

**SIMULASI TAMPUNGAN BENDUNGAN SUKAMAHI, KECAMATAN  
MEGAMENDUNG, KABUPATEN BOGOR.**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**AYU KURNIASIH**

**1515011093**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

## ABSTRAK

### SIMULASI TAMPUNGAN BENDUNGAN SUKAMAHI KECAMATAN MEGAMENDUNG KABUPATEN BOGOR

Oleh

AYU KURNIASIH

Banjir yang sering terjadi di wilayah Jakarta dan sekitarnya yang hampir terjadi setiap tahunnya atau setiap musim penghujan datang menimbulkan kerugian harta benda, selain itu juga mengganggu kegiatan perekonomian. Salah satu upaya untuk mengurangi pengaruh kerugian yang disebabkan oleh banjir di kota Jakarta tersebut yaitu membangun 2 (dua) buah bendungan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung yang terletak di hulu sungai yang berada di Kabupaten Bogor, yaitu Bendungan Sukamahi yang berfungsi sebagai pengendalian banjir sungai ciliwung oleh sebab itu dilakukan simulasi tampungan menggunakan program HEC-HMS 4.5.

Penelitian ini dibutuhkan beberapa analisis antara lain meliputi hujan harian maksimum, curah hujan rancangan, hujan efektif, hidrograf satuan banjir rancangan, dan simulasi tampungan menggunakan program HEC-HMS 4.5.

Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa curah hujan yang mungkin terjadi (PMP) mencapai 571,7967 mm, debit banjir 2, 5, 10, 20, dan 50 tahun mencapai 56,6853 m<sup>3</sup>/det, 72,8729 m<sup>3</sup>/det, 84,1311 m<sup>3</sup>/det, 110,5354 m<sup>3</sup>/det. Selain debit banjir, dalam penelitian ini berdasarkan terowongan tertutup didapat kapasitas pelimpah dan volume tampungan dalam kala ulang 50 tahun yaitu didapat tinggi muka air maksimum yaitu 597,4 m, dengan kelebihan 0,65 m diatas *spillway* dengan volume sebesar 969400 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** HEC-HMS, Bendungan, PMP, Simulasi Tampungan.

## **ABSTRACT**

### ***SIMULATION OF SUKAMAHI DAM RESERVOIR, MEGAMENDUNG DISTRICT, BOGOR REGENCY***

***By***

**AYU KURNIASIH**

*Floods that often occur in the Jakarta area and surrounding areas that almost occur every year or every rainy season comes to cause property losses, in addition to disrupting economic activities. One of the efforts to reduce the impact of losses caused by flooding in the city of Jakarta is to build 2 (two) dams in the Ciliwung River Basin located upstream of the river in Bogor Regency, namely sukamahi dam that serves as flood control of the ciliwung river, therefore conducted a simulation using the HEC-HMS 4.5 program. This study required several analyses including maximum daily rain, draft rainfall, effective rain, hydrographic flood unit design, and simulation using HEC-HMS 4.5 program.*

*Based on this study, indicate that rainfall may occur (PMP) reached 571,7967 mm, flood discharges of 2, 5, 10, 20, and 50 years reached 56.6853 m<sup>3</sup>/sec, 72,8729 m<sup>3</sup>/sec, 84,1311 m<sup>3</sup>/sec, 110,5354 m<sup>3</sup>/det. In addition to flood discharge, in this study based on closed tunnels obtained the capacity of the overflow and the volume of retention in the 50-years of the maximum water level obtained is 597,4 m, with an excess of 0,65 m above the spillway with a volume of 969400 m<sup>3</sup>.*

***Keywords:*** HEC-HMS, Dam, PMP, Simulation.

**SIMULASI TAMPUNGAN BENDUNGAN SUKAMAHI, KECAMATAN  
MEGAMENDUNG, KABUPATEN BOGOR**

**Oleh**

**AYU KURNIASIH**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Program Studi S1 Teknik Sipil  
Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

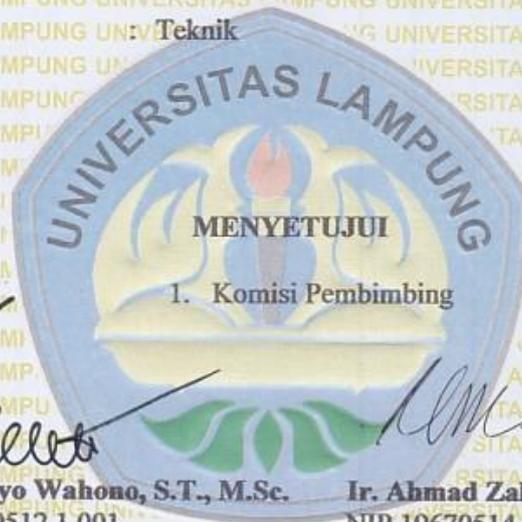
Judul Skripsi : **Simulasi Tampung Bendungan Sukamahi,  
Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor.**

Nama Mahasiswa : **Ayu Kurniasih**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1515011093**

Program Studi : **S1 Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**



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

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

  
**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19720829 199802 1 001

  
**Ir. Laksmi Irianti, M.T.**  
NIP 19620408 19893 2 001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.**

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

Anggota : **Ofik Taufik Purwadi, S.T., M.T.**

Dekan Fakultas Teknik

**Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.**

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **20 Agustus 2021**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul **“Simulasi Tampungan Bendungan Sukamahi, Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor”** adalah benar hasil karya saya, bukan menjiplak hasil karya orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Jika dikemudian hari ternyata ada hal yang melanggar dari ketentuan akademik universitas maka saya akan bersedia bertanggung jawab dan diberi sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Bandar Lampung, 9 September 2021  
Pembuat Pernyataan



  
Ayu Kurniasih

## RIWAYAT HIDUP



**Ayu Kurniasih**, lahir di Jakarta pada tanggal 06 Maret 1996, yang merupakan anak keempat dari empat bersaudara pasangan dari Bapak Suhari dan Ibu Titin Nurhajati. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK Baiturrahman (2000-2002), melanjutkan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri Sukapura 01 Pagi (2002-2008), lalu Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 231 Jakarta (2008-2011), dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 13 Jakarta (2011-2014).

Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur undangan Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS), penulis tercatat sebagai anggota Media Informasi (2016/2017) dan anggota Departemen Kesekretariatan (2017/2018). Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) tahun 2019 pada periode II di Desa Sidoarjo, Kecamatan Kelumbayan Barat, Kabupaten Tanggamus. Tahun 2019 penulis juga melaksanakan Kerja Praktik (KP) pada Proyek Pembangunan Transpark dan Apartemen Bintaro, Tangerang Selatan.

# Persembahan

Alhamdulillahirabbil 'alamin...

Dengan rasa syukur, kupersembahkan karya sederhana ini teruntuk orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Kedua orang tuaku dan kakakku tercinta, yang telah mencurahkan kasih dan sayangnya disetiap langkah, melantunkan harapan dalam setiap doa, memberikan semangat tiada henti, dan mendukung serta memberi dorongan kepadaku untuk menggapai cita-cita.

Untuk diriku sendiri, terima kasih telah berjuang melawan ke-mager-an serta *mood* yang tidak menentu dalam penyusunan skripsi ini. Jangan puas hanya sampai disini, perjalanan masih panjang, ini menjadi langkah awal untuk mengejar impian. Semangat!

Seluruh keluarga dan teman-temanku yang selalu mendukung, memberikan semangat, dan menantikan keberhasilanku.

Seluruh dosen dan orang-orang yang dengan tulus telah memberi ilmu pengetahuan maupun pelajaran hidup yang bermanfaat bagiku.

Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Lampung, terima kasih untuk cerita dan kenangannya.

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

# MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”.

(Q.S. Al-Insyirah: 6)

“Opportunities don’t happen. You create them”.

(Chris Grosser)

“Selama ada keyakinan, semua akan menjadi mungkin”.

(Anonim)

“Success is the sum of small efforts, repeated day-in and day-out”.

(Robert Collier)

“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”.

(Q.S. An-Najm: 39)

“Pengalaman adalah apa yang kita dapatkan ketika kita tidak mendapatkan apa yang kita inginkan”.

(Enio Carvalho)

## SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul **“Simulasi Tampungan Bendungan Sukamahi, Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil di Universitas Lampung.

Pada penyusunan skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak atas bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan, antara lain kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Bapak (Alm.) Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Prodi S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
4. Bapak Bapak Dr. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa membimbing, menuntun, serta memberikan arahan kepada

penulis. Terima kasih atas kesabarannya dalam membimbing penulis dan selalu memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

5. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan, saran, serta arahan yang diberikan. Terima kasih telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan.
6. Bapak Ofik Taufik Purwadi, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penyelesaian skripsi penulis.
7. Bapak Ir. Nur Arifiani, M.S., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah membimbing dan memberikan motivasi selama masa perkuliahan.
8. Seluruh dosen Prodi S1 Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu pengetahuan dengan penuh ikhlas, serta staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil.
9. Seluruh teknisi dan karyawan di Fakultas Teknik, yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
10. Kedua orangtuaku tersayang Ibu Titin dan Ayah Suhari serta kakak, kakak iparku, dan keponakan-keponakan yang selalu memberikan kasih sayang, doa restu, dan dukungan setiap harinya, sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

11. Partner seperjuanganku Muhammad Riezki Persada, Terimakasih atas bantuan, kesabaran dan dukungan serta doa dalam penelitian ini.
12. Keluarga Besar Teknik Sipil Universitas Lampung terkhusus teman seperjuanganku angkatan 2015, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan bantuannya selama penulis menjalani perkuliahan.
13. Teman-teman seperjuanganku selama di Lampung ini Anieesyah Safitri, Nancy Dwi K, Angga Wicaksono, dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebut satu persatu.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung,      September 2021  
Penulis,

Ayu Kurniasih

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
<b>BAB I    PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A.    Latar Belakang .....	1
B.    Rumusan Masalah .....	3
C.    Batasan Masalah .....	3
D.    Tujuan Penelitian .....	4
E.    Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
A.    Banjir .....	6
B.    Hidrograf .....	7
1. Karakteristik Hidrograf Satuan .....	8
2. Penurunan Hidrograf Satuan .....	9
C.    Analisis Hidrologi .....	9
1. Analisis Daerah Aliran Sungai .....	10
2. Analisis Frekuensi .....	11
3. Intensitas Hujan .....	11
4. Debit Banjir rencana .....	12
D.    Bendungan .....	12
E.    Waduk .....	15
F.    Kapasitas Tampungan Waduk .....	17

