

**ANALISIS BANJIR DI SUNGAI BULOK KABUPATEN PRINGSEWU  
PROVINSI LAMPUNG**

**TESIS**

**Oleh  
TIARA MAELTA AMANDA  
2025011002**



**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MAGISTER TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**ABSTRAK****ANALISIS BANJIR DI SUNGAI BULOK KABUPATEN  
PRINGSEWU PROVINSI LAMPUNG**

**TIARA MAELTA AMANDA**  
**Mahasiswa Magister Teknik Sipil**  
**Universitas Lampung**

Sungai Bulok menjadi salah satu Lokasi banjir di WS Seputih Sekampung yang berhasil diidentifikasi. Pada tahun 2017, terjadi banjir besar di Sungai Bulok sehingga mengakibatkan Bendung Gatel (STA 11+00 dari Muara Way Bulok) rusak berat dan juga menyebabkan kerusakan tanggul. Tujuan penelitian ini akan menganalisis debit puncak banjir serta Analisa hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS, dan membahas pengaruh tutupan lahan dalam mereduksi debit banjir di Sungai Bulok. Menghitung curah hujan harian maksimum rata-rata (area) dengan menggunakan Polygon Thiessen. Analisis banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayashu. Debit puncak banjir Sungai Bulok, untuk Kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun sebesar 135,28 m<sup>3</sup>/s, 248,79 m<sup>3</sup>/s, 393,42 m<sup>3</sup>/s, 517,02 m<sup>3</sup>/s, 728,07 m<sup>3</sup>/s, 1123,28 m<sup>3</sup>/s dan 2847,39 m<sup>3</sup>/s. Profil muka air banjir pada sungai bulok untuk Kala Ulang 2, 5, dan 10 tahun dipastikan aman, sedangkan untuk kala ulang 20 tahun terdapat banjir dari Ruas 1 sampai dengan Ruas 8 sungai Bulok. Untuk mereduksi limpasan yang terjadi dilakukan simulasi hidrolika dengan mengubah rurupan lahan sebanyak 10% sehingga dapat menurunkan Debit Banjir Kala ulang 20 tahun menjadi 313,35 m<sup>3</sup>/s atau sebesar 39,39%.

**Kata kunci:** *Sungai Bulok, HEC-RAS, tutupan lahan, banjir*

**ABSTRACT*****FLOOD ANALYSIS IN BULOK RIVER PRINGSEWU LAMPUNG***

**TIARA MAELTA AMANDA**  
**Master of Civil Engineering students**  
**University of Lampung**

*Bulok River is one of the identified flood locations in the Seputih Sekampung Watershed. In 2017, there was a major flood on the Bulok River, causing the Gatel Dam (STA 11+00 from Muara Way Bulok) to be heavily damaged and also causing damage to the embankment. The purpose of this study will be to analyze the peak flood discharge and hydraulic analysis using HEC-RAS, and discuss the effect of land cover in reducing flood discharge in the Bulok River. Calculates the average maximum daily rainfall (area) using the Thiessen Polygon. Design flood analysis using the HSS Nakayashu method. The peak flood discharge of the Bulok River, for return periods of 2, 5, 10, 20, 25, 50, and 100 years is 135.28 m<sup>3</sup>/s, 248.79 m<sup>3</sup>/s, 393.42 m<sup>3</sup>/s, 517.02 m<sup>3</sup> /s, 728.07 m<sup>3</sup>/s, 1123.28 m<sup>3</sup>/s and 2847.39 m<sup>3</sup>/s. The profile of the flood water level in the bulok river for return periods 2, 5 and 10 years is certain to be safe, while for the 20 year return period there are floods from Section 1 to Section 8 of the Bulok river. To reduce the runoff that occurs, a hydraulics simulation is carried out by changing the land cover by 10% so that it can reduce the 20 year return period flood discharge to 313.35 m<sup>3</sup>/s or 39.39%.*

**Keywords:** *Bulok river, HEC-RAS, land cover, flood*

**ANALISIS BANJIR DI SUNGAI BULOK KABUPATEN PRINGSEWU  
PROVINSI LAMPUNG**

**Oleh:  
TIARA MAELTA AMANDA**

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**Pada**

**Program Pascasarjana Magister Teknik  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Tesis : **ANALISIS BANJIR DI SUNGAI BULOK  
KABUPATEN PRINGSEWU PROVINSI  
LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Tiara Maelta Amanda**

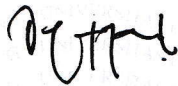
No. Pokok Mahasiswa : 2025011002

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing,

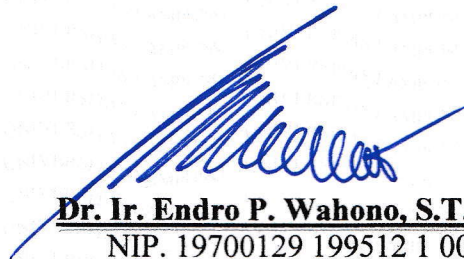


**Prof. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc**  
NIP. 19691219 199512 2 001



**Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D**  
NIP. 19670514 199303 1 002

2. Ketua Program Magister Teknik Sipil

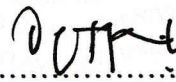


**Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.**  
NIP. 19700129 199512 1 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

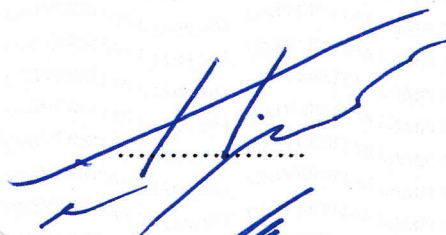
**Ketua : Prof.Dr. Dyah Indriana Kusumastuti,S.T.,M.Sc**



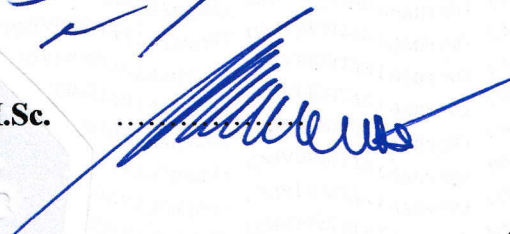
**Sekretaris : Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D**



**Penguji : Dr. Ahmad Herison, S.T.,M.T.**  
**Bukan Pembimbing**



**Penguji : Dr. Ir. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc.**  
**Bukan Pembimbing**



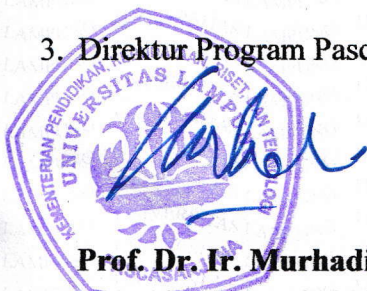
**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP. 19750928 200112 1 002**

**3. Direktur Program Pascasarjana**



**Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.**

**NIP. 19640326 198902 1 001**

**Tanggal Lulus Ujian Tesis : 10 Juni 2023**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tesis dengan judul “**ANALISIS BANJIR DI SUNGAI BULOK KABUPATEN PRINGSEWU PROVINSI LAMPUNG**” adalah karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, ~~31~~ Juli 2023  
Pembuat Pernyataan,



**Tiara Maelta Amanda**  
NPM 2025011002

## RIWAYAT HIDUP



Penulis (Tiara Maelta Amanda, S.T.) dilahirkan Palembang pada tanggal 15 Agustus 1996. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ir. Kamal Arifin (Alm) dan Ibu Rita Roseana, SE.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Taman Kanak – Kanak di Kabupaten Ogan Komering Ilir pada tahun 2000, pada tahun 2001 memasuki sekolah dasar di SD Dharmadjaya Palembang. Kemudian pada tahun 2007 melanjutkan jenjang pendidikan di SMPN 6 Palembang, dan SMAN 15 Palembang pada tahun 2010 dan lulus pada tahun 2013.

Pendidikan sarjana (S1) pada Perguruan Tinggi Negeri Universitas Sriwijaya Jurusan Teknik Sipil Angkatan 2013, lulus pada tahun 2017. Tahun 2020 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung.



## **PERSEMBAHAN**

*Alhamdulillahirabbilamin, Kuucapkan Syukur atas Karunia-Mu dan Dengan Segala Kerendahan Hati meraih Ridho Illahi Robbi dan syafaat nabi Muhammad SAW Kupersembahkan karya Kecilku ini untuk orang-orang yang aku sayangi*

### **Suami dan Anakku**

*Farisan Haidi dan Arfathir Shahzad Sina, yang selalu mendukung, dan menjadi sumber motivasi utama dalam segala hal.*

### **Orang Tua serta Keluargaku**

*Mama Rita dan Mama Susi, Nenek Asni, Nyai Rukiah, Uwo Ika, Apin, Mila, Kak Dedek, Hanif atas segala doa dan bantuannya.*

### **Dosen Teknik Sipil**

*Yang selalu membimbing, mengajarkan, memberikan saran serta saran baik secara akademis maupun non akademis*

### **Sahabat-sahabatku**

*Yang selalu membantu, memberikan semangat, mendukung menuju keberhasilan, serta berbagi cerita suka duka dalam berkeluh kesah*

### **Keluarga Besar Magister Teknik Sipil 2020**

*Yang selalu memberi semangat, dukungan dalam proses yang sangat panjang*

## **MOTTO**

**Man Jadda Wajada  
Siapa Yang Bersungguh-sungguh, Pasti Dia Akan Berhasil**

**Orang yang menginginkan impiannya menjadi kenyataan,  
harus mampu menjaga diri agar tidak tidur.  
-Richard Wheeler-**

**Kegagalan hanya terjadi jika kita menyerah.  
-B.J Habibie-**

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya tesis dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan tesis ini sangat dibantu oleh beberapa pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Dr. Endro P. Wahono, S. T., M. Sc., selaku ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Lampung sekaligus Penguji II yang telah memberikan masukan, saran dan motivasi dalam penyusunan Tesis ini.
2. Dr. Dyah Indriana K, S.T., M.Sc.. selaku pembimbing akademik serta Dosen Pembimbing I yang telah memberikan sumbangan ide, motivasi dan telah meluangkan waktu dalam penyusunan Tesis. Terima kasih untuk ilmu, saran, nasehat dan masukan bagi penulis.
3. Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph. D. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah banyak memberikan bantuan, saran, ide dan motivasi serta masukan untuk penyempurnaan penyusunan Tesis.
4. Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I atas saran dan kritik yang telah diberikan selama proses pengerjaan Tesis;
5. Keluargaku, Mama, Papa, Suami, adikku tercinta yang selalu tulus memberi cinta kasih, doa, nasihat, dukungan dan semangat kepada penulis;
6. Teman-teman Magister Teknik Sipil 2020 Universitas Lampung yang telah memberi masukan dalam pengerjaan tesis ini.

Akhir kata sangat disadari bahwa hasil tesis yang telah dibuat ini masih perlu dilengkapi, maka kritik dan saran dari pembaca sangat diperlukan.

