_i) dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- b. Tentukan peluang empiris $P(X_i)$ dengan rumus Weibull seperti berikut :

Keterangan :

n : jumlah data.

i : nomor urut data (setelah diurut dari besar ke kecil atau sebaliknya).

- c. Tentukan peluang teoritis $P'(X_i)$ berdasarkan persamaan distribusi yang dipilih (Log Pearson Tipe III dan Gumbel).
- d. Hitung selisih (P_i) antara peluang teoritis dan empiris
- e. Distribusi dapat diterima jika P maksimum $< P$ kritis
- f. P kritis dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Nilai P kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov

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

Sumber : Bonnier 1980 dalam Suripin, 2004

8. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah dengan air hujan yang terjadi. Besarnya nilai koefisien pengaliran atau limpasan mempengaruhi besarnya debit banjir yang tergantung pada penggunaan lahan, jenis tanah, dan topografi daerah pengaliran (Sukmara, Riyan Benny, 2015).

Tabel 9. Nilai koefisien pengaliran (C)

No.	Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Harga C
1	Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75~0,90
2	Daerah perbukitan	0,7~0,8
3	Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0,5~0,75
4	Daerah dataran yang digarap	0,45~0,6
5	Daerah persawahan irigasi	0,7~0,8
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75~0,85
7	Sungai kecil di daerah dataran	0,45~0,75
8	Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50~0,75

Sumber : Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, 2002

9. Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi/kedalaman air hujan per satuan waktu.

Sifat umum hujan yaitu :

- a. Makin singkat hujan berlangsung, maka intensitasnya cenderung makin tinggi,
- b. Makin besar periode ulangnya, maka makin tinggi intensitasnya.

Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan bisa dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF). Untuk membentuk lengkung IDF diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit,

60 menit dan jam – jaman. Lengkung IDF dapat dibuat dari rumus Talbot, Sherman, Ishiguro, dan mononobe. Dalam penelitian ini, intensitas hujan rencana dianalisis dengan rumus mononobe karena data yang tersedia hanya data hujan harian.

Rumus Mononobe, rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia (hanya data hujan harian) (Suripin, 2004).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (26)$$

Keterangan :

I : intensitas hujan (mm/jam)

t : lamanya hujan (jam)

R_{24} : curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm). (Sumber : Suripin, 2004).

10. Debit Banjir Rancangan

Dalam analisis hidrologi ada beberapa metoda yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rancangan , baik itu metode rasional yang cukup sederhana sampai model matematik pengalihragaman hujan -aliran yang sangat kompleks. Meskipun sudah banyak model yang dapat diacu, namun masih sering timbul keraguan dalam penerapannya di Indonesia yang beriklim tropik. Hal ini dapat dipahami karena sifat hujan didaerah tropik sangat bervariasi antara satu daerah dengan daerah laiinya begutupun drengan respon DASnya (Maricar, F dan Br, Sri Harto, 2001).

Untuk mendapatkan hubungan antara hujan yang jatuh dan debit yang terjadi maka dilakukan pengalih ragaman dari data hujan sehingga menjadi debit aliran. Dikarenakan tidak tersedianya debit pengamatan banjir di lokasi, maka analisis debit banjir biasanya menggunakan Metode Rasional dan pendekatan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Metode rasional ini terdiri dari metode melchior, metode weduwen, metode hasper, dan metode rasional. Pendekatan Hidrograf Satuan Sintetis terdiri dari HSS Nakayasu, HSS Snyder, dan HSS Gamma 1, Br, Sri Harto, (1993). Selain itu ada beberapa metode yang termasuk HSS yang telah dikembangkan oleh beberapa instansi yaitu ITB (ITB 1 dan ITB 2) dan Brawijaya (Limantara) (SNI, 2016).