G.	Penelusuran Banjir Waduk .....	17
1.	Penelusuran Banjir Lewat Palung Sungai .....	18
2.	Penelusuran Banjir Lewat Waduk .....	19
3.	Penelusuran Banjir Lewat Terowongan Air .....	20
H.	HEC-HMS .....	22
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
A.	Lokasi Penelitian .....	26
B.	Tahapan Penelitian .....	27
C.	Pengolahan Data .....	30
D.	Diagram Alir .....	41
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
A.	Analisis Curah Hujan .....	42
1.	Curah Hujan Bulanan Maksimum.....	42
2.	Data Curah Hujan Harian Maksimum .....	43
B.	Analisis Distribusi Curah Hujan .....	45
1.	Penentuan Jenis Sebaran .....	45
2.	Uji Keselarasan .....	48
3.	Perhitungan Curah Hujan Rancangan .....	51
C.	Hasil Perhitungan Curah Hujan Maksimum Yang Mungkin Terjadi (PMP) .....	53
D.	Perhitungan Rerata Hujan Dari Awal Sampai Jam ke T.....	56
E.	Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif .....	56
F.	Perhitungan Aliran Dasar / Baseflow .....	58
G.	Perhitungan Parameter Daerah Pengaliran .....	58
H.	Simulasi Tampunguan .....	75
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>87</b>
A.	Kesimpulan .....	87
B.	Saran .....	88

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	8
Gambar 2.2	16
Gambar 3.1	26
Gambar 3.2	27
Gambar 3.3	30
Gambar 3.4	37
Gambar 3.5	38
Gambar 3.6	38
Gambar 3.7	39
Gambar 4.1	44
Gambar 4.2	64
Gambar 4.3	74
Gambar 4.4	75
Gambar 4.5	76
Gambar 4.6	76
Gambar 4.7	77
Gambar 4.8	77
Gambar 4.9	78
Gambar 4.10	79
Gambar 4.11	80
Gambar 4.12	80

	dengan waktu kontrol 15 Februari – 14 Maret 1991.....	82
Gambar 4.13	Hidrograf Banjir Elemen wd.sukamahi Kala Ulang 10 tahun dengan waktu kontrol 2 Januari – 29 Januari 2005.....	84
Gambar 4.14	Hidrograf Banjir Elemen wd.sukamahi Kala Ulang 50 tahun dengan waktu kontrol 10 Januari – 9 Februari 2007.....	86

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data Teknis Bendungan Sukamahi .....	28
Tabel 3.2 Data Kapasitas Waduk .....	30
Tabel 3.3 Harga Koefisien pada Masing-masing Metode .....	33
Tabel 3.4 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Kuadrat .....	35
Tabel 4.1 Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Citeko .....	43
Tabel 4.2 Curah Hujan Harian Maksimum (1990 – 2007) .....	44
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Harga Rata-rata .....	45
Tabel 4.4 Distribusi Frekuensi Curah Hujan Metode <i>Log Pearson III</i> .....	47
Tabel 4.5 Analisa Jenis Sebaran .....	48
Tabel 4.6 Chi Square Distribusi Sebaran Data Curah Hujan Stasiun Citeko Metode Distribusi <i>Log Pearson III</i> .....	50
Tabel 4.7 Distribusi <i>Log Pearson III</i> untuk Hujan Rancangan .....	51
Tabel 4.8 Perhitungan Nilai k untuk Tiap Kala Ulang .....	51
Tabel 4.9 Perhitungan Curah Hujan Rancangan .....	52
Tabel 4.10 Rata-rata Hujan Harian Maksimum .....	53
Tabel 4.11 Nilai Rt Hujan Harian Maksimum .....	56
Tabel 4.12 Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum.....	56
Tabel 4.13 Curah Hujan Rencana Efektif .....	57
Tabel 4.14 Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman .....	57
Tabel 4.15 Ordinat Hidrograf Satuan dengan $\alpha = 1,5$ .....	60
Tabel 4.16 Ordinat Hidrograf Satuan .....	62
Tabel 4.17 Ordinat Hidrograf Satuan $\alpha = 3$ .....	63
Tabel 4.18 Hidrograf Satuan Banjir Rancangan Debit Periode 2 Tahun .....	65
Tabel 4.19 Hidrograf Satuan Banjir Rancangan Debit Periode 5 Tahun .....	67

Tabel 4.20 Hidrograf Satuan Banjir Rancangan Debit Periode 10 Tahun .....	69
Tabel 4.21 Hidrograf Satuan Banjir Rancangan Debit Periode 50 Tahun .....	71
Tabel 4.22 Rekapitulasi Hidrograf Satuan Debit Banjir Rancangan .....	73
Tabel 4.23 Simulasi Tampungan Bendungan Sukamahi dengan Q2tahun .....	79
Tabel 4.24 Simulasi Tampungan Bendungan Sukamahi dengan Q5tahun .....	81
Tabel 4.25 Simulasi Tampungan Bendungan Sukamahi dengan Q10tahun .....	83
Tabel 4.26 Simulasi Tampungan Bendungan Sukamahi dengan Q50tahun .....	85

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Air adalah salah satu unsur utama dalam kelangsungan hidup manusia serta semua makhluk hidup. Di bumi terdapat kira-kira 1,3-1,4 miliar km<sup>3</sup>, air 97,5 % air laut, 1,75 % berbentuk es dan 0,73 % di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. (Sosrodarsono & Takeda, 1977)

Pemerintah Indonesia secara aktif melakukan pengembangan Sumber Daya Air di berbagai sektor demi kesejahteraan hidup masyarakat, salah satu diantaranya adalah sektor pengairan. Di dalam rencana program jangka panjang, tujuan pembangunan bidang pengairan adalah untuk memenuhi dan meningkatkan kebutuhan pangan sendiri, pengendalian banjir, pengembangan dan konservasi sumber daya air untuk keperluan irigasi dan pemenuhan air baku bagi masyarakat.

Salah satu pembangunan bidang pengairan adalah bendungan. Bendungan merupakan bangunan air yang digunakan sebagai penangkap air dan menyimpannya di musim penghujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar atau biasanya sebagai pengendalian banjir.

Banjir yang sering terjadi di wilayah Jakarta dan sekitarnya yang hampir terjadi setiap tahunnya atau setiap musim penghujan datang menimbulkan kerugian harta benda, selain itu juga mengganggu kegiatan

perekonomian di daerah perniagaan dan daerah pemukiman penduduk. Salah satu upaya untuk mengurangi pengaruh kerugian yang disebabkan oleh banjir di kota Jakarta tersebut yaitu membangun 2 (dua) buah bendungan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung yang terletak di hulu sungai yang berada di Kabupaten Bogor, dengan memanfaatkan potensi geologi, topografi, serta tampungan. Salah satu bendungan tersebut yaitu Bendungan Sukamahi.

Bendungan Sukamahi yang terletak di Sungai Sukabirus di Desa Sukamahi Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat yang berfungsi sebagai pengendalian banjir sungai ciliwung oleh sebab itu dilakukan simulasi tampungan menggunakan program HEC-HMS 4.5.

HEC-HMS (*hydrologic modelling system*) adalah perangkat untuk mengubah data (curah) hujan yang turun di DAS menjadi debit aliran (*runoff*) yang keluar dari DAS tersebut. Software ini dikembangkan oleh *Hydrologic Engginer Center (HEC) US Army Corp of Enggineering* merupakan pengembang program HEC-1. Dalam HEC-HMS terdapat fasilitas untuk mensimulasikan model distribusi, dan kemampuan membaca data pengolahan tata surya. HEC-HMS 4.5 memiliki beberapa komponen penting dalam pemodelan hujan-debit, adapun komponen HEC-HMS 4.5 sebagai berikut:.

1. Basin model – berisi elemen-elemen yang terdapat pada suatu DAS seperti sub-DAS, titik control DAS, penggal/ruas sungai, waduk.
2. *Meteorologic* model – berisi data hujan dan penguapan.
3. *Control Specifications* –berisi waktu mulai dan berakhirnya hitungan atau simulasi.

Selain dari komponen di atas terdapat komponen lain yaitu:

1. *Time series data*—berisi masukan data seperti runtun waktu data hujan, debit.
2. *Paired data* – berisi pasangan data seperti hidrograf satuan.

Dalam penelitian penulis menggunakan program model HEC-HMS 4.5. Pada teknik penggunaan program HEC-HMS 4.5, dikarenakan pada program tersebut terdapat komponen yaitu: Model DAS, Model Meteorologi, *Control specification*, dan data masukan yang memudahkan peneliti dalam pemodelan alih ragam hujan-debit pada DAS Sukabirus.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian simulasi bendungan ini adalah:

1. Berapa besarnya curah hujan maksimum yang akan terjadi PMP (*Probable Maximum Precipitation*) pada Sungai Sukabirus dengan menggunakan metode Hersfield?
2. Bagaimana besarnya debit banjir rancangan pada berbagai kala ulang (2,5,10, dan 50 tahun)?
3. Bagaimana tinggi muka air waduk dengan beberapa kala ulang debit banjir pada Bendungan Sukamahi ?

## **C. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian di Bendungan Sukamahi, Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor.
2. Penelitian ini hanya menggunakan data curah hujan 18 tahun.