Bandar Lampung, Juli 2023

Tiara Maelta Amanda

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Nilai $X^2$ kritik untuk Distribusi <i>Chi-Square</i> .....	23
Tabel 2.2. Nilai $\Delta^2$ kritik untuk uji Smirnov-Kolmogorov .....	26
Tabel 2.3. Tabel Kekasaran Manning .....	35
Tabel 3.1. Tabel Pos Hujan di DAS Bulok .....	47
Tabel 4.1. Tabel Pos Hujan di DAS Bulok .....	55
Tabel 4.2. Hujan Maksimum Harian Masing-masing Pos Hujan .....	57
Tabel 4.3. Bobot Poligon Thiessen Tiap Pos Hujan .....	58
Tabel 4.4. Hujan Maksimum Harian Poligon Thiessen .....	58
Tabel 4.5. Curah Hujan Maksimum Harian Kawasan DAS Bulok .....	59
Tabel 4.6. Perhitungan Parameter Statistik (Non-Logaritmik) .....	59
Tabel 4.7. Perhitungan Parameter Statistik (Logaritmik) .....	60
Tabel 4.8. Penentuan Jenis Sebaran .....	61
Tabel 4.9. Perhitungan Rentang Hujan untuk Distribusi Log Pearson Tipe III .....	63
Tabel 4.10. Data Chi Kuadrat (Chi-Square) untuk Distribusi Log Pearson Tipe III ..	64
Tabel 4.11. Perhitungan Tingkat Kesalahan Smirnov-Kolmogorov .....	64
Tabel 4.12. Curah Hujan Rancangan .....	65
Tabel 4.13. Intensitas Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 2 Tahunan ( $R_2$ ) .....	66
Tabel 4.14. Intensitas Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 5 Tahunan ( $R_2$ ) .....	66
Tabel 4.15. Intensitas Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 10 Tahunan ( $R_2$ ) .....	66
Tabel 4.16. Intensitas Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 20 Tahunan ( $R_2$ ) .....	67
Tabel 4.17. Intensitas Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 25 Tahunan ( $R_2$ ) .....	67
Tabel 4.18. Intensitas Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 50 Tahunan ( $R_2$ ) .....	67
Tabel 4.19. Intensitas Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 100 Tahunan ( $R_2$ ) .....	67
Tabel 4.20. Perhitungan HSS Perhitungan HSS Nakayashu .....	68
Tabel 4.21. Hidrograf Banjir Q2 Way Bulok (Metode HSS Nakayashu) .....	70
Tabel 4.22. Hidrograf Banjir Q5 Way Bulok (Metode HSS Nakayashu) .....	71

Tabel 4.23. Hidrograf Banjir Q10 Way Bulok (Metode HSS Nakayashu) .....	72
Tabel 4.24. Hidrograf Banjir Q20 Way Bulok (Metode HSS Nakayashu) .....	73
Tabel 4.25. Hidrograf Banjir Q25 Way Bulok (Metode HSS Nakayashu) .....	74
Tabel 4.26. Hidrograf Banjir Q50 Way Bulok (Metode HSS Nakayashu) .....	75
Tabel 4.27. Hidrograf Banjir Q100 Way Bulok (Metode HSS Nakayashu) .....	76
Tabel 4.28. Debit Puncak Banjir yang digunakan .....	77
Tabel 4.29. Debit Banjir Way Bulok Sesuai Perhitungan Kala Ulang .....	79
Tabel 4.30. Debit Terukur Way Bulok .....	83
Tabel 4.31. Output HECRAS Way Bulok .....	94
Tabel 4.32. Debit Puncak Banjir yang digunakan (setelah tata guna lahan berubah) .	95
Tabel 4.33. Output HECRAS Way Bulok (setelah tata guna lahan berubah) .....	97
Tabel 4.34. Kebutuhan Panjang Tanggul Alternatif Jangka Menengah Sungai Bulok.	98
Tabel 4.35. Kebutuhan Panjang Tanggul Alternatif Jangka Pendek Sungai Bulok ... .	98
Tabel 4.36. Kebutuhan Tinggi Tanggul Sungai Bulok.....	99

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Urutan Nomor Orde Sungai.....	7
Gambar 2.2. Metode Poligon Thiessen .....	12
Gambar 2.3. Metode Garis Isohyet.....	13
Gambar 2.4. Grafik HSS Nakayashu.....	30
Gambar 2.5. Persamaan Garis Energi.....	34
Gambar 3.1. Peta Lokasi Studi .....	46
Gambar 3.2. Peta Pos Hujan DAS Way Bulok .....	47
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.....	51
Gambar 4.1. Peta Poligon Thiessen DAS Bulok.....	57
Gambar 4.2. HSS Nakayashu Way Bulok.....	69
Gambar 4.3. Hidrograf Banjir Way Bulok (Metode HSS Nakayashu) .....	77
Gambar 4.4. Skematisasi Way Bulok.....	78
Gambar 4.5. Catchment Area Anak-Anak Sungai Bulok.....	80
Gambar 4.6. Skematisasi Sungai Dalam HECRAS.....	82
Gambar 4.7. Penggambaran Penampang Melintang Dalam HEC-RAS.....	82
Gambar 4.8. Data debit Dalam HECRAS .....	83
Gambar 4.9. Profil Memanjang Muka Air Aliran Kala Ulang 2 Tahun.....	86
Gambar 4.10. Profil Memanjang Muka Air Aliran Kala Ulang 5 Tahun.....	87
Gambar 4.11. Profil Memanjang Muka Air Aliran Kala Ulang 10 Tahun.....	88
Gambar 4.12. Profil Memanjang Muka Air Aliran Kala Ulang 20 Tahun.....	89

Gambar 4.13. Profil Memanjang Muka Air Aliran Kala Ulang 25 Tahun.....	90
Gambar 4.14. Profil Memanjang Muka Air Aliran Kala Ulang 50 Tahun.....	91
Gambar 4.15. Profil Memanjang Muka Air Aliran Kala Ulang 100 Tahun.....	92
Gambar 4.16. Profil Melintang Hulu dan Hilir Ruas 1 .....	93
Gambar 4.17. Profil Melintang Hulu dan Hilir Ruas 11 .....	93
Gambar 4.18. Profil Memanjang Muka Air Aliran Kala Ulang 20 Tahun (setelah tata guna lahan diubah).....	96

**DAFTAR ISI**

	<b>Halaman</b>
<b>Halaman Judul</b>	
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xii
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	xiv
<b>DAFTAR ISI .....</b>	xvi
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	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 .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	5
2.1. Sungai .....	5
2.2. Daerah Aliran Sungai .....	5
2.3. Aliran Saluran Terbuka .....	8
2.4. Analisis Hidrologi.....	9
2.4.1. Curah Hujan Wilayah .....	10



2.4.2. Curah Hujan Rencana dengan Analisa Distribusi Frekuensi.	15
2.4.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi .....	22
2.4.4. Analisa Debit Banjir Rencana .....	29
2.5. Analisis Hidrolika.....	32
2.5.1. Program Bantu HEC-RAS.....	33
2.5.2. Pemodelan Hidrolika dengan HEC-RAS .....	33
2.6. Banjir .....	35
2.7. Pengendalian Banjir.....	36
2.8. Studi Terdahulu .....	36
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>43</b>
3.1. Lokasi Penelitian .....	43
3.2. Alat dan Bahan .....	48
3.2.1. Alat .....	48
3.2.1. Bahan .....	48
3.3. Metode Penelitian .....	48
3.3.1. Metode Studi Pustaka .....	49
3.3.2. Metode Analisis Banjir.....	49
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	51
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
4.1. Kondisi Sungai Saat Ini .....	52
4.2. Analisis Hidrologi.....	55
4.2.1. Ketersediaan Data.....	55
4.2.2. Hujan Rancangan.....	56
4.2.3. Curah Hujan Maksimum Harian.....	56
4.2.4. Penentuan Parameter Statistik .....	59
4.2.5. Uji Kecocokan Probabilitas .....	61
4.2.6. Curah Hujan Rancangan .....	65
4.3. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayashu.....	68
4.4. Hidrograf Banjir Nakayashu Way Bulok .....	70
4.5. Analisis Hidrolika.....	81

4.6. Input Data Hidrolika .....	81
4.2.1. Geometric Data .....	81
4.2.2. Flow Data .....	82
4.2.3. Koefisien Manning.....	83
4.7. Keluaran (Output) HEC-RAS .....	85
4.7.1. Profil Muka Air Aliran.....	85
4.2.1. Parameter Aliran .....	93
4.8. Penanggulangan Banjir .....	94
4.8.1. Alternatif Jangka Panjang .....	94
4.8.2. Alternatif Jangka Menengah .....	97
4.8.2. Alternatif Jangka Pendek .....	98
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>96</b>
5.1. Kesimpulan .....	96
5.2. Saran.....	97
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>98</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>100</b>
Gambar L1-L23 .....	101
Tabel L1-L2 .....	113

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sungai merupakan salah satu kekayaan alam yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Oleh karena itu, banyak dari manusia yang memanfaatkannya dalam berbagai aspek, yaitu sebagai mata pencaharian, sumber air bersih dan tempat membuang limbah. Banjir merupakan salah satu efek samping dari aktifitas negatif yang dilakukan manusia di sekitar sungai. (Valentine, 2018). Sungai Bulok adalah salah satu sungai yang dimanfaatkan warga sekitar untuk keperluan sehari-hari. Warga sekitar sungai bulok banyak memanfaatkannya sebagai air untuk kebutuhan pertanian dan kebutuhan air untuk keperluan tertentu. Menurut Permen PUPR Nomor 04/PRT/M/2015 Tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai. Sungai Bulok masuk kedalam DAS Sekampung. Dengan panjang 36 Km (Orde 2) yang bermuara di Sungai Way Sekampung.

Banjir merupakan salah satu bentuk daya rusak air akibat tingginya curah hujan dan ketidakmampuan badan air dalam menampung dan mengalirkan air (Waskito, 2012). Sungai bulok juga menjadi salah satu Lokasi banjir di WS Seputih Sekampung yang berhasil diidentifikasi (Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Seputih Sekampung Kemen PUPR, 2010). Perubahan penggunaan lahan pada DAS menyebabkan meningkatnya kecepatan aliran

hujan (limpasan) yang akan menyebabkan timbulnya banjir di hilir baik durasi, frekuensi maupun kekuatannya. Pada bagian tengah Sungai Bulok telah dibangun Bendungan Gatel (Sta.11,00 Km dari muara Way Bulok) yang kondisinya rusak berat yang diakibatkan oleh banjir besar yang terjadi pada tahun 2017. Banjir tersebut juga merusak beberapa titik tanggul yang berada di sepanjang Way Bulok. Lokasi bagian tengah ini berada di Desa Panjerejo dan Blitarrejo Kecamatan Ambarawa.

Wilayah Sungai Bagian Hilir berada di Desa Bulukarto, Desa Jogjakarta, dan Sidoharjo, Kecamatan Gadingrejo. Wilayah bagian hilir ini merupakan wilayah dengan katagori perkotaan dengan penduduk yang cukup padat di wilayah Desa Sidoharjo dan merupakan daerah yang mengalami dampak banjir paling parah yang terjadi pada tahun 2017 (BBWS Mesuji Sekampung, 2018).

Pemanfaatan lahan berdasarkan RTRW Kabupaten Pringsewu sudah sesuai dengan peraturan tata guna lahan yaitu yang dimanfaatkan oleh warga dengan memanfaatkan lahan sebagai lahan pertanian dan perkebunan serta pemukiman. Kondisi tanggul yang ada di wilayah ini masih baik namun pada bagian muara posisi kaki tanggul berhimpitan dengan bibir Sungai Bulok.

Kejadian banjir yang pernah terjadi di Sungai Bulok, pada beberapa titik lokasi melimpas dan merusak tanggul yang ada sehingga perlu upaya penanggulangan banjir pada Sungai Bulok Kabupaten Pringsewu. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian mengenai potensi banjir yang terjadi di sepanjang Sungai Bulok Kabupaten Pringsewu, dengan memperhatikan titik-titik banjir serta analisis tata guna lahannya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Berapa debit puncak banjir Sungai Bulok Kabupaten Pringsewu untuk Kala Ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun?
2. Bagaimana potensi banjir di sungai Bulok Kabupaten Pringsewu?
3. Bagaimana pengaruh tata guna lahan dalam penanggulangan banjir di sungai Bulok Kabupaten Pringsewu?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Untuk menganalisis debit puncak banjir pada Sungai Bulok Kabupaten Pringsewu.
- b. Untuk menganalisis potensi banjir dengan pemodelan hidrolika sungai Bulok Kabupaten Pringsewu menggunakan HEC RAS.
- c. Untuk menganalisis pengaruh tata guna lahan dalam penanggulangan banjir di sungai Bulok Kabupaten Pringsewu.

## **1.4 Batasan Masalah**

Beberapa hal yang membatasi masalah dalam pembahasan tesis ini adalah sebagai berikut:

- a. Cakupan penelitian ini hanya di Sungai Bulok Kabupaten Pringsewu.

- b. Analisis yang dilakukan yakni dengan perhitungan puncak debit banjir dan pemodelan hidroliknya.
- c. Analisis yang dilakukan hanya menganalisis perubahan tata guna lahan dalam penanganan banjir.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini untuk memperkaya studi tentang sumber daya air terutama tentang Sungai dan Banjir. Dari segi praktis, penelitian ini bermanfaat sebagai masukan kepada *stakeholder* ataupun pemerintah untuk mencegah terjadinya bencana banjir.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Sungai**

Menurut Peraturan Pemerintah No 38 tahun 2011, Sungai didefinisikan sebagai alur alami atau buatan yang merupakan air dan jaringan aliran air, dari hulu (sumber) ke hilir (muara), yang bagian kiri dan kanannya dibatasi oleh garis sempadan. Pendapat lain mengatakan bahwa Sungai merupakan bagian dari permukaan bumi yang menjadi tempat mengalirnya air tawar menuju ke laut, rawa, danau, atau sungai lainnya yang letaknya lebih rendah dibandingkan tanah sekitarnya (Muttaqin dan Kadri, 2014). Dari kedua pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa sungai merupakan aliran air dari hulu ke hilir yang letaknya lebih rendah dibandingkan tanah di sekitarnya yang dibatasi oleh garis sempadan.

