



## LEMBAR PENGESAHAN

### LAPORAN PRAKTIKUM

#### TEKNIK PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR KEAIRAN

Pengendalian Banjir, Perencanaan Konstruksi, Inspeksi, dan Pemeliharaan  
Bendungan Besar (Studi Kasus: Sub DAS Bengawan Solo Hilir, Kabupaten Bojonegoro)

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan lulus mata kuliah*

*Teknik Pemeliharaan Infrastruktur Keairan*



Asisten I

Asisten II

Aryanti Karlina N, S.Tr.T

Miftahul Jannah, S.Tr.T

Disetujui Oleh :

Dosen I



--	--	--	--



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR ASISTENSI .....	ii
DAFTAR ISI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>4</b>
2.1 Proses Hidrologi dan Curah Hujan .....	4
2.2 Metode Hujan Wilayah .....	8
2.3 Uji Frekuensi dan Validitas .....	12
2.4 Analisis Banjir Rancangan .....	16
2.5 Analisis Hidrolika .....	17
2.6 Analisis Desain Bendungan Besar .....	18
2.7 Pemodelan Dua Dimensi Saluran Menggunakan HEC-RAS .....	21
2.8 Pemodelan Stabilitas Saluran .....	22
2.9 Pemodelan Stabilitas Dan Seepage Bendungan .....	23
2.10 Inspeksi Dan Pemeliharaan Bendungan .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>26</b>
3.1 Lokasi Survei .....	26
3.2 Teknik Pengambilan Data .....	26
3.2.1 Data Sekunder .....	26
3.2.2 Data Primer .....	26
3.3 Diagram Alir Analisis Secara Umum .....	28
3.4 Pencarian Data Hujan .....	30
3.5 Diagram Analisis Banjir Rancangan .....	31
3.6 Diagram Analisis Hidrolika .....	33
3.7 Diagram Analisis Desain Bendungan .....	34
3.8 Diagram Analisis Permodelan HEC-RAS .....	35



3.9	Diagram Analisis Stabilitas Saluran .....	36
3.10	Diagram Analisis Stabilitas dan Seepage Bendungan .....	37
<b>38</b>	<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
4.1	Hujan Wilayah Thiessen .....	38
4.2	Banjir Rancangan .....	39
4.3	Analisis Hidrolika .....	40
4.4	Pemodelan Saluran .....	40
4.5	Stabilitas Saluran .....	42
4.6	Desain Bendungan .....	43
4.7	Stabilitas dan Seepage Bendungan .....	44
4.8	Inspeksi, Operasi, dan Pemeliharaan Bendungan .....	45
	<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1	Kesimpulan .....	47
5.2	Saran .....	47
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>48</b>
1.	Perhitungan Hujan Wilayah dan Thiessen .....	48
1.1	Perhitungan Curah Hujan .....	48
1.2	Perhitungan Uji Validitas .....	49
1.3	Perhitungan Uji Frekuensi .....	53
1.4	Perhitungan Uji Chisquare .....	56
2.	Perhitungan Banjir Rancangan .....	59
2.1	Nilai alpha .....	59
2.2	Nisbah .....	62
2.3	Hidrograft Banjir .....	63
3.	Perhitungan Analisis Hidrolika .....	65
3.1	Saluran Existing .....	65
3.2	Saluran Rencana .....	66
4.	Hasil Permodelan Saluran (Sampel STA Hulu, Tengah, Hilir) .....	67
4.1	Saluran existing .....	67
4.2	Saluran Rencana .....	68
5.	Hasil Permodelan Stabilitas Saluran .....	69
5.3	Saluran Existing .....	69
5.4	Saluran Rencana .....	70



6.	Desain Bendungan .....	71
6.1	Lokasi .....	71
6.2	Pemilihan Desain .....	72
6.3	Perhitungan Reduksi Banjir .....	73
6.4	Perhitungan Volume Tampungan .....	74
7.	Hasil Pemodelan Stabilitas dan Seepage Bendungan .....	75
8.	Inspeksi, Operasi, dan Pemeliharaan Bendungan .....	76
8.1	1 Tahunan .....	76
8.2	5 Tahunan .....	77
8.3	10 Tahunan .....	78
8.4	Rekapitulasi .....	78
	DAFTAR PUSTAKA .....	79



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

6

Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terbesar di Pulau Jawa, dan mengalirkan air dari daerah aliran sungai (DAS) seluas  $\pm 16.100 \text{ km}^2$ , mulai dari Pegunungan Sewu di sebelah barat-selatan Surakarta, ke laut Jawa di utara Surabaya melalui alur sepanjang  $\pm 600 \text{ km}$ . Pembangunan infrastruktur SDA di WS Bengawan Solo telah dimulai pada abad ke-18 oleh Pemerintah Kolonial Belanda melalui pembangunan kanal Solo Vollei Werken dan sudetan Bengawan Solo dari Plangwot – Sidaya Lawas, namun terhenti karena alasan biaya.

Pada Tahun 1880 guna menghindari sedimentasi di Pelabuhan Tanjung Perak, muara Sungai Bengawan Solo dialihkan dari Selat Madura ke Ujung Pangkah. Untuk keperluan irigasi, Pemerintah Belanda membangun Waduk Pacal (1935) di Kabupaten Bojonegoro dan Waduk Prijetan (1916) di Kabupaten Lamongan. Setelah banjir besar pada tahun 1966 yang menenggelamkan sebagian besar Kota Solo, Pemerintah mulai menangani pembangunan infrastruktur pengendali banjir Bengawan Solo.

Dengan bantuan teknis Pemerintah Jepang (OTCA) pada tahun 1974, dirumuskan Master Plan Pengembangan Wilayah Sungai Bengawan Solo. Untuk mengendalikan banjir dan mendukung pengembangan wilayah, Master Plan WS Bengawan Solo (1974), antara lain merekomendasikan pem-bangunan 4 waduk serbaguna, yakni : (a) Waduk Wonogiri, (b) Waduk Jipang, (c) Waduk Bendo dan (d) Waduk Badegan. Master Plan juga merekomendasikan 25 lokasi waduk-waduk irigasi di anak-anak sungai Bengawan Solo yang potensial untuk dibangun.

Disamping itu, *Master Plan* merekomendasikan pekerjaan perbaikan dan pengaturan sungai Bengawan Solo Hulu ruas Nguter – Jurug, Kali Madiun ruas Catur – Kwadungan dan Bengawan Solo Hilir ruas Cepu – Tanjung Kepolo. Waduk Serbaguna Wonogiri yang telah dibangun pada Tahun 1978-1981 telah berfungsi untuk pengendali banjir di wilayah Bengawan Solo Hulu, terutama untuk melindungi Kota Solo, serta penyediaan air irigasi seluas  $\pm 30.000 \text{ Ha}$  di wilayah kabupaten-kabupaten Wonogiri, Sukoharjo, Klaten, Karanganyar dan Sragen. Waduk Wonogiri juga memberikan manfaat PLTA (12,4 MW), perikanan dan pariwisata.



Walaupun telah di bangun beberapa waduk di beberapa titik Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo, Air sungai pada Sungai Bengawan Solo ini sering meluap pada saat musim penghujan tiba oleh karena itu perlu dilakukan kajian mendalam agar ada solusi dari adanya masalah tersebut. Masalah meluapnya air atau banjir pada saat musim penghujan tiba akan menimbulkan kerugian bagi masyarakat sekitar dikarenakan akan membuat para petani gagal panca dan membuat perekonomian disekitar sungai mati atau tidak berjalan dikarenakan banjir.

Kebanyakan luapan air pada Sungai Bengawan Solo berada diberbagai titik Sungai Bengawan Solo yakni di DAS Sukoharjo Jawa Tengah hingga Daerah Bojonegoro Jawa Timur. Di dalam laporan ini menganalisis Sungai Bengawan Solo Hilir dengan daerah tinjauan Kota Bojonegoro. Pada bulan maret 2019 pada DAS Bengawan Solo Hilir pada di beberapa kecamatan di Bojonegoro terendam banjir dari 10 cm hingga 100 cm. dengan begitu harapannya dengan adanya laporan analisis ini dapat dijadikan solusi di daerah Bojonegoro untuk menanggulangi terjadinya banjir.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana analisis banjir rancangan pada sub DAS Bengawan Solo Hilir dengan kota tinjauan Bojonegoro?
2. Bagaimana analisis profil muka banjir pada sub DAS Bengawan Solo Hilir dengan kota tinjauan Bojonegoro?
3. Bagaimana analisis stabilitas saluran eksisting dan desain pada sub DAS Bengawan Solo Hilir dengan kota tinjauan Bojonegoro?
4. Bagaimana analisis pengendalian banjir menggunakan bendungan pada sub DAS Bengawan Solo Hilir dengan kota tinjauan Bojonegoro?
5. Bagaimana desain inspeksi dan pemeliharaan bendungan pada sub DAS Bengawan Solo Hilir dengan kota tinjauan Bojonegoro?



18

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mahasiswa dapat menganalisis banjir rancangan.
2. Mahasiswa dapat menganalisis profil muka banjir.
3. Mahasiswa dapat menganalisis stabilitas penampang saluran eksisting dan desain.
4. Mahasiswa dapat mengetahui manfaat pengendalian banjir menggunakan bendungan.
5. Mahasiswa dapat mengetahui cara inspeksi dan pemeliharaan bendungan.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Merencanakan saluran sungai Bengawan Solo Hilir sesuai dengan kapasitas debit air hujan 5 tahun sampai 1000 tahun agar saluran tersebut menjadi saluran yang ideal dalam penggunaannya selama 1000 tahun. Dalam perencanaan tersebut dimensi saluran sangat berpengaruh mendesain sehingga saluran dapat berubah dimensi sesuai dengan debit curah hujan yang ditampung. Dengan patokan pada banjir rancangan 1000 tahun apabila dihasilkan luapan pada dimensi rencana maka harus direncanakan pembuatan bendung sebagai wujud reduksi terhadap banjir di hilir lokasi Banjir di Kabupaten Bojonegoro.





## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Proses Hidrologi dan Curah Hujan

23

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk dan perjalanan air dipermukaan bumi. Hidrologi dipelajari orang untuk memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan keairan, seperti manajemen air, pengendalian banjir, dan perencanaan bangunan air (Triatmojo, 2008).

2

Siklus hidrologi merupakan satu dari enam siklus biogeoisimia yang terjadi di bumi. Siklus hidrologi yaitu siklus atau sirkulasi air dari bumi ke atmosfer dan kembali ke bumi yang harus berlanjut. Siklus hidrologi memainkan tugas penting bagi kelangsungan hidup organisme bumi. Melalui siklus hidrologi, ketersediaan air di tanah bumi sanggup terjaga, mengingat suhu lingkungan, cuaca, intensitas curah hujan, dan ekuilibrium ekosistem bumi yang teratur sanggup tercipta karena proses hidrologi ini.

2

Dalam siklus air hidrologi tersebut melewati beberapa tahap yaitu penguapan, transpirasi, evaporasi, sublimasi, kondensasi, adveksi, presipitasi, larva dan infiltrasi. Berikut setiap tahapan dari siklus hidrologi:

##### 1. Evaporasi

Siklus hidrologi didahului dengan penguapan air di permukaan bumi. Air yang tersimpan di tubuh air menyerupai danau, sungai, samudera, ladang, bendungan atau waduk berkembang menjadi uap air alasannya yakni panasnya matahari. Penguapan serupa juga terjadi pada air pada permukaan tanah. Penguapan semacam itu disebut penguapan.

Penguapan mengubah air cair menjadi air gas yang memungkinkannya naik di atas atmosfer bumi. Semakin tinggi panas matahari (misalnya pada anjimo kemarau), jumlah air yang menjadi uap air dan naik ke atmosfer bumi juga akan lebih besar.

##### 2. Transpirasi

Penguapan air di permukaan bumi tidak hanya terjadi pada tubuh air dan tanah. Penguapan air juga sanggup terjadi pada organisme hidup, menyerupai binatang dan tumbuhan. Penguapan semacam itu dikenal sebagai transpirasi.

Sama menyerupai penguapan, transpirasi juga mengubah air cair menjadi jaringan hidup menjadi uap air dan membawanya ke atmosfer. Namun, jumlah air yang menjadi uap



melalui proses transpirasi umumnya jauh lebih sedikit daripada jumlah uap air yang dihasilkan melalui proses penguapan.

### 3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi yakni penguapan keseluruhan air yang terjadi di seluruh permukaan bumi, baik yang terjadi di tubuh air maupun tanah, dan juga organisme hidup. Evapotranspirasi yakni kombinasi penguapan dan transpirasi. Dalam siklus hidrologi, laju evapotranspirasi ini sangat mempengaruhi jumlah uap air yang diangkat di atas permukaan atmosfer.

### 4. Subliminasi

Selain penguapan, baik melalui penguapan, transpirasi atau evapotranspirasi, timbulnya uap air dari permukaan bumi ke atmosfer bumi juga dipengaruhi oleh proses sublimasi. Sublimasi yakni proses perubahan es di kutub atau di puncak gunung menjadi uap air tanpa melewati fase cair terlebih dahulu. Meski kecil, sublimasi juga terus menyumbang jumlah uap air yang diangkat ke atmosfer bumi melalui siklus hidrologi yang panjang. Namun, dibandingkan dengan proses penguapan, proses sublimasi dikatakan berjalan sangat lambat.

### 5. Kondensasi

Ketika uap air yang dihasilkan melalui proses penguapan, transpirasi, evapotranspirasi, dan hasil sublimasi hingga titik ketinggian tertentu, uap akan berkembang menjadi partikel es yang sangat kecil melalui proses kondensasi. Perubahan bentuk uap air ke dalam es terjadi alasannya yakni efek suhu udara yang sangat rendah pada ketika itu. Partikel es yang terbentuk akan saling mendekati dan saling bersatu membentuk awan. Semakin banyak partikel es yang bergabung, awan yang terbentuk juga akan lebih tebal dan hitam.

### 6. Adveksi

Awan yang terbentuk dari proses kondensasi kemudian akan mengalami adveksi. Adveksi yakni proses memindahkan awan dari satu titik ke titik lain secara horizontal alasannya yakni arus angin atau perbedaan tekanan udara. Adveksi memungkinkan awan menyebar dan berpindah dari atmosfer bahari ke atmosfer tanah. Perlu diingat, tahap adveksi tidak terjadi dalam siklus hidrologi singkat.



### 7. Presipitasi

Awan yang mengalami adveksi berikutnya akan mengalami proses presipitasi. Proses penyiapannya yakni proses pelepasan awan tanggapan efek suhu tinggi. Dalam proses inilah hujan terjadi. Butir air jatuh dan membasahi permukaan air

Jika suhu udara di sekitar awan terlalu rendah hingga kisaran  $<0$  derajat celcius, curah hujan memungkinkan terjadinya hujan salju. Awan yang banyak mengandung air akan turun ke dalam litosfer dalam bentuk kepingan salju tipis menyerupai yang sanggup kita temukan di iklim sub tropis.

### 8. Run Off

Setelah curah hujan terjadi sehingga air hujan jatuh ke permukaan bumi, proses run off pun terjadi. Lari atau limpasan yakni proses memindahkan air dari tempat tinggi ke tempat yang rendah di permukaan bumi. Pergerakan air contohnya terjadi melalui terusan menyerupai selokan, sungai, danau, muara, laut, hingga laut. Dalam proses ini, air yang telah melewati siklus hidrologi akan kembali ke lapisan hidrosfer.

### 9. Infiltrasi

Tidak semua air hujan yang terbentuk sesudah proses presipitasi akan mengalir di permukaan bumi melalui proses run-off. Sebagian kecil darinya akan bergerak ke pori-pori tanah, merembes, dan menumpuk menjadi air tanah. Proses pergerakan air ke dalam pori tanah disebut proses infiltrasi. Proses infiltrasi perlahan akan membawa air tanah kembali ke laut.

Sesudah melalui proses pelarian dan infiltrasi, air yang telah mengalami siklus hidrologi akan kembali berkumpul di laut. Air secara sedikit demi sedikit akan kembali ke siklus hidrologi berikutnya dengan memulai dengan proses penguapan.



Gambar 2.1.1 Siklus Hidrologi

Adapun jenis-jenis dari siklus hidrologi adalah sebagai berikut:

2  
1. Siklus hidrologi pendek

Siklus hidrologi pendek adalah siklus hidrologi yang tidak melalui proses adveksi. Uap air yang terbentuk melalui siklus ini akan diturunkan melalui hujan di kawasan sekitar laut. Berikut ini klarifikasi singkat dari siklus hidrologi pendek, antara lain:

- a. Air bahari diuapkan dan berkembang menjadi uap air alasannya yakni panas matahari.
- b. Uap air akan mengembun dan membentuk awan.
- c. Awan yang terbentuk akan hujan di permukaan laut.

2. Siklus hidrologi sedang

Siklus hidrologi sedang adalah siklus hidrologi yang umum terjadi di Indonesia. Siklus hidrologi ini menghasilkan hujan di darat alasannya yakni proses advokasi membawa awan yang terbentuk ke daratan. Berikut ini klarifikasi singkat dari siklus hidrologi sedang, antara lain

- a. Air bahari diuapkan dan berkembang menjadi uap air alasannya yakni panas matahari.
- b. Uap air diangkut alasannya yakni angin sehingga bergerak menuju daratan.
- c. Di atmosfer daratan, uap air membentuk awan dan berkembang menjadi hujan.
- d. Air hujan di permukaan tanah akan mengalir ke sungai dan kembali ke laut.

3. Siklus hidrologi panjang

Siklus hidrologi yang panjang adalah siklus hidrologi yang umumnya terjadi di iklim subtropis atau kawasan pegunungan. Dalam siklus hidrologi ini, awan tidak pribadi



diubah menjadi air, tapi jatuh pertama menyerupai salju dan membentuk gletser. Berikut ini klarifikasi singkat dari siklus hidrologi yang panjang, antara lain:

- a. Air bahari diuapkan dan berkembang menjadi uap air alasannya yakni panas matahari.
- b. Uap air terbentuk kemudian mengalami sublimasi
- c. Awan yang mengandung kristal es kemudian terbentuk.
- d. Awan menjalani proses advokasi dan pindah ke daratan
- e. Awan mengalami curah hujan dan turun menyerupai salju.
- f. Salju terakumulasi ke gletser.
- g. Gletser mencair alasannya yakni efek suhu udara dan membentuk arus.
- h. Air yang berasal dari gletser mengalir di sungai untuk kembali ke laut.

## 2.2 Metode Hujan Wilayah

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, run off, dan infiltrasi. Curah hujan merupakan unsur iklim yang sangat penting karena dapat menentukan keadaan alam dan kehidupan dipermukaan bumi. Iklim di wilayah Indonesia ditentukan oleh variasi curah hujan yang dapat membedakan musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Curah hujan (mm) merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan satu milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Curah hujan kumulatif (mm) merupakan jumlah hujan yang terkumpul dalam rentang waktu kumulatif tersebut. Dalam periode musim, rentang waktunya adalah rata-rata panjang musim pada masing-masing Daerah Prakiraan Musim (DPM).

Sifat hujan merupakan perbandingan antara jumlah curah hujan selama rentang waktu yang ditetapkan (satu periode musim kemarau) dengan jumlah curah hujan normalnya (rata-rata selama 30 tahun periode 1971-2000). Sifat hujan dibagi menjadi tiga kategori yaitu:

1. Diatas Normal (AN): Jika nilai curah hujan lebih dari 115% terhadap rata-ratanya.
2. Normal (N): Jika nilai curah hujan antara 85%-115% terhadap rata-ratanya.
3. Dibawah Normal (BN): Jika nilai curah hujan kurang dari 85% terhadap rata-ratanya.



Dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) ada tiga metode, yaitu metode rata-rata aritmatika (aljabar), metode polygon Thiessen, dan metode Isohyet. Curah hujan setiap hari yang direkam dari stasiun curah hujan digunakan sebagai masukan untuk permodelan konsep periode pertumbuhan yang dihitung berdasarkan curah hujan dengan metode interpolasi spasial.

### 1. Distribusi Metode Normal

Distribusi Normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang disebut juga distribusi gauss. Harto (1993), memberikan sifat-sifat distribusi normal, yaitu nilai koefisien kemencengan (*skewness*)  $C_s \approx 0$  dan nilai koefisien kurtosis  $C_k \approx 3$ .

$$X_T = +K_T \cdot s \quad (6)$$

Dengan  $X_T$  adalah perkiraan nilai pada T-tahun,  $X$  adalah nilai rata-rata sampel,  $K_T$  adalah faktor frekuensi  $s$  adalah standar deviasi.

### 2. Distribusi Metode Log Normal

Menurut Harto (1993), jika variabel acak  $y = \log x$  terdistribusi secara normal, maka  $x$  dikatakan mengikuti distribusi Log Normal, dalam model matematik dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Y_T = +K_T \cdot s \quad (7)$$

dengan  $Y_T$  adalah perkiraan nilai pada T-tahun,  $Y$  adalah nilai rata-rata sampel,  $K_T$  adalah faktor frekuensi dan  $s$  adalah standar deviasi. Ciri khas statistik distribusi Log Normal adalah nilai koefisien *skewness* sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi ( $C_v$ ) atau bertanda positif.

### 3. Distribusi Metode Gumbel

Rumus umum yang digunakan dalam metode Gumbel adalah sebagai berikut :

$$X = +K \cdot s \quad (8)$$

Dengan  $X$  adalah nilai rata-rata,  $s$  adalah standar deviasi dan  $K$  adalah faktor frekuensi. Ciri khas distribusi Gumbel adalah nilai *skewness* sama dengan 1,396 dan kurtosis ( $C_k$ ) = 5,4002.



#### 4. Distribusi Metode Log Pearson

Apabila tidak memenuhi ketiga distribusi di atas maka data tersebut dapat dihitung menggunakan distribusi Log Pearson III.

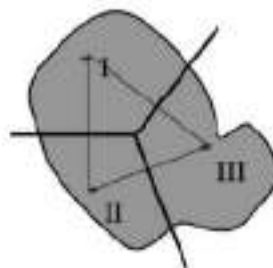
$$\log X_T = \log \bar{X} + Kz \quad (9)$$

Dalam curah hujan yang tercatat diproses berdasarkan areal yang mendapatkan hujan sehingga didapatkan tinggi curah hujan rata-rata dan kemudian meramalkan besarnya curah hujan pada periode tertentu. Dalam menentukan curah hujan areal yang berasal dari pencatatan penakar curah hujan. Dari pencatatan curah hujan, kita hanya mendapatkan data curah hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*). Jika dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau penatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal.

Metode hujan wilayah antara lain:

##### a. Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperkirakan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun, tinggi curah hujan dan jumlah stasiun. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Poligon dibuat dengan cara menghubungkan garis-garis berat diagonal terpendek dari stasiun hujan yang digunakan. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun.



Gambar 2.2 Contoh Penggunaan Polygon Thiessen

Metode ini dapat digunakan jika ada setidaknya 3 stasiun hujan yang ditinjau dan koordinat stasiun hujan diketahui. Langkah perhitungan Metode ini diawali dengan membuat poligon dari masing-masing stasiun hujan. Setelah poligon terbentuk, maka dihitung koefisien Thiessen. Untuk lebih lengkapnya, berikut adalah langkah perhitungan hujan wilayah metode Thiessen:



1. Tentukan stasiun hujan yang ditinjau;
2. Carilah hujan harian maksimum dari masing-masing stasiun hujan;
3. Plotting stasiun hujan sesuai koordinat stasiun hujan ke dalam peta;
4. Buatlah Poligon Thiessen;
5. Hitung luas daerah yang mewakili masing-masing stasiun;
6. Hitung hujan kawasan dengan rumus berikut:

$$\bar{p} = \frac{A1 x1 + A2 x2 + A3 x3 + \dots + An xn}{A1 + A2 + A3 + \dots + An}$$

dengan:

- $\bar{p}$  : hujan rerata kawasan;  
 $X1, x2, x3, \dots, xn$  : tinggi curah hujan di stasiun 1,2,3, ..., n;  
 $A1, a2, \dots, an$  : luas daerah yang mewakili stasiun.

#### b. Analisis Distribusi Frekuensi dan Hujan Periode Ulang

Tujuan dari analisis distribusi frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Besarnya kejadian ekstrim mempunyai hubungan terbalik dengan probabilitas kejadian. Dalam analisis frekuensi, perlu dicari beberapa hal sebagai berikut:

##### 1. Standar deviasi

Standar deviasi adalah besar perbedaan dari nilai sampel terhadap nilai rata-rata.

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

dengan:

- $S$  : standar deviasi;  
 $X_i$  : nilai varian ke  $i$ ;  
 $\bar{X}$  : nilai rata-rata varian;  
 $N$  : jumlah data.





## 2. Koefisien kemencengan/skewness (cs).

Koefisien kemencengan adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi.

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

dengan:

18 Cs : koefisien skewness,

Xi : nilai varian ke i

X : nilai rata-rata varian,

N : jumlah data,

S : simpangan baku.

## 3. Koefisien Kurtosis (ck)

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

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

9

dengan:

Ck : koefisien kurtosis,

Xi : nilai varian ke i

X : nilai rata-rata varian,

N : jumlah data, S : simpangan baku.

## 2.3 Uji Frekuensi dan Validitas

5

Analisa frekuensi merupakan prakiraan dalam arti probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi.

45

Analisis ini dilakukan untuk memilih salah satu dan beberapa macam sebaran yang paling sesuai dengan sifat-sifat statistika data yang bersangkutan. Sifat-sifat data statistika tersebut adalah koefisien varians (Cv), koefisien Skewness (Cs), dan koefisien Kurtosis (Ck). Dalam analisis frekuensi data hidrologi, baik data hujan maupun data debit sungai

15



sangat jarang data yang sesuai dengan Distribusi Normal, Gamma berparameter II, Log Gumbel, dan Hazen. Sebaliknya, sebagian besar data hidrologi sesuai dengan Log Normal, Log Person III dan Gumbel.

Uji Chi Square dilakukan untuk uji kesesuaian distribusi. Uji Smirnov Kolmogorof adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horizontal untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Uji Smirnov Kolmogorof sering juga disebut uji kecocokan non parametric, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Uji keselarasan dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang nyata antara besarnya debit maksimum tahunan hasil pengamatan lapangan dengan hasil perhitungan. Uji keselarasan dapat dilaksanakan dengan uji chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Soewarno, 1991).

#### a. Uji Keselarasan Chi-kuadrat

Uji keselarasan chi-kuadrat menggunakan rumus

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

Dimana:

$\chi^2$  = harga chi-kuadrat terhitung

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-I.

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-I.

$N$  = jumlah data. (Saripin, 2004).

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai  $\chi^2$  hitung < dari  $\chi^2$  kritis. Nilai  $\chi^2$  kritis dapat dilihat di Tabel 2-6. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan chi-kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (level of significant) yang sering diambil adalah 5 %. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DK = K - (\alpha + 1)$$

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

$$E_i = \frac{n}{K}$$

dimana :

$DK$  = derajat kebebasan.

$K$  = jumlah kelas.



$\alpha$  = banyaknya keterikatan (banyaknya parameter), untuk uji chi-kuadrat adalah 2.

$n$  = jumlah data.

$E_i$  = nilai yang diharapkan. (Triatmodjo, 2008).

Tabel 2.1 Tabel derajat kepercayaan

Df	$\alpha$ Derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,92-05	0,00016	0,0009	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	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	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,195	11,689	13,091	35,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,855	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

#### h. Uji Keselarasan Smirnov-Kolmogorov

Uji keselarasan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (non parametric test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Suripin, 2004). Prosedurnya adalah sebagai berikut :

Ramus yang dipakai :

Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data (persamaan distribusinya) :

$X_1 \rightarrow P'(X_1)$ .

$X_2 \rightarrow P'(X_2)$ .

$X_m \rightarrow P'(X_m)$ .



$X_n \rightarrow P'(X_n)$ . (Suripin, 2004).

Periode ulang untuk perhitungan debit minimum tidak menyatakan suatu nilai sama atau lebih dari besaran tertentu, akan tetapi menyatakan suatu nilai sama atau kurang dari besaran tertentu. Oleh karena itu apabila :

Periode ulang untuk perhitungan debit minimum tidak menyatakan suatu nilai sama atau lebih dari besaran tertentu, akan tetapi menyatakan suatu nilai sama atau kurang dari besaran tertentu. Oleh karena itu apabila :

$$P \geq [X(X_{-1} + k \cdot s)] - a$$

$$P \leq [X(X_{-1} + k \cdot s)] = 1 - a$$

Rumus-rumus yang dipakai untuk menghitung D (selisih terbesarnya antara pengamatan teoritis dan peluang)

$$P(x) = m/(n+1)$$

$$P(x <) = 1 - P(x)$$

$$P'(x) = m/(n-1)$$

$$P'(x <) = 1 - P'(x)$$

$$D = \text{maksimum } |P'(x <) - P(x <)|$$

Berdasarkan Tabel nilai delta kritis (Smirnov-Kolmogorov test) tentukan harga  $D_0$  (lihat Tabel 2-2).

Tabel 2.2 Nilai delta kritis ( $D_0$ ) untuk uji keselarasan Smirnov-Kolmogorof

Jumlah data	$\alpha$ derajat kepercayaan			
	0.2	0.1	0.05	0.01
n	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n>50	$1.07/n^{0.5}$	$1.22/n^{0.5}$	$1.36/n^{0.5}$	$1.63/n^{0.5}$

Catatan :  $\alpha$  = derajat kepercayaan



## 2.4 Analisis Banjir Rancangan

Menurut Triatmodjo (2008c), debit rencana dapat dihitung dari kedalaman hujan titik dalam penggunaan metode rasional untuk menentukan debit puncak pada perencanaan drainase dan jembatan (gorong-gorong). Metode rasional ini digunakan apabila tangkapan air kecil.