3. Penelitian ini hanya menggunakan metode simulasi dengan menggunakan HEC-HMS 4.5.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Dari permasalahan di atas, maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis besarnya curah hujan maksimum yang mungkin terjadi (PMP) pada Sungai Sukabirus dengan menggunakan metode Hersfield.
2. Menganalisis debit banjir rancangan menggunakan HSS Metode Nakayasu untuk mengevaluasi besarnya debit banjir rancangan pada berbagai kala ulang (2, 5, 10, dan 50).
3. Menganalisis apakah elevasi muka air di tampungan melebihi elevasi *spillway* apabila terowongan tertutup berdasarkan banjir rancangan.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat :

1. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pengetahuan tentang program HEC-HMS 4.5 yang di gunakan dalam penelitian.
2. Menjadi acuan bagi para peneliti yang ingin meneliti tentang simulasi bendungan.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk melihat Curah Hujan Maksimum untuk menganalisis debit banjir rencana di Daerah Aliran Sungai Sukabirus dan digunakan untuk mensimulasikan tampungan pada rencana Bendungan Sukamahi

4. Dapat dijadikan acuan bagi pihak terkait dalam mengoptimasikan Bendungan Sukamahi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Banjir

Banjir merupakan suatu peristiwa keluarnya air yang berlebih yang menggenangi daratan dengan ketinggian melebihi batas normal. Banjir pada umumnya sering terjadi pada saat volume air melebihi kapasitas tampungan dalam tanggul, drainase, sungai, danau, rawa serta saluran air lainnya pada waktu tertentu. (Rahayu, 2009).

Banjir dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor yaitu faktor iklim maupun faktor fisik pada wilayah tersebut. Faktor iklim merupakan faktor utama terjadinya banjir. Banjir disebabkan oleh curah hujan yang tinggi. Banjir tidak mungkin terjadi apabila daratan atau permukaan yang terkena hujan mampu menyerap air dengan baik, sehingga menurunkan jumlah air hujan yang langsung mengalir melalui permukaan.

Banjir berasal dari aliran limpasan yang mengalir melalui sungai atau menjadi genangan. Sedangkan limpasan adalah aliran air mengalir pada permukaan tanah yang ditimbulkan oleh curah hujan setelah air mengalami infiltrasi dan evaporasi, selanjutnya mengalir menuju ke sungai (Hadisusanto, 2010). Dalam (Eng & Dr, 2004) menerangkan, banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai)

atau terhambatnya air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap mengenai daerah (dataran banjir) sekitarnya.

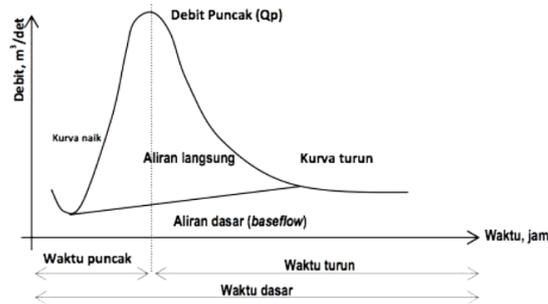
Upaya pengendalian banjir meliputi beberapa alternatif diantaranya secara nonstruktural dan struktural. Upaya nonstruktural dalam bentuk perbaikan tata guna lahan, sedangkan upaya struktural terdiri dari tanggul, perbaikan saluran, waduk dll. Pembuatan waduk pengendali banjir direkomendasikan berdasarkan pertimbangan kecocokan topografi yang umumnya dibangun di bagian hulu dari DAS (Jacques, 2009)

## **B. Hidrograf**

Menurut (Triadmodjo, 2010) hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran dengan waktu. Kurva tersebut memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi yang ada didaerah tersebut. Kalau karakteristik daerah aliran itu berubah maka bentuk hidrograf juga akan mengalami perubahan. Fungsi utama hidrograf adalah untuk menganalisis proyek-proyek pengendalian banjir. Faktor utama untuk menentukan bentuk hidrograf adalah karakteristik DAS dan iklim (Agus & Hadihardaja, 2011)

Menurut (Linsley et al., 1996) komponen-komponen yang merupakan sumber-sumber penyebab pengaliran diantaranya :

- a) aliran permukaan (*Surface runoff*)
- b) aliran bawah tanah (*sub surface flow*)
- c) aliran air tanah (*groundwater flow*)
- d) air yang berasal langsung dari hujan (*channel precipitation*)



Gamabar 2.1 Komponen Hidrograf

Hidrograf satuan pengamatan merupakan hidrograf yang menggambarkan rangkaian kejadian curah hujan yang hanya menghasilkan satu curah hujan efektif dalam satuan waktu, yang dapat diturunkan dari data hujan terpisah dengan intensitas merata atau hujan periode tunggal. Namun, hal tersebut sangat jarang terjadi, yang banyak terjadi adalah hujan dengan periode kompleks, yaitu curah hujan yang dihasilkan lebih dari satu periode. Hidrograf pengamatan yang dimaksud adalah hidrograf banjir yang merupakan hidrograf debit (*discharge hidrograf*), yaitu grafik hubungan antara debit terhadap waktu yang didapat dari konversi hidrograf muka air.

### 1. Karakteristik hidrograf satuan

Hidrograf satuan adalah suatu hidrograf tipikal untuk daerah aliran yang bersangkutan. (Linsley et al., 1996) Hidrograf dapat didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu (Triadmodjo, 2010).

Menurut (Soemarto, 1995) hidrograf satuan memiliki sifat khusus untuk suatu daerah aliran tertentu, ini menunjukkan adanya

efek terpadu dari sifat dan bentuk permukaan daerah aliran terhadap penelusuran hujan melalui daerah tangkapannya. Untuk mendapatkan hidrograf satuan dari suatu daerah aliran tertentu diperlukan adanya pencatatan debit. Prinsip-prinsip hidrograf satuan dapat diterapkan untuk memperkirakan banjir rencana, mengisi data banjir yang hilang dan meramal banjir jangka pendek yang didasarkan atas curah hujan yang tercatat.

## 2. Penurunan Hidrograf Satuan

Menurut (Linsley et al., 1996) Hidrograf satuan paling baik diturunkan dari hidrograf hujan yang intensitasnya cukup seragam, Panjang durasinya seperti yang diinginkan, dan volume limpasannya relatif besar. Langkah pertama adalah memisahkan aliran dasar dari limpasan langsung. Kemudian volume limpasan langsung ditentukan, dan limpasan langsung dibagi dengan kedalaman limpasan yang diamati. Ordinasi-ordinasi yang disesuaikan membentuk satu hidrograf satuan.

## C. Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran, penyebaran, dan sifat-sifatnya, serta hubungannya dengan lingkungan, terutama dengan makhluk hidup. Penerapan ilmu hidrologi sering kita jumpai dalam beberapa kegiatan seperti penyediaan air untuk berbagai tenaga air contohnya PLTA, perencanaan dan operasi bangunan air, pengendalian erosi dan sedimentasi, pengendalian

banjir, drainase, transportasi air, air limbah, pengendali polusi, dsb (Triadmodjo, 2010).

Menurut (Soemarto, 1995) Curah Hujan merupakan faktor hidrologi yang berpengaruh pada wilayah hulu. Curah hujan pada suatu daerah adalah salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya. Analisis Hidrologi dilakukan guna mendapatkan data hujan debit air yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya.

#### 1. Analisis Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah semua bagian aliran air di sekitar sungai yang mengalir menuju alur sungai, aliran air tersebut tidak hanya berupa air permukaan yang mengalir di dalam alur sungai, tetapi termasuk juga aliran air di punggung bukit yang mengalir menuju alur sungai, sehingga daerah tersebut dinamakan DAS (Soemarto, 1995). DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi garis-garis kontur.

Data hujan dapat diambil melalui rekaman data dari stasiun curah hujan yang ada di sekitar sungai atau DAS yang dikaji. Data yang diambil disarankan adalah data curah hujan jam-jaman. Namun jika data yang tersedia adalah data curah hujan harian, data tersebut dapat digunakan. Rata-rata aljabar, menghitung jumlah seluruh hujan yang ada pada satu waktu yang ada di masing-masing stasiun kemudia membaginya dengan jumlah stasiun yang ada.

- a. Metode Thiessen yaitu menghitung besarnya curah hujan pada stasiun hujan tertentu dengan mengkorelasikan luas daerah yang dipengaruhi oleh stasiun hujan tersebut.
- b. Metode Isohyet yaitu menghitung besarnya hujan rata-rata dengan mengelompokkan nilai curah hujan yang sama dan membuat garis imajiner berdasarkan pengelompokan tersebut.
- c. Metode rata-rata aljabar, menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran.

## 2. Analisis Frekuensi

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut frekuensi. Fungsi Analisis frekuensi dalam ilmu hidrologi adalah sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Secara sistematis, metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan, yaitu parameter statistik, Uji kecocokan sebaran data curah hujan, dan perhitungan hujan rencana.

## 3. Intensitas Hujan

Menurut (Lutjito & Purwantoro, 2015) Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda,

tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dari cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris.

#### 4. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum disungai atau saluran alamiah dengan periode yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan-bangunannya. Perhitungan debit banjir rencana dapat digunakan beberapa metode, diantaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan.

### **D. Bendungan**

Bendungan merupakan bangunan air yang dibangun secara melintang sungai, sedemikian rupa agar permukaan air sungai di sekitarnya naik sampai ketinggian tertentu, sehingga air sungai tadi dapat dialirkan melalui pintu sadap ke saluran-saluran pembagi kemudian hingga ke lahan-lahan pertanian (Kartasaputra, 1991).

Bendungan memiliki beberapa manfaat penting antara lain, pengendali banjir, irigasi, sebagai PLTA, penyediaan air bersih, perikanan, pariwisata dan olahraga air. Dalam pembangunan bendungan tentu bertujuan untuk memberikan manfaat dan kesejahteraan bagi masyarakat.

Menurut (Asmoro, 2007) Bendungan memiliki bermacam-macam jenis, antara lain:

#### 1. Tipe bendungan berdasarkan pembangunannya:

- a. Bendungan dengan tujuan tunggal (*Single purpose dam*) adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja, misalnya untuk pengendali banjir, irigasi, pembangkit tenaga listrik, atau tujuan lainnya tetapi hanya untuk satu tujuan saja.
  - b. Bendungan serbaguna (*multipurpose dam*) adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan, misalnya: pengendali banjir dan PLTA, Pengendali banjir dan konservasi sumber daya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan irigasi, air minum dan irigasi, dan lain sebagainya.
2. Tipe bendungan berdasarkan penggunaannya:
- a. Bendungan penampung air (*storage dam*) adalah bendungan yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan, termasuk dalam bendungan penampungan adalah pengendali banjir, tujuan rekreasi, perikanan, dan lain-lain.
  - b. Bendungan penahan (*detention dam*) adalah bendungan yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak, Air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (outlet). Air ditahan selama mungkin dan dibiarkan meresap di daerah sekitarnya.
  - c. Bendungan pembelok (*diversion dam*) adalah bendungan yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk

keperluan mengalirkan air ke dalam sistem aliran menuju ke tempat yang memerlukan.