### **2.2. Daerah Aliran Sungai**

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah kesatuan unsur yang terdiri dari sumber daya air, tanah vegetasi serta sumber daya manusia sebagai pengambil dan penerima manfaat dari sumber daya alam tersebut (Kirom, 2019). DAS juga didefinisikan sebagai suatu daerah yang dibatasi oleh batas alam, seperti gunung atau punggung bukit, maupun batas batuan, seperti tanggul atau jalan,

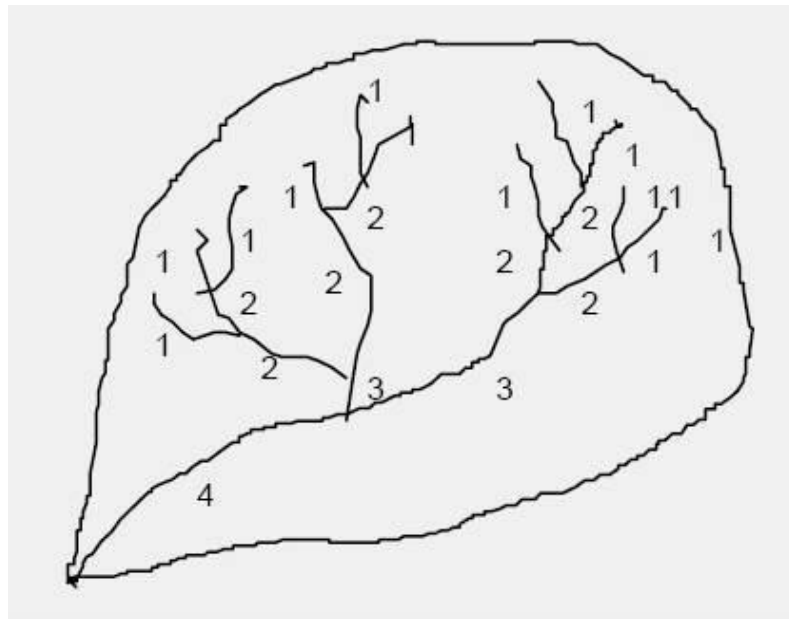
dimana air hujan turun di daerah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*). DAS juga sering disebut Daerah Tangkapan Air (DTA) atau Daerah Pengaliran Sungai (DPS). Dalam bahasa Inggris ada beberapa macam istilah yaitu *Catchment Area*, *Watershed* (Saifudin, 2017).

Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), menyebutkan bahwa DAS adalah suatu kawasan daratan yang merupakan suatu kesatuan antara sungai dengan anak-anak sungainya, yang berfungsi mengalirkan, menyimpan dan menampung air yang berasal dari hujan ke danau maupun ke laut secara alami, yang batas di daratnya yaitu pemisah topografis dan batas pada lautnya yaitu daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas pada daratan. Morfometri sungai menjelaskan tentang jaringan fisik DAS secara kuantitatif yang terdiri dari panjang sungai, lebar DAS, luas DAS, orde/tingkat percabangan sungai, kerapatan sungai, dan kemiringan sungai. Jaringan fisik DAS antara lain:

- a. Luas DAS dapat diukur di atas peta menggunakan alat planimeter. Batas DAS merupakan punggung pegunungan atau bukit yang memungkinkan presipitasi yang jatuh menjadi aliran air sungai yang terpisah dari ruang lingkup DAS lainnya. Semakin besar luas DAS yang diamati maka diperlukan peta topografi dengan skala yang semakin kecil.
- b. Panjang sungai merupakan jarak datar dari muara sungai (*outlet*) ke arah hulu sepanjang sungai induk. Sedangkan lebar sungai adalah pembagian antara luasan Daerah Aliran Sungai dengan panjang sungai.
- c. Tingkatan percabangan sungai atau orde merupakan lokasi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai dalam satu



AS. Alur sungai paling hulu yang tidak memiliki cabang disebut orde pertama, pertemuan dua orde pertama disebut orde kedua, pertemuan orde pertama dengan orde kedua disebut orde kedua, dan pertemuan dua orde kedua disebut orde ketiga, dan seterusnya. Secara general dapat disimpulkan bahwa pertemuan antara dua orde yang sama menghasilkan nomor orde satu tingkat yang lebih tinggi, sedangkan pertemuan antara dua orde sungai yang berbeda menghasilkan nomor orde yang sama nilainya dengan nomor orde tertinggi diantara orde sungai yang bertemu.



Gambar 2.1. Urutan Nomor Orde Sungai.

- d. Kerapatan sungai merupakan angka yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS. Indeks dalam satuan  $\text{km}/\text{km}^2$  tersebut dihitung dengan cara membagi  $L$  (Panjang seluruh alur sungai) dalam  $\text{km}$  dengan  $A$  (luasan DAS) dalam  $\text{km}^2$ . Penggunaan Peta Topografi dalam

Pengukuran Luas DAS. Kerapatan sungai berhubungan dengan sifat drainase DAS (Ramdan, 2004). Sungai dengan kerapatan kurang dari 0,73 umumnya memiliki kondisi yang jelek atau sering mengalami penggenangan, sedangkan sungai dengan kerapatan antara 0,73 - 2,74 umumnya memiliki kondisi yang baik atau jarang mengalami penggenangan.

- e. Kemiringan sungai utama merupakan perbedaan tinggi antara titik tertinggi (di bagian hulu) dengan titik terendah (di bagian hilir) dari sungai utama dibagi dengan panjang sungai utama.

### **2.3. Aliran Saluran Terbuka**

Saluran terbuka merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Kajian tentang perilaku aliran dikenal dengan Mekanika Fluida (*Fluid mechanics*). Hal ini berkaitan karakter fluida dan pengaruhnya kepada pola aliran serta gaya yang akan muncul di antara fluida dan pembatas (dinding). Sudah dikenali secara umum bahwa akibat adanya perilaku terhadap aliran untuk memenuhi kebutuhan manusia, menyebabkan terjadinya perubahan alur aliran dalam arah horizontal ataupun vertikal.

Aliran pada saluran terbuka (*open channels flow*) adalah aliran yang dipengaruhi oleh gravitasi, dimana air mengalir dari tempat yang tinggi ketempat yang lebih rendah. (Daud S *et al.*, 2018). Zat cair dapat diangkut dari suatu tempat ketempat lain melalui bangunan pembawa alamiah ataupun buatan manusia. Bangunan pembawa ini dapat terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Saluran yang bagian atasnya tertutup disebut saluran tertutup

(*closed conduits*), sedangkan yang bagian atasnya terbuka disebut saluran terbuka (*open channels*). Sungai, saluran irigasi, drainase, muara merupakan saluran terbuka, sedangkan terowongan, pipa, aquaduk, gorong-gorong, dan siphon merupakan saluran tertutup.

Aliran dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*open channel flow*). Permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Jika pada aliran tidak terdapat permukaan bebas dan aliran dalam saluran penuh, aliran yang terjadi disebut aliran dalam pipa (*pipe flow*) atau aliran tertekan (*pressurized flow*). Aliran dalam pipa tidak mempunyai tekanan atmosfer akan tetapi memiliki tekanan hidraulik (Suripin, 2008).

#### **2.4. Analisis Hidrologi**

Hidrologi merupakan ilmu yang bersangkutan dengan air di muka bumi, baik mengenai kejadiannya, peredaran dan penyebarannya, sifatnya, serta hubungannya dengan lingkungan lainnya, terutama makhluk hidup. Analisis hidrologi adalah salah satu langkah awal dalam perencanaan dan operasi bangunan hidrolis, ketersediaan air, pengendalian banjir, pengendalian limbah cair, pengendalian sedimentasi dan erosi, drainase dan transportasi air. Curah hujan adalah satu dari banyaknya komponen dalam analisis hidrologi yang dapat menunjukkan besarnya debit banjir di suatu daerah (Kosasih, 2019). Data analisis hidrologi di suatu sungai merupakan bagian penting dalam perencanaan sistem sungai yang baik sehingga sumber daya air dapat

dimanfaatkan secara optimal. Hasil akhir dari analisis hidrologi adalah besaran aliran per satuan waktu. Dalam hal untuk pengendalian banjir maka output Analisis hidrologi berupa debit banjir rencana.

#### **2.4.1. Curah Hujan Wilayah**

Untuk mendapatkan gambaran tentang bagaimana hujan menyebar di wilayah tersebut, di beberapa tempat pada DAS dipasang alat penakar hujan yang tersebar merata. Ini memungkinkan hujan tersebar merata di seluruh wilayah pada daerah aliran yang kecil, tetapi tidak pada daerah aliran yang besar. Sementara pos penakar hujan hanya mencatat hujan di lokasi tertentu, hujan yang terjadi di area aliran yang besar besaran hujannya tidak sama. Sehingga akan sulit untuk menentukan beberapa hujan yang turun di seluruh areal. Hal tersebut dapat menyulitkan dalam menentukan relasi antara debit banjir dan curah hujan yang menyebabkan banjir tersebut. Curah hujan yang dibutuhkan untuk menyusun suatu rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang masuk ke dalam DAS, bukan curah hujan pada salah satu titik tertentu. Curah hujan tersebut merupakan curah hujan wilayah atau curah hujan daerah yang dinyatakan dalam satuan mm (Kosasih, 2019). Menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada lokasi tertentu dapat dihitung dengan tiga metode berbeda, yaitu:

1. Metode rata-rata aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (arithmetic mean) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan

di daerah tersebut. Curah hujan rerata daerah metode rata-rata aljabar dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$d = \frac{d_1+d_2+d_3+\dots+d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan:

d = tinggi curah hujan rata-rata daerah

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n

n = banyaknya pos penakar

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di daerah tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (Soemarto, 1999).

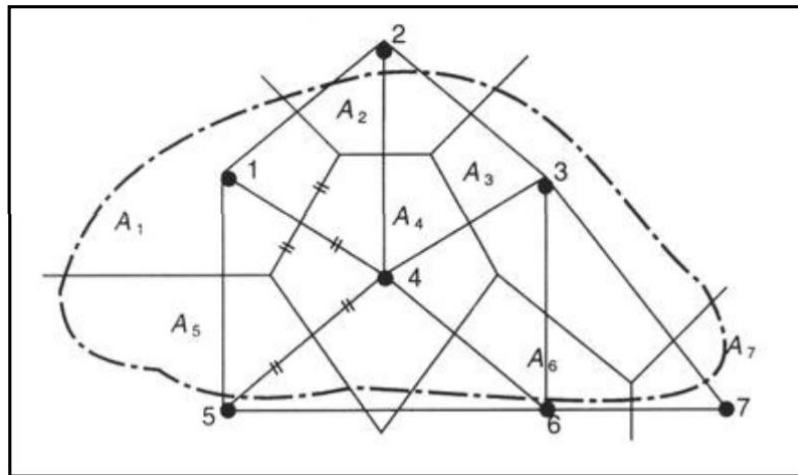
## 2. Metode Poligon *Thiessen*

Cara ini digunakan jika titik-titik pengamatan di dalam daerah tersebut tidak tersebar merata. Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (weighted average). Masingmasing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar. Curah hujan rerata daerah metode poligon Thiessen dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_i} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

- A = luas areal
- d = tinggi curah hujan rata-rata areal
- d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>, ..., d<sub>n</sub> = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n
- A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, ..., A<sub>n</sub> = luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3, ..., n



Gambar 2.2. Metode Poligon Thiessen.

3. Metode Garis Isohyet

Dengan cara ini, maka harus digambar dulu kontur dengan tinggi hujan yang sama (isohyet), seperti pada gambar 2.3. Kemudian luas bagian di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur, dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang hitung nilai kontur, sebagai berikut :

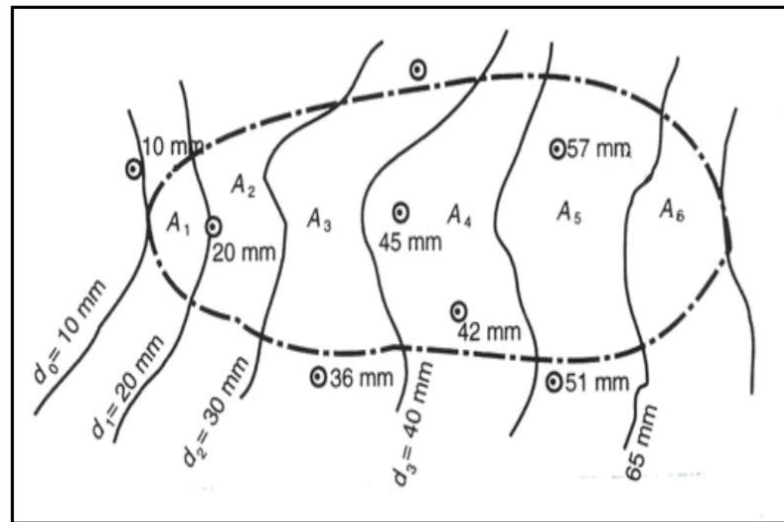
$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2} A_1 + \frac{d_1+d_2}{2} A_2 + \dots + \frac{d_{n-1}+d_n}{2} A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

- A = luas areal total
- d = tinggi hujan rata-rata areal

$d_0, d_1, \dots, d_n$  = curah hujan pada isohyet 0,1,2, ...,n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = luas bagian areal yang dibatasi oleh isohyet-isohyet yang bersangkutan



Gambar 2.3. Metode Garis Isohyet.

