

**TESIS**

**PENANGANAN BANJIR DANAU TEMPE DENGAN KOLAM  
REGULASI PADA INFLOW**

TREATMENT OF TEMPE LAKE FLOOD WITH REGULATED POOLS ON  
INFLOW

**AFBIANTIR M PARANDANGI**

**D 012 171 023**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2020**

TESIS

**PENANGANAN BANJIR DANAU TEMPE DENGAN KOLAM  
REGULASI PADA INFLOW**

Disusun dan diajukan oleh :

**AFBIANTIR M PARANDANGI**

**Nomor Pokok D 012 171 023**

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 30 November 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui  
Komisi Penasehat,

Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT.  
Ketua

Dr. Eng. Bambang Bakri, ST, MT  
Sekretaris

Ketua Program Studi  
S2 Teknik Sipil

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENANGANAN BANJIR DANAU TEMPE DENGAN KOLAM  
REGULASI PADA INFLOW**



Disusun dan diajukan oleh :

**AFBIANTIR M PARANDANGI**  
**D012171023**

Gowa, Desember 2020

Menyetujui  
Komisi Penasehat



Dr.Eng.Ir.Hj, Rita Tahir Lopa, MT

Pembimbing 1



Dr.Eng.Bambang Bakri,ST.,MT

Pembimbing 2

Mengetahui

Ketua Program Studi S-2 Teknik Sipil



Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT.

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Afbiantir M Parandangi

Nomor : D 012 171 023

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan hasil tesis ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Desember 2020

Yang menyatakan



Afbiantir M Parandangi

## KATA PENGANTAR

Puji Tuhan kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa yang atas izinnya sehingga penelitian dan penulisan ini yakni ***“Penanganan Banjir Danau Tempe dengan Kolam Regulasi pada Inflow”*** dapat terselesaikan. Dalam melaksanakan penelitian ini upaya dan perjuangan keras kami lakukan dalam menyelesaikannya.

Kami menyampaikan penghargaan yang sangat tinggi dan amat mendalam kepada Ibu **Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT**, atas bimbingan, arahan dan petunjuknya sehingga penelitian dan penyusunan Tesis ini dapat kami laksanakan dengan baik. Ucapan dan penghargaan yang sama kami sampaikan kepada Bapak **Dr. Eng. Bambang Bakri, ST, MT**, selaku sekretaris komisi penasehat yang banyak memberikan waktu, arahan dan bimbingannya kepada kami. Kepada bapak kami mengucapkan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya atas bimbingan yang begitu tulus dan ikhlas.

Penghargaan yang setinggi tingginya kepada ; Bapak **Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, MT**. (Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin), Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Bapak **Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng**), Ibu **Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT**. (**Ketua Program Studi S2 Teknik Sipil**) yang telah mengarahkan dan membimbing dalam proses perkuliahan. Bapak/ibu staf Pascasarjana Unhas dan staf Prodi S2 Teknik Sipil yang sangat

membantu dalam proses administrasi, kami sampaikan banyak terima kasih.

Ucapan terima kasih yang setinggi tingginya atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Allah SWT. Tuhan Yang Maha Kuasa dapat membalasnya.

Makassar, Desember 2020

Afbiantir. M. Parandangi

## ABSTRAK

Danau Tempe adalah salah satu danau terluas di Provinsi Sulawesi Selatan yang sebagian besar berada pada wilayah Kabupaten Wajo, sebagian berada pada wilayah Kabupaten Soppeng dan Kabupaten Sidrap. Luas Danau Tempe  $\pm$  13.000 hektar dan memiliki keliling danau  $\pm$  70 km.

Luas daerah rawan banjir berdasarkan hasil simulasi debit banjir 20 tahun pada tiga sungai yang masuk ke danau tempe (Sungai Bila, Sungai Paddangeng, Sungai Walanae) adalah 230,808 km<sup>2</sup>.

Penanganan banjir di sekitar danau tempe dilakukan dengan pemanfaatan kolam regulasi yang ditempatkan pada hulu tiga sungai yang masuk ke danau tempe dengan dimensi yang sama. Hasil simulasi menggunakan model numerik 2D Hec-Ras menunjukkan bahwa penggunaan kolam regulasi mampu mengurangi luasan area genangan sebesar 22,872 Km<sup>2</sup>, kedalaman maksimum sebesar 0,13 meter, tinggi muka air maksimum sebesar 0,55 meter, volume sebesar 2098,46 m<sup>3</sup>, serta durasi genangan 0,27 jam.

Kata kunci : *Banjir, HEC-RAS, Kolam Regulasi*

## **ABSTRACT**

Tempe Lake is one of the largest lakes in South Sulawesi Province, most of which are located in Wajo Regency, some in Soppeng and Sidrap Regencies. Lake Tempe is  $\pm$  13,000 hectares and has a lake circumference of  $\pm$  70 km.

The area prone to flooding based on the simulation results of 20 years of flood discharge in three rivers that enter the tempe lake (Bila River, Paddangeng River, Walanae River) is 230,808 km<sup>2</sup>.

Flood handling around Lake Tempe is carried out by utilizing a regulatory pond that is placed at the upstream of three rivers that enter Lake Tempe with the same dimensions. The simulation results using the 2D Hec-Ras numerical model show that the use of a regulatory pool can reduce the inundation area by 22,872 km<sup>2</sup>, a maximum depth of 0.13 meters, a maximum water level of 0.55 meters, a volume of 2098,46 m<sup>3</sup>, and inundation duration of 0.27 hours.

*Key words: Flood, HEC-RAS, Regulation Pool*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Batasan Masalah.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
A. Analisa Hidrologi.....	7
1. Distribusi Curah Hujan Wilayah/Daerah .....	8
2. Parameter Dasar Statistik .....	10
3. Analisa Frekuensi Curah Hujan.....	13
4. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi.....	18
5. Debit Banjir Rencana .....	22
B. Analisa Hidrolika.....	23
C. Alternatif Penanganan Banjir Dengan Kolam Regulasi .....	24
D. Model Numerik 2D Hec-Ras.....	26
E. Kolam Regulasi .....	27
F. Penelitian Terdahulu.....	27
G. Kerangka Pikir Penelitian.....	30