Untuk mentransformasi curah hujan rancangan menjadi debit banjir rancangan diperlukan curah hujan jam-jaman. Pada umumnya data curah hujan tersedia pada suatu stasiun meteorologi adalah data hujan harian, artinya data yang tercatat secara kumulatif selama 24 jam. Karena tidak tersedianya data hujan otomatis, maka distribusi pola hujan rencana pada daerah aliran sungai ditetapkan berdasarkan rumus empiris yang mengacu pada rumus Mononobe.

Adapun persamaan Mononobe yang di pakai adalah:

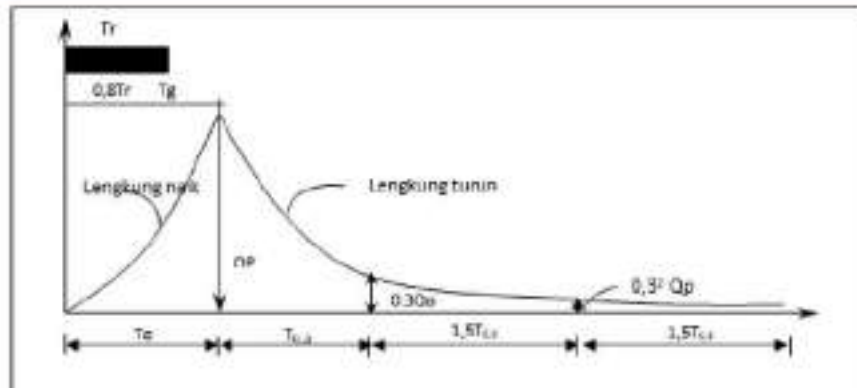
$$i = \frac{R_{24}}{t} \left[ \frac{t}{T} \right]^{2/3}$$

Dengan:

- $i$  = Intensitas hujan merata dalam T jam
- $R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam sehari (mm/hari)
- $t$  = Waktu konsentrasi hujan (jam)
- $T$  = Lamanya hujan terpusat (jam)

Berdasarkan prosentase kejadian hujan terpusat tersebut maka dilakukan distribusi hujan pada setiap jam kejadian hujan tersebut terhadap curah hujan harian efektif satu hari ( $R_{24}$ ).

Untuk menganalisis debit banjir rancangan, terlebih dahulu harus dibuat grafik hidrograf banjir pada sungai yang bersangkutan.



27 Gambar 2.3 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Berdasarkan Hidrograf Satuan dan curah hujan pada jam ke-T serta curah hujan rencana pada periode ulang tertentu, dapat dihitung debit banjir rencana sesuai periode ulang tersebut.

## 2.5 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Salah satu penyebab banjir adalah karena ketidak mampuan penampang dalam menampung debit banjir yang terjadi. Analisis hidrolika ini terdiri dari analisis penampang eksisting sungai dan perencanaan penampang rencana.

Analisis penampang eksisting dengan menggunakan HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui kondisi dari sungai saat ini (eksisting). Dengan menggunakan HEC-RAS maka dapat diketahui profil dari muka air saat terjadi banjir. HEC-RAS akan menampilkan model dari sungai sesuai dengan input data yang diberikan.

Dalam perencanaan normalisasi sungai harus didasarkan pada pertimbangan teknis maupun nonteknis sehingga pelaksanaannya efektif dan efisien baik dari segi kualitas, manfaat, dan biaya. Perencanaan normalisasi sungai didasarkan pada hasil analisa eksisting sungai dengan program HEC-RAS dimana pada beberapa titik penampang yang ada tidak mampu menampung debit rencana.

Normalisasi sungai dengan penampang ganda direncanakan dengan rumus manning, jenis penampang ganda digunakan untuk mendapatkan kapasitas saluran yang lebih besar, sehingga debit yang dialirkan melalui saluran tersebut dapat lebih besar.



## 2.6 Analisis Desain Bendungan Besar

Bendungan adalah konstruksi bangunan air yang berfungsi untuk menahan laju aliran air sehingga membentuk waduk, danau, dan wadiah rekreasi. Beberapa bendungan juga sering dimanfaatkan untuk mengalirkan air untuk menggerakkan turbin sebagai PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air). KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) menerjemahkan bendungan sebagai pengempang untuk menahan air di sungai, atau rintangan yang bersifat kontinu dan padat yang letaknya tidak selalu melintasi sebuah sungai dengan tujuan untuk mengalihkan, mengawasi, dan mengukur aliran air. Sebutan lain untuk bendungan ialah dam.

Apabila ditinjau berdasarkan beragam faktor, tipe-tipe bendungan dapat dikategorikan menjadi bermacam-macam jenis, antara lain:

### 1. Ukuran

Menurut ukurannya, bendungan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu bendungan besar dan bendungan kecil. Bendungan besar memiliki ketinggian lebih dari 15 m jika diukur dari bagian dasar pondasi hingga ke puncak bendungan. Sedangkan bendungan kecil mempunyai ketinggian kurang dari 15 m. Bendungan kecil yang memiliki ketinggian sekitar 10-15 m bisa disebut pula sebagai bendungan besar jika panjang puncaknya lebih dari 500 m, daya kapasitasnya tidak kurang dari 1 juta m<sup>3</sup>, debit banjir maksimal lebih dari 2.000 m<sup>3</sup>/detik, pondasinya mengalami kesulitan khusus, dan desain bendungan tersebut tidak biasa.

### 2. Tujuan Pembangunan

Ada dua jenis bendungan berdasarkan tujuan pembangunannya yakni bendungan tunggal dan bendungan serbaguna. Bendungan dengan tujuan tunggal dibangun untuk memenuhi hanya satu tujuan saja. Di sisi lain, bendungan serbaguna didirikan untuk memenuhi beberapa tujuan sekaligus.

### 3. Penggunaan

Ragam bendungan menurut penggunaannya terdiri atas bendungan pembuat waduk, bendungan penangkap/pembelok air, dan bendungan penghambat aliran air. Bendungan pembuat waduk adalah bendungan yang dibuat untuk membangun waduk sebagai penyimpan air. Bendungan penangkap/pembelok air yaitu bendungan yang berguna untuk menaikkan ketinggian level permukaan air sehingga bisa mengalir menuju saluran drainase. Sementara itu, bendungan penghambat aliran air ialah bendungan yang berperan untuk menghambat laju aliran air untuk mencegah terjadinya banjir.



Bendungan tipe ini dapat dibedakan lagi menjadi bendungan untuk menyimpan air sementara dan bendungan untuk menyimpan air selama mungkin.

#### 4. Konstruksi

Jenis bendungan berdasarkan konstruksinya dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis. Pertama, bendungan urugan adalah bendungan yang dibuat dengan menggali material tertentu tanpa menambahkan bahan lain yang bersifat campuran secara kimia. Terdapat tiga tipe bendungan urugan di antaranya bendungan urugan serbasama, bendungan urugan berlapis-lapis, serta bendungan urugan batu dengan lapisan kedap air di muka. Kedua, bendungan beton ialah bendungan yang terbuat dari adukan beton, baik menggunakan tulangan baja maupun tidak. Bendungan beton terdiri atas bendungan beton menurut berat sendiri, bendungan beton dengan penyangga, bendungan beton berbentuk lengkung, dan bendungan beton kombinasi. Ketiga, bendungan lainnya yakni bendungan yang terbuat dari material yang lain seperti kayu, besi, pasangan bata, dan pasangan batu.

#### 5. Fungsi

Bila dibedakan menurut fungsinya, ada delapan tipe dari bendungan antara lain:

- a. Bendungan pengelak pendahuluan yaitu bendungan yang awalnya didirikan di sungai ketika debit air rendah supaya lokasi di mana bendungan pengelak akan dibangun kering terlebih dahulu sehingga memungkinkan pembuatan konstruksi secara teknis.
- b. Bendungan pengelak adalah bendungan yang berfungsi untuk mengelakkan aliran air, di mana bendungan ini dibuat setelah proses pembuatan bendungan pengelak pendahuluan selesai.
- c. Bendungan utama yakni bendungan yang dirancang sedemikian rupa untuk memenuhi suatu tujuan tertentu.
- d. Bendungan sisi ialah bendungan yang berguna untuk mendukung peran dari bendungan utama, di mana bendungan ini terletak di sisi sebelah kiri dan kanan bendungan utama.
- e. Bendungan di tempat rendah adalah bendungan yang dibangun untuk mencegah keluarnya air dari waduk agar tidak mengalir ke lingkungan sekitar. Bendungan ini biasanya berada di tepi waduk yang terletak cukup jauh dari bendungan utama.
- f. Bendungan tanggul ialah bendungan yang juga berfungsi untuk membantu kegunaan bendungan utama. Bendungan ini dibuat di sisi kiri atau kanan bendungan utama.





dengan jarak yang cukup jauh, serta memiliki ukuran tinggi 5 m dan panjang 5 kali lingginya.

- g. Bendungan limbah industri yakni bendungan yang berguna untuk menahan limbah cair yang berasal dari industri. Bentuk dari bendungan ini berupa timbunan yang dibangun secara bertahap.
- h. Bendungan pertambangan yaitu bendungan yang mempunyai kegunaan sebagai penahan hasil galian pertambangan. Pada umumnya, bendungan ini dibuat dengan memanfaatkan material yang ada di sekitar area pertambangan dan dibentuk menyerupai timbunan secara bertahap.

#### 6. Jalan Air

Pembagian bendungan berdasarkan jalan air terdiri dari bendungan untuk dilewati air dan bendungan untuk menahan air. Suatu bendungan bisa dikatakan sebagai bendungan untuk dilewati air apabila bendungan tersebut memang sengaja dibangun untuk dilewati air. Sebagai contoh yaitu bendungan yang terdapat pada bangunan pelimpah. Sedangkan bendungan untuk menahan air adalah bendungan yang berfungsi untuk menahan air serta sama sekali tidak boleh dilewati air.