Menurut Suyono Sosrodarsono, pada umumnya untuk menentukan metode curah hujan daerah yang sesuai adalah dengan menggunakan standar luas daerah, sebagai berikut (Sosrodarsono, 2003) :

1. Daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
2. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250-50000 ha yang memiliki dua atau tiga titik pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
3. Untuk daerah tinjauan dengan luas 120000-500000 ha yang mempunyai titik-titik pengamatan tersebar cukup merata dan di mana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi, dapat

digunakan cara rata-rata aljabar. Jika titiktitik pengamatan itu tidak tersebar merata maka digunakan cara *Poligon Thiessen*.

4. Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500000 ha dapat digunakan cara isohyet atau metode potongan antara (*inter-section method*).

#### 4. Penggunaan Metode Poligon Thiessen dan Metode Garis Isohyet

Poligon Thiessen digunakan apabila dalam suatu wilayah stasiun pengamatan curah hujannya tidak tersebar merata. Metode ini mengakomodasi ketidakseragaman jarak dengan memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan. Meskipun metode ini belum dapat memberikan kontribusi yang tepat untuk hujan lokal, masing-masing stasiun hujan telah menerima kontribusi tertentu sebagai hasil dari jarak stasiun hujan mereka. Untuk menghitung curah hujan rata-rata, dua stasiun pengamatan masing-masing dipertimbangkan. Ini dilakukan dengan menggambar garis tegak lurus dan membagi dua panjang garis penghubung dari dua stasiun pengamatan curah hujan yang terletak di dalam dan di sekitar area yang bersangkutan. Metode poligon Thiessen ini akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada metode aritmatik, tetapi pemilihan stasiun pengamatan dan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil.

Meskipun metode ini dapat digunakan untuk mengukur curah hujan di suatu wilayah, penempatan stasiun pengamatan hujan akan menentukan



seberapa baik hasilnya. Metode ini efektif untuk wilayah datar yang memiliki luas antara 500 dan 5000 km<sup>2</sup>.

Isohyets benar-benar memperhitungkan dampak dari setiap pos penakar hujan. Metode ini cocok untuk wilayah yang tidak teratur dan berbukit dengan luas lebih dari 5000 km<sup>2</sup>. Hujan rata-rata area dapat dihitung dengan persamaan berikut (Suripin, 2003:30).

Pada titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar wilayah yang dimaksud, data curah hujan (interval 10-20 mm) digunakan untuk membuat peta isohyet pada peta topografi. Meskipun metode ini dianggap lebih baik, itu bersifat subjektif dan bergantung pada keahlian, pengalaman, dan pengetahuan pemakai tentang karakteristik curah hujan di wilayah setempat. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan planimeter untuk menghitung luas area yang dibatasi oleh garis isohyet. Jumlah perkalian luas masing-masing bagian isohyet ( $A_i$ ) dengan curah hujan masing-masing wilayah ( $R_i$ ) kemudian dibagi luas total daerah tangkapan air ( $A$ ).

#### **2.4.2. Curah Hujan Rencana dengan Analisa Distribusi Frekuensi**

Suripin (2004) menjelaskan bahwa sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (ekstrim), seperti hujan lebat, banjir dan kekeringan. Melalui penerapan distribusi kemungkinan, tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah untuk menghubungkan besaran peristiwa ekstrim dengan frekuensi kejadiannya. Frekuensi hujan adalah tingkat kemungkinan bahwa jumlah hujan sama atau lebih besar dari yang

diharapkan. Sebaliknya, kala ulang, juga dikenal sebagai waktu ulang, adalah waktu yang diperkirakan di mana hujan dalam jumlah tertentu akan sama atau lebih besar dari sebelumnya. Dalam hal ini, tidak dimaksudkan bahwa peristiwa tersebut akan berulang secara teratur.

Analisis frekuensi adalah analisis data hidrologi yang menggunakan statistika untuk memprediksi jumlah hujan atau debit pada masa ulang tertentu. Seri data hujan diperoleh dari pos penakar hujan, baik otomatis maupun manual. Analisis frekuensi ini bergantung pada karakteristik statistik data kejadian yang telah lalu untuk menentukan probabilitas besaran hujan yang akan datang, dengan asumsi bahwa karakteristik statistik kejadian yang akan datang tetap sama dengan karakteristik statistik kejadian masa lalu. Dalam analisis statistik terdapat beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data, yang dapat membantu dalam menentukan jenis sebaran yang tepat. Beberapa parameter statistik tersebut adalah sebagai berikut :

a. Nilai Rata-Rata ( $\bar{X}$ )

Nilai rata-rata dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata (mm)

$n$  = jumlah data

$X_i$  = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

b. Simpangan Baku ( $S$ )

Simpangan baku ( $S$ ) merupakan ukuran sebaran yang paling banyak digunakan. Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata

maka nilai simpangan baku akan besar, begitu juga sebaliknya. Simpangan baku dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata (mm)

$X_i$  = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

$S$  = simpangan baku (standar deviasi)

c. Koefisien Variasi ( $C_v$ )

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara simpangan baku dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

$C_v$  = koefisien variasi

$S$  = simpangan baku (standar deviasi)

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata (mm)

d. Koefisien *Skewness* ( $C_s$ )

Kemencengan atau kecondongan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Dalam situasi di mana kurva frekuensi distribusi memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum, kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri. Kondisi ini dikenal sebagai condong ke kanan atau ke kiri. Tujuan dari pengukuran kecondongan adalah untuk

mengetahui seberapa besar kurva frekuensi distribusi yang tidak simetris atau condong. Ukuran kecondongan dinyatakan dengan besarnya koefisien kecondongan atau koefisien *skewness*. Koefisien *skewness* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana :

$Cs$  = koefisien kemencengan/*skewness*

$S$  = simpangan baku (standar deviasi)

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata (mm)

$X_i$  = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

e. Koefisien Kurtosis ( $Ck$ )

Pengukuran kurtosis ( $Ck$ ) dimaksudkan untuk mengukur keruncingan bentuk kurva distribusi. Koefisien kurtosis dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

$Ck$  = koefisien kurtosis

$S$  = simpangan baku (standar deviasi)

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata (mm)

$X_i$  = curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

Suripin (2004) menjelaskan bahwa dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data (Kosasih, 2019). Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi. Dalam

ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah :

a. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi *Gauss*. Fungsi densitas peluang normal (*probability density function*) yang paling dikenal dalam analisis hidrologi. Distribusi Normal banyak digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Distribusi Normal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_{Tr} S \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana :

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung varian

$S$  = deviasi standar nilai varian

$K_{Tr}$  = faktor frekuensi

b. Distribusi Log-Normal

Distribusi Log-Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah varian  $X$  menjadi nilai logaritmik varian  $X$ . Distribusi log-pearson tipe III akan menjadi distribusi log-normal apabila nilai koefisien kemencengan sama dengan nol. Distribusi log-normal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K_{Tr} S_{\log X} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$Cv = \frac{S_{\log x}}{\log \bar{X}} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$S_{logx} = \sqrt{\frac{\sum(\log X - \log X_i)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana :

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

$Log \bar{X}$  = nilai rata-rata dalam harga logaritmik

$S_{logx}$  = deviasi standar dalam harga logaritmik

$K_{Tr}$  = faktor frekuensi

$Cv$  = koefisien variasi dari log normal w parameter

### c. Distribusi Log-Pearson Tipe III

Parameter penting dalam Log-Pearson Tipe III adalah nilai rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol maka distribusi kembali ke Distribusi Log-Normal. Distribusi Log-Pearson Tipe III telah dikembangkan dengan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatarbelakangi pemakaian Distribusi Normal untuk debit puncak, maka probabilitas Distribusi Log-Pearson Tipe III masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya (Suripin, 2004 dalam Kosasih, 2019). Distribusi Log-Pearson Tipe III dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_{Tr} S_{logX} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\log X_T = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0,5} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$C_s = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})}{(n-1)(n-2)S^3} \right] \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana :

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

$\text{Log } \bar{X}$  = nilai rata-rata dalam harga logaritmik

$S_{\log x}$  = deviasi standar dalam harga logaritmik

$K_{Tr}$  = faktor frekuensi dari Log-Pearson Tipe III (terdapat pada Lampiran 8)

$C_s$  = koefisien kemencengan dari Log-Pearson Tipe III

#### d. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel merupakan metode dari nilai-nilai ekstrim (maksimum atau minimum) yang banyak digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Fungsi Distribusi Gumbel merupakan fungsi eksponensial ganda. Distribusi Gumbel dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kosasih, 2019) :

$$X_T = u + \alpha Y_T \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} x s}{\pi} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$u = \bar{X} - 0,5772 \alpha \dots\dots\dots (2.19)$$

$$Y_T = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana :

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan priode ulang T-tahun

- $S$  = standar deviasi sampel
- $u$  = modus dari distribusi (titik dari densitas probabilitas maksimum)
- $Y_T$  = faktor reduksi

### 2.4.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Menurut Suripin (2004), diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut (Kosasih, 2019). Pengujian yang sering dipakai adalah Chi Kuadrat (*Chi-Square*) dan Smirnov-Kolmogorov. Berikut ini merupakan pengujian parameter tersebut yaitu :

#### a. Uji Chi Kuadrat (*Chi-Square*)

Menurut Suripin (2004), Uji Chi-Square digunakan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi yang dipilih benar-benar menggambarkan distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Kosasih, 2019). Parameter  $X^2$  merupakan variabel acak dan dapat dihitung dengan rumus berikut :

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

dimana :

$X^2$  = harga *Chi-Square* terhitung

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke- 1

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke- 1

$n$  = jumlah data



Distribusi *Chi-Square*, frekuensi teoritik dan jumlah kelas dapat dihitung menggunakan (Soewarno, 1995 dalam Kosasih, 2019) :

$$Ei = \frac{n}{k} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$k = 1 + 3,322 \log n \dots\dots\dots (2.23)$$

$$Dk = k - 3 \dots\dots\dots (2.24)$$

$$p = \frac{1}{k} \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana :

$Ei$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke- 1

$k$  = Jumlah kelas

$Dk$  = Derajat kebebasan

$p$  = rentang probabilitas

Tabel 2.1. Nilai  $X^2_{\text{Kritik}}$  untuk Distribusi *Chi-Square* (Triadmojo, 2008 dalam Kosasih, 2019)

$Dk$	$\alpha$				
	0.950	0.5	0.1	0.05	0.010
1	0.004	0.455	2.706	3.841	6.635
2	0.103	1.386	4.605	5.991	9.210
3	0.352	2.366	6.251	7.815	11.345
4	0.711	3.357	7.779	9.488	13.277
5	1.145	4.351	9.236	11.070	15.086
6	1.635	5.348	10.645	12.592	16.812
7	2.167	6.346	12.017	14.067	18.475
8	2.733	7.344	13.362	15.507	20.090
9	3.325	8.343	14.684	16.919	21.666
10	3.940	9.342	15.987	18.307	23.209
11	4.575	10.341	17.275	19.675	24.725
12	5.226	11.340	18.549	21.026	26.217
13	5.892	12.340	19.812	22.362	27.688
14	6.571	13.339	21.064	23.685	29.141
15	7.261	14.339	22.307	24.996	30.578

Nilai  $X^2$  terhitung lebih kecil dari  $X^2_{\text{kritik}}$  yang diperoleh berdasarkan derajat kebebasan ( $Dk$ ) dan nilai distribusi  $X^2$  tertentu seperti pada tabel

2.1. Langkah-langkah perhitungan Uji *Chi-Square* adalah sebagai berikut:

1. Tentukan derajat nyata , jumlah kelas ( $k$ ) dan derajat kebebasan ( $Dk$ ).
2. Tentukan rentang probabilitas ( $p$ ) =  $1/k$ .
3. Hitung nilai faktor frekuensi ( $K_{Tr}$ )
  - a) Untuk distribusi Normal dan Log Normal, faktor frekuensi ( $K_{Tr}$ )

dan rentang varian  $x$  menggunakan persamaan di bawah ini :

$$KT = z = w - \frac{2,515517+(0,802853 \times w)+0,010328 \times w^2}{1+(1,432788 \times w)+(0,189269 \times w^2)+(0,001308 \times w^3)} \dots\dots (2.26)$$

$$w = \left[ \ln \left( \frac{1}{p^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \text{ untuk } (0 < p < 0,5) \dots\dots\dots (2.27)$$

Ketika ( $p > 0,5$ ), digunakan  $1-p$  untuk menggantikan  $p$  dalam rumus diatas dan nilai  $K_T$  yang dihitung diberi tanda negatif (-).