<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>31</b>
A. Lokasi Penelitian .....	31
B. Teknik Pengumpulan Data .....	34
C. Analisis Data.....	35
D. Bagan Alir Penelitian .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>40</b>
A. Analisis Sebaran Daerah Rawan Banjir.....	40
1. Penentuan Batas Hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) .....	40
2. Analisis Curah Hujan.....	41
3. Analisis Debit Banjir Rancangan .....	52
4. Peta Daerah Rawan Banjir.....	76
B. Analisis Penanganan Banjir dengan Kolam Regulasi.....	80
1. Pemilihan Lokasi Kolam Regulasi .....	80
2. Dimensi Kolam Regulasi .....	82
3. Simulasi Penanganan Banjir dengan Kolam Regulasi .....	83
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>87</b>
A. Kesimpulan.....	87
B. Saran.....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Skema Sungai yang masuk dan keluar dari Danau Tempe	3
Gambar 2.	Kerangka Pikir Penelitian	30
Gambar 3.	Peta Sulawesi Selatan dan Peta Kawasan Danau Tempe	32
Gambar 4.	Peta Lokasi Penelitian	33
Gambar 5.	Bagan alir penelitian	37
Gambar 6.	Batas hidrologi dan skema sungai wilayah kajian	41
Gambar 7.	Batas Sub DAS Bila dan sebaran stasiun hujan	42
Gambar 8.	Grafik Log Person III Sub DAS Bila	47
Gambar 9.	Hidrograf satuan sintetik Nakayasu Sungai Bila	54
Gambar 10.	Batas Sub DAS Walanae dan sebaran stasiun hujan	54
Gambar 11.	Grafik Log Person III Sub DAS Walanae	58
Gambar 12.	Hidrograf satuan sintetik Nakayasu Sungai Walanae	65
Gambar 13.	Batas Sub DAS Bila dan sebaran stasiun hujan	65
Gambar 14.	Grafik Log Person III Sub DAS Padangeng	68
Gambar 15.	Hidrograf satuan sintetik Nakayasu Sungai Paddangeng	75
Gambar 16.	Area Genangan Banjir Periode Ulang 20 Tahun	77
Gambar 17.	Peta kecepatan aliran maksimum Q20	79
Gambar 18.	Lokasi penempatan kolam regulasi	80
Gambar 19.	Kondisi tutupan lahan lokasi kolam regulasi Sungai Paddangeng	81
Gambar 20.	Kondisi tutupan lahan lokasi kolam regulasi Sungai Bila	81
Gambar 21.	Kondisi tutupan lahan lokasi kolam regulasi Sungai Walanae	82
Gambar 22.	Skema sungai dan area genangan banjir Q20 dengan Penanganan Kolam Regulasi	83
Gambar 23.	Perbandingan area genangan sebelum (A) dan setelah penanganan dengan kolam regulasi (B)	84
Gambar 24.	Grafik akumulasi volume pada Sungai Cenranae	85

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Alternatif Metode Perhitungan Hujan Rata-Rata	8
Tabel 2.	Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi	13
Tabel 3.	Nilai k Distribusi Pearson tipe III	15
Tabel 4.	Hubungan reduksi Variant Rata-Rata ( $Y_n$ ) dengan jumlah data ( $n$ )	17
Tabel 5.	Hubungan antara deviasi standar dan reduksi variat ( $S_n$ ) dengan jumlah data ( $n$ )	17
Tabel 6.	Nilai Chi Kuadrat Teoritis	19
Tabel 7.	Nilai Delta Kritis ( $D_0$ ) untuk uji keselarasan Smirnof-Kolmogorof	21
Tabel 8.	Curah hujan maksimum Sub Das Bila	43
Tabel 9.	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Wilayah	44
Tabel 10.	Hasil Pengujian Jenis Sebaran	45
Tabel 11.	Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Pearson Type III	46
Tabel 12.	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	46
Tabel 13.	Hasil Uji Smirnov Kolmogorov	49
Tabel 14.	Nilai Batas Kelas Untuk Distrinbusi Log Person III	50
Tabel 15.	Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III	51
Tabel 16.	Debit banjir rencana Sungai Bila	52
Tabel 17.	Curah Hujan Max	55
Tabel 18.	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Wilayah	55
Tabel 19.	Hasil Pengujian Jenis Sebaran	56
Tabel 20.	Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Pearson Type III	57
Tabel 21.	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	58
Tabel 22.	Hasil Uji Smirnov Kolmogorov	60
Tabel 23.	Nilai Batas Kelas Untuk Distrinbusi Log Person III	61

Tabel 24. Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III	62
Tabel 25. Debit Banjir Rencana Sungai Walanae	63
Tabel 26. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Wilayah	66
Tabel 27. Hasil Pengujian Jenis Sebaran	67
Tabel 28. Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Pearson Type III	67
Tabel 29. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	68
Tabel 30. Hasil Uji Smirnov Kolmogorov	70
Tabel 31. Nilai Batas Kelas Untuk Distrinbusi Log Person III	71
Tabel 32. Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III	72
Tabel 33. Debit banjir rencana Sungai Paddangeng	73
Tabel 34. Hasil simulasi debit banjir Q20	78
Tabel 35. Perbandingan kondisi sebelum dan setelah penaaangan banjir menggunakan Kolam Regulasi	86

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Danau Tempe adalah salah satu danau terluas di Provinsi Sulawesi Selatan yang sebagian besar berada pada wilayah Kabupaten Wajo, sebagian berada pada wilayah Kabupaten Soppeng dan Kabupaten Sidrap. Luas Danau Tempe  $\pm$  13.000 hektar dan memiliki keliling danau  $\pm$  70 km.