Sedangkan analisis desain bendungan sendiri terdiri dari:

##### 1. Analisis material bendungan

Dilakukan analisa awal berupa analisa ketersediaan material tubuh bendungan. Analisa ini memiliki beberapa tahap, yaitu penentuan dimensi dan zona material tubuh bendungan, penentuan kemiringan hulu dan hilir efektif tubuh bendungan, analisa ketersediaan material timbunan tubuh bendungan dan analisa kebutuhan material yang direncanakan. Pada tahap penentuan dimensi dan zona material tubuh bendungan dan tahap analisa ketersediaan material timbunan tubuh bendungan memakai hasil Analisa. Untuk tahap analisa kebutuhan material yang direncanakan, menggunakan cara metode perhitungan volume timbunan tanah yang bernama metode penampang rata-rata.

##### 2. Analisis Rembesan Pada Tubuh Bendungan

Tahap selanjutnya dilakukan adalah analisa rembesan tubuh bendungan untuk mengetahui kapasitas filtrasi yang ada pada tiap alternatif tubuh bendungan yang direncanakan. Untuk memperkirakan besarnya kapasitas filtrasi dapat digunakan jaring-jaring trayektori aliran filtrasi.



### 3. Analisis Stabilitas Tubuh Bendungan

Pada analisa stabilitas ini menggunakan dua cara yaitu dengan cara manual dan dengan bantuan program Geo-studio Slope/W 2007. Untuk analisa stabilitas tubuh bendungan cara manual menggunakan metode Bishop. Metode Bishop adalah metode yang umum digunakan dan memiliki hasil yang cukup akurat untuk analisa stabilitas lereng tubuh bendungan. Dalam metode ini, pengaruh gaya-gaya pada sisi tepi tiap irisan diperhitungkan.

Sedangkan untuk membantu analisa analisa stabilitas tubuh bendungan agar lebih cepat dan efektif dapat menggunakan bantuan software Geostudio Slope/W 2007. Geo-studio Slope/W merupakan suatu software yang menggunakan teori keseimbangan batas (limit equilibrium theory) yang digunakan dalam menganalisa stabilitas lereng dan menghitung nilai faktor keamanan tanggul.

## 2.7 Pemodelan Dua Dimensi Saluran Menggunakan HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)*, yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*). HEC-RAS versi terbaru saat ini, Versi 4.1, beredar sejak Januari 2010. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi:

1. Hitungan profil muka air aliran permanen.
2. Simulasi aliran tak permanen.
3. Hitungan transpor sedimen.
4. Hitungan Mulai Stop Periruan aliran Debit Muka air

Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, routine hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan. HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan.



## 2.8 Pemodelan Stabilitas Saluran

Saluran dapat digolongkan menjadi saluran alam (natural) dan saluran buatan (artificial). Saluran alam meliputi semua alur air yang terdapat secara alamiah di bumi, mulai dari anak selokan kecil di pegunungan, selokan kecil, sungai kecil dan sungai besar sampai ke muara sungai. Sungai merupakan suatu salurandrainase yang terbentuk secara alami yang mempunyai fungsi sebagai saluran. Air yang mengalir di dalam sungai akan mengakibatkan proses penggerusan tanah dasarnya. Penggerusan yang terjadi secara terus menerus akan membentuk lubang-lubang gerusandi dasar sungai. Proses gerusan dapat terjadi karena adanya pengaruh morfologi sungai yang berupa tikungan atau adanya penyempitan saluran sungai.

Gerusan (scouring) merupakan suatu proses alamiah yang terjadi di sungai sebagai akibat pengaruh morfologi sungai (dapat berupa tikungan atau bagian penyempitan aliran sungai) atau adanya bangunan air (hydraulic structure) seperti jembatan, bendungan, pintu air, dan lain-lain. Morfologi sungai merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam proses terjadinya gerusan. Hal ini disebabkan aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas (free surface). Kondisi aliran saluran terbuka berdasarkan pada kedudukan permukaan bebasnya cenderung berubah sesuai waktu dan ruang. Disamping itu ada hubungan ketergantungan antara kedalaman aliran, debit air, kemiringan dasar saluran dan permukaan saluran bebas itu sendiri.

Aliran sungai tersebut bisa menyebabkan erosi. Erosi yang terjadi di sungai adalah erosi pada tebing sungai (river bank erosion). Erosi ini terjadi sebagai akibat pengikisan tebing sungai oleh air yang mengalir dari bagian atas tebing atau oleh terjangkapan aliran sungai yang kuat pada belokan sungai.

Saluran drainase/sungai direncanakan mampu menampung debit air yang melintas supaya tidak meluap ke daratan dan menyebabkan banjir. Untuk penanganan yang optimal diperlukan perencanaan dengan hasil mendekati kondisi nyata. Pendekatan menggunakan pemodelan software sering kali dilakukan untuk perencanaan simulasi banjir dengan metode unsteady non-uniform flow. Software yang umum digunakan adalah HECRAS, sebagai software open source. Namun dalam pemodelan pada HEC-RAS, tidak jarang ditemui kesulitan untuk memperoleh hasil analisis yang sempurna tanpa adanya keterangan error dan warning pada report program. Keterangan error dan warning dalam pemodelan unsteady non-uniform flow pada HEC-RAS umumnya dikarenakan tidak stabilnya profil muka air akibat pengaruh kerapatan jarak antar potongan melintang, perubahan bentuk



potongan melintang yang ekstrim, maupun kemiringan dasar saluran yang curam. Ketika pemodelan unsteady flow pada HEC-RAS terjadi kendala, biasanya para engineer mengalihkan pemodelan aliran menggunakan metode steady flow. Penggunaan model unsteady flow dan steady flow pada HEC-RAS perlu diketahui perbedaannya, maka penelitian ini akan membandingkan hasil pemodelan unsteady flow dan steady flow pada HEC-RAS. Sehingga dapat diketahui komponen yang mempengaruhi kestabilan pemodelan unsteady flow dan berapa persen selisih elevasi muka air banjir hasil pemodelan steady flow terhadap unsteady flow.

Menurut Istiarto (2014) untuk melakukan penelusuran banjir (flood routing) di sungai, perlu simulasi aliran tak permanen. Jika hanya ingin memperkirakan muka air banjir di sepanjang sungai, dapat dilakukan simulasi aliran permanen, dengan catatan bahwa muka air banjir yang hasil hitungan akan lebih tinggi daripada seharusnya (over estimate).

Menurut Goodell, C (2010) apabila simulasi banjir yang dihasilkan dengan unsteady flow kurang stabil, maka simulasi dapat dialihkan ke steady flow.

## 2.9 Pemodelan Stabilitas Dan Seepage Bendungan

Berdasarkan material penyusun bendungan dan lokasi penempatan materialnya, menurut Sosrodarsono, S. (1977) bendungan tipe urugan (earth fill dam) dibagi dalam 3 (tiga) tipe seperti:

1. Bendungan urugan homogen.
2. Bendungan urugan berzonal.
3. Bendungan urugan bersekat.



Type	Bentuk Umum	Keterangan
Bendungan Klasik		Apabila 80% dari seluruh bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang bergradasi terapan sama.
Bendungan Tebal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan zona kedap air di atasnya.
Bendungan Zonal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan miring ke hulu.
Bendungan Inti Vertikal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan vertikal.
Bendungan Sekat		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan dinding tebal lulus air di lereng udaranya, yang biasanya terbuat dari lembaran lempa logam karat, lembaran beton bertulang, aspal beton, lembaran plastik, dll. s/s.

Gambar 2.9.1 Tipe Bendungan

Bendungan urugan merupakan konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air, yang dibangun dengan cara menimbulkan bahan-bahan seperti: batu, krakal, kerikil, pasir, dan tanah pada komposisi tertentu. Dalam pembangunan bendungan urugan, perlu diperhatikan stabilitas lerengnya. Permasalahan yang harus dipertimbangkan dalam memperhitungkan nilai factor keamanan lereng bendungan urugan secara tiba-tiba.

Permodelan dilakukan dengan aplikasi GEOSTUDIO, yang terbagi menjadi 2 yaitu SLOP/W untuk mencari nilai factor keamanan lereng ketika terjadi drawdown. Kemudian permodelan akan digabungkan (SLOPE/W + SEEP/W) untuk mencari nilai factor keamanan pada tubuh bendungan dengan phreatic line yang telah diperhitungkan.

## 2.10 Inspeksi Dan Pemeliharaan Bendungan

Kegiatan operasi dan pemeliharaan bendungan adalah suatu kegiatan yang sangat penting agar bendungan bekerja secara normal, sehingga memberikan manfaat sesuai dengan rencana. Kegiatan operasi dan pemeliharaan yang tidak sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan, akan mengurangi efektifitas bendungan dan bahkan dapat membahayakan keamanan bendungan tersebut:

### 1. Operasi Bendungan

Operasi bendungan harus dilakukan berdasarkan rencana operasi tahunan, adapun rencana operasi tahunan disusun berdasar pola operasi bendungan (rule curves). Dan



rencana operasi tahunan ini secara berkala harus di evaluasi dan di update menyesuaikan kondisi yang ada. Kegiatan operasi bendungan meliputi:

- a. Pengumpulan dan pengolahan data hidrologi (Perkiraan air masuk, ketersediaan air dan peramalan banjir).
- b. Penyusunan pola operasi bendungan (rules curves)
- c. Menyusun dan melaksanakan rencana tahunan operasi bendungan.
- d. Melaksanakan operasi bendungan dalam keadaan darurat.
- e. Penyusunan laporan dan dokumentasi.