3. Tipe bendungan berdasarkan material pembentuknya:
  - a. Bendungan urugan (*rock fill dam, embankment dam*) adalah bendungan yang dibangun dari hasil penggalian bahan (material) tanpa tambahan bahan lain yang bersifat campuran secara kimiawi, jadi betul-betul bahan pembentuk bangunan asli. Bendungan ini masih dibagi lagi menjadi dua yaitu bendungan urugan serba sama (*homogeneous dam*) yaitu bendungan apabila bahan yang membentuk tubuh bendungan tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan mempunyai gradasi (susunan ukuran butiran) hampir seragam. Kedua adalah bendungan zonal yaitu bendungan apabila timbunan yang membentuk tubuh bendungan terdiri dari batuan dengan gradasi (susunan ukuran butiran) yang berbeda-beda dalam urutan pelapisan tertentu.
  - b. Bendungan beton (*concrete dam*) adalah bendungan yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan permukaan hulu dan hilir tidak sama pada umumnya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya ramping. Bendungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu bendungan beton berdasarkan berat sendiri stabilitas tergantung pada massanya, bendungan beton dengan penyangga (*butterss dam*) dimana permukaan hulu menerus dan

hilirnya pada jarak tertentu ditahan, bendungan berbentuk lengkung serta bendungan beton kominasi.

4. Tipe bendungan berdasarkan jalannya air:
  - a. Bendungan untuk dilewati air (*overflow dam*) adalah bendungan yang dibangun untuk dilimpasi air pada bangunan pelimpah (*spillway*).
  - b. Bendungan untuk menahan air (*non overflow dam*) adalah bendungan yang sama sekali tidak boleh dilimpasi air.

Bendungan terdiri dari dua bagian utama, yaitu bangunan utama dan waduk. Bangunan utama terdiri dari badan bendungan, pintu air, bangunan pelimpah dan *intake*.

## **E. Waduk**

Waduk adalah wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan. Waduk berfungsi untuk menyimpan air yang berlebih pada saat musim penghujan agar dapat dimanfaatkan guna pemenuhan kebutuhan air dan daya air pada waktu diperlukan, serta pengendalian daya rusak air (Peraturan Presiden Nomor 37, 2010). Berdasarkan fungsinya, waduk diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu:

1. Waduk eka guna (*single purpose*)

Waduk eka guna adalah waduk yang dioperasikan untuk memenuhi satu kebutuhan, misalnya hanya untuk kebutuhan air irigasi, dan lain sebagainya.

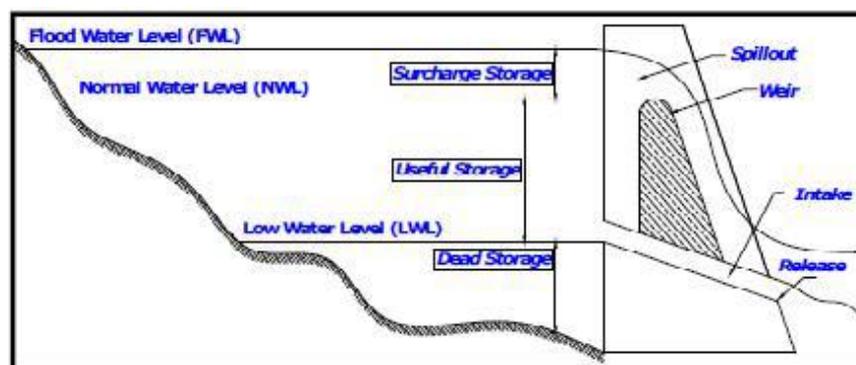
2. Waduk multi guna (*multi purpose*)

Waduk multi guna adalah waduk yang dioperasikan untuk memenuhi berbagai kebutuhan, misalnya memenuhi kebutuhan air irigasi, air baku, dan PLTA.

Berdasarkan fungsinya, waduk memiliki tiga bagian tampungan utama, yaitu tampungan mati (*dead storage*), tampungan efektif (*effective storage*) dan tampungan banjir (*flood storage*).

Waduk dapat menampung air yang memiliki efek terhadap aliran air di hilir waduk. Dengan kata lain waduk dapat mengubah pola *inflow-outflow* hidrograf. Perubahan *outflow* hidrograf di hilir waduk biasanya menguntungkan terhadap pengendalian banjir yang lebih kecil dan adanya perlambatan banjir. Pengendalian banjir dengan waduk biasanya hanya dapat dilakukan pada bagian hulu dan biasanya dikatikan dengan pengembangan sumber daya air (Robert & Sjarief, 2013).

Fungsi waduk sebagai pengendali banjir harus didesain/dilengkapi dengan pintu pengendali banjir agar mendapatkan manfaat yang lebih besar. Dengan pintu pengendali banjir penurunan debit banjir dihilir waduk akan lebih besar atau perubahan *inflow* dan *outflow* hidrograf banjir yang besar (Robert & Sjarief, 2013).



Gambar 2.2. Waduk

## F. Kapasitas Tampungan Waduk

Menurut (ZahRafiuddin, 2017) kapasitas tampungan waduk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan luas genangan pada waduk tersebut. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$A = 0,25 H^{0,6} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

A = Luas genangan (km<sup>2</sup>)

H = Tinggi Air (m)

Perhitungan luas rerata tiap ketinggian elevasi dikaitkan dengan selisih tinggi antara elevasi luasan kedua. Dengan mengambil nilai rerata luas genangan pada setiap interval dan mengkalikannya dengan beda tinggi di tiap-tiap interval, maka akan didapatkan volume tampungan waduk di tiap-tiap interval elevasi. Volume tiap interval dihitung dengan rumus (ZahRafiuddin, 2017) :

$$V_n = \frac{A_1+A_2}{2} \times H_n \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

V<sub>n</sub> = Volume pada interval n (m<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub> = Luas genangan pada elevasi 1 (m<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> = Luas genangan pada elevasi 2 (m<sup>2</sup>)

H<sub>n</sub> = Beda tinggi pada interval (antara elevasi 1 dan 2) (m)

## G. Penelusuran Banjir Waduk

Penelusuran banjir merupakan prakiraan hidrograf di suatu titik pada aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik

lain. Hidrograf banjir dapat ditelusuri lewat palung sungai atau waduk (Soemarto, 1995).

### 1. Penelusuran Banjir Lewat Palung Sungai

Cara penelusuran banjir yang akan dibahas menggunakan cara Muskingum, yang hanya berlaku dalam kondisi sebagai berikut :

- a. Tidak ada anak sungai yang masuk ke dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau.
- b. Penambahan atau kehilangan air oleh curah hujan, aliran masuk atau keluar air tanah dan evaporasi.

Untuk merumuskan persamaan kontinuitas, waktu  $t$  harus dibagi menjadi periode-periode  $\Delta t$  yang lebih kecil, yang dinamakan periode penelusuran (routing periode). Periode penelusuran ini harus dibuat lebih kecil dari waktu tempuh dalam bagian memanjang sungai tersebut, sehingga selama penelusuran  $\Delta t$  tersebut, puncak banjirnya tidak dapat menutup bagian memanjang sungai secara menyeluruh.

Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut :

$$I - Q = \frac{dS}{dt}$$

Keterangan :

$I$  = debit yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3/det$ )

$Q$  = debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang ditinjau. ( $m^3/det$ )

$S$  = besarnya tampungan (storage) dalam bagian memanjang  
palung sungai yang ditinjau ( $m^3$ )

$dt$  = periode penelusuran (detik jam atau hari)

Jika penelusurannya diubah dari  $dt$  menjadi  $\Delta t$

Maka

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$Ds = S_1 - S_2$$

$\Delta S$  adalah perubahan tampungan air di waduk

Persamaan kontinuitas pada periode  $\Delta t = t_2 - t_1$  adalah :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \cdot \Delta t - \frac{Q_1 + Q_2}{2} \cdot \Delta t = S_2 - S_1 \dots\dots\dots(3)$$

## 2. Penelusuran Banjir Lewat Waduk

Menurut (Soemarto, 1986) untuk mengetahui perubahan inflow dan outflow pada waduk penelusuran banjir melalui waduk dengan menggunakan persamaan kontinuitas sebagai berikut :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \cdot \Delta t + (S_1 - \frac{Q_1}{2} \Delta t) = (S_1 + \frac{Q_1}{2} \Delta t) \dots\dots\dots(4)$$

Atau

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + (\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2}) = (\frac{S_1}{\Delta t} + \frac{Q_1}{2}) \dots\dots\dots(5)$$

Menurut (Soemarto, 1986) jika

$$(\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2}) = \psi_1 \dots\dots\dots(6)$$

Dan

$$(\frac{S_1}{\Delta t} + \frac{Q_1}{2}) = \psi_2 \dots\dots\dots(7)$$

maka persamaan kontinuitas menjadi:

$$\frac{I_1+I_2}{2} + \psi_1 = \psi_2 \dots\dots\dots (8)$$

$I_1$  dan  $I_2$  diperoleh dari hidrograf *inflow* waduk.  $S_1$  adalah tampungan waduk pada periode penelusuran yang diukur dari puncak bangunan pelimpah.  $Q_1$  adalah debit *outflow* yang keluar pada permulaan periode penelusuran. Fasilitas pengeluarannya berupa bangunan pelimpah (*Spillway*), maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = C B H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

$C$  = koefisien debit bangunan pelimpah ( $1,7 - 2,2^{\frac{3}{2}}$  m/dtk)

$B$  = panjang ambang bangunan pelimpah (m)

$H$  = tinggi energi bangunan pelimpah

$$= h + \frac{a v^2}{2g}$$

$h$  = tinggi air di atas ambang bangunan pelimpah (m)

$a$  = koefisien pembagian kecepatan aliran

$v$  = kecepatan rata-rata aliran di depan ambang bangunan pelimpah  
(m/detik)