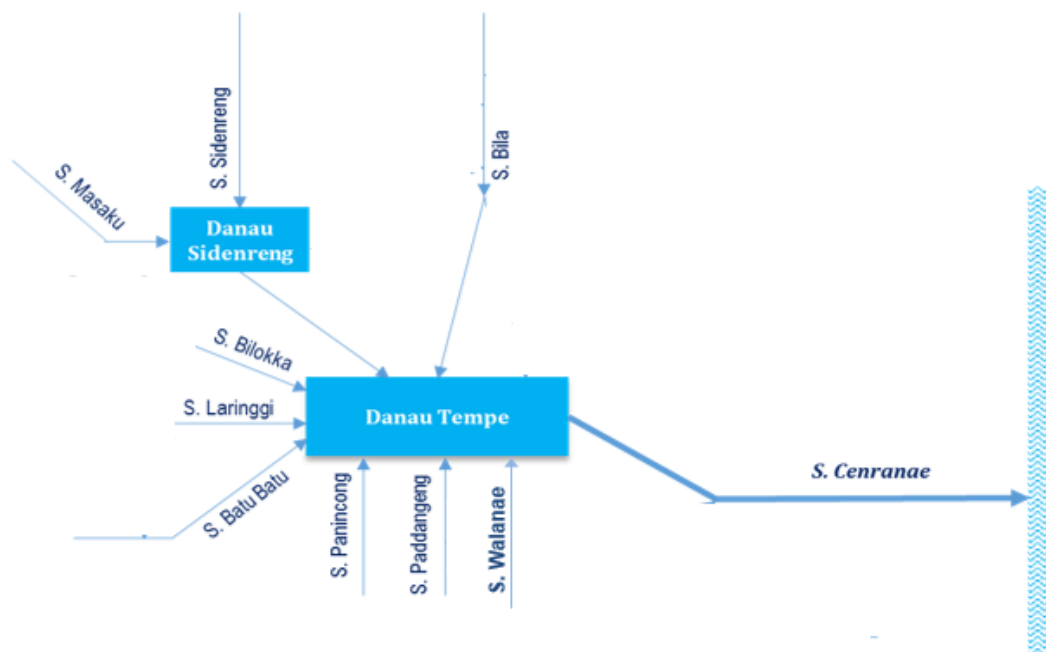
Danau adalah badan air yang dikelilingi daratan dan dikelompokkan sebagai salah satu jenis lahan basah. Konvensi Ramsar menyatakan bahwa lahan basah adalah daerah berawa, payau, gambut, atau perairan alami atau buatan, yang tertutup air yang tergenang atau mengalir secara tetap atau sementara oleh air tawar, payau, atau asin, termasuk wilayah perairan laut yang kedalamannya tidak lebih dari enam meter pada saat air surut". Danau atau situ digolongkan ke dalam lahan basah alami bersama hutan *mangrove*, rawa gambut, rawa air tawar, padang lamun, dan terumbu karang.

Danau Tempe masuk dalam Wilayah Sungai Walanae Cenranae. Selain Danau Tempe terdapat Danau Sidenreng di Kabupaten Sidrap dan Danau Buaya di Kabupaten Wajo. Danau Tempe, Danau Sidenreng dan Danau Buaya merupakan danau yang menjadi satu system di dalam WS Walanae Cenranae.

Sungai-sungai yang masuk (*Inflow*) ke Danau Tempe adalah sebagai berikut :

1. Sungai Bila, mempunyai luasan DAS  $\pm 1.410 \text{ Km}^2$  dengan Lebar Sungai  $\pm 60 \text{ m}$
2. Sungai Pa'dangeng, mempunyai luasan DAS  $\pm 422 \text{ Km}^2$  dengan Lebar Sungai  $\pm 40 \text{ m}$
3. Sungai Walanae, mempunyai luasan DAS  $\pm 3.170 \text{ km}^2$ , dengan Lebar Sungai  $\pm 70 \text{ m}$
4. Sungai Sidenreng, dengan Luas DAS  $\pm 277 \text{ km}^2$ , dengan Lebar Sungai  $\pm 30 \text{ m}$
5. Sungai Biloka, dengan Luas DAS  $\pm 257 \text{ km}^2$ , dengan Lebar Sungai  $\pm 35 \text{ m}$
6. Sungai Batu-Batu, dengan Luas DAS  $\pm 139 \text{ km}^2$ , dengan Lebar Sungai  $\pm 25 \text{ m}$
7. Sungai Laringgi, dengan Luas DAS  $\pm 125 \text{ km}^2$ , dengan Lebar Sungai  $\pm 13 \text{ m}$
8. Sungai Pariancong, dengan Luas DAS  $\pm 108 \text{ km}^2$ , dengan Lebar Sungai  $\pm 8.5 \text{ m}$

Aliran sungai yang keluar (*outflow*) dari Danau Tempe adalah Sungai Cenranae dengan lebar sungai rata-rata berkisar antara 80 m sampai dengan 100 m. Sungai Cenranae ini bermuara di Teluk Bone.



*Gambar 1. Skema Sungai yang masuk dan keluar dari Danau Tempe*

Kondisi Danau Tempe mengalami pendangkalan akibat sedimentasi yang terbawa masuk melalui alur-alur sungai yang bermuara di Danau Tempe, misalnya pertumbuhan eceng gondok, serta okupasi lahan dan buangan limbah rumah tangga penduduk yang bermukim di sekitar Danau Tempe. Berdasarkan hasil penelitian Pusat Limnologi LIPI, masalah utama pada Danau Tempe adalah sedimentasi akibat alih fungsi lahan. Hasil analisis yang dilakukan LIPI selama 20 tahun menunjukkan bahwa rata-rata sedimentasi yang terbentuk adalah 519.000 m<sup>3</sup> setiap tahunnya. Berdasarkan data tersebut maka perlu dilakukan upaya agar Danau Tempe dikembalikan fungsi alaminya sebagai tampungan air, termasuk penataan di kawasan daerah aliran sungai. Salah satu upaya yang ditempuh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, dengan melakukan revitalisasi danau. Perlu dilakukan upaya agar Danau Tempe



dikembalikan fungsi alaminya sebagai tampungan air, termasuk penataan di kawasan daerah aliran sungai.

Adanya Pelaksanaan kegiatan Revitalisasi Danau Tempe yang mana kegiatan utamanya adalah pengerukan sedimen Danau Tempe yang kemudian dari hasil pengerukan sedimen tersebut lalu dipindahkan ke suatu wadah (*Disposal Area*) dengan luasan tertentu sehingga dari pemindahan hasil material sedimen tersebut akan membentuk seperti pulau di daerah kawasan Danau Tempe itu sendiri. Terbentuknya pulau-pulau tersebut akan digunakan oleh masyarakat sebagai fasilitas umum dan atau fasilitas sosial melalui program pemerintah oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang.

Pendangkalan yang terjadi di Danau Tempe menyebabkan sebagian wilayah Danau Tempe terendam banjir setiap tahunnya, khususnya wilayah Danau Tempe di Kabupaten Wajo. Hal ini disebabkan karena sebagian besar kondisi topografinya merupakan daerah dataran rendah, dibandingkan dengan Kabupaten Soppeng dan Sidrap.

Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) salah satu kejadian banjir terbesar di Kabupaten Wajo terjadi pada tanggal 19 Mei 2018 dengan jumlah korban yang terdampak 50.223 jiwa dan 6 korban meninggal dunia. Banjir tersebut juga merusak kurang lebih 20 unit fasilitas Kesehatan, 40 rumah peribadatan serta 64 fasilitas Pendidikan. Berdasarkan Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) banjir yang terjadi disebabkan oleh hujan dengan intensitas tinggi yang terjadi

beberapa hari dan ditambah dengan meningkatnya debit air dari sungai Walanae yang menyebabkan terjadinya luapan dan merendam permukiman masyarakat. Sampai saat ini telah dilakukan berbagai macam upaya untuk menanggulangnya namun belum membuahkan hasil yang maksimal, sehingga dirasa perlu topik dengan judul “Penanganan Banjir Danau Tempe dengan Kolam Regulasi pada Inflow”

#### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana kejadian banjir di Danau Tempe
2. Solusi apa yang sesuai dengan kondisi Danau Tempe

#### C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari Penelitian ini adalah:

1. Menganalisa Kejadian Banjir di Danau Tempe
2. Memberikan solusi dalam penanganan banjir di Danau Tempe

#### D. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini dikelompokkan kedalam dua kategori yaitu batasan wilayah dan substansi penelitian.

1. Batasan wilayah penelitian ini adalah wilayah sekitar Danau Tempe dalam batas hidrologi DAS Bila Walanae, pada wilayah sungai

Walanae-Cenranae dengan fokus pada 3 sungai utama yang masuk ke Danau Tempe yaitu sungai Bila, Paddangeng, Walanae.

2. Batasan substansi yang dikaji dalam penelitian ini adalah kajian mengenai karakteristik hidrologi khususnya pada pemodelan genangan banjir kala ulang 20 tahun dengan pendekatan penanganan untuk mengurangi risiko banjir berupa bangunan fisik Kolam Regulasi dan dilakukan tanpa perhitungan biaya.

#### E. Manfaat Penelitian

Kegunaan atau manfaat yang akan diperoleh dari hasil studi ini mencakup beberapa pihak yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat lokal di sekitar Danau Tempe, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang daerah dengan ancaman bencana banjir yang dapat terjadi di tempat mereka bermukim, sehingga masyarakat dapat melakukan langkah-langkah preventif untuk mengurangi dampak dari bencana banjir yang terjadi.
2. Bagi pemerintah dan pemangku kebijakan, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam menyusun perencanaan wilayah sekaligus sebagai bahan masukan dalam upaya penyusunan rencana pengendalian banjir di sekitar wilayah Danau Tempe.
3. Penelitian ini diharapkan menjadi nilai tambah dan memperkaya pengetahuan mengenai mitigasi bencana banjir dengan karakteristik wilayah dan hidrologi yang berbeda-beda.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### A. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang pergerakan air serta perubahan-perubahannya di atas dan melalui pergerakan bumi. Analisa hidrologi merupakan suatu analisa awal dalam perencanaan sistem sungai untuk mengetahui besarnya debit yang akan dialirkan sehingga dapat ditentukan dimensi bangunan air. Dalam perencanaan faktor hidrologi yang diperlukan adalah besarnya curah hujan. Hujan adalah kejadian yang tidak dapat diprediksi. Artinya, kita tidak dapat memprediksi secara pasti seberapa besar hujan yang akan terjadi pada suatu periode waktu. Adapun data yang digunakan sebagai acuan dalam proses pengolahan data pengerjaan penelitian ini adalah data topografi, hidrologi dan tata guna lahan.

Data hidrologi diperoleh berdasarkan pencatatan yang dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang yang diambil dari 3 (tiga) stasiun hujan yang berpengaruh terhadap DAS Bila Walanae. Periode ulang yang akan digunakan untuk perencanaan adalah periode ulang 20 Tahun. Analisis hidrologi ini meliputi perhitungan distribusi hujan wilayah, perhitungan parameter statistik hidrologi dan analisis debit dengan Excel.

## 1. Distribusi Curah Hujan Wilayah/Daerah

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam dan/atau di sekitar kawasan tersebut.

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata wilayah: (1) Rata-rata Aljabar, (2) Poligon *Thiessen*, dan (3) Isohyet. Dari ketiga metode diatas perlu dipilih metode yang sesuai pada suatu daerah tangkapan air. Ada ketentuan-ketentuan yang digunakan untuk menentukan metode apa yang akan dipakai seperti Tabel 1.

Tabel 1 Alternatif Metode Perhitungan Hujan Rata-Rata

Parameter	Kondisi	Cara yang dapat digunakan
Jumlah stasiun hujan	Cukup	Aritmetika, <i>Thiessen Polygon</i> , Isohyet
	Terbatas	Rerata Aritmetik, <i>Thiessen Polygon</i>
Luas Das	>5000 km <sup>2</sup> (Besar)	Ishoyet
	501 – 5000 km <sup>2</sup> (sedang)	<i>Thiessen Polygon</i>
	<500 km <sup>2</sup> (kecil)	Rerata Aritmatik
Kondisi Topografi	Pegunungan	<i>Thiessen Polygon</i>
	Dataran	Aljabar

Parameter	Kondisi	Cara yang dapat digunakan
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Ishoyet dan <i>Thiessen Poligon</i>

Sumber: Suripin, 1998

a. Metode Rata-rata Aljabar

Metode ini digunakan pada daerah yang datar dan banyak station penakar hujannya dan dengan anggapan bahwa di daerah tersebut sifat curah hujannya adalah merata. Hujan kawasan diperoleh dengan persamaan:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan  $P_1, P_2, \dots, P_n$  adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

b. Metode *Poligon Thiessen*

Metode ini memasukkan faktor pengaruh daerah yang diwakili oleh station penakar hujan yang disebut sebagai faktor pembobot atau disebut juga sebagai Koefisien Thiessen. Faktor pengaruh daerah dibentuk dari poligon dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua station penakar hujan. Hujan kawasan diperoleh dengan persamaan:

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan  $P_1, P_2, \dots, P_n$  adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n.  $A_1, A_2, \dots, A_n$  adalah luas areal poligon 1, 2, ..., n. n adalah banyaknya pos penakar hujan.

c. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan tempat kedudukan dari harga curah hujan yang sama. Isohyet ini diperoleh dengan cara interpolasi dari harga-harga curah hujan titik (*point rainfall*). Hujan kawasan diperoleh dengan persamaan :

$$P = \frac{A_1 \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left( \frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left( \frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$P = \frac{\sum \left[ A \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan P curah hujan rata-rata daerah aliran (mm).  $P_1, P_2, \dots, P_n$  adalah kontur curah hujan (mm).  $A_1, A_2, A_3$  adalah luas poligon antara dua garis kontur ( $\text{km}^2$ ). Metode *isohyet* cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari  $5.000 \text{ km}^2$ .