Metode rasional merupakan rumus yang sudah cukup lama digunakan dan yang terkenal di antara rumus – rumus lainnya, Kamiana, I Made, (2011). Menurut Goldman et.al (1986) dalam Suripin, (2004) metode ini sangat simpel dan mudah, namun hanya dapat digunakan untuk DAS kecil (< 300 ha). Sedangkan menurut SNI, (2016), untuk metode Melchior, der Weduwen dan Haspers pada umumnya hanya berlaku untuk luas DAS ≤ 5000 hektar.

Hidrograf Satuan Siintesis adalah sebuah metode yang digunakan untuk memperkirakan penggunaan konsep hidrograf satuan dalam suatu perencanaan pada daerah yang datanya obeservasi debitnya kurang atau tidak tersedia (Fachri, dkk, 2017).

Karena DAS Malangke termasuk DAS sedang dan untuk melakukan penulusuran banjir maka analisis debit banjir akan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintesis. Berikut beberapa penjelasan Metode HSS:

a. HSS Nakayasu

Nakayasu (1950) telah melakukan penyelidikan mengenai hidrograf satuan di Jepang dan memberikan beberapa persamaan untuk membentuk hidrograf satuan seperti berikut (Kamiana, I Made, 2011):

Debit puncak HSS, rumusnya :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times A \times R_0 \times \frac{1}{(0,3 \times t_p + t_{0,3})} \quad (27)$$

Keterangan :

t_g : waktu kelambatan (jam).

L : panjang sungai (Km).

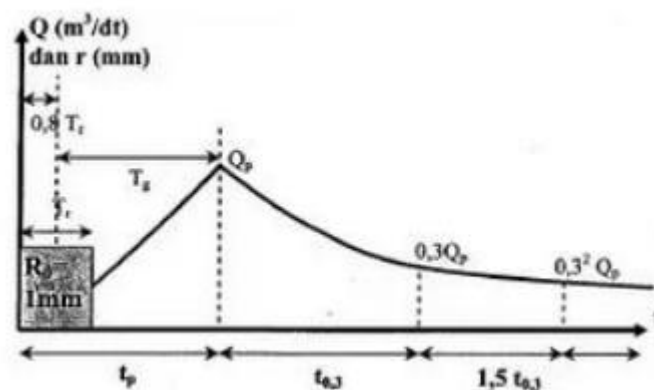
$t_{0,3}$: waktu saat debit sama dengan 0,3 kali debit puncak (jam).

t_p : waktu puncak (jam).

Q_p : debit puncak (m³/det).

T_r : durasi hujan (jam) = (0,5 t_g) sampai dengan (1 t_g)

R_0 : satuan kedalaman hujan (mm).



Gambar 6 HSS Nakayasu.

(Sumber : Kamiana, I Made, 2011)

b. HSS ITB

Pada tahun 2009 metode ITB ini dikembangkan berdasarkan pengalaman Ir. Dantje Kardana Natakusumah, M. Sc., Ph. D pada saat melakukan evaluasi terhadap hidrograf banjir rencana pada pengujian model fisik dua pelimpah bendungan yaitu Bendungan Citepus dan Sadawarna. Dinamakan Metode ITB karena pengembangan di danai dan dilakukan di Institut Teknologi Bandung (Natakusumah, dkk, 2011).

HSS ITB ini memiliki beberapa rumusan yang akan digunakan untuk membentuk hidrograf satuan seperti berikut (SNI, 2016):

- 1) Waktu kelambatan (time lag, t_g), rumusnya :
 - a) HSS ITB-1 menggunakan rumus time lag menurut Snyder dengan menyederhanakan harga $L_c = 0,5 L$, sehingga terbentuk rumus sebagai berikut :

$$t_p = C_t 0,81225 \cdot L^{0,6} \quad (28)$$

- b) HSS ITB-2 menggunakan rumus time lag menurut Nakayasu dengan mengoreksi harga konstanta 0,48 menjadi 0,527 (ini dimaksudkan agar hasil kedua segmen persamaan tidak terputus), sehingga terbentuk rumus sebagai berikut :

$$t_p = C_t \times (0,21 \cdot L^{0,7}) \quad (L < 15 \text{ km})$$

$$t_p = C_t \times (0,527 + 0,058 \cdot L) \quad (L \geq 15 \text{ km})$$

(29)

Keterangan :

t_p : waktu kelambatan (jam).