## 2. Pemeliharaan Bendungan

Pemeliharaan adalah suatu kegiatan dalam rangka mempertahankan fungsi waduk sesuai dengan umur layaman, menjaga kuantitas dan kualitas air waduk serta menjaga keamanan bendungan. Menurut Permen PUPR No. 27/PRT/M/2015, Pemeliharaan dibagi atas:

- a. Pemeliharaan pencegahan rutin: Pembersihan rumput atau semak, Perawatan jalan masuk, Drainase lingkungan berikut toe drain, Menara intake beserta pelengkapanya, Pelumasan alat hidromekanikal, Pembersihan rumah jaga beserta kantor lapangan.
- b. Pemeliharaan pencegahan berkala: Pengecatan rumah jaga beserta kantor lapangan, pengecatan alat hidromekanikal, perawatan waduk terutama terhadap bagaimana mempertahankan volume waduk atau bagaimana cara mengurangi sedimen masuk waduk.
- c. Pemeliharaan luar biasa, pemeliharaan luar biasa, dilakukan berdasar kebutuhan diluar jadwal pemeliharaan yang telah ditetapkan, ditajukan untuk perbaikan kerusakan yang disebabkan oleh kemunduran mutu, banjir, gempa bumi, kemaotan peralatan, kegagalan dan sebagainya.



## METODE PENELITIAN

## 3.1 Lokasi Survei

Lokasi Tinjauan penelitian merupakan DAS Sungai Bengawan Solo yang terletak pada kabupaten tinjauan yaitu Bojonegoro. Peta DAS Bengawan Solo dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1.1 DAS Bengawan Solo

## 3.2 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang diperlukan dalam penelitian ini didapatkan dari data sekunder saja.

## 3.2.1 Data Sekunder

Data ini tidak didapatkan secara langsung di lapangan, melainkan diperoleh dari sumber yang sudah ada, yaitu dengan pengumpulan data melalui internet meliputi semua informasi teknis wilayah sub DAS Bengawan Solo Hilir.

## 3.2.2 Data Primer

Pencarian data hujan dilakukan dengan menentukan minimal tiga stasiun hujan yang terdekat agar dapat membentuk poligon pada perhitungan curah hujan wilayah

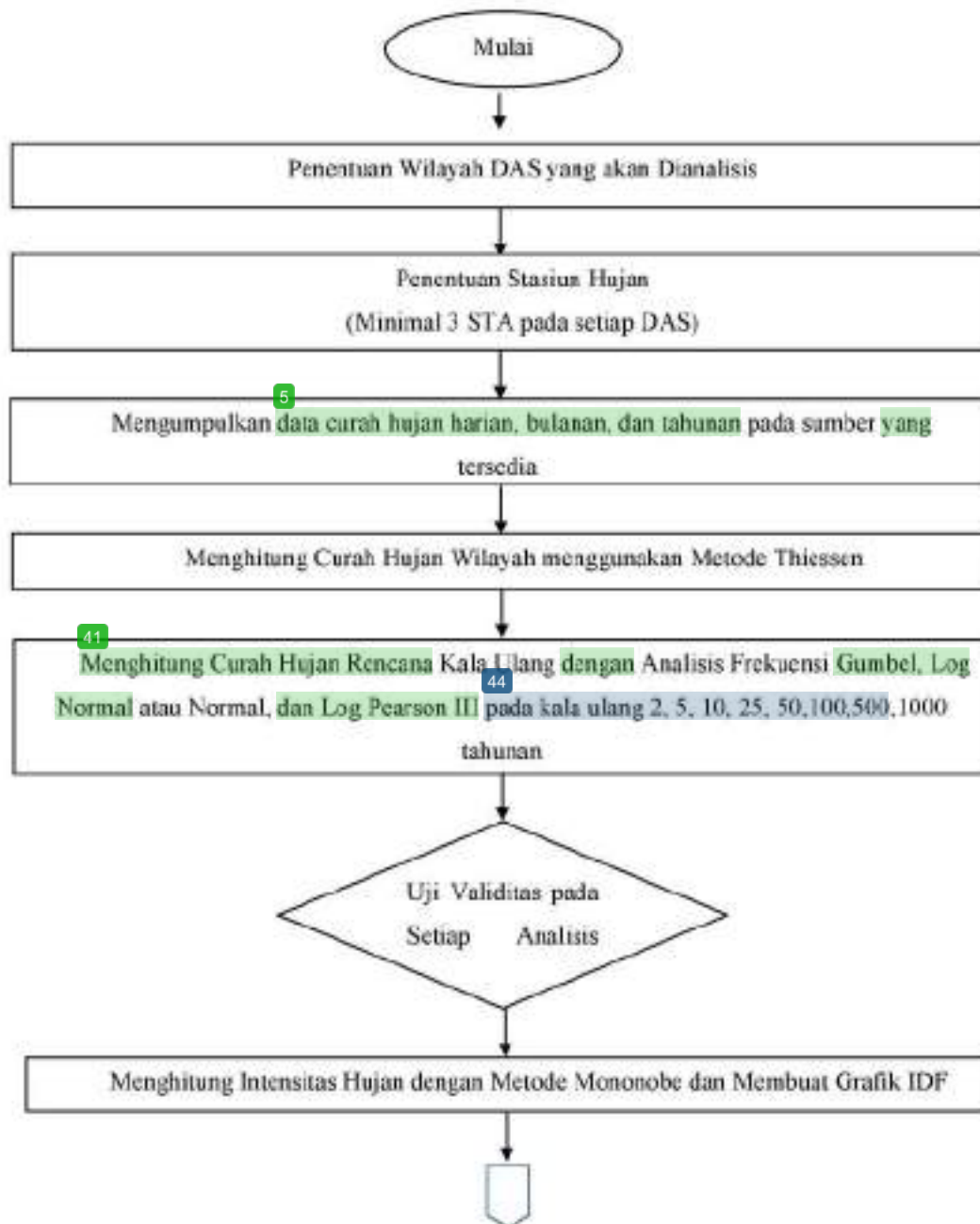


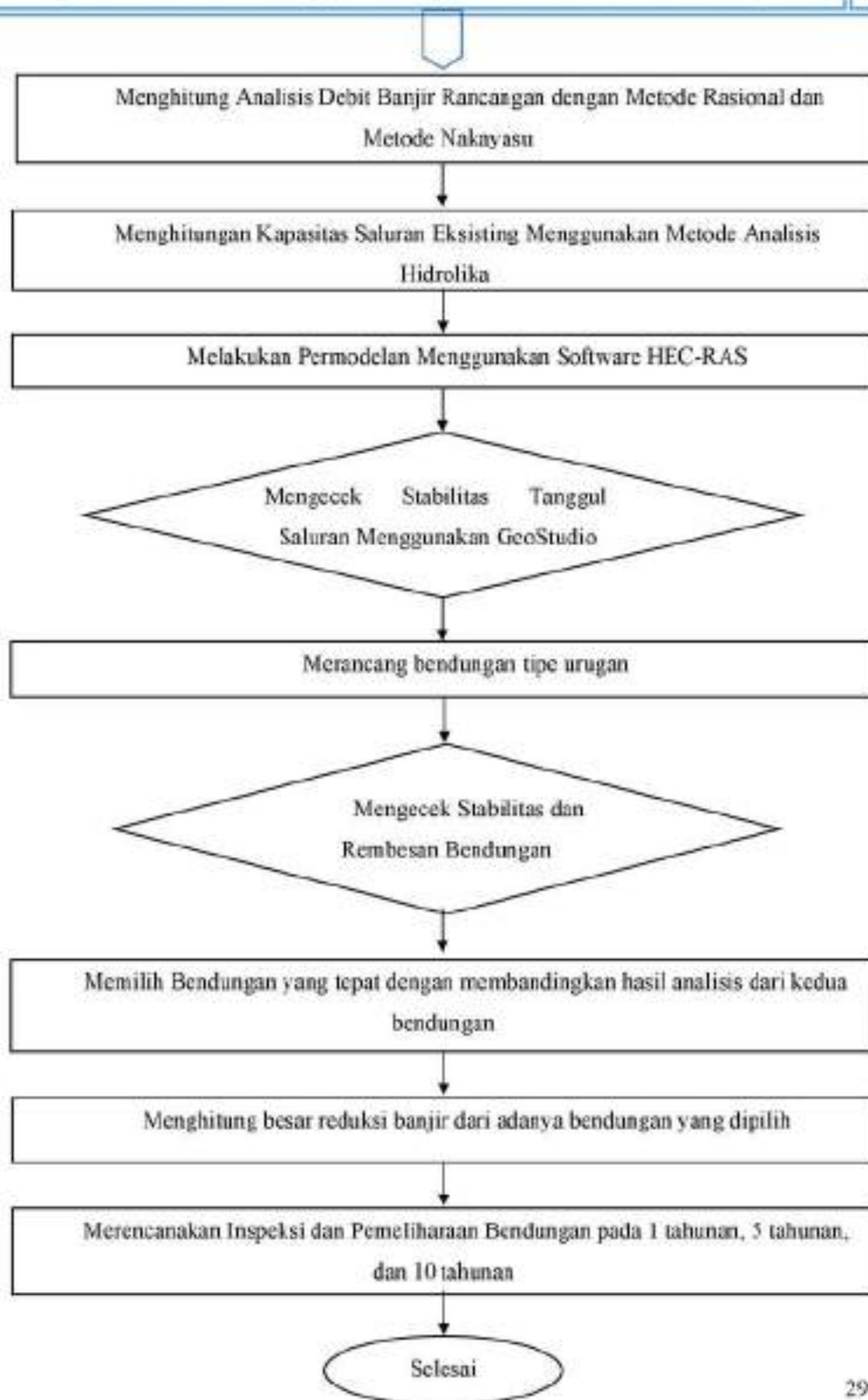
Thiessen. Namun pada penelitian ini diambil empat stasiun hujan dikarenakan jika diambil hanya tiga stasiun hujan sekitarnya ada salah satu stasiun hujan yang baru dibangun tiga tahun yang lalu. Empat stasiun yang telah ditentukan antara lain Stasiun Hujan Geofisika Sawahan, Stasiun Hujan Meteorologi Maritim Perak II, dan Stasiun Meteorologi Tuban, Stasiun Hujan Meteorologi Maritim Tanjung Mas. Data hujan yang diambil berdasarkan sumber yaitu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).