$g$  = percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/detik}^2$ )

### 3. Penelusuran Banjir lewat Terowongan Air

Pengeluaran air berupa terowongan, maka harus diperhitungkan terhadap dua macam keadaan, yaitu :

- a. Pada saat seluruh Panjang terowongan belum terisi penuh oleh air sehingga masih berupa aliran alur terbuka (*open channel flow*) digunakan rumus :

$$Q = v \cdot A$$

Keterangan :

$v$  = kecepatan air dalam terowongan (m/detik) dapat dihitung dengan rumus manning

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

- b. Pada saat seluruh panjang terowongan atau profil alirannya terisi penuh oleh air, sehingga terjadi aliran tekanan atau *aliran pipa pressure flow* atau (*pipe flow*). Dalam hal ini demikian kecepatan airnya ditentukan oleh perbedaan tinggi tekanan (*head*) di permulaan dan di ujung terowongan. Perbedaan tinggi tekanan tersebut yang merupakan penjumlahan kehilangan-kehilangan energi, yang dipengaruhi oleh bentuk inlet terowongan, kekasaran dinding terowongan. Adanya penyempitan atau pelebaran terowongan, adanya belokan-belokan di dalam terowongan dan bentuk outlet terowongan.

$$\begin{aligned} H &= f_e \frac{v^2}{2g} + f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} + f_c \frac{v^2}{2g} + f_b \frac{v^2}{2g} + f_o \frac{v^2}{2g} \\ &= (f_e + f \frac{L}{D} + f_c + f_b + f_o) \frac{v^2}{2g} \\ &= \sum f \frac{v^2}{2g} \end{aligned}$$

Dimana :

$f$  = Koefisien gesekan, yang dapat dihitung dengan rumus

DARCY – WEISBACH atau THYSSE

L = Panjang terowongan (m)

D = Diameter terowongan (m)

## H. HEC-HMS

HEC-HMS adalah singkatan dari *Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modelling System*. HEC-HMS merupakan sebuah *software* yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* milik *US Army Corps of Engineers*. Sebelum menjalankan proses pengolahan dalam program HEC-HMS ini, diperlukan bantuan program-program lain untuk melakukan pengolahan data spasial sebelum dimasukkan dan dimanfaatkan didalam HEC-HMS.

Diantaranya pengolah citra surya. Hal ini karena program HEC-HMS tersebut tidak dapat melakukan pengolahan data spasial berupa peta-peta digital yang nantinya akan digunakan didalam proses analisa dan perhitungan. HEC-HMS hanya dapat menggunakan input peta digital yang telah diolah sebelumnya oleh program tambahan tersebut, kemudian diimpor kedalam program HEC-HMS. Program HEC-HMS didalamnya terdapat fasilitas kalibrasi maupun simulasi model distribusi, model menerus dan kemampuan membaca data pengolah citra. Selain itu, program HEC-HMS digunakan untuk simulasi perhitungan limpasan permukaan serta penelusuran banjir pada suatu daerah aliran sungai, baik itu dalam kondisi eksisting maupun dalam keadaan terkontrol atau terencana, perhitungan aliran dasar (*baseflow*), evaluasi bangunan pengendali air serta presipitasi air hujan. Program HEC-HMS, didalamnya terdapat beberapa model yang terpisah dimana masing-

masing model yang dipilih mempunyai input yang berbeda-beda. Seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.1. Komponen komputasi dan model dalam *HEC – HMS*.

No	Model	Metode
1	<i>Precipitation</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>User hyetograph</i></li> <li>• <i>User gage weighting</i></li> <li>• <i>Inverse-distance gage weights</i></li> <li>• <i>Gridded precipitation</i></li> <li>• <i>Frequency storm</i></li> <li>• <i>Standard project storm</i></li> </ul>
2	<i>Volume runoff</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Initial and constant-rate</i></li> <li>• <i>SCS curve number</i></li> <li>• <i>Gridded SCS curve number</i></li> <li>• <i>Green and Ampt</i></li> <li>• <i>Deficit and constant rate</i></li> <li>• <i>Soil moisture accounting</i></li> <li>• <i>Gridded SMA</i></li> </ul>
3	<i>Direct runoff</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>User-specified unit hydrograph (UH)</i></li> <li>• <i>Clark's UH</i></li> <li>• <i>Snyder's UH</i></li> <li>• <i>SCS UH</i></li> <li>• <i>Modclark</i></li> <li>• <i>Kinematic wave</i></li> </ul>
4	<i>Baseflow</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Constant monthly</i></li> <li>• <i>Exponensial Recession</i></li> <li>• <i>Bounded Recession</i></li> </ul>
5	<i>Routing</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Kinematic wave</i></li> <li>• <i>Lag</i></li> <li>• <i>Modified Puls</i></li> <li>• <i>Muskingum</i></li> <li>• <i>Muskingum-Cunge Standard Section</i></li> <li>• <i>Muskingum-Cunge 8-point section</i></li> </ul>

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS (2000)*.

Tabel 2.2. Metode simulasi yang digunakan untuk simulasi tampungan.

No.	Model	Metode
1	<i>Precipitation</i> (Hujan)	<i>User hyetograf</i>
2	<i>direct runoff</i> (Aliran langsung)	<i>User-specified unit hydrograph (UH)</i>

Sesuai dengan metode simulasi tampungan terdapat dalam HEC-HMS 4.5 dan pertimbangan parameter-parameter yang dibutuhkan berdasarkan ketersediaan data, perhitungan, model hidrologi dan metode yang dipilih dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hujan (*precipitation*)

Model hujan yang digunakan untuk masukan (input) berupa hujan yang terjadi dalam pemodelan menerus (*continuous model*) pada penelitian ini menggunakan metode *user hyetograf*. Metode ini dapat memasukan besaran hujan yang terjadi pada sub-das diluar program, dimana masukan hujan untuk setiap subdas diperoleh dari distribusi hujan. Data curah hujan diperoleh dari Stasiun penakar hujan. Stasiun penakar hujan memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik apabila terdapat beberapa stasiun pengukuran, hujan yang terjadi belum tentu sama setiap stasiun. Dalam analisis hidrologi diperlukan hujan rerata pada suatu daerah, pada penelitian ini hanya digunakan metode aritmatik.

2. Aliran Langsung (*direct runoff*)

Program ini juga mensimulasi proses limpasan langsung dari kelebihan hujan pada DAS. Proses ini mengacu pada “transformasi” curah hujan berlebih menjadi limpasan. Dalam penelitian ini, digunakan metode

hidrograf satuan SCS unit hidrograf. SCS menyatakan bahwa puncak unit hidrograf dan waktu puncak unit hidrograf terkait oleh:

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

$U_p$  = Unit hidrograf ( $m^3$ )

$A$  = Luas daerah aliran air ( $m^2$ )

$C$  = konversi konstanta (2.08 in di SI)

Waktu puncak (juga yang dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait kepada jangka waktu unit dari kelebihan hujan, seperti :

$$T_p = \frac{\Delta_t}{2} + t_{lag} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

$T_p$  = waktu puncak (harian)

$\Delta_t$  = jangka waktu kelebihan hujan (jam)

$T_{lag}$  = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari unit hidrograf. Perlu dicatat bahwa untuk  $\Delta_t$ , yang kurang dari 29% dari  $t_{lag}$  harus digunakan. Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menemukan waktu dari puncak unit hidrograf dan untuk menemukan puncak unit hidrograf.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi Penelitian

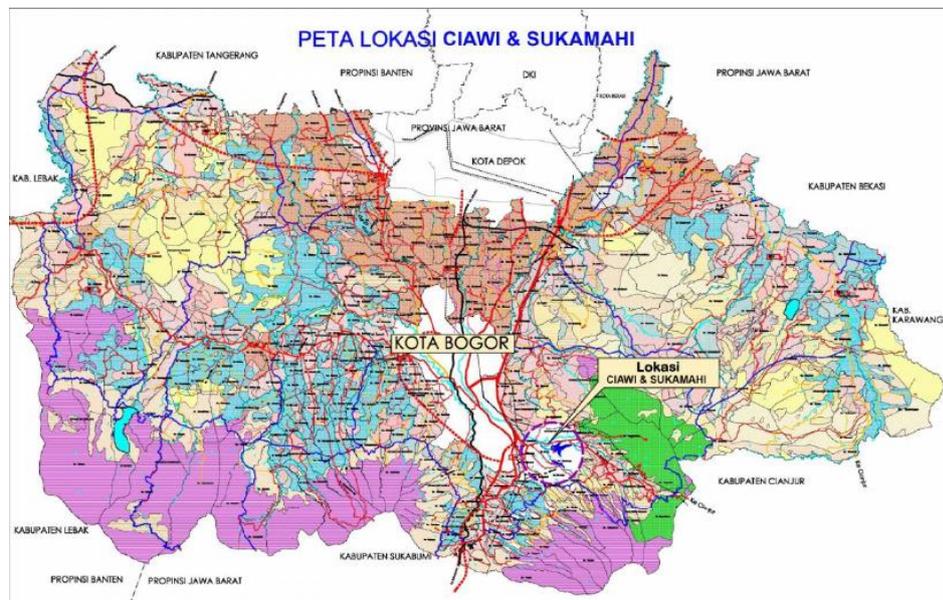
Dalam penelitian bendungan yang ditinjau berlokasi di Sungai Sukabirus, Desa Sukamahi, Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor. Dengan titik koordinat lintang  $6^{\circ}40'03.18''S$  dan bujur  $106^{\circ}52'45.44''T$ . Dan batas-batas wilayah Kecamatan Megamendung sebagai berikut:

Batas Utara : Kota Bogor dan Kota Depok

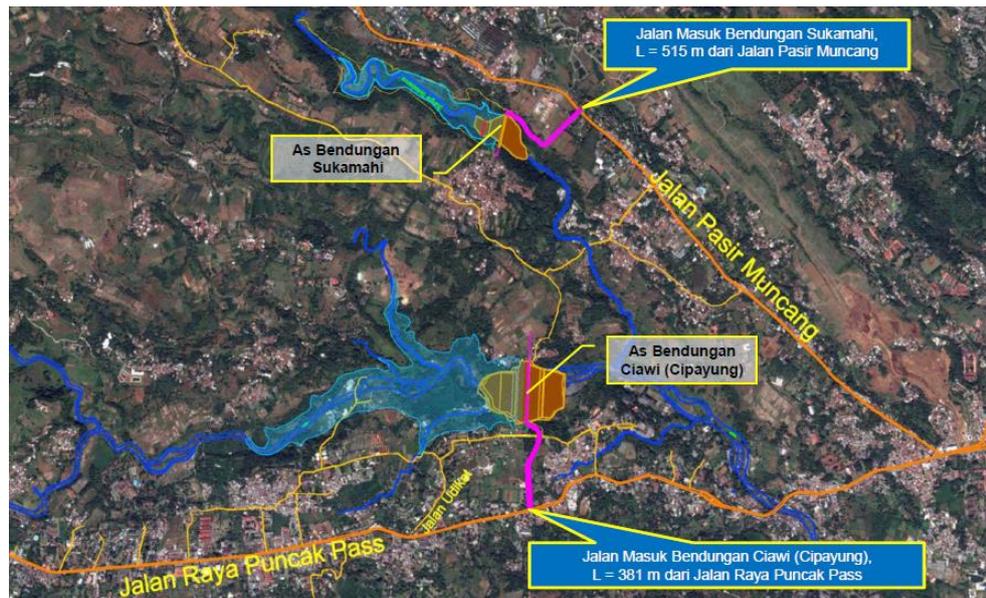
Batas Selatan : Kabupaten Sukamahi

Batas Timur : Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Purwakarta

Batas Barat : Kabupaten Lebak Provinsi Banten



Gambar 3.1 Peta Lokasi Bendungan Sukamahi



Gambar 3.2 Lokasi Bendungan Sukamahi

## B. Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian simulasi bukaan pintu bendungan Sukamahi dapat dilihat sebagai berikut :

### 1. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keadaan di lapangan mengenai kondisi waduk, dan sebagai referensi pendukung dalam melakukan simulasi sebagai pengendalian banjir.

### 2. Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan kajian pustaka, yaitu dengan mempelajari buku-buku referensi dan hasil penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan.

### 3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan data pendukung dari suatu penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Proyek Pembangunan Bendungan Sukamahai adapun data teknis sebagai berikut :

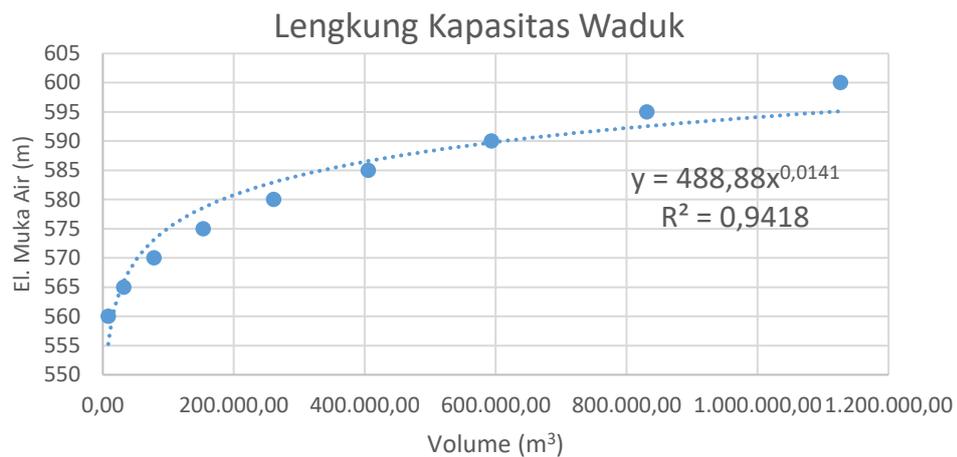
Tabel 3.1 Data Teknis Bendungan Sukamahi

Uraian	Satuan	Data Teknis
<b>Hidrologi</b>		
Luas Daerah Pengaliran Sungai	Km <sup>2</sup>	15.86
Hujan Rerata Tahunan	Mm	3.080,00
Debit Banjir Maksimum (Q <sub>PMF</sub> )	m <sup>3</sup> /det	253.97
<b>Waduk</b>		
Volume Tampungan Efektif	m <sup>3</sup>	1,38 x 10 <sup>6</sup>
Volume Tampungan Maksimum	m <sup>3</sup>	1.68 x 10 <sup>6</sup>
El Puncak Bendungan	El.m	El. 600.00
El Ambang Pelimpah	El.m	El. 596.75
Luas Genangan Efektif	Ha	8,56
<b>Pelimpah</b>		
Tipe Pemasukan		Pelimpah Samping
El. Ambang Pelimpah Samping	El.m	El. 596.75
Lebar Ambang	M	15
Lebar Akhir Saluran Pelimpah	M	7
Panjang Total	M	209,67
<b>Terowongan Pengendali Banjir</b>		
Tipe Terowong Pengelak	M	Tapal Kuda 1 D
Diameter		3,00 – D 4,00
El. Dasar Inlet	El.m	565,00
Panjang Terowong Pengelak	M	366,09

Uraian	Satuan	Data Teknis
El. Puncak Cofferdam	El.m	El.570.00
Tinggi Cofferdam	M	14,00
Kemiringan Hulu		1 : 2,0
Kemiringan Hilir		1 : 1,50
Volume Timbunan Cofferdam	m <sup>3</sup>	26.637,00
Bendungan Utama		
Tipe Bendungan		Urugan Random
El. Puncak Bendungan	El.m	El. 600.00
El. Dasar Sungai	El.m	El. 554.00
Tinggi di Dasar Sungai	M	47
Tinggi di Dasar Pondasi	M	50
Lebar Puncak	M	9
Panjang Puncak	M	185
Kemiringan Hulu		1 : 2,0
Kemiringan Hilir		1 : 1,70
Volume Timbunan	m <sup>3</sup>	0,491 juta

Tabel 3.2. Data Kapasitas Waduk

Elevasi muka air (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
555	0
560	8,285.51
565	32,069.94
570	78,184.06
575	153,467.82
580	260,852.29
585	405,209.64
590	593,538.20
595	830,737.45
600	1,126,753.78



**Gambar 3.3. Lengkung Kapasitas Waduk**

Sedangkan data-data yang diperlukan untuk penelitian ini antara lain :

- Data Curah Hujan
- Data DAS

### **C. Pengolahan Data**

Pada tahapan pengolahan data dilakukan analisa dari data yang didapatkan. Analisa data yang dilakukan yaitu :

#### **1. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata**

##### **a. Pengukuran Dispersi**

Setelah mendapatkan curah hujan harian rata-rata di daerah aliran sungai yang ditinjau, selanjutnya dilakukan analisis secara statistik untuk mendapatkan pola sebaran yang sesuai dengan sebaran curah hujan rata-rata yang ada. Cara untuk mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi (Soewarno, 1995).

Berikut adalah cara pengukuran dispersi antara lain :

- Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

S = Standar Deviasi

X<sub>i</sub> = nilai variant

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

n = lamanya pengamatan

- Koefisien Skewness (CS)

Kemencengan (Skewness) adalah ukuran asimetri atau penyimpangan kesimetrian suatu distribusi, dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

Cs = Koefisien kemencengan

X<sub>i</sub> = Nilai variant

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

S = Standar Deviasi

- Koefisiwn Kurtosis (Ck)

Kurtosis merupakan kepuncakan (*peakedness*) distribusi.

Rumus koefisien kurtosis adalah:

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

Ck = Koefisien kemencengan

X<sub>i</sub> = Nilai variant

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

n = Lamanya pengamatan

S = Standar Deviasi

- Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi (*Variation Coefficient*) adalah nilai perbandingan antara Standar Deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

Cv = Koefisien variasi

S = Standar Deviasi

X = Nilai rata-rata

Pemilihan jenis distribusi tergantung pada kriteria yang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.3. Harga Koefisien pada Masing-masing Metode

Metode	CS	CK
Normal	0	3
Log Normal	CS/CV = 3	
Gumbel	1,14	5,4
Log Person III	Jika tidak ada nilai yang sesuai	

Sumber: Soemarto, 1986

## 2. Pemilihan Jenis Sebaran

Dengan mengikuti pola sebaran yang sesuai selanjutnya dihitung curah hujan rencana dalam beberapa metode ulang yang akan

digunakan untuk mendapatkan debit banjir rencana. Terdapat beberapa jenis distribusi yaitu:

a. Metode Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal banyak digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan.

b. Metode Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal.

c. Metode Gumbel

d. Metode Log person III

3. Uji Keselarasan

Uji keselarasan bertujuan untuk menetapkan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa. Adua dua jenis uji keselarasan yaitu uji keselarasan Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorof. Pada test ini biasanya yang diamati adalah nilai hasil perhitungan yang diharapkan.

a. Uji Keselarasan Chi Kuadrat

Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan metode Chi kuadrat. Metode ini umumnya digunakan untuk menguji keabsahan suatu model distribusi yang diasumsikan.