L : panjang sungai (Km).

C_t : koefisien kalibrasi, ($C_t = 1$)

2) Nilai waktu puncak , rumusnya :

a) HSS ITB-1 menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_p + 0,50Tr \quad (30)$$

b) HSS ITB-2 menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_p + 0,60t_p \quad (31)$$

Keterangan :

t_p : waktu kelambatan (jam).

Tr : durasi hujan (jam), ($Tr = 1$ jam).

T_p : waktu puncak (jam) .

2.4. Penyusunan Model Spasial Daerah Rawan Banjir

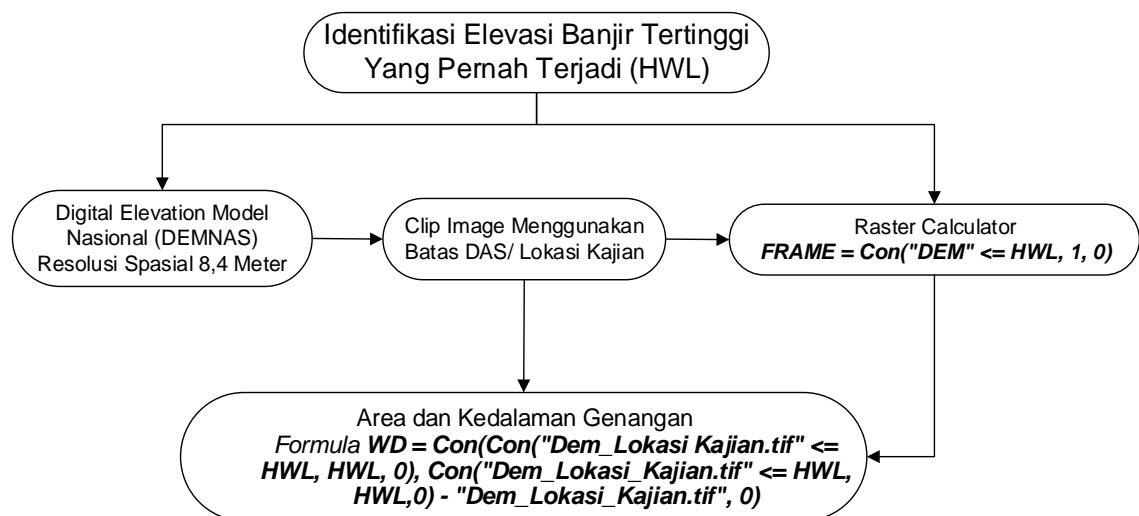
Hasil simulasi area genangan banjir tersebut kemudian di klasifikasikan berdasarkan nilai kedalamannya. Klasifikasi nilai kedalaman dilakukan berdasarkan Perka BNPB Nomor 2 Tahun 2012. Secara rinci klasifikasi nilai kedalaman sebagai unsur ancaman/*Hazard* (H) dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 10 Klasifikasi tingkat kedalaman genangan banjir

Komponen Indikator	Kedalaman (m)	Kelas	Nilai	Skor
Peta zonasi daerah rawan banjir (divalidasi dengan data kejadian	<0,76	Rendah	1	0,3333
	0,76 – 1,5	Sedang	2	0,6667
	>1,5	Tinggi	3	1,0000

Sumber: (BNPB, 2012)

Alternatif metode lainnya yang dapat digunakan jika data data dalam simulasi model numerik tidak cukup representative adalah dengan metode *raster conditional*. Komponen data utama dalam metode ini adalah survei identifikasi elevasi banjir tertinggi yang pernah terjadi. Tahapan yang digunakan dalam metode *raster conditional* dapat dilihat pada **Gambar 7**.