### 3.3 Diagram Alir Analisis Secara Umum





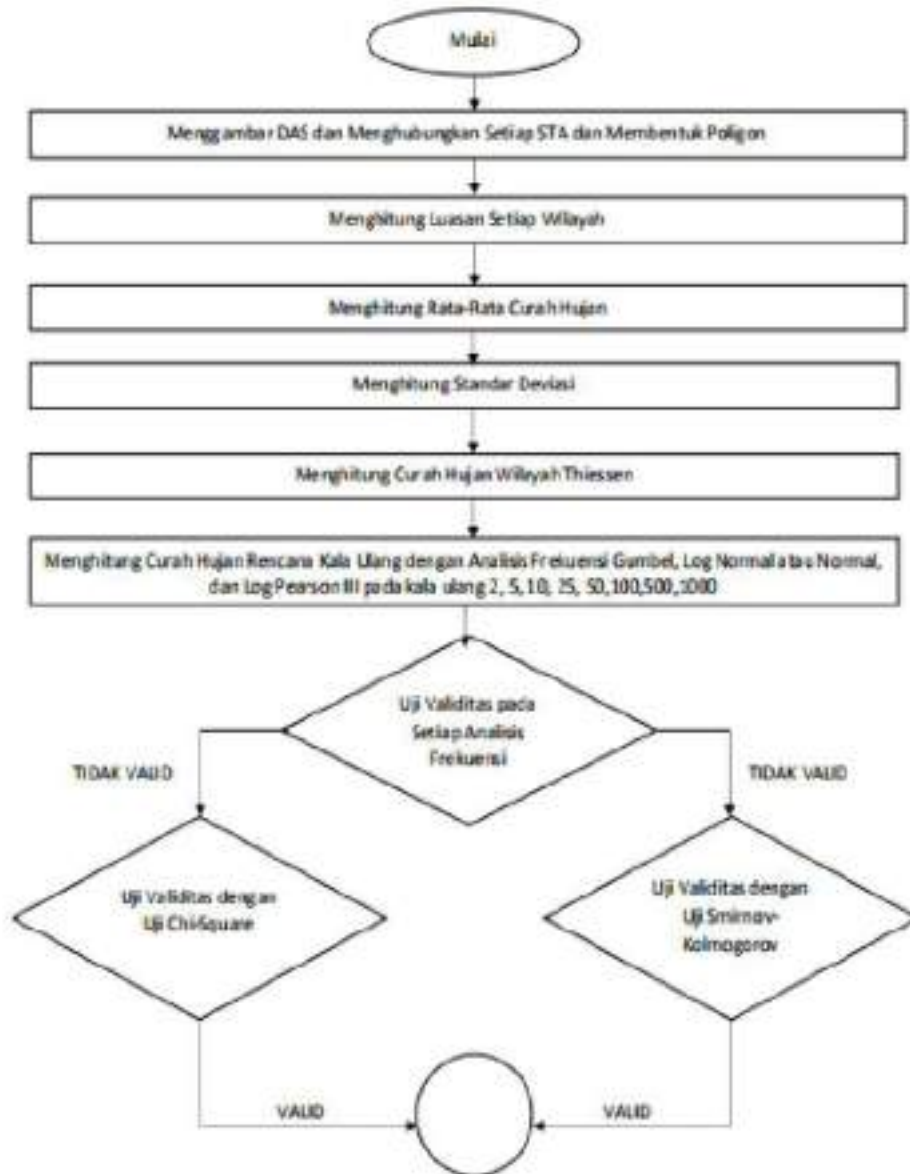


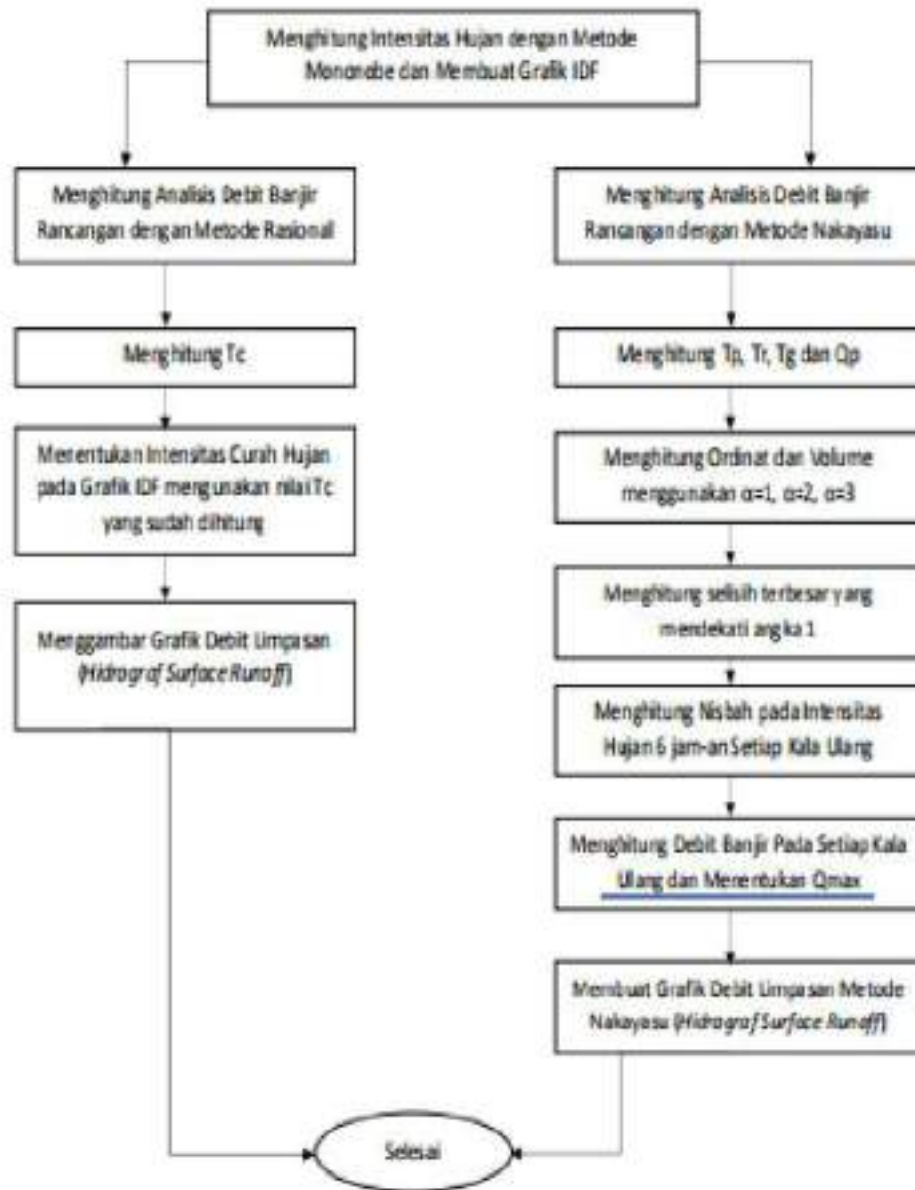
### 3.4 Pencarian Data Hujan

Pencarian data hujan dilakukan dengan menentukan minimal tiga stasiun hujan yang terdekat agar dapat membentuk poligon pada perhitungan curah hujan wilayah Thiessen. Namun pada penelitian ini diambil empat stasiun hujan dikarenakan jika diambil hanya tiga stasiun hujan sekitarnya ada salah satu stasiun hujan yang baru dibangun tiga tahun yang lalu. Empat stasiun yang telah ditentukan antara lain Stasiun Hujan Geofisika Sawahan, Stasiun Hujan Metreologi Maritim Perak II, dan Stasiun Metereologi Tuban, Stasiun Hujan Metreologi Maritim Tanjung Mas. Data hujan yang diambil berdasarkan sumber yaitu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).



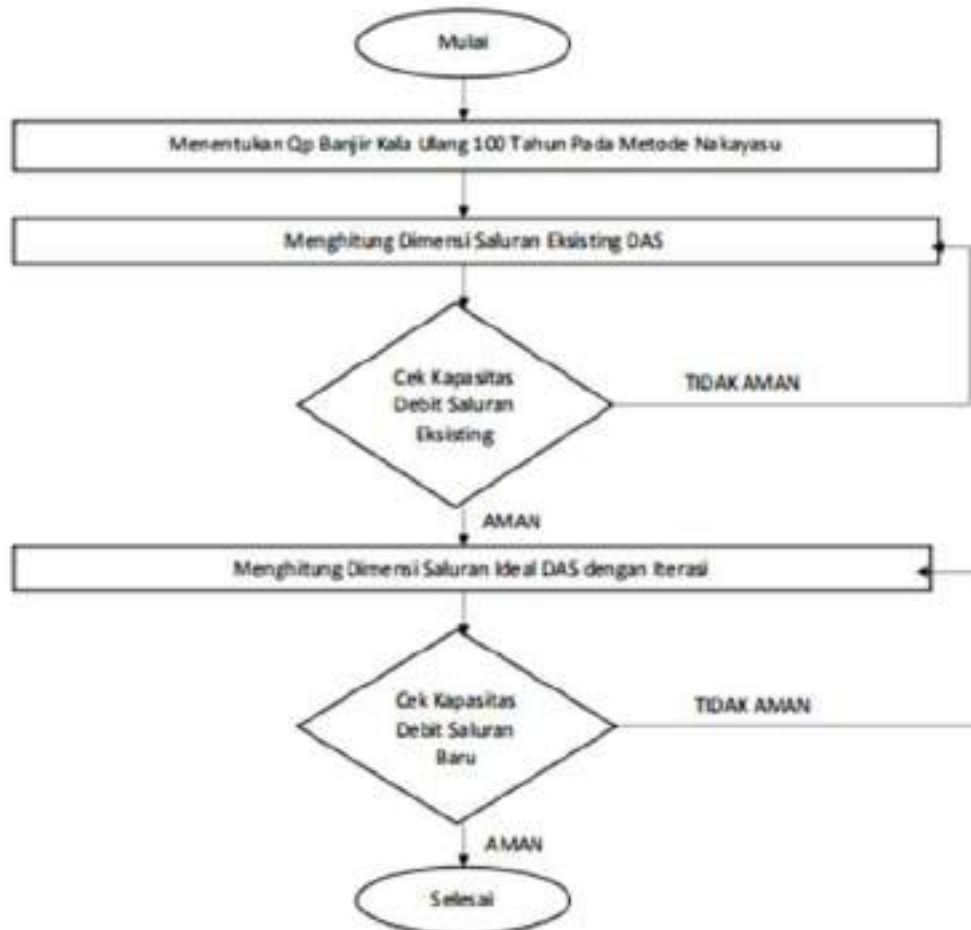
### 3.5 Diagram Analisis Banjir Rancangan