2. Parameter Dasar Statistik

Dalam statistik ada beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data, yaitu meliputi rata-rata, standart deviasi, koefisien *skewness*, dan koefisien kurtosis. Parameter statistik ini digunakan untuk menentukan distribusi frekuensi yang akan digunakan. Berikut setiap jenis distribusi mempunyai parameter statistik yang terdiri dari:

a. Nilai Rata-rata Tinggi Hujan

Tinggi rata-rata hujan diperoleh dari rata-rata penakaran tinggi hujan. Rumus yang digunakan:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan:

$\bar{X}$  = rerata (mm)

$X_i$  = variabel random (mm)

$n$  = jumlah data

b. Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan:

$Sd$  = standar deviasi

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

$X_i$  = variabel random (mm)

$n$  = jumlah data

c. Kofisien Kemencengan (Cs)

Koefisien Kemencengan disebut juga Koefisien Skewness adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi (Soewarno, 1995). Dapat dihitung menggunakan rumus :

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



Dengan:

Cs = koefisien *skewness*

Sd = *standart deviasi*

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

$X_i$  = variabel random (mm)

n = jumlah data

d. Koefisien Keruncingan (Ck)

Koefisien Keruncingan atau disebut juga dengan Koefisien Kurtosis adalah nilai yang digunakan untuk mengukur keruncingan suatu kurva distribusi (Soewarno,1995). Koefisien kurtosis dapat dihitung dengan rumus:

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)Sd^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan:

Ck = koefisien kurtosis

Cv = koefisien variasi

n = jumlah data

Sd = standar deviasi

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

$X_i$  = variabel random (mm)

Perhitungan curah hujan rencana dihitung dengan analisis distribusi frekuensi. Distribusi frekuensi yang digunakan diantaranya

adalah distribusi normal, distribusi gumbel, distribusi log pearson tipe III.

Setiap distribusi memiliki syarat-syarat parameter statistik. Adapun syarat-syarat parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1.14$ $C_k = 5.4$
4	<i>Log Pearson III</i>	Selain dari nilai diatas / flexibel

*Sumber: Triatmodjo, 2010*

### 3. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Perhitungan analisis frekuensi ini dilakukan untuk menghitung curah hujan rencana yang akan digunakan dalam menghitung debit rencana (Q/rencana) untuk perencanaan Sungai. Untuk mencari besarnya curah hujan rancangan, digunakan beberapa distribusi antara lain:

#### a. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut pula Distribusi *Gauss*. Persamaan umum yang digunakan adalah :

$$X = \bar{X} + k.S \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan:

$X$  = nilai pada periode ulang tertentu.

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung variat

$S$  = deviasi standar nilai variat

$k$  = Faktor frekuensi

b. Distribusi *Log Pearson Type III*

Keistimewaan metode *Log Pearson type III* adalah dapat digunakan untuk semua sebaran data. Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi *Log Pearson type III* yaitu harga rata-rata, standar deviasi, koefisien kemencengan.

Secara garis besar langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Urutkan data kecil ke besar dan ubah data curah hujan  $n$  buah  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi  $\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$ .
2. Hitung harga rata-rata dengan persamaan :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots (2.11)$$

3. Hitung harga standar deviasi dengan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.12)$$

4. Hitung koefisien kemencengan dengan persamaan:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{n-1} \dots\dots\dots (2.13)$$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang (T)

dengan persamaan:

$$\text{Log } Q = \overline{\text{Log}X} + G \cdot s_i \dots\dots\dots(2.14)$$

6. Hitung anti Log Q dengan persamaan:

$$QT = \text{Anti Log } Q \dots\dots\dots(2.15)$$

Tabel 3. Nilai k Distribusi Pearson tipe III

Koef	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.4760	-0.396	-0.1240	0.420	1.180	2.0950	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.4770	-0.360	-0.0673	0.518	1.250	2.0933	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.4707	-0.330	-0.0287	0.574	1.284	2.0807	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.4637	-0.307	-0.0017	0.609	1.302	2.0662	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.4543	-0.282	0.0263	0.643	1.318	2.0472	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.4417	-0.254	0.0557	0.675	1.329	2.0240	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.4273	-0.225	0.0850	0.705	1.337	1.9962	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.4113	-0.195	0.1140	0.732	1.340	1.9625	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.3933	-0.164	0.1433	0.758	1.340	1.9258	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.3833	-0.148	0.1577	0.769	1.339	1.9048	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.388	-1.116	-0.856	-0.3733	-0.132	0.1720	0.780	1.336	1.8877	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.3630	-0.116	0.1860	0.790	1.333	1.8613	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.3517	-0.099	0.2007	0.800	1.328	1.8372	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.3407	-0.083	0.2140	0.808	1.323	1.8122	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.3290	-0.066	0.2280	0.816	1.317	1.7862	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.3177	-0.050	0.2413	0.824	1.309	1.7590	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.3053	-0.033	0.2547	0.830	1.301	1.7318	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.2933	-0.017	0.2673	0.836	1.292	1.7028	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	-0.2807	0.000	0.2807	0.842	1.282	1.6728	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	-0.2673	0.017	0.2900	0.836	1.270	1.6417	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	-0.2547	0.033	0.3053	0.850	1.258	1.6097	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	-0.2413	0.050	0.3177	0.853	1.245	1.5767	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	-0.2280	0.066	0.3290	0.855	1.231	1.5435	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	-0.2140	0.083	0.3407	0.856	1.216	1.5085	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	-0.2007	0.099	0.3517	0.857	1.200	1.4733	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	-0.1860	0.116	0.3630	0.857	1.183	1.4372	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	-0.1720	0.132	0.3733	0.856	1.166	1.4010	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	-0.1577	0.148	0.3833	0.854	1.147	1.3637	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	-0.1433	0.164	0.3933	0.852	1.128	1.3263	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	-0.1140	0.195	0.4113	0.844	1.086	1.2493	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	-0.0850	0.225	0.4273	0.832	1.041	1.1718	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	-0.0557	0.254	0.4417	0.817	0.994	1.0957	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280