Menurut (Soewarno, 1995) Dasar untuk memeriksa kebaikan perbandingan ini adalah distribusi dari besaran yaitu:

$$X^2 = \sum \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

$X^2$  = Parameter Chi kuadrat

$O_i$  = Nilai pengamatan

$E_i$  = Nilai teoritis

Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil)

2. Hitung jumlah group data dengan rumus:

$$K = 1 + 3.322 \log n \dots\dots\dots (16)$$

Dimana,

K = Jumlah kelas

n = Jumlah data

3. Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap sub group

4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$

5. Tiap tiap sub group hitung nilai:

$$(E_i - O_i)^2 \text{ dan } \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (17)$$

6. Jumlah seluruh G subgroup nilai  $\frac{(E_i - O_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi kuadrat

7. Tentukan derajat kebebasan dengan rumus:

$$DK = K - (P + 1) \dots\dots\dots (18)$$

Dimana:

DK = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas

P = Nilai Chi Kuadrat (nilai P = 2 untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai P = 1 untuk distribusi log person III)

Tabel 3.4. Nilai Kritis untk Distribusi Chi Kuadrat

DK	Distribusi X <sup>2</sup>			
	0,95	0,90	0,10	0,05
1	0,004	0,016	2,706	3,841
2	0,103	0,211	4,605	5,991
3	0,352	0,584	6,251	7,815
4	0,711	1,064	7,779	9,488
5	1,145	1,610	9,236	11,070
6	1,635	2,204	10,645	12,592
7	2,167	2,833	12,017	14,067
8	2,733	3,890	13,362	15,507
9	3,325	4,168	14,684	16,919
10	3,940	6,179	15,987	18,307
12	5,226	6,304	18,549	21,026
14	6,571	7,790	21,064	23,685
16	7,962	9,312	23,542	26,296
18	9,390	10,865	25,989	28,869
20	10,851	12,443	28,412	31,410
25	14,611	16,473	34,382	37,652
30	18,493	20,599	40,256	43,773

Sumber: C.D. Soemarto, Hidrologi Terapan

8. Jika Chi Square < Chi kritis maka distribusi tidak dapat digunakan apabila sebaliknya maka distribusi dapat diterima.

#### 4. Baseflow

Baseflow (Aliran Dasar) merupakan bagian curah hujan yang mengalami infiltrasi dan perkolasi masuk dalam tampungan air tanah dan keluar sungai sebagai rembesan mata air.

$$QB = 0.475 \times A^{0.644} \times D^{0.943} \dots\dots\dots (19)$$

Dimana:

QB = Aliran dasar ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

A = Luas ( $\text{km}^2$ )

D = Kerapatan jaringan kuras ( $\text{Km}/\text{Km}^2$ )

#### 5. Metode Hersfield

Metode Hersfield merupakan prosedur statistik yang digunakan untuk memperkirakan nilai hujan maksimum. Metode ini digunakan untuk kondisi dimana data meteorologi sangat kurang atau perlu perkiraan secara cepat. Untuk menghitung nilai PMP adalah:

$$X_n = X + K_n S_n \dots\dots\dots (20)$$

Dimana:

$X_n$  = Curah Hujan Maksimum yang mungkin terjadi

$X$  = Harga rata-rata dari data

$K_n$  = Variabel statistik

$S_n$  = Simpangan baku data

Metode hersfield sangat sesuai dihitung untuk DAS yang luasnya <1000  $\text{km}^2$ . Langkah-langkah menghitung PMP yaitu:

1. Menghitung nilai  $\sum X_1, \sum X_2, \sum X_1^2, \sum X_2^2$
2. Menghitung nilai  $X_{n1}$  dan  $X_{n-m}$

$$X_{n1} = \frac{\sum x_1}{n_1} \text{ dan } X_{n-m} = \frac{\sum x_2}{n_2}$$

3. Menghitung nilai  $S_n$  dan  $S_{n-m}$  (Standar Deviasi tanpa nilai max)

$$\frac{S_n}{S_{n-m}} = \sqrt{\frac{\sum_{n-1}^n (X - X)^2}{n - 1}}$$

4. Menentukan faktor penyesuaian rata-rata terhadap pengamatan max

5. Menentukan faktor penyesuaian data terhadap panjang pencatatan data

6. Menghitung  $X_n$  terkoreksi dan  $S_n$  terkoreksi

$$X_n \text{ Terkoreksi} = X_{n1} \times \text{Fak. Penyesuaian } X_n \times \text{Fak.}$$

Penyesuaian panjang data

$$S_n \text{ Terkoreksi} = X_{n1} \times \text{Fak. Penyesuaian } X_n \times \text{Fak.}$$

Penyesuaian panjang data

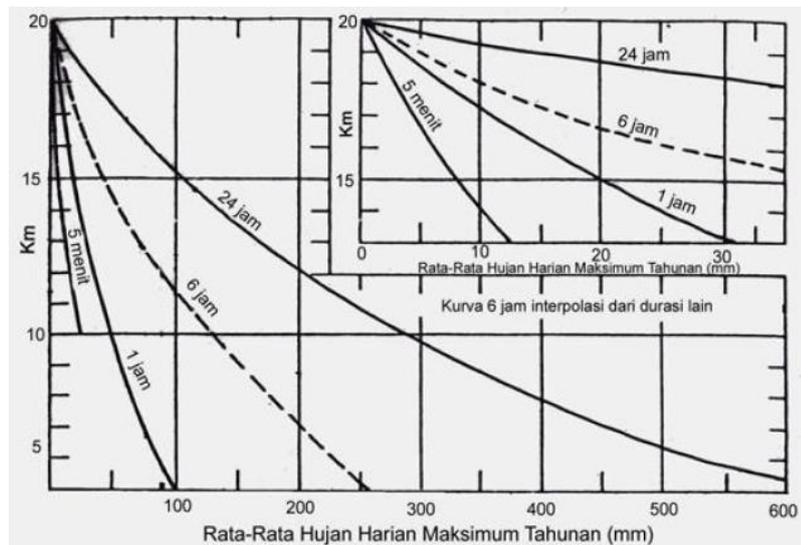
7. Menentukan harga  $K_m$

8. Menghitung nilai PMP

$$X_m = X_n + K_m S_n$$

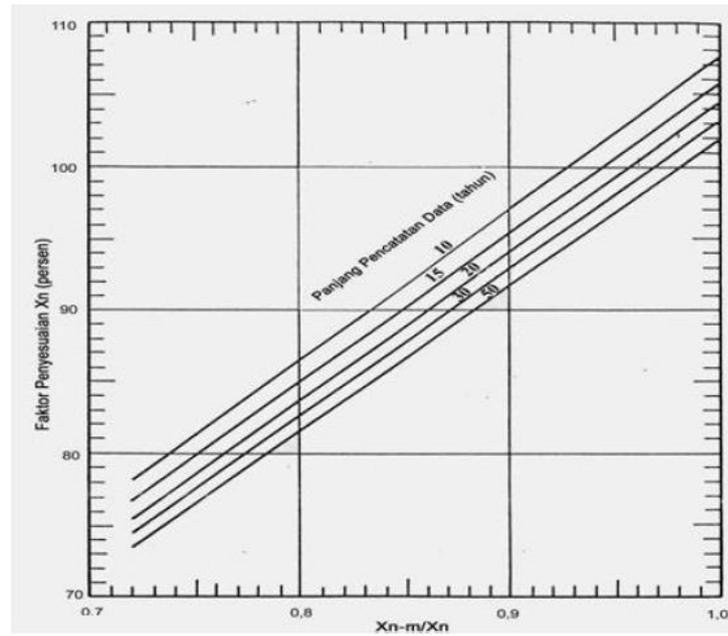
9. Nilai  $X_m$  dikalikan 1,130 agar mendekati nilai PMP sebenarnya

$$\text{PMP} = X_m \times 1,130$$



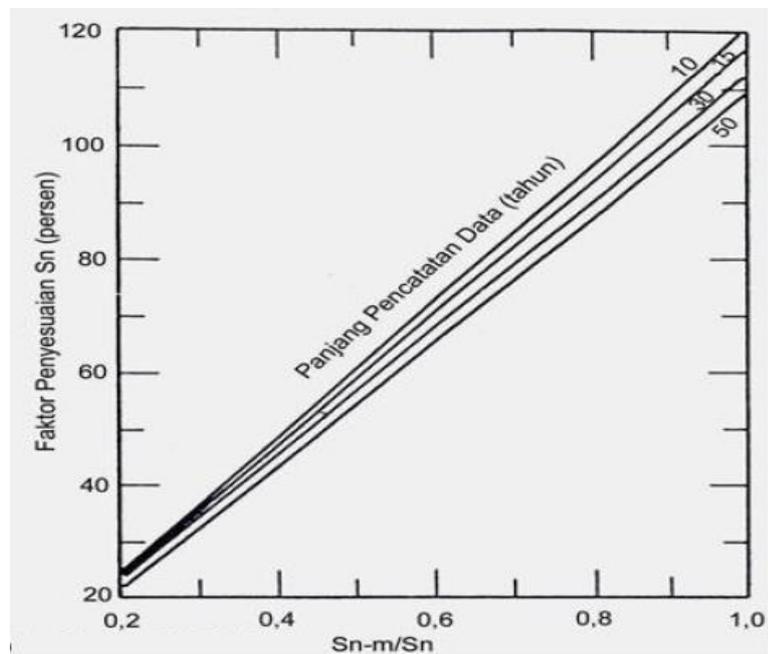
Sumber: RSNI T-01-2004

Gambar 3.4. Menentukan Harga  $K_m$



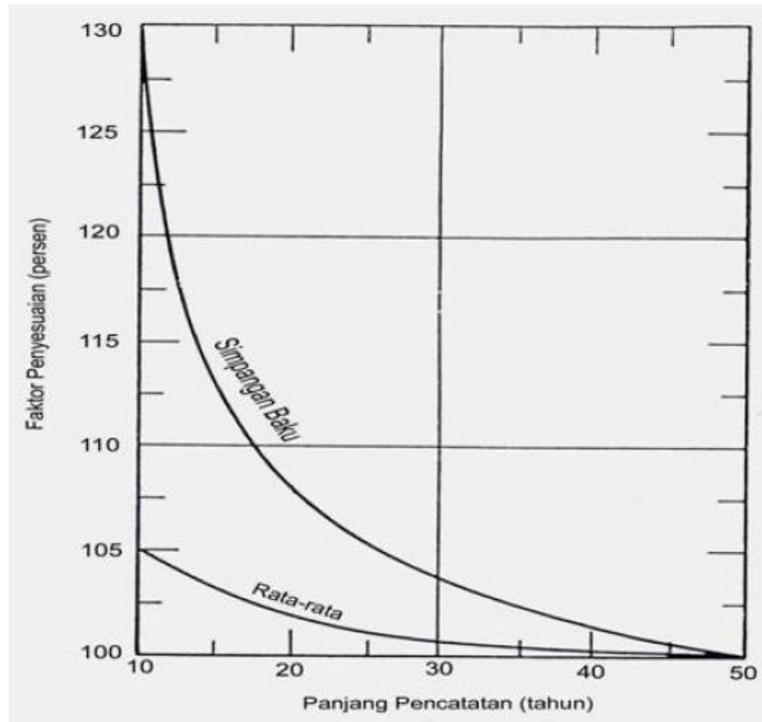
(Sumber: RSNI-T-02-2004)

Gambar 3.5. Faktor Penyesuaian Rata-rata Terhadap Pengamatan Maksimum.