**Gambar 7** Tahapan metode *raster conditional*

Komponen kedua dalam analisis risiko bencana adalah komponen kerentanan/*Vulnerability* (V). Data dan informasi terkait indeks kerentanan di peroleh dari badan pusat statistic dan hasil analisis data sekunder. Variabel dalam analisis indeks kerentanan dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11 Klasifikasi variabel tingkat kerentanan wilayah

Jenis Kerentanan	Variabel	Bobot	Skor	Klasifikasi	Keterangan
Fisik	Luas Kawasan terbangun (ha)	2	1	<10	Jumlah bangunan/luas kecamatan
			2	10 – 20	
			3	>20	
	Rasio Jaringan jalan (%)	2	1	<30	Panjang jalan terendam/ panjang jalan keseluruhan
			2	30 – 60	
			3	>60	
Sosial ekonomi	Tingkat kemiskinan (%)	3	1	<30	Persentase KK miskin
			2	30 – 60	
			3	>60	
Kependudukan	Kepadatan penduduk (jiwa/ha)	2	1	<10	Jumlah penduduk/luas kecamatan
			2	10-25	
			3	>25	
	Persentase penduduk usia tua (%)	1	1	<10	Persentase jumlah penduduk usia tua atau balita terhadap jumlah penduduk keseluruhan
			2	10-20	
			3	>20	
Persentase penduduk usia balita (%)	1	1	<10		
		2	10-20		
		3	>20		
Lingkungan	Jenis penggunaan lahan	1	1	Mangrove, tanah kosong, rawa dan RTH	Analisa Citra
			2	Kawasan wisata, pelabuhan, TPA, sawah, tambak	
			3	Permukiman, fasilitas umum, jasa, cagar budaya industri dan jalan	
Ekonomi wilayah	Keberadaan lokasi usaha/produksi	2	0	Tidak terdapat kawasan usaha/produksi	Analisa Citra dan data sekunder
			2	Terdapat beberapa bangunan usaha produksi	

Jenis Kerentanan	Variabel	Bobot	Skor	Klasifikasi	Keterangan
			0	Tidak terdapat kawasan perdagangan dan jasa	
	Keberadaan kawasan perdagangan dan jasa	2	1	Terdapat beberapa kawasan perdagangan dan jasa	
			2	Terdapat banyak kawasan perdagangan dan jasa	

Sumber: Pedoman penyusunan risiko bencana 2012

Hasil akhir dari analisa kerentanan diklasifikasikan berdasarkan **Tabel 12**.

Tabel 12 Variabel tingkat kerentanan wilayah

Jenis karentanan	Rentan nilai (bobot x skor)	Kelas
Fisik	4 – 6	Rendah
	7 – 9	Sedang
	10 – 12	Tinggi
Sosial ekonomi	5 – 8	Rendah
	9 – 12	Sedang
	13 - 15	Tinggi
Kependudukan	4 - 6	Rendah
	7 - 9	Sedang
	10 - 12	Tinggi
Lingkungan	1	Rendah
	2	Sedang
	3	Tinggi
Ekonomi wilayah	0 – 2	Rendah
	3 – 5	Sedang
	6 - 8	Tinggi

Sumber :Perka BNPB, Nomor 2 Tahun 2012

Elemen terakhir dalam penyusunan peta tingkat risiko banjir adalah indeks kapasitas pengendalian banjir/*capacity* (C). Berdasarkan perka BNPB tahun 2012,

perhitungan indeks kapasitas mmengacu pada indikator dalam *Hyogo Framework for Actions* (HFA). Indikator HFA terdiri dari:

- a) aturan kelembagaan penanggulangan bencana;
- b) peringatan dini dan kajian risiko bencana;
- c) pendidikan kebencanaan;
- d) pengurangan faktor risiko dasar:
- e) pembangunan kesiapsiagaan di seluruh lini.

Indikator HFA di atas memiliki indikator tingkat pencapaian dengan bobot masing-masing adalah 1. Variabel tingkat kapasitas disajikan pada **Tabel 13**.