Koef	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	-0.0263	0.282	0.4543	0.799	0.945	1.0200	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.600	0.0047	0.307	0.4637	0.777	0.895	0.9483	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.0287	0.330	0.4707	0.752	0.844	0.8807	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.0673	0.360	0.4770	0.711	0.771	0.7893	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.1240	0.396	0.4760	0.636	0.660	0.6650	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber: Soewarno, 1995

c. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan maksimum dengan menggunakan metode gumbel didasarkan pada persamaan sebagai berikut :

$$K_t = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$S_x = \left[ \frac{\sum X^2 - \bar{X} \times \sum X}{n-1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$X_n = X + K \times S_x \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan:

$X_n$  = Besarnya aliran/curah hujan untuk periode ulang n tahun

$\bar{X}$  = Curah hujan maksimum rata-rata selama pengamatan

$K_t$  = Faktor frekuensi

$S_x$  = Standar deviasi

$n$  = Periode ulang

$Y_n$  = *Reduced Mean* sebagai fungsi dari banyak data (n)

$S_n$  = *Reduced standar Deviasi* sebagai fungsi banyaknya data(n)

$Y_t$  = *Reduced variate*

Tabel 4. Hubungan reduksi Variat Rata-Rata ( $Y_n$ ) dengan jumlah data ( $n$ )

N	$Y_n$
10	0.4952
11	0.4996
12	0.5035
13	0.5070
14	0.5100
15	0.5128
16	0.5157
17	0.5181
18	0.5202
19	0.5220
20	0.5236
21	0.5252
22	0.5268
23	0.5283
24	0.5296
25	0.5309

Sumber: Soewarno, 1991

Tabel 5. Hubungan antara deviasi standar dan reduksi variat ( $S_n$ ) dengan jumlah data ( $n$ )

N	$S_n$
10	0.9496
11	0.9676
12	0.9833
13	0.9971
14	1.0095
15	1.0206
16	1.0316
17	1.0411
18	1.0493
19	1.0565
20	1.0628
21	1.0696
22	1.0754
23	1.0811
24	1.0864
25	1.0915

Sumber: Soewarno, 1991

#### 4. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Sebelum menggunakan hasil perhitungan frekuensi curah hujan, perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut. Adapun parameter pengujian yang sering digunakan adalah Chi-Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorof*.

##### a. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan pengujian ini menggunakan parameter  $X^2$ , yang dirumuskan sebagai berikut:

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan:

$X_h^2$  = Parameter Chi-Kuadrat terhitung,

G = Jumlah sub kelompok,

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i,

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Tahapan dalam menentukan pengujian ini meliputi:

- 1) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya);
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub-grupnya masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan. Pengelompokan data (G) dapat dihitung dengan rumus:

$G = 1 + 1,37 \ln(n)$  dimana  $n$  adalah jumlah data

- 3) Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap sub-grup;
- 4) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan ( $E_i$ );
- 5) Hitung nilai  $(O_i - E_i)^2$  dan,  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  pada tiap sub grup;
- 6) Jumlah seluruh  $G$  sub-grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung;
- 7) Tentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  ( $R = 2$  untuk distribusi normal dan binomial, dan  $R = 1$  untuk distribusi poisson);

Interpretasi hasil yang diperoleh yaitu apabila peluang  $> 5\%$  maka persamaan distribusi dapat diterima, jika peluang  $< 1\%$  maka persamaan distribusi tidak dapat diterima, dan jika peluang berada diantara  $1-5\%$  maka masih memerlukan data tambahan. Dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Chi Kuadrat Teoritis

Dk	a 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	0.01	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
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	9.488	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

Sumber: Soewarno, 1991



b. Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji *Smirnov-Kolmogorof* juga sering disebut uji kecocokan non parametric, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pengujian meliputi:

- 1) Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X) = \frac{m}{n+1}$$

$$P(X \leq) = 1 - P(X)$$

Dimana:

$$P(X) = \text{Peluang}$$

$$m = \text{Nomor urut kejadian}$$

$$n = \text{Jumlah data}$$

- 2) Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_m = P'(X_m)$$

$$X_n = P'(X_n)$$

$$f(t) = \frac{x-x}{Sd}$$

Dengan:

$f(t)$  = distribusi normal standar

$x$  = curah hujan

$\bar{x}$  = curah hujan rata-rata

3) Tentukan peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke- $m$   $P'(X_m)$ ,  
peluang teoritis tersebut didapat dari Tabel. 2.6

4) Tentukan peluang pengamatan dari rumus:

$$P(X_m) = 1 - P'(X_m)$$

5) Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya  
antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D_{\text{maksimum}} = (P(X_n) - P'(X_n))$$

6) Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorof test) tentukan  
harga  $D_0$  (tabel 2.7)

7) Apabila  $D < D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk  
menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila  $D > D_0$   
maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan  
persamaan distribusi tidak dapat diterima

Tabel 7. Nilai Delta Kritis ( $D_0$ ) untuk uji keselarasan Smirnof-Kolmogorof

Jumlah Data	$\alpha$ Derajat Kepercayaan			
	0.2	0.1	0.05	0.01
N				
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

Jumlah Data	$\alpha$ Derajat Kepercayaan			
	25	0.21	0.24	0.27
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
$n > 50$	$1.07/n^{0.5}$	$1.22/n^{0.5}$	$1.36/n^{0.5}$	$1.63/n^{0.5}$

Sumber: Soewarno, 1995

#### 5. Debit Banjir Rencana

Yang disebut banjir rencana disini adalah debit yang digunakan sebagai dasar untuk perhitungan dimensi saluran yang akan direncanakan. Adapun dalam penulisan ini perhitungan debit banjir rancangan yang akan digunakan adalah debit air hujan. Pada perencanaan ini debit banjir rencana dihitung menggunakan program Excel.

#### 6. Aliran Dasar (Baseflow)

Aliran dasar (baseflow) adalah bagian aliran sungai yang berasal dari air di bawah permukaan tanah. Hal ini terjadi jika elevasi muka air tanah lebih tinggi dari elevasi dasar sungai. Seri aliran dasar diperlukan untuk memahami variabilitas terhadap waktu dan ruang dari proses limpasan langsung dalam suatu DAS (Furey dan Gupta, 2001). Menurut Harsanto (2007), sampai saat ini belum ada cara secara langsung untuk mengukur secara kontinyu dari aliran dasar yang terjadi dalam suatu DAS. Akibatnya, banyak pendekatan telah dikembangkan untuk memperkirakan

atau memisahkan aliran dasar dari hidrograf aliran pada sungai secara terus menerus. Aliran dasar (baseflow) dapat dihitung dengan rumus pendekatan sebagai berikut

$$Q_b = 0,4715 \times A^{0,644} \times D^{0,9403}$$

Keterangan

$Q_b$  = debit aliran dasar (baseflow) (m<sup>3</sup>/dtk)

$A$  = Luas daerah aliran sungai (km<sup>2</sup>)

$D$  = Indeks Kerapatan Sungai (km/km<sup>2</sup>)

$L$  = Panjang sungai (km)

$$D = \frac{L}{A}$$

## B. Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Perencanaan saluran drainase harus berdasarkan pertimbangan kapasitas tampungan saluran yang ada baik tinjauan hidrolis maupun elevasi kondisi lapangan.