(Sumber: RSNI-T-02-2004)

Gambar 3.6. Faktor Penyesuaian Simpangan Baku Terhadap Pengamatan Maksimum



(Sumber: RSNI-T-02-2004)

Gambar 3.7. Faktor Penyesuaian Rata-rata dan Simpangan Baku Terhadap Panjang Pengamatan Data

#### 6. Perhitungan Hidrograf banjir

Pada perhitungan hidrograf banjir digunakan metode hidrograf satuan. Hidrograf satuan yang digunakan adalah data hujan. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui debit banjir maksimum pada waduk

#### 7. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui besar debit yang mampu melewati *spillway*.

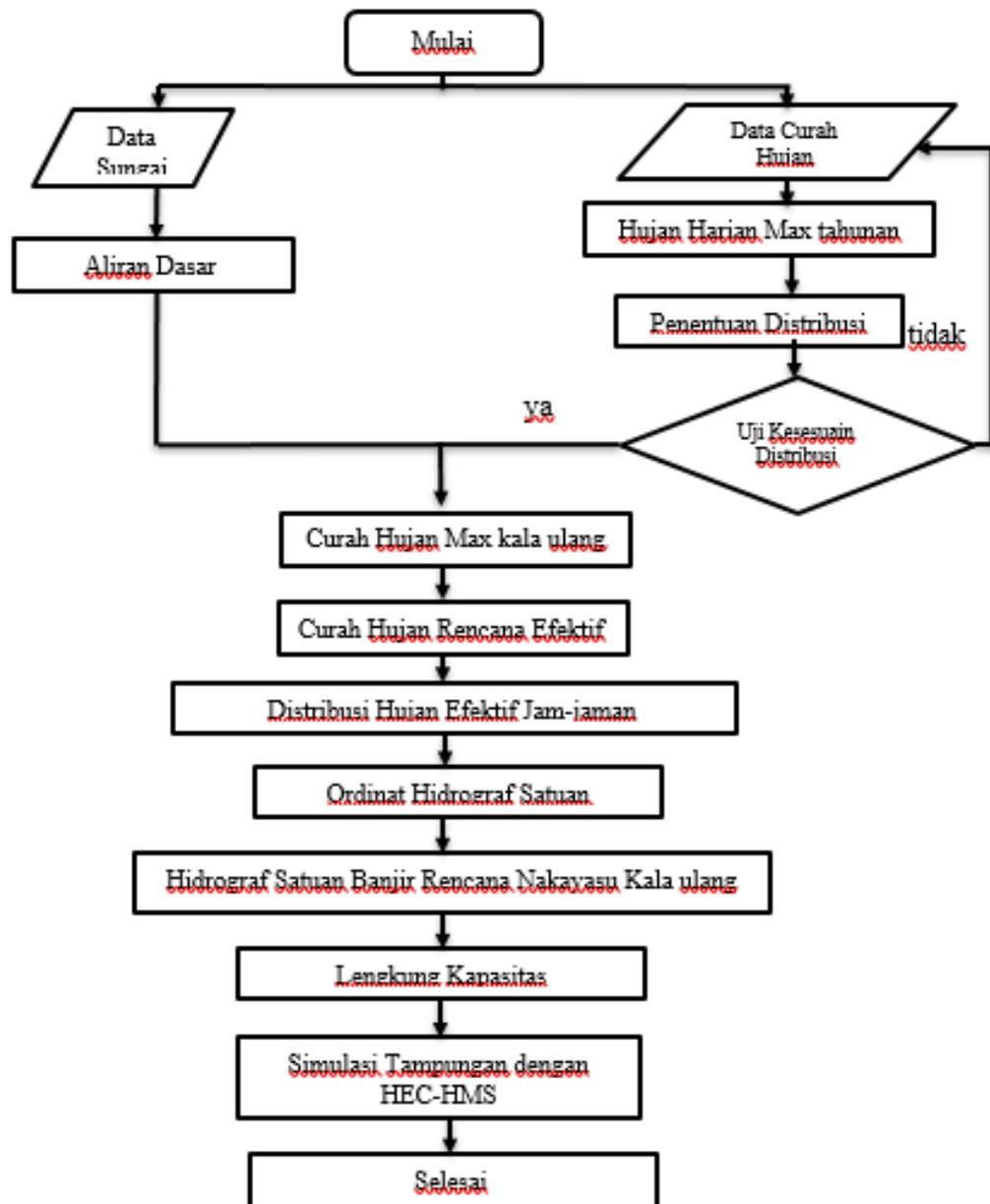
#### 8. Penelusuran Banjir Waduk

Penelusuran ini bertujuan untuk mengetahui perubahan hidrograf banjir antara *inflow* dan *outflow* yang terjadi di waduk

## 9. Simulasi

Pada tahap simulasi ini, dilakukan percobaan apabila tampungan ditutup. Apakah spillway mampu melewati debit banjir dari kapasitas waduk sukamahi.

## D. Diagram Alir



## V. PENUTUP

### A. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian, data, dan perhitungan dari bab sebelumnya, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Besarnya Curah Hujan Maksimum yang mungkin terjadi (PMP) yaitu sebesar 571,7967 mm
2. Berdasarkan Hasil Analisis Debit Banjir dengan metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 2,5,10, dan 50, berturut-turut adalah 56,6853 m<sup>3</sup>/det, 72,8729 m<sup>3</sup>/det, 84,1311 m<sup>3</sup>/det, 110,5354 m<sup>3</sup>/det,
3. Berdasarkan tinggi muka air di atas elevasi *spillway* apabila terowongan tertutup berdasarkan banjir rancangan dengan volume tampungan waduk sukamahi sebesar 919542,3 m<sup>3</sup> dan elevasi *spillway* sebesar 596,5 m. Debit banjir yang dihasilkan dari perangkat lunak HEC-HMS 4.5 untuk Q2tahun didapat tinggi muka air maksimum yaitu 597 m, dengan kelebihan 0,5 m diatas elevasi *spillway* dan volume sebesar 950200 m<sup>3</sup> dan mampu mereduksi 48% debit banjir. Untuk Q5tahun didapat tinggi muka air maksimum yaitu 597,1 m, dengan selisih 0,6 m diatas elevasi *spillway* dengan volume sebesar 955500 m<sup>3</sup> dan mampu mereduksi 40% debit banjir. Untuk Q10tahun didapat tinggi muka air maksimum yaitu 597 m, dengan selisih 0,5 m diatas elevasi *spillway* dengan volume

sebesar 951100 m<sup>3</sup> dan mampu mereduksi 46% debit banjir. Untuk Q50 tahun didapat tinggi muka air maksimum yaitu 597,4 m, dengan selisih 0,9 m di atas elevasi *spillway* dengan volume sebesar 969400 m<sup>3</sup> dan mampu mereduksi 34% debit banjir. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas tampungan dan *spillway* bendungan sukamahi mampu menahan debit banjir karena tidak melebihi elevasi puncak bendungan.

## B. SARAN

Berdasarkan uraian kesimpulan di atas didapat saran sebagai berikut :

1. Uji Keselarasan Smirnov Kolomogrof dapat diterapkan dalam menetapkan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa agar menjadi perbandingan dengan Uji Chi-Kuadrat.
2. Perhitungan Debit Banjir Rancangan dapat diterapkan dengan metode lain seperti ITB, HSS Gama 1, dll agar menjadi perbandingan
3. Dalam Penelitian ini diasumsikan bahwa semua air yang mengalir dalam keadaan lancar sehingga faktor-faktor penghambat aliran seperti sedimentasi dan sampah tidak diperhitungkan jadi penelitian selanjutnya dapat melihat pengaruh parameter tersebut.
4. Saran yang diberikan kepada instansi terkait pengendalian banjir bendungan sukamahi adalah perlunya pemeliharaan berkala untuk mengetahui apabila terjadi kerusakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, I., & Hadihardaja, I. K. 2011. Perbandingan Hidrograf Satuan Teoritis Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 18(1), 55–70.
- Asmoro, W. 2007. Evaluasi Kinerja Waduk Wadaslintang. F. TEKNIK UNDIP.
- Eng, S. D. I. M., & Dr, S. I. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta : Andi Offset.
- Hadisusanto, N. 2010. Aplikasi Hidrologi. In *Aplikasi Hidrologi*.
- Jacques, G. 2009. *Water Resources: Quantity and Quality (Risk Analysis of Water Pollution: Second, Revised and Expanded Edition)*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Kartasaputra, A. G. 1991. Teknologi Pengairan Pertanian Irigasi. Bumi Aksara.
- Linsley, R., Kohler, M., & Paulhus, J. 1996. Hidrologi untuk Insinyur edisi ketiga, diterjemahkan oleh Yandi Hermawan. Jakarta : PT Gelora Aksara Pratama.
- Lutjito, S. A. D., & Purwantoro, D. 2015. Penggunaan Sumur Resapan Untuk Mengurangi Genangan Air Hujan Di Kampus Karangmalang Universitas Negeri Yogyakarta. *Inersia : LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 11(1), 12–22.
- Rahayu, H. P. 2009. Banjir dan Upaya Penanggulangannya. In *Promise Indonesia (Program for Hydro-Meteorological Risk Mitigation Secondary Cities in Asia)*.
- Robert, K. J., & Sjarief, R. 2013. Reayasa dan Manajemen Banjir Kota. Yogyakarta : Andi Offset.
- Soemarto, C. D. 1986. Hidrologi Teknik Edisi 1. Surabaya: Penerbit Usaha

Nasional.

Soemarto, C. D. 1995. Hidrologi Teknik edisi ke-2. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Soewarno, I. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Bandung : Nova.

Sosrodarsono, S., & Takeda, K. 1977. Bendungan Type Urugan. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

Triadmodjo, B. 2010. Hidrologi Terapan: Edisi Kedua. Yogyakarta: Beta Offset.

ZahRafiuddin, A. 2017. Pengaturan Operasi Pintu Bendung Gerak Sembayat di Kabupaten Gresik Untuk Mengendalikan Tinggi Muka Air Hulu. Universitas Brawijaya.