- b) Untuk distribusi Log Person III, faktor frekuensi sama dengan standar normal variabel  $z$ . Selain itu, maka  $K_T$  sebagai berikut :

$$z = w - \frac{2,515517+0,802853w+0,010328w^2}{1+1,432788w+0,189269w^2+0,001308w^3} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$w = \left[ \ln \left( \frac{1}{p^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \text{ untuk } (0 < p \leq 0,5) \dots\dots\dots (2.29)$$

Ketika ( $p > 0,5$ ), digunakan  $1-p$  untuk menggantikan  $p$  dalam rumus diatas dan nilai  $K_T$  yang dihitung diberi tanda negatif (-).

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3} (z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3} k^5 \dots\dots\dots (2.30)$$

$$k = \frac{Cs}{6} \dots\dots\dots (2.31)$$

- c) Untuk distribusi Gumbel, hitung faktor frekuensi ( $KTr$ ) menggunakan persamaan dibawah ini. Hitung juga rentang varian  $x$  menggunakan persamaan selanjutnya.

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0,5772 + \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$T = 1/p \dots\dots\dots (2.33)$$

4. Hitung frekuensi teoritik ( $Ei$ ) dengan persamaan (2.22) untuk setiap kelasnya.
5. Hitung frekuensi terukur ( $Oi$ ) berdasarkan rentang varian  $x$  melalui pembacaan seri data.
6. Hitung nilai  $X^2$  untuk setiap kelasnya menggunakan persamaan (2.21) dan hitung jumlah totalnya.
7. Tentukan nilai  $X^2$  kritik pada Tabel 2.1.
8. Jika  $X^2 < X^2$  kritik maka hipotesis seri data distribusi diterima.  
Jika  $X^2 \geq X^2$  kritik maka hipotesis seri data distribusi ditolak.

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Menurut Surpin (2004), Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametrik test*) karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Kosasih, 2019). Metode ini digunakan untuk menguji kecocokan sebaran dengan membandingkan kemungkinan bahwa setiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis akan menghasilkan perbedaan ( $\Delta$ ) tertentu. Perbedaan maksimum yang dihitung ( $\Delta_{maks}$ ) dibandingkan dengan perbedaan kritis

( $\Delta_{cr}$ ) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ .

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\Delta_{maks} = | P_{empirik} - P_{teoritik} | \dots\dots\dots (2.34)$$

dimana :

$P_{empirik}$  = probabilitas empirik

$P_{teoritik}$  = probabilitas teoritik berdasarkan distribusi terpilih

Hasil perhitungan nilai selisih maksimum probabilitas  $\Delta_{maks}$  harus lebih kecil dari nilai kritis ( $\Delta_{Kritik}$ ). Jika  $\Delta_{maks} < \Delta_{Kritik}$  maka hipotesis seri data distribusi diterima sedangkan Jika  $\Delta_{maks} > \Delta_{Kritik}$  maka hipotesis seri data distribusi ditolak. Nilai  $\Delta_{Kritik}$  dapat dilihat pada Tabel 2.2 dengan nilai N adalah jumlah data.

Tabel 2.2. Nilai  $\Delta_{Kritik}$  untuk uji Sminorv-Kolmogorov (Triatmodjo, 2008 dalam Kosasih, 2019)

N	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )			
	0,2	0,1	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	0,3	0,34	0,4
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	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Langkah-langkah perhitungan uji Sminorv-Kolmogorov sebagai berikut :

- 1) Tentukan derajat nyata ( $\alpha$ ) dan jumlah data ( $n$ ).
- 2) Urutkan data mulai dari yang terbesar sampai ke yang terkecil ( $m=1,2,3,\dots,n$ ).
- 3) Hitung probabilitas empirik (Suripin, 2004 dalam Kosasih, 2019) dengan menggunakan persamaan Weibbul :

$$P_{\text{empirik}} = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots(2.35)$$

dimana :

$P_{\text{empirik}}$  = probabilitas empirik

$P_{\text{teoritik}}$  = probabilitas teoritik berdasarkan distribusi terpilih

$m$  = nomor urut data

$n$  = jumlah data

- 4) Hitung nilai faktor frekuensi ( $K_{Tr}$ )
  - a) Untuk distribusi Normal dan Gumbel, hitung  $K_{Tr}$  untuk setiap varian x menggunakan persamaan :

$$K_T = \frac{x - \bar{x}}{s} \dots\dots\dots(2.36)$$

- b) Untuk distribusi Log Normal, hitung  $K_{Tr}$  untuk setiap varian x menggunakan persamaan :

$$K_T = \frac{\log X - \log \bar{X}}{s_{\log x}} \dots\dots\dots(2.37)$$

- c) Untuk distribusi Log pearson III, faktor frekuensi sama dengan standar normal variabel z. Selain itu, maka  $K_T$  sebagai berikut :

$$Z = \frac{\log X - \log \bar{X}}{s \log X} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k \dots\dots(2.39)$$

$$k = \frac{Cs}{6} \dots\dots\dots(2.40)$$

5) Tentukan nilai probabilitas teoritik ( $P_{\text{teoritik}}$ )

- a) Untuk distribusi Normal, Log Normal dan Log Pearson III, tentukan probabilitas teoritik ( $P_{\text{teoritik}}$ ) untuk setiap varian x menggunakan persamaan (Chow, 1988) :

$$P_{\text{teoritik}} = \frac{1}{2} \left[ 1 + (0,196854 \times |z|) + (0,115194 \times |z|^2) \right. \\ \left. + (0,000344 \times |z|^3) + (0,019527 \times |z|^4) \right]^{-4} \dots\dots\dots(2.41)$$

Apabila nilai  $K_{Tr}$  adalah nilai negatif maka  $P_{\text{teoritik}}$  ditentukan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{teoritik}} = 1 - \frac{1}{2} \left[ 1 + (0,196854 \times |z|) + (0,115194 \times |z|^2) \right. \\ \left. + (0,000344 \times |z|^3) + (0,019527 \times |z|^4) \right]^{-4} \dots\dots\dots(2.42)$$

- b) Untuk distribusi Gumbel, probabilitas teoritik ( $P_{\text{teoritik}}$ ) untuk setiap varian x menggunakan persamaan :

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\exp\left[-\left(0,5772 + \frac{\pi z}{\sqrt{6}}\right)\right]\right\}} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$P_{\text{teoritik}} = 1/T \dots\dots\dots(2.44)$$

Apabila nilai  $K_{Tr}$  adalah nilai negatif maka  $P_{\text{teoritik}}$  ditentukan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{teoritik}} = 1 - 1/T \dots\dots\dots(2.45)$$

- 6) Hitung selisih probabilitas menggunakan persamaan (2.34) dan tentukan nilai tertinggi ( $\Delta_{\text{maks}}$ ).

7) Tentukan nilai  $\Delta_{\text{kritik}}$  pada tabel 2.2.

8) Jika  $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{kritik}}$  maka hipotesis seri data distribusi diterima.

Jika  $\Delta_{\text{maks}} \geq \Delta_{\text{kritik}}$  maka hipotesis seri data distribusi ditolak.

#### 2.4.4. Analisa Debit Banjir Rencana

Untuk dapat menganalisis debit banjir rencana maka digunakan perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik, salah satunya dengan metode HSS Nakayasu. Penggunaan HSS ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya sebagai berikut:

- a. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*Time of Peak*)
- b. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*Time Lag*).
- c. Tenggang waktu hidrograf (*Time Base of Hydrograf*)
- d. Luas daerah tangkapan air
- e. Panjang alur sungai utama terpanjang (*Length of the Longest Channel*)
- f. Koefisien pengairan

Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah:

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots (2.46)$$

Dengan:

$Q_p$  = Debit puncak banjir (m<sup>3</sup> /det)

$R_o$  = 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

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

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots\dots\dots(2.47)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots\dots\dots(2.48)$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots(2.49)$$

$t_g$  adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).

$T_g$  dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

— Sungai dengan panjang alur  $L > 15$  km :

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \dots\dots\dots(2.50)$$

— Sungai dengan panjang alur  $L < 15$  km :

$$t_g = 0,2 \cdot L^{0,7} \dots\dots\dots(2.51)$$

dimana :

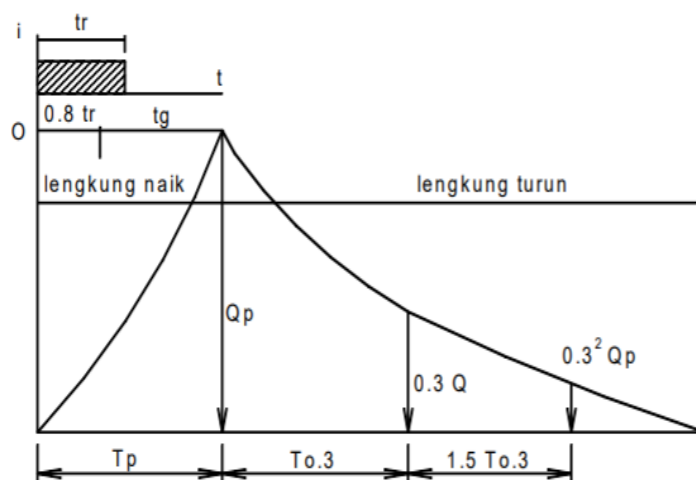
$t_r$  = Satuan Waktu hujan (jam)

$\alpha$  = Parameter hidrograf, untuk

$\alpha = 2 \rightarrow$  Pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5 \rightarrow$  Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3 \rightarrow$  Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat



Gambar 2.4. Grafik HSS Nakayasu.



1. Pada waktu naik :  $0 < t < T_p$

$$Q(t) = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \cdot Q_p \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana :

$Q(t)$  = Limpasan sebelum mencari debit puncak ( $m^3$ )

$T$  = Waktu (jam)

2. Pada kurva turun (*Decreasing Limb*)

a. Selang nilai :  $0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots(2.53)$$

b. Selang nilai :  $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5 \cdot T_{0,3})}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots(2.54)$$

c. Selang nilai :  $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5 \cdot T_{0,3})}{2 \cdot T_{0,3}}} \dots\dots\dots(2.55)$$

Karena rumus tersebut merupakan rumus empiris, perlu diterapkan terhadap suatu daerah aliran dengan memilih parameter yang tepat, seperti  $T_p$  dan  $\alpha$ , serta pola distribusi hujan, untuk menghasilkan pola hidrograf yang sesuai dengan hidrograf banjir yang diamati. Hidrograf banjir dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_k = \sum_{i=1}^n U_i \cdot P_{n-(i-1)} \dots\dots\dots(2.56)$$

dimana :

$Q_k$  = Debit Banjir pada jam ke – k

- U<sub>i</sub> = Ordinat hidrograf satuan (I = 1, 2, 3 .. .n)
- P<sub>n</sub> = Hujan netto dalam waktu yang berurutan (n = 1,2,..n)
- B<sub>f</sub> = Aliran dasar (*base flow*)

## 2.5. Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika biasanya bertujuan mengetahui kemampuan suatu penampang (saluran, drainase maupun sungai) untuk menampung debit rencana yang didapatkan dari perhitungan analisis hidrologi. Dan juga bertujuan menetapkan dimensi atau volume bangunan air sehingga dapat diketahui kemampuan penampang dalam menampung dan mengalirkan debit rencana. Sebagaimana diketahui bahwa salah satu penyebab banjir adalah karena ketidakmampuan penampang dalam menampung sebit banjir yang terjadi.

Dalam analisis hidrolika umumnya terdapat beberapa tahapan antara lain Analisis penampang eksisting dan perencanaan penampang rencana. Analisis penampang tersebut biasanya menggunakan alat bantu berupa *software* yaitu HEC-RAS. Untuk membuat rencana penanggulangan banjir, analisis penampang sekarang (eksisting) digunakan untuk mengetahui profil muka air banjir. (Rahmawati dan Ardhiani, 2008).