Tinjauan hidrolis dimaksudkan untuk melakukan elevasi kapasitas tampungan Sungai debit banjir ulang 20 tahun, sedangkan analisis kondisi di lapangan dilakukan berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan untuk mengetahui apakah saluran yang ada mampu atau tidak untuk mengalirkan air secara langsung pada saat hujan.

Apabila terjadi genangan, salah satu cara yang dapat digunakan adalah pendimensian ulang Sungai. Perumusannya adalah sebagai berikut:

$$Q = V \times A$$

$$= \left( \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \right) \times A$$

Dimana:

Q = Debit yang terjadi (m<sup>3</sup>/det)

V = kecepatan rata-rata (m/dt)

n = koef. Manning

R = jari-jari hidrolis

S = kemiringan dari muka air atau gradient energy dari dasar sluran.

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

Analisis hidrolis ini mencakup analisis penampang eksisting saluran dan analisis penampang rencana.

### C. Alternatif Penanganan Banjir Dengan Kolam Regulasi

Kolam regulasi dibangun untuk mengatur kelebihan aliran permukaan sehingga dapat terhindar dari bahaya banjir. Kolam regulasi dibuat bukan hanya sebagai upaya pengendalian banjir tetapi juga sebagai upaya konservasi atau pelestarian air untuk mencegah terjadinya banjir. Pada kolam detensi air ditampung sementara waktu kemudian dialirkan kembali ke hilir badan air ketika puncak banjir telah lewat.

Apabila retention basin selalu terisi air sehingga menyerupai danau maka detention basin lebih menyerupai danau kering karena hanya akan terisi air ketika air berlebih.

Kolam regulasi perlu dibangun untuk menampung sementara air banjir untuk kemudian dialirkan kembali setelah puncak banjir terlewati. Kolam regulasi juga memiliki fungsi sebagai lahan konservasi. Sesuai dengan konsep sistem drainase yang berkelanjutan maka prioritas utama kegiatan harus ditujukan untuk mengelola limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan (rainfall retention facilities). Berdasarkan fungsinya, fasilitas penahan air hujan dapat dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu (1) tipe penyimpanan (storage types) dan (2) tipe peresapan (infiltration types).

Sebagai salah satu alternative penahan laju air hujan, Kolam Regulasi memiliki kedua fungsi tersebut. Hal ini yang menyebabkan Kolam Regulasi menjadi alternative unggulan dalam hal penanganan dan pengendalian banjir. Sebagai fasilitas penyimpanan air hujan, kolam Regulasi mampu menampung limpasan air hujan yang cukup besar. Efektifitas pengendalian banjir yang tinggi membuatnya memiliki tingkat kehandalan dan keamanan yang cukup besar. Sehingga genangan dan banjir kiriman dari hulu dapat diminimalkan.

Kolam Regulasi juga dapat menjadi fasilitas resapan dimana dapat berfungsi untuk menjaga elevasi muka air tanah dan juga kualitas airnya. Kolam Regulasi ini berfungsi untuk mengontrol parameter debit

puncak dan waktu penuntasan, yaitu dengan memotong debit puncak banjir yang terjadi. Oleh karena itu Kolam Regulasi memiliki efektifitas yang baik dalam pengendalian banjir.

#### D. Model Numerik 2D Hec-Ras

Pemodelan 1 dimensi adalah pemodelan yang memiliki satu arah aliran yaitu arah aliran sepanjang alur utama. Sedangkan Pemodelan 2 dimensi adalah pemodelan yang memiliki dua arah aliran yaitu arah aliran sepanjang alur utama dan arah aliran disekitar aliran. Pemodelan tersebut merupakan suatu pemodelan hidraulik akan menganalisis hitungan hidraulik yang pada dasarnya adalah mencari kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang alur yang merupakan hasil dari debit yang di input sebagai syarat batas. Pada pemodelan terdapat beberapa komponen dalam pemodelan 1 dimensi yaitu menentukan profil muka air pada aliran permanen (*steady flow*), simulasi pada aliran tak permanen (*unsteady flow*), menghitung sediment transport, dan menganalisis kualitas air. Komponen-komponen tersebut menggunakan data geometri yang sama, routine hidrolika yang sama, dan beberapa fitur desain hidraulik yang dapat dilakukan setelah mengetahui profil muka air.

Pemodelan 2-D menggunakan software HECRAS 5.03 untuk kondisi unsteady flow menggunakan input data berupa penampang memanjang (*long section*) dan penampang melintang (*cross section*), data syarat batas (*boundary condition*) di hulu dan hilir, data kemiringan dasar

saluran, koefisien manning dan data DEM (Digital Elevation Model) untuk menggambarkan kondisi topografi DAS

#### E. Kolam Regulasi

Kolam retensi perlu dibangun untuk menampung sementara air banjir untuk kemudian dialirkan kembali setelah Puncak banjir terlewati. Kolam retensi juga memiliki fungsi sebagai lahan konservasi. Sesuai dengan konsep sistem drainase yang berkelanjutan maka prioritas 78 utama kegiatan harus ditujukan untuk mengelola limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan (rainfall retention facilities). Berdasarkan fungsinya, fasilitas penahan air hujan dapat dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu (1) tipe penyimpanan (storage types) dan (2) tipe peresapan (infiltration types). Sebagai salah satu alternative penahan laju air hujan, Kolam Retensi memiliki kedua fungsi tersebut. Hal ini yang menyebabkan Kolam Retensi menjadi alternative unggulan dalam hal penanganan dan pengendalian banjir. Sebagai fasilitas penyimpanan air hujan, kolam retensi mampu menampung limpasan air hujan yang cukup besar. Efektifitas pengendalian banjir yang tinggi membuatnya memiliki tingkat kehandalan dan keamanan yang cukup besar. Sehingga genangan dan banjir kiriman dari hulu dapat diminimalkan. Kolam Retensi juga dapat menjadi fasilitas resapan dimana dapat berfungsi untuk menjaga elevasi muka air tanah dan juga kualitas airnya. Kolam Retensi ini berfungsi untuk mengontrol parameter debit puncak dan waktu penuntasan, yaitu dengan memotong debit puncak



banjir yang terjadi. Oleh karena itu Kolam retensi memiliki efektifitas yang baik dalam pengendalian banjir.