Tabel 13 Variabel tingkat kapasitas wilayah

No	Rentan nilai Indikator Capaian	Kelas Indeks Kapasitas
1	<7	Rendah
2	8-15	Sedang
3	>15	Tinggi

Sumber :Perka BNPB, Nomor 2 Tahun 2012

Persamaan yang digunakan dalam penyusunan peta risiko banjir adalah:

$$R = \frac{H \times V}{C} \quad (32)$$

Dimana R adalah risiko, H adalah ancaman, V adalah kerentanan dan C adalah kapasitas. Penentuan tingkat ancaman, kerentanan/ kerugian dan risiko mengacu pada Perka BNPB yang dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Tingkat Ancaman		Indeks Kerentanan (V)			Tingkat Kapasitas		Indeks Kapasitas (C)		
		Rendah	Sedang	Tinggi			Rendah	Sedang	Tinggi
Indeks Ancaman (H)	Rendah				Indeks Ancaman (H)	Rendah			
	Sedang					Sedang			
	Tinggi					Tinggi			

Tingkat Risiko		Indeks Kapasitas (C)		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Indeks Kerugian (H x V)	Rendah			
	Sedang			
	Tinggi			

Keterangan: Rendah Sedang Tinggi

Sumber : Perka BNPB, Nomor 2 Tahun 2012

Gambar 8. Penentuan tingkat ancaman, kapasitas dan risiko bencana

2.5. HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai. Sistem HEC-RAS pada akhirnya akan memuat tiga komponen analisa hidrolika satu dimensi untuk:

- (1) Perhitungan profil muka air aliran seragam (*steady flow*),
- (2) Simulasi aliran tidak seragam,
- (3) Perhitungan transport sedimen dengan batas yang bisa dipindahkan.

Ketiga komponen tersebut akan menggunakan representasi data geometri serta perhitungan hidrolika dan geometri seperti pada umumnya.

1. HEC-RAS 1D

Simulasi aliran di saluran terbuka (*open channel*) merupakan salah satu cara untuk mempelajari pola aliran di sepanjang saluran tersebut. Simulasi dilakukan secara nyata dengan mengalirkan air ke saluran yang umumnya dibuat

dalam skala laboratorium (model fisik) atau secara virtual dengan melakukan serangkaian hitungan hidraulik yang umumnya diwadahi dalam suatu perangkat program aplikasi komputer (model matematik). Melalui model fisik, sejumlah fenomena fisik aliran di saluran atau sungai nyata (*prototipe*) ditirukan di saluran atau sungai yang dibuat dengan ukuran yang lebih kecil (model). Interpretasi terhadap fenomena yang diamati atau diukur di model akan memberikan petunjuk terhadap fenomena yang (seolah-olah) terjadi di prototipe. Model matematik menirukan fenomena fisik aliran di saluran nyata (*prototipe*) melalui serangkaian persamaan matematik yang menjabarkan hubungan antar variabel-variabel aliran (variabel geometri, kinematik, dinamik). Apabila pada model fisik dilakukan pengukuran atau pengamatan untuk mendapatkan parameter aliran, pada model matematik parameter aliran diperoleh melalui hitungan atau penyelesaian persamaan matematik.

2. Pemodelan Aliran Tidak Permanen 2D (*Unsteady Flow*)

Dalam prosedur pemetaan tingkat risiko bencana, areal rawan banjir merupakan bagian dari unsur ancaman (*Hazard*). Selain itu yang termasuk dalam kategori ancaman bencana banjir adalah kedalaman (*depth*), kecepatan aliran (*velocity*) dan lama genangan (*duration*). Untuk memperoleh informasi tersebut maka pada kajian ini digunakan pendekatan dengan model numerik 2D menggunakan software *Nays2D Flood Iric* dan *Hec-Ras 2D* serta *Arcgispro* untuk memetakan areal rawan banjir. Data data yang digunakan terdiri atas data topografi DAS yang diperoleh dari data *Digital Elevation Model Nasional* dan survei topografi, Data Curah Hujan serta geometry sungai. Persamaan umum yang digunakan kedua software tersebut adalah persamaan kontinuitas dan momentum yang dijabarkan sebagai berikut.

a. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (33)$$

b. Persamaan Momentum

Pada arah x

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x + \frac{F_x}{\rho}$$

$$\text{Dengan, } \frac{\tau_x}{\rho} = C_f u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (34)$$

$$D^x = \frac{\partial}{\partial x} \left[v_t h \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_t h \frac{\partial u}{\partial y} \right]$$

$$\frac{F_x}{\rho} = \frac{1}{2} C_{D_s} a_s h_v u \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$C_f = \frac{gn^2}{h^{\frac{1}{3}}}, \quad u_* = \frac{\sqrt{g(u^2 + v^2)}}{h^{\frac{1}{6}}}$$

Pada arah y

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x + \frac{F_x}{\rho}$$

$$\text{Dengan, } \frac{\tau_x}{\rho} = C_f u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (35)$$

$$D^x = \frac{\partial}{\partial x} \left[v_t h \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_t h \frac{\partial u}{\partial y} \right]$$

$$\frac{F_x}{\rho} = \frac{1}{2} C_{D_s} a_s h_v u \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$C_f = \frac{gn^2}{h^{\frac{1}{3}}}, \quad u_* = \frac{\sqrt{g(u^2 + v^2)}}{h^{\frac{1}{6}}}$$

Keterangan:

h = kedalaman air

t = waktu

- u = kecepatan rata-rata arah x
 v = kecepatan rata-rata arah y
 g = percepatan gravitasi

 H = eleveasi muka air

 τ_x = komponen tegangan geser dasar sungai arah x
 τ_y = komponen tegangan geser dasar sungai arah y

 F_x = gaya hambatan vegetasi arah x
 F_y = gaya hambatan vegetasi arah y

 C_f = koefisien friksi dasar sungai

 V_t = koefisien eddy viscosity

 C_d = koefisien gesek vegetasi

 a_s = area interseksi vegetasi per unit volume

 h_v = nilai minimum kedalaman air dan tinggi vegetasi

Hasil simulasi area genangan banjir tersebut kemudian di klasifikasikan berdasarkan nilai kedalamannya. Secara rinci klasifikasi nilai kedalaman sebagai unsur ancaman/*Hazard* (H) dapat dilihat pada **Tabel 14**.

Tabel 14 Klasifikasi tingkat kedalaman genangan banjir

Komponen Indikator	Kedalaman (m)	Kelas	Nilai	Skor
Peta zonasi daerah rawan banjir (divalidasi dengan data kejadian	<0,76	Rendah	1	0,3333
	0,76 – 1,5	Sedang	2	0,6667
	>1,5	Tinggi	3	1,0000

Sumber: (BNPB, 2017)

2.6. Root Mean Square Error

Kriteria yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan setelah diperoleh suatu model terhadap hasil data di lapangan adalah *root mean square error* (RMSE). RMSE merupakan persamaan berdasarkan pada kesalahan hasil model yang dibuat. *Error* (Kesalahan) yang ada menunjukkan seberapa besar perbedaan hasil model dengan nilai yang sebenarnya. Nilai ini akan digunakan untuk menentukan tingkat kesalahan pada model disajikan pada **Tabel 15** .

Persamaan RMSE dapat ditulis sebagai berikut :

Tabel. 15 Interpretasi nilai MAPE

Nilai MAPE	Interpretasi
≤ 10	Hasil validasi sangat akurat
10 - 20	Hasil validasi baik
20 - 50	Hasil validasi layak (cukup baik)
> 50	Hasil validasi tidak akurat

Adapun rumus dari *MAPE* ialah sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \left(\frac{A_t - F_t}{A_t} \right) 100 \right|}{n} \quad (36)$$