Untuk menghitung profil muka air, model matematik digunakan untuk membuat simulasi keadaan aliran serta parameter hidrolik yang diperlukan. Perhitungan aliran dengan model matematik adalah perhitungan yang didasarkan pada formulasi dari hasil hubungan matematik berdasarkan prinsip-prinsip hidrolika yang dikenal (Qariatullailiyah, 2015). Pada penelitian ini

Jika dibandingkan antara pemodelan 1-D dan pemodelan 2-D akan memiliki nilai mendekati satu artinya hasil pemodelan tersebut tidak memiliki perbedaan yang jauh. sehingga, pemilihan analisis pemodelan dengan 1-D dan 2-D dapat dilakukan tergantung ketersediaan data dan tidak berpengaruh jauh terhadap hasil yang diperoleh dari pemodelan tersebut. (Siregar, 2017)

### **2.5.1. Program Bantu HEC-RAS**

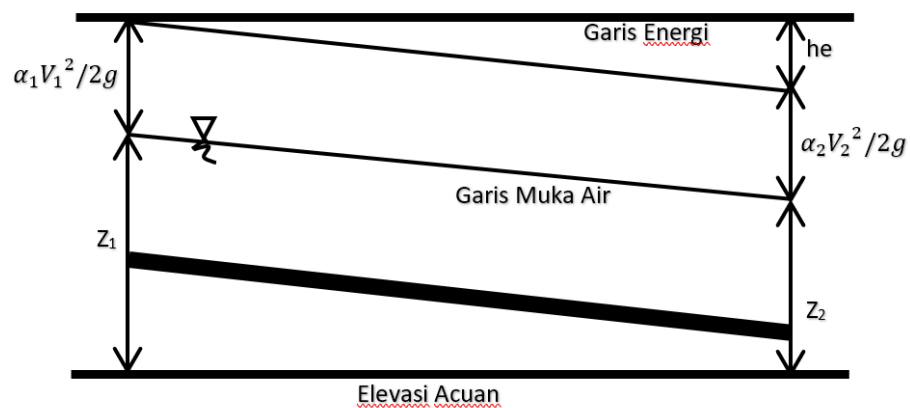
HEC-RAS (2004) merupakan program komputer yang dikembangkan oleh Bill s. Eichert dari The Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineering. HEC-RAS memiliki kemampuan untuk melakukan perhitungan profil muka air pada aliran permanen (*Steady Flow*) dan aliran tidak permanen (*Unsteady Flow*). Selain itu, HEC-RAS dilengkapi dengan analisis transportasi sedimen dan desain bangunan air..

### **2.5.2. Pemodelan Hidrolika dengan HEC-RAS**

Pemodelan hidrolika bertujuan untuk mendapatkan kedalaman air dan kecepatan air di lokasi perencanaan. Analisa hidrolika dapat dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-RAS. Input pada program HEC-RAS untuk mendapatkan kedalaman air dan kecepatan aliran yaitu berupa geometri sungai, debit hasil Analisa hidrologi, koefisien Manning. Hasil dari analisa hidrolika yaitu mengetahui kedalaman air, sehingga dapat diketahui terjadi limpasan atau tidak.

Perhitungan dilakukan dengan menyelesaikan persamaan konservasi energi 1D, di mana kehilangan energi yang tinggi disebabkan oleh kekasaran alur

dinyatakan dengan koefisien manning.. Langkah perhitungan ini dikenal sebagai Standarts Step Method (Triatmodjo, 1995; Anggrahini, 1997), yaitu menghitung profil muka air pada setiap penampang melintang yang diselesaikan dengan metode iterasi dengan gambar persamaan garis energi dan perumusan sebagai berikut.



Gambar 2.5. Persamaan Garis Energi.

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1}{2g} + he \dots\dots\dots (2.57)$$

$$he = L S f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1}{2g} \right| \dots\dots\dots (2.58)$$

Dimana:

$Y_1, Y_2$  = Tinggi muka air pada penampang melintang 1 dan 2 (m)

$Z_1, Z_2$  = Garis datum persamaan pada penampang melintang 1 dan 2 (m)

$V_1, V_2$  = Kecepatan rata-rata pada penampang melintang 1 dan 2 (m/detik)

$\alpha_1, \alpha_2$  = Koefisien Coriolis

$g$  = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

$h_c$  = kehilangan tinggi energi (m)

$L$  = Panjang penampang

- Sf = Kemiringan garis energi (*friction slope*) antara dua penampang  
 C = Koefisien kehilangan akibat pelebaran atau penyempitan

Dengan Panjang sungai rata-rata L dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$L = \frac{L_{lob} Q_{lob} + L_{ch} Q_{ch} + L_{rob} Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \dots\dots\dots (2.59)$$

Dimana:

$L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$  = Panjang melintang penampang sungai kiri, utama dan kanan

$Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob}$  = Rata-rata debit penampang sungai kiri, utama dan Kanan

Tabel 2.3. Tabel Kekasaran Manning

Saluran	Keterangan	N Manning
Tanah	Lurus, baru seragam, landau, dan bersih	0,0016 – 0,003
	Berkelok, landau dan berumput	0,023 – 0,040
	Tidak terawatt dan kotor	0,050 – 0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 – 0,045
Pasangan	Batu Kosong	0,0223 – 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 – 0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 – 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 - 0,030

## 2.6. Banjir

Secara umum banjir merupakan debit aliran air sungai yang lebih tinggi atau besar dari keadaan normalnya akibat terjadinya hujan secara terus menerus sehingga air tersebut tidak dapat ditampung oleh tampungan/alur sungai yang ada, maka debit aliran air tersebut melimpas keluar dan menggenangi daerah sekitarnya (Kirom, 2019). Sedangkan menurut Suripin (2004), Banjir

merupakan kondisi dimana air tidak tertampung di dalam palung sungai (saluran pembuang) atau terhambatnya aliran air pada palung sungai akibatnya aliran air meluap ke daerah sekitarnya. Banjir merupakan salah satu fenomena alam yang diakibatkan oleh menurunnya kapasitas sungai serta perencanaan sistem pengendalian banjir yang kurang tepat.

## **2.7. Pengendalian Banjir**

Pengendalian banjir jangka panjang biasanya menggunakan debit banjir dengan debit dan periode ulang tertentu sesuai dengan rencana pengendaliannya sehingga pada kurun waktu setelah kegiatan dan bangunan banjir selesai sistem pengendalian tersebut masih efektif untuk mencegah banjir (Syah, 2017).

## **2.8. Studi Terdahulu**

### **2.8.1. Evaluasi Pengendalian Banjir Sungai Cibeet Kabupaten Bekasi oleh Tri Nugroho Waskito (2012)**

Tesis berjudul Evaluasi Pengendalian Banjir Sungai Cibeet Kabupaten Bekasi oleh (Waskito, 2012). Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji kapasitas tampungan air di Sungai Cibeet Kabupaten Bekasi dan memprediksi kemungkinan terjadinya banjir melalui pemodelan hidrolika sebagai dasar rencana penanggulangan banjir. Dalam penelitian ini didapatkan Alternatif penanggulangan banjir secara struktural yaitu normalisasi dianggap dapat meminimalkan dampak bencana banjir di sungai tersebut. Dari analisis hidrologi didapatkan  $Q_{25} = 1942,78 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Pengendalian banjir Sungai Cibeet dilakukan untuk mengurangi dan menanggulangi limpasan yang terjadi akibat debit banjir rencana periode ulang Q25 tahun (Q25), melalui alternatif upaya struktural, yaitu peninggian/pembuatan tanggul banjir dengan menggunakan *sheet pile* beton dikarenakan kondisi bantaran yang sudah sempit sehingga tidak dimungkinkan untuk pekerjaan penanggulangan menggunakan tanggul tanah.

Normalisasi/galian alur bagian Hulu dan hilir diketahui dapat mengalirkan debit rencana periode ulang 25 tahun (Q25). dengan aman, sehingga kegiatan ini dapat direkomendasikan untuk dilakukan secara Jangka Menengah.

#### **2.8.2. Analisis Banjir Sungai Cisadane (Studi Kasus Ruas Sungai Jalan Tol Jakarta – Merak KM 19 sampai dengan Bendung Pasar Baru) oleh Restu Wigati (2014)**

Jurnal berjudul Analisis Banjir Sungai Cisadane (Studi Kasus Ruas Sungai Jalan Tol Jakarta – Merak KM 19 sampai dengan Bendung Pasar Baru) oleh (Wiganti dan Radhiyah, 2014). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi peristiwa banjir yang terjadi pada jalur sungai jalan tol Jakarta–Merak km 19 sampai dengan bendung Pasar Baru terhadap debit banjir rencana Q50 dan Q100. Tujuan lain dari penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi untuk menangani masalah tersebut. Studi ini menggunakan data hujan yang dikumpulkan selama 16 tahun, peta DAS Cisadane, dan gambar penampang melintang dan panjang sungai Cisadane. Metode Hasper, Melchior, HSS Nakayasu, dan HSS Snyder digunakan untuk menganalisis debit banjir rencana; perhitungan debit rencana digunakan

untuk menganalisis banjir menggunakan program HEC-RAS di 20 titik tinjauan. Debit banjir Q50 sebesar 2529,235 m<sup>3</sup>/s dan Q100 sebesar 2740,577 m<sup>3</sup>/s terjadi di setiap lokasi titik tinjauan. Solusi Penanganan Banjir yang diusulkan adalah Untuk penanganan jangka pendek (kurang dari 5 tahun) dengan melakukan normalisasi alur sungai, sedangkan Untuk penanganan jangka panjang (lebih dari 10 tahun) dengan melakukan upaya Eko-Hidrolik dan pemeliharaan sungai serta bangunan di sekitar sungai. Solusi secara Eko-Hidrolik sepanjang sungai dari hulu sampai hilir dan dilakukan dengan konsep satu sungai satu perencanaan dan satu manajemen (*One River, One Plan and One Integrated Management*).

### **2.8.3. Analisis Pengamanan Bujur Sungai Bolifar Kabupaten Seram Bagian Timur oleh Agung Tahta Hidayatullah (2017)**

Jurnal berjudul Analisis Pengamanan Bujur Sungai Bolifar Kabupaten Seram Bagian Timur oleh (Hidayatullah, 2017). Sungai Bolifar, yang terletak di Kecamatan Bula Timur, Kabupaten Seram Bagian Timur, Provinsi Maluku, adalah lokasi penelitian ini. Sebagai bagian dari upaya untuk mengendalikan banjir, penelitian ini bertujuan untuk menentukan debit banjir, tinggi muka air, dan dimensi tanggul. Dilakukan pengukuran topografi Sungai Bolifar, serta pemeriksaan mekanika tanah, karakteristik DAS, dan data curah hujan. Dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, debit banjir periode ulang 2 tahun sebesar 341,446 m<sup>3</sup>/s, debit banjir periode ulang 5 tahun sebesar 433,956 m<sup>3</sup>/s, debit banjir periode ulang 10 tahun adalah 486,583 m<sup>3</sup>/s, dan debit banjir periode ulang 2 tahun sebesar 521,211



$m^3/s$ . Dengan perhitungan hidrolika, muka air banjir mencapai 3 meter dari dasar sungai. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tinggi tanggul adalah 2,5 meter, lebar mercu tanggul adalah 4 meter, dan kemiringan lereng adalah 1:1,5. Ini menunjukkan bahwa tanggul yang direncanakan cukup stabil terhadap guling, gaya dukung tanah, dan kemiringan lereng..

#### **2.8.4. Penanggulangan Banjir Sungai Melawi dengan Tanggul oleh Joni Ardianto (2017)**

Studi ini didasarkan pada banjir yang melanda Kota Nanga Pinoh, yang berada di Kabupaten Melawi, provinsi Kalimantan Barat. Pada tahun 2008, ketinggian air naik hingga 3-5 meter, tetapi pada tahun 2012, hanya naik 2 meter. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan masalah banjir di kota Nanga Pinoh, terutama di daerah pasar Nanga Pinoh, dan mengembangkan suatu ide untuk mengurangi banjir dengan tanggul.

Dalam penelitian ini data primer yang diperoleh beberapa instansi yaitu Bappeda Kota Nanga Pinoh, BPS, BMKG Nanga Pinoh dan Survey yang telah dilakukan secara langsung yaitu pengambilan data elevasi koordinat untuk membuat suatu konsep penanggulangan banjir berupa tanggul pada Hari Kamis, 14 Agustus 2014 sampai dengan Hari Sabtu, 16 Agustus 2014. Perencanaan dimulai dengan melakukan analisis hidrologi untuk menentukan intensitas curah hujan dalam periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Dari hasil survey tersebut akan dihitung dan dianalisa sehingga akan mendapatkan debit banjir rencana dan konsep penanggulangan banjir dengan tanggul.