#### F. Penelitian Terdahulu

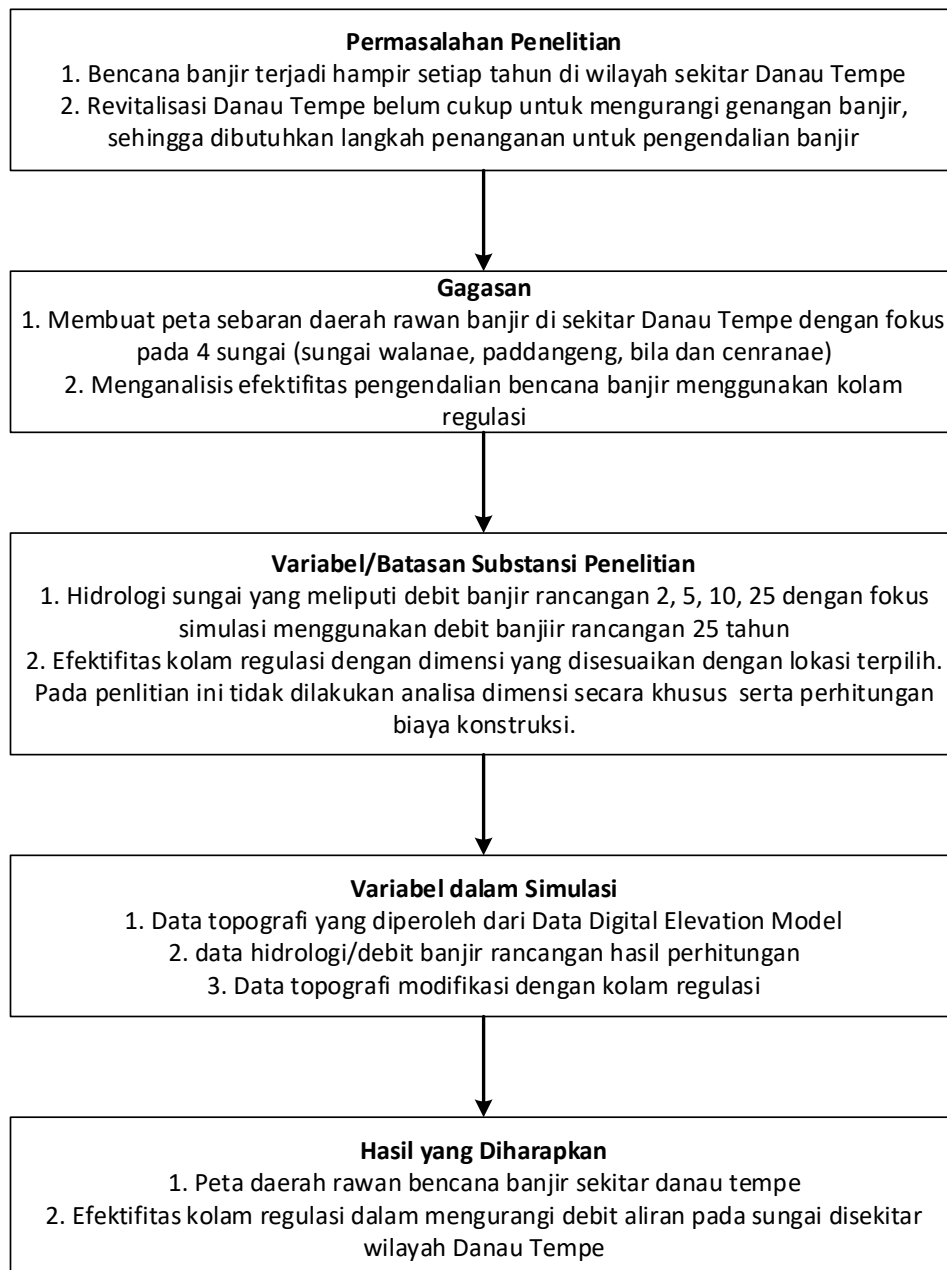
Beberapa Hasil Penelitian terdahulu yang Relevan dengan Tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Desy Astuti (2016), dengan judul “Analisis Kolam Regulasi Sebagai Pengendalian Banjir Genangan Di Kecamatan Payung Sekaki. Tujuan Penelitian untuk mengendalikan banjir dengan menggunakan Kolam Regulasi. Hasil Penelitian adalah Simulasi dengan penambahan Kolam Regulasi mampu menanggulangi banjir hingga 7,35% dengan asumsi kolam belum berisi air, apabila kolam telah berisi air sebanyak setengah dari kapasitas kolam maka efektifitas kolam akan berkurang menjadi 3.67%.
2. Bima Adibaskoro (2017) dengan judul “Perencanaan Kolam Regulasi Sebagai Usaha Mereduksi Banjir Sungai Citarum Hulu, Kabupaten Bandung. Tujuan Penelitian adalah perencanaan Kolam Regulasi sebagai salah satu upaya untuk mereduksi banjir. Hasil Penelitian adalah analisis hidrologi guna mendapatkan debit banjir rancangan pada lokasi studi. Selanjutnya dilakukan analisis hidrolika untuk mengetahui kondisi eksisting dengan banjir kala ulang 50 Tahun untuk mengetahui seberapa besar dampak banjir dengan menggunakan bantuan program HEC-RAS. Selanjutnya direncanakan bangunan inlet berupa pelimpah samping dan

bangunan outlet berupa pintu pengeluaran. Berdasarkan hasil perbandingan hasil analisis kondisi eksisting dengan dengan kondisi setelah adanya pengendalian banjir dengan perencanaan Kolam Regulasi, mengalami reduksi bila dibandingkan dengan kondisi eksisting yang mengalirkan debit kala ulang 50 tahun sebesar  $590,098 \text{ m}^3/\text{det}$  atau sekitar 7%.

Selain beberapa penelitian di atas, penelitian dengan topik banjir juga telah banyak dilakukan. Pada dasarnya perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada objek dan tujuan penelitian, metode pengumpulan dan analisis data serta rekomendasi hasil penelitian yang terkait dengan upaya penanggulangan banjir.

## G. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2. Kerangka Pikir Penelitian