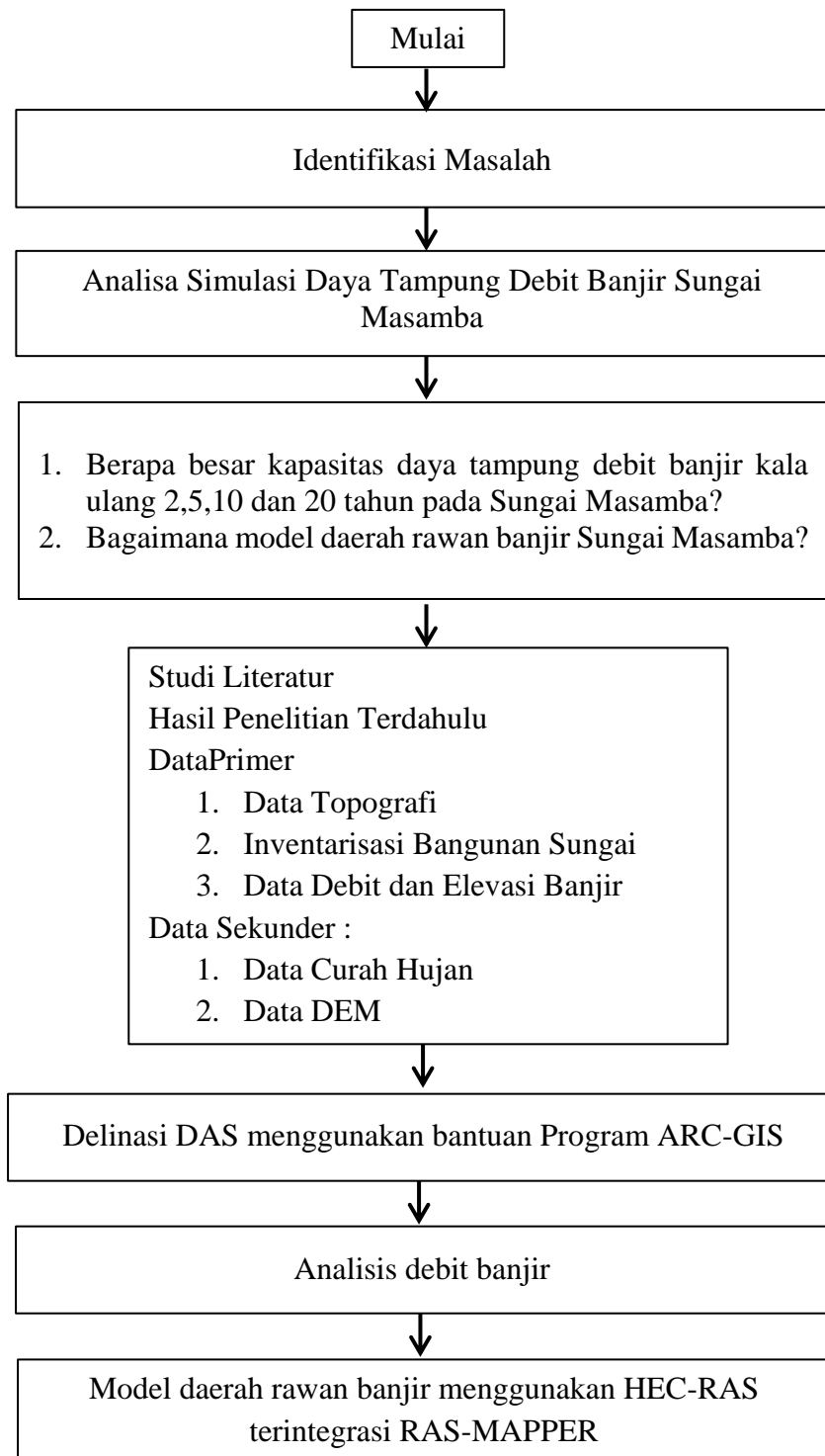
Dengan :

A_t = Aktual permintaan ke t

F_t = hasil peramalan ke t

n = besarnya data peramalan

2.7. Kerangka Pemikiran



Gambar 9 Kerangka pemikiran