Berdasarkan hasil penelitian, debit banjir rencana dengan metode Nakayasu pada DAS Melawiyang dihasilkan adalah  $Q_2 = 5.562 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_5 = 7.686 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{10} = 9.015 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{25} = 10.843 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{50} = 12.078 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 13.362 \text{ m}^3/\text{s}$ . Konsep penanggulangan banjir dengan tanggul parapet didesain untuk kawasan pertokoan serta beberapa daerah permukiman yaitu, tanggul 1 meter, tanggul 1,5 meter dan tanggul 2,5 meter. Pada daerah longsor dilakukan penanganan perbaikan tebing dengan pembuatan revertment berupa bronjong yang ditancapkan dengan dolken.

#### **2.8.5. Pengendalian Banjir Sungai Bringin Semarang oleh Annisa Wahyuningtias (2017)**

Studi ini dilakukan di Kota Semarang, terutama di wilayah Mangkang, Kecamatan Tugu, karena wilayah ini merupakan salah satu tempat yang paling rentan terhadap banjir selama genangan air yang cukup lama. Sungai Kali Bringin secara teratur menyebabkan banjir di wilayah Mangkang. Pada musim penghujan, tanggul di sungai Bringin sering jebol karena tidak dapat menahan debit air sungai Bringin, menyebabkan banjir.

Perbaikan penampang di wilayah aliran sungai Bringin dapat menjadi solusi alternatif untuk masalah muka air laut yang tinggi dan penurunan tanah di wilayah tersebut. Perbaikan penampang aliran sungai Bringin ini mencakup perencanaan tanggul sungai dan sheet pile. Perhitungan debit banjir rencana selama 50 tahun dengan menggunakan pemodelan HEC-HMS 4.0. Perencanaan ini menggunakan model HEC-RAS dengan debit rencana hasil dari program HEC-HMS 4.0 untuk perbaikan sungai. Debit banjir rencana

untuk sungai tanpa embung adalah  $430,9 \text{ m}^3/\text{s}$  dan untuk sungai dengan embung adalah  $242,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sepanjang tujuh kilometer, penampang direncanakan berbentuk persegi panjang dengan perkuatan sheet pile. Tanggul sungai dibangun untuk menangani air sungai yang melimpas karena sungai tidak dapat menampung debit banjir yang lebih besar.

#### **2.8.6. Perencanaan Tanggul Banjir Sungai Lusi Hilir oleh Rizka Arbaningrum (2015)**

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah antara lain disebabkan karena meluapnya salah satu sungai yaitu Sungai Lusi. Sungai Lusi memiliki panjang sekitar  $161,13 \text{ km}$ , mengalir dari Bulu Kabupaten Rembang hingga bertemu dengan Kali Serang di Penawangan Kabupaten Grobogan. Untuk menganalisis penampang, periode ulang 25 tahunan  $Q_{25} = 900 \text{ m}^3/\text{s}$  adalah debit banjir rencana. Software HEC-RAS digunakan untuk menganalisis kedua penampang saat ini dan rencana.

Hasil dari program menunjukkan apakah debit banjir pada penampang sungai terpenuhi atau tidak. Permasalahan banjir Sungai Lusi diatasi melalui perbaikan penampang, perencanaan tanggul, peninggian tanggul yang sudah ada, perencanaan parapet beton, dan peningkatan lereng atau tebing yang rawan longsor.

Perencanaan teknis keseluruhan dengan perkiraan biaya konstruksi sebesar Rp. 82.995.060.000,00 (delapan puluh dua milyar sembilan ratus sembilan puluh lima juta enam puluh ribu rupiah dengan durasi pekerjaan selama 25 minggu.

### **2.8.7. Kajian Efektivitas Pengendalian Banjir di DAS Torosik oleh Dave Jensen (2017)**

Penelitian ini dilakukan pada Sungai Torosik yang terletak di daerah Molibagu Belang Kecamatan Pinolosian Tengah Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. Sungai Torosik memiliki panjang sekitar 18,25 km dan mempunyai luas DAS sebesar 45,71 km<sup>2</sup>. Perbedaan debit peredaman banjir untuk retensi basin adalah  $93.3-88.5 \text{ m}^3/\text{s} = 4.8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Jika dikonversi lebar sungai eksisting dengan lebar rata-rata 12 m, maka tinggi air sungai yang bisa direduksi dalam hitungan per meter jalan hanya 0.4 m.

Sedangkan dengan normalisasi sungai didapat perbedaan ketinggian air yang direduksi rata-rata sebesar 1 m. Pekerjaan pembuatan kolam retensi juga berkaitan dengan pekerjaan konstruksi, yang pada lazimnya membutuhkan dana pembiayaan yang lebih besar. Jika dilihat perbandingan diatas maka pekerjaan normalisasi sungai lebih efektif dari pada pekerjaan penyediaan kolam retensi.

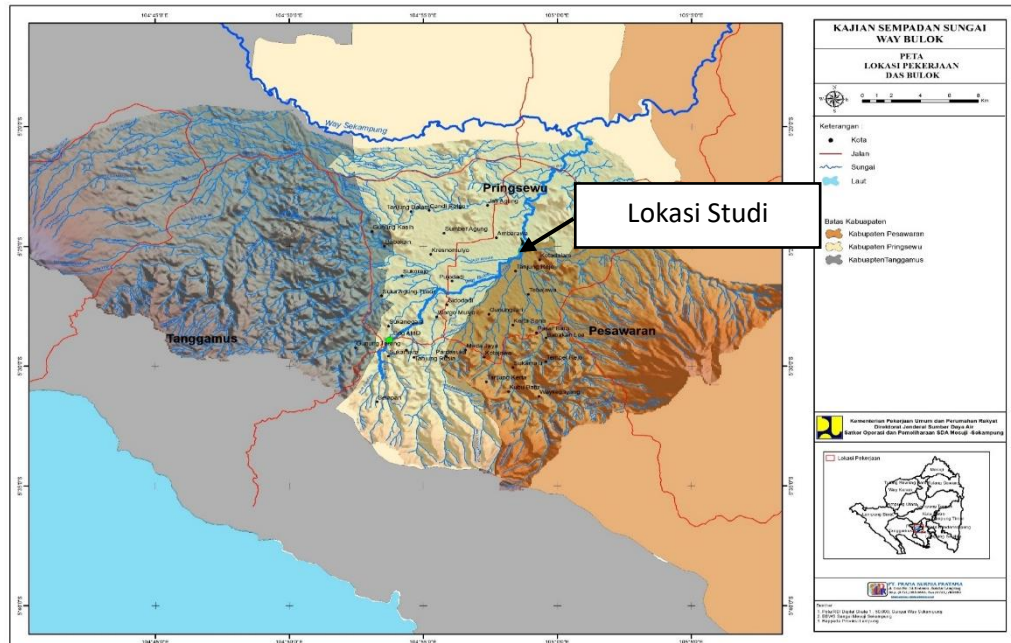
## **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Lokasi Penelitian**

Daerah studi penelitian ini yaitu Sungai Bulok yang secara administratif berada di Kabupaten Pringsewu, sedangkan secara hidrologis berada di DAS Way Bulok yang terhampar di Kabupaten Tanggamus, Kabupaten Pringsewu, Kabupaten Pesawaran (Gambar 3.1), berada pada posisi  $5^{\circ} 19' 56.82''$  s/d  $5^{\circ} 28' 43.50''$  Lintang Selatan dan  $104^{\circ} 54' 2.41''$  s/d  $105^{\circ} 0' 43.90''$  Bujur Timur. Way Bulok merupakan sungai ordo 2 yang bermuara ke Sungai Way Sekampung, DAS Way Bulok masuk kedalam DAS Way Sekampung, DAS Way Bulok seluas  $913,66 \text{ km}^2$ .

Way Bulok merupakan sungai ordo 2 yang menampung atau menerima aliran dari sungai-sungai ordo 3 di atasnya antara lain Sungai Way Semah, Way Tebu, Way Baturaja, Way Kedondong, Way Manak dan Way Minong serta beberapa sungai-sungai lain. Hulu DAS Way Bulok berupa lereng perbukitan dengan tutupan lahan yang masih baik, namun sudah mulai terbuka akibat aktivitas warga di sekitar hutan. Sedangkan di bagian tengah berupa areal pesawahan yang cukup luas dengan suplai air berasal dari beberapa anak sungai yang bermuara ke Sungai Bulok. Pada bagian hilir Way Bulok di sekitar muara yang bertemu dengan Sungai Way Sekampung, merupakan wilayah perkotaan, hal ini terlihat dari adanya wilayah perumahan dan

wilayah pusat perekonomian serta wilayah pusat pemerintahan Kabupaten. Peta lokasi pekerjaan dapat dilihat pada gambar 3.1.

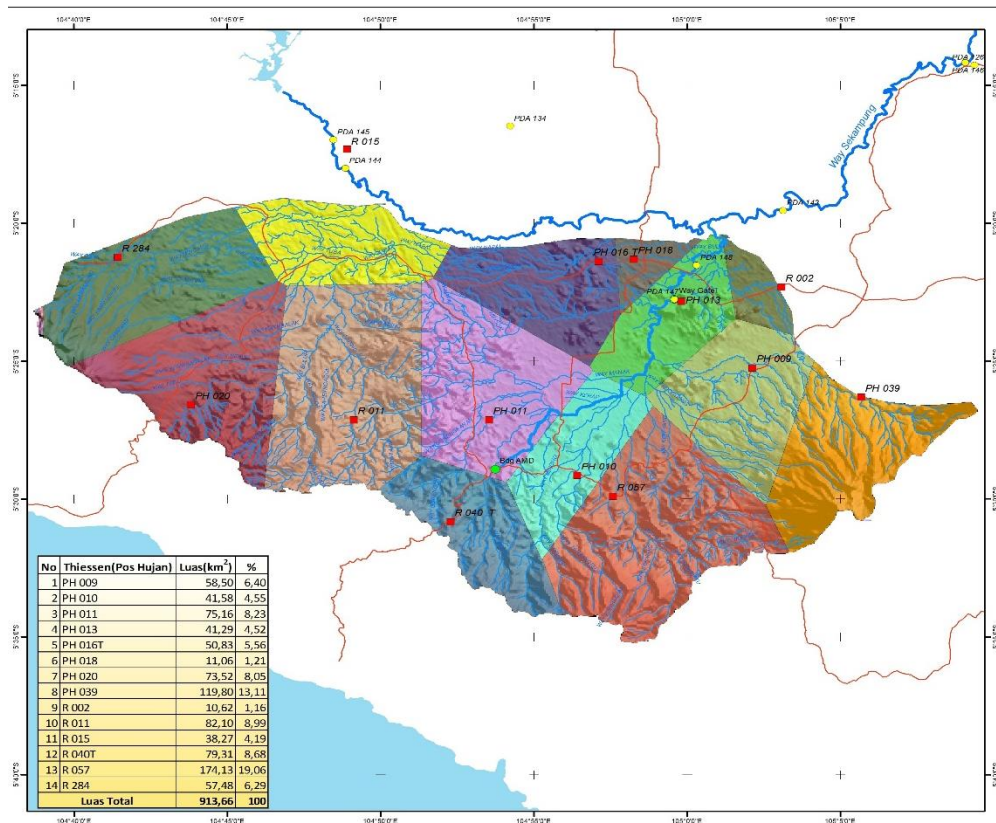


Gambar 3.1. Peta Lokasi Studi.

*Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, tahun 2019*

DAS Way Bulok memiliki luas 913,66 km<sup>2</sup>. Data hidrologi di DAS Bulok terhitung cukup lengkap, terutama data curah hujan, sedangkan data debit ada dari pencatatan Pos Duga Air (PDA) di Dam Gatel (PDA.147) berupa data rata-rata harian, sehingga data debit yang ada tidak dapat menggambarkan besaran debit puncak banjir. Dengan demikian debit puncak banjir harus dianalisis dengan mengalihragamkan hujan menjadi limpasan. Perhitungan debit puncak banjir Sungai bulok menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis, dari hasil rerata hujan.

Data curah hujan yang tersedia di DAS Bulok tercatat pada 14 (empat belas) pos hujan. Pos Hujan tersebut di atas dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.2. Peta Pos Hujan DAS Way Bulok.

Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, tahun 2018

Tabel 3. 1 Tabel Pos Hujan di DAS Bulok

No	Nama Pos Hujan	Data tahun
1	PH-009 - Way Awi II	2011 2021
2	PH-010 - Penengahan	2011 2021
3	PH-011 - Way Guring	2011 2021
4	PH-013 - Way Gatel	2011 2021
5	PH-016 - Fajar Esuk	2011 2021
6	PH-018 - Panutan	2011 2021
7	PH-020 - Gisting Atas	2011 2021
8	PH-039 - Padang Ratu	2011 2021
9	R-002 - Wonokriyo	2011 2021
10	R-011 - Banjaragung	2011 2021
11	R-015 - Kunyir	2011 2021
12	R-040 - Pematangnebak	2011 2021
13	R-057 - Sukajaya	2011 2021
14	R-284 - Gunung Megang	2011 2021

Sumber : BBWS MS, 2018

## 3.2. Alat dan Bahan

### 3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Laptop / PC

Sebagai perangkat keras yang digunakan dalam melakukan penelitian ini saya menggunakan laptop dengan spesifikasi *Processor Inter Core i7* dan RAM 8 GB

b. *Keyboard* dan *Mouse*

c. Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini perangkat lunak yang dipakai adalah *Excel*, *AutoCAD* dan *HEC-RAS*.

### 3.2.2. Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa :

a. Peta Kabupaten Pringsewu meliputi Peta Pos Hujan beserta luasan DASnya , Peta topografi serta peta *Catchment Area*.

b. Data curah hujan di DAS Way Bulok.

c. Data geometri sungai (Situasi, Potongan melintang dan memanjang) dari hasil pengukuran topografi.

## 3.3. Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode studi pustaka dan metode analisis banjir.



### **3.3.1. Metode Studi Pustaka**

Melakukan kajian teori yang mendukung dalam penelitian ini, yaitu membaca buku serta tulisan yang berkaitan dengan sumber daya air, analisis hidrologi, pemodelan hidrolika serta pengendalian banjir.

### **3.3.2. Metode Analisis Banjir**

Dalam metode analisis banjir ini memiliki beberapa proses, yaitu pengumpulan data, analisis hidrologi, pemodelan hidrolika serta penentuan alternatif pencegahan banjir.

Proses yang dilakukan dalam analisis banjir adalah sebagai berikut :

a. Pengumpulan Data

Merupakan proses untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian, yakni berupa Peta Kabupaten Pringsewu, data curah hujan di DAS Way Bulok, Data geometri sungai serta data atribut lainnya (seperti foto lokasi dan data lainnya).

b. Analisis Hidrologi

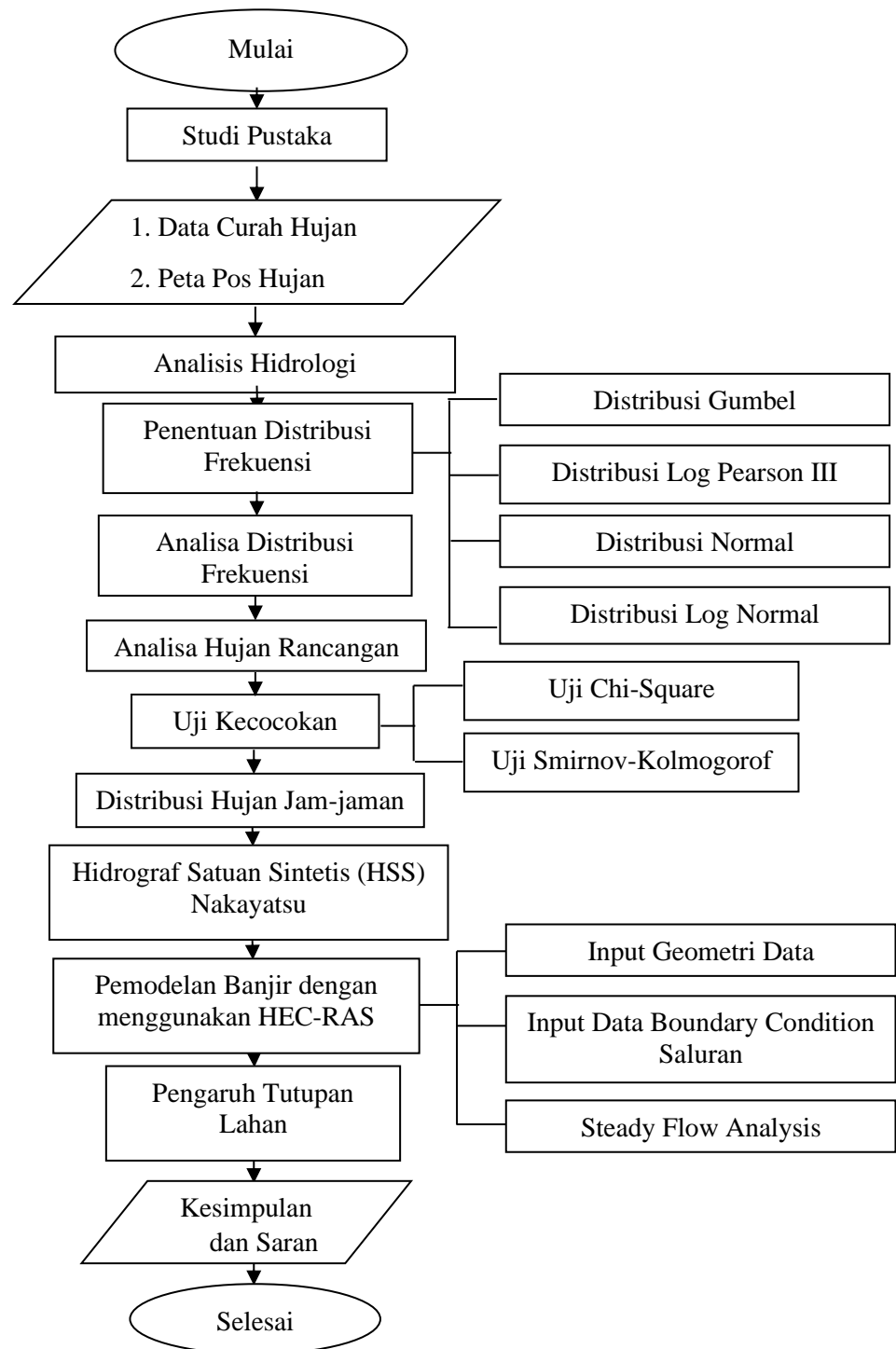
Dalam kegiatan Analisis Hidrologi dalam hal ini adalah analisis Banjir dipergunakan analisis frekuensi tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data
2. Menghitung curah hujan harian maksimum pada tiap-tiap tahun dari beberapa stasiun yang berada pada DAS atau stasiun terdekat DAS
3. Menghitung curah hujan harian maksimum rata-rata (area) dengan menggunakan Polygon Thiessen

4. Menghitung curah hujan rancangan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun
  5. Perhitungan dalam hal ini menggunakan beberapa jenis metode yakni Log Normal, Log Pearson atau Gumbel, dan dipilih yang paling sesuai dengan karakteristik data
  6. Menentukan distribusi curah hujan jam-jaman
  7. Menyusun hidrograf satuan sintetis dengan menggunakan Metode Nakayashu dan menghitung hidrograf banjir dengan metode alih ragam (transformasi) data hujan menjadi debit. Hasil dari beberapa model akan diperbandingkan dan diambil yang terbesar sesuai dengan karakteristik aktual DAS nya.
- c. Pemodelan Hidrolika
- Merupakan tahap yang dilakukan untuk memodelkan profil muka air banjir pada penampang sungai. Hidrolika permodelan sungai dilakukan dengan menggunakan software HEC-RAS kondisi aliran *steady flow*. Software tersebut di atas merupakan alat bantu analisis hidrolis 1 D. (satu dimensi) dengan keluaran (output) berupa informasi elevasi muka air, yang dapat digunakan untuk mengetahui batas paparan banjir pada sungai Way Bulok.
- d. Analisis Pengaruh Tutupan Lahan DAS
- Tahapan ini dilakukan setelah mengetahui batas paparan banjir pada Sungai Bulok. Dalam tahapan ini diberikan analisis tata guna lahan sebagai saran yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak banjir pada Sungai Bulok Kabupaten Pringsewu.

### 3.4. Diagram Alir Penelitian

Di bawah ini menjelaskan tentang diagram alir untuk proses pelaksanaan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.

## BAB V. PENUNTUP

### 1.6 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit puncak banjir Sungai Way Bulok, untuk Kala ulang 2 tahun =  $135,28 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang 5 tahun =  $248,79 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang 10 tahun =  $393,42 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang 20 tahun =  $517,02 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang 25 tahun =  $728,07 \text{ m}^3/\text{s}$ , kala ulang 50 tahun =  $1123,28 \text{ m}^3/\text{s}$  dan kala ulang 100 tahun =  $2847,39 \text{ m}^3/\text{s}$ .
2. Profil muka air banjir pada sungai way bulok untuk Kala Ulang 2, 5, dan 10 tahun relatif aman, sedangkan untuk kala ulang 20 tahun terdapat banjir dari Ruas 1 sampai dengan Ruas 8 sungai Way Bulok.
3. Pengendalian banjir di sungai way bulok untuk mereduksi dan menanggulangi limpasan yang terjadi dilakukan simulasi hidrolika dengan mengubah tata guna lahan menjadi Hutan sebanyak 10% sehingga dapat menurunkan Debit Banjir Kala ulang 20 tahun menjadi  $313,35 \text{ m}^3/\text{s}$  atau sebesar 39,39%.

## 5.2. Saran

Dalam rangka merumuskan alternatif pengendalian banjir Sungai Way Bulok:

1. Pada tesis ini tidak menghitung pengendalian banjir dengan pembangunan struktur di daerah sungai way bulok, dibutuhkan perhitungan lebih lanjut mengenai bangunan air yang dibutuhkan untuk mengurangi banjir di DAS Way Bulok.
2. Mengurangi kegiatan pengembangan di daerah sempadan sungai, untuk itu dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk menentukan daerah sempadan sungai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arbaningrum, R., Putri, J., A., P., and Kurniani, D., 2015. Perencanaan Tanggul Banjir Sungai Lusi Hilir. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4 (1), 186–196.
- Ardianto, J., Barlian, S., and Yulianto, E., 2015. Penanggulangan Banjir Sungai Melawi dengan Tanggul. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjung*, 1 (1), 9.
- Daud S, F., Gifari, A.R., and Rani, A.A., 2018. Uji Model Pengaruh Bentuk Pelimpah Terhadap Karakteristik Pengaliran. *Teknik Hidro*, 11 (1), 23–40.
- Hidayatullah, A.T., 2017. Analisis Pengamanan Banjir Sungai Bolifar Kabupaten Seram Bagian Timur. Universitas Hasanuddin.
- Jansen, D., Jansen, T., and Amelia Hendratta, L., 2017. Kajian Efektivitas Pengendalian Banjir di DAS Torosik. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 7 (3), 936–940.
- Kirom, M.I.L.S., 2019. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Pada Pemetaan Ancaman Bencana Banjir Di Kabupaten Indramayu Dengan Menggunakan Teknik Model Builder. Universitas Negeri Semarang.
- Kosasih, K., 2019. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase di Jalan Serumpun Bunga pada Sub DAS Borang Kota Palembang. Universitas Sriwijaya.
- Muttaqin, Z. and Kadri, T., 2014. Faktor-faktor yang Menghambat Penetapan Garis Sempadan Sungai (Studi Kasus Sungai Cimanuk, Kabupaten Indramayu). *Jurnal Sipil*, 14 (2), 76–83.

- Qariatullailiyah, 2015. Analisa Pengaruh Tampungannya terhadap Pengendalian Banjir dan Penyediaan Air Baku Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kemuning-Sampang. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rahmawati, I.P. and Ardhiani, N., 2008. Sistem Pengendalian Banjir Sungai Sengkarang (Normalisasi Sungai) (Flood Control System of Sengkarang River). Universitas Diponegoro.
- Ramdan, H., 2004. *Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Winaya Mukti.
- Saifudin, I. and S., 2017. Kajian Respon Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Das Garang. Universitas Diponegoro.
- Syah, R.H., 2017. Normalisasi Sungai Gunting untuk Penanggulangan Banjir di Kecamatan Mojoagung Kabupaten Jombang. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Wahyuningtyas, A., Pahlevari, J.E., Darsono, S., and Budienny, H., 2017. Pengendalian Banjir Sungai Bringin Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6 (3), 161–171.
- Waskito, T.N., 2012. Evaluasi Pengendalian Banjir Sungai Cibeet Kabupaten Bekasi. Institut Teknologi Bandung.
- Wiganti, R. and Radhiyah, A., 2014. Analisis Banjir Sungai Cisadane (Studi Kasus Ruas Sungai Jalan Tol Jakarta - Merak KM 19 sampai dengan Bendung Pasar Baru). *Jurnal Teknik Sipil UNTIRTA*, 3 (2), 84–93.
- Zakaria, A., 2012. Analisis Sensitifitas Koefisien Manning Untuk Aliran Tunak 1-D Menggunakan Program Hec-Ras. *Prosiding SNSMAIP III-2012*, 5–9.