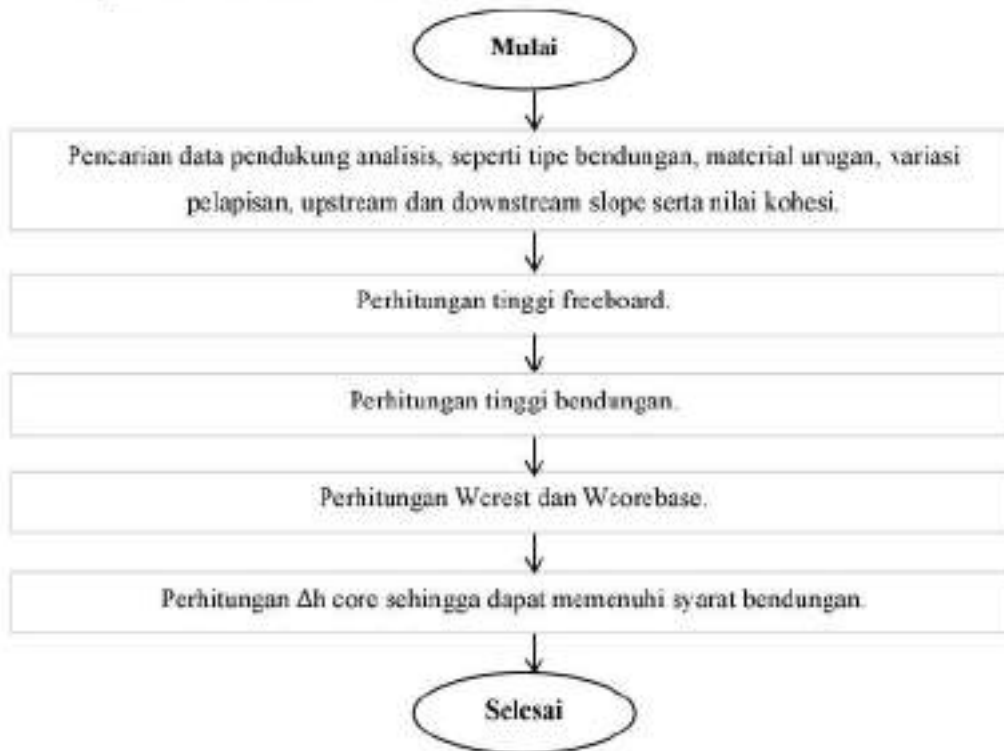


### 3.6 Diagram Analisis Hidrolika



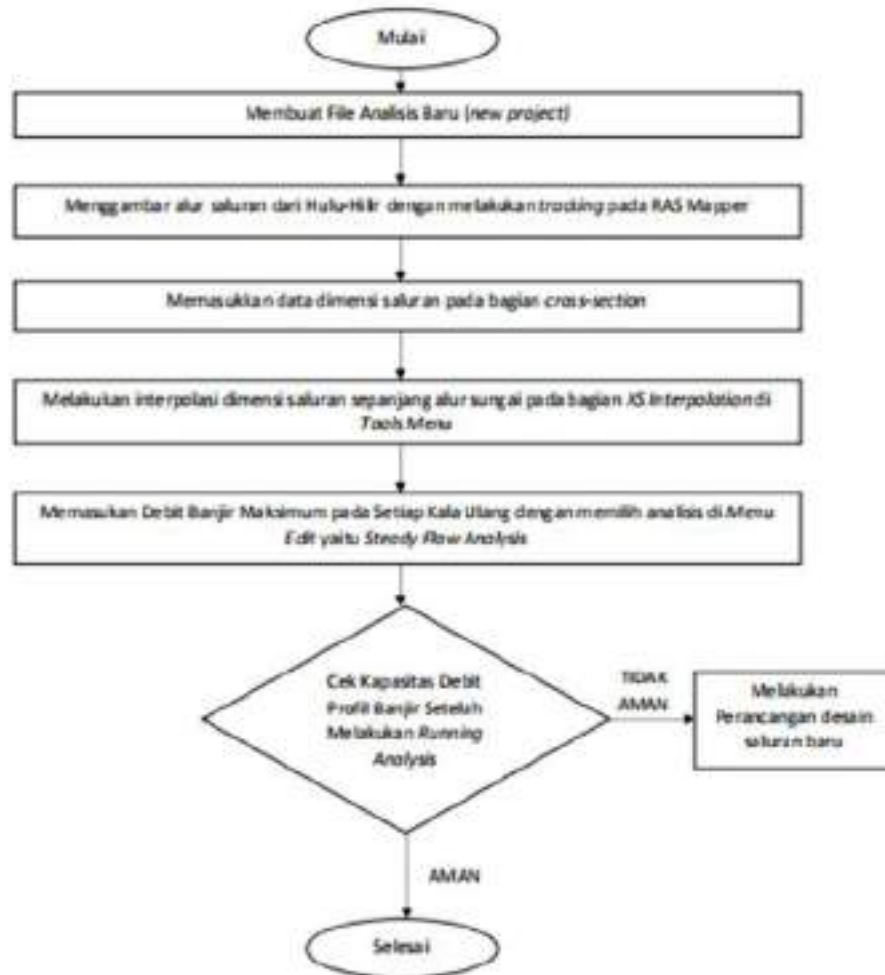


### 3.7 Diagram Analisis Desain Bendungan





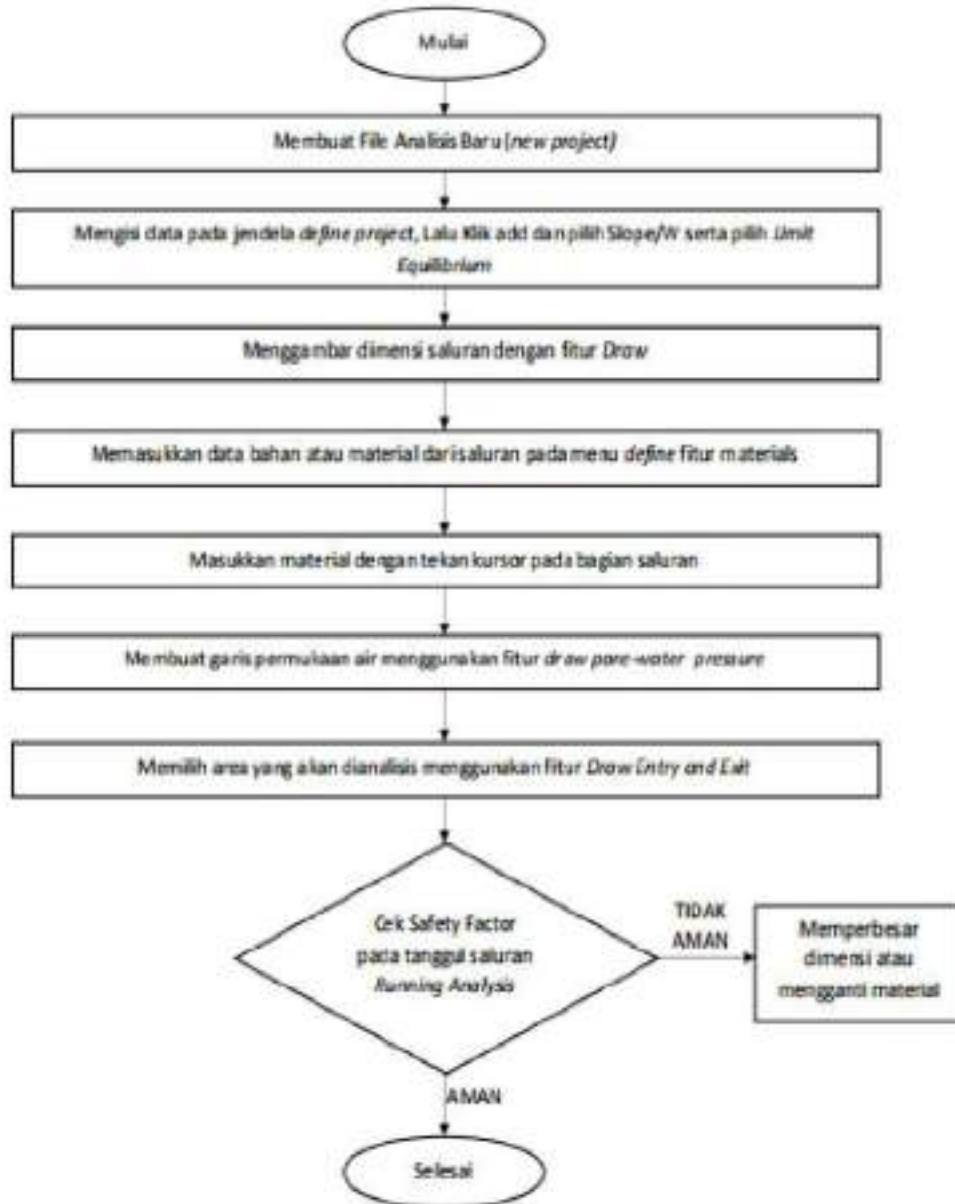
### 3.8 Diagram Analisis Permodelan HEC-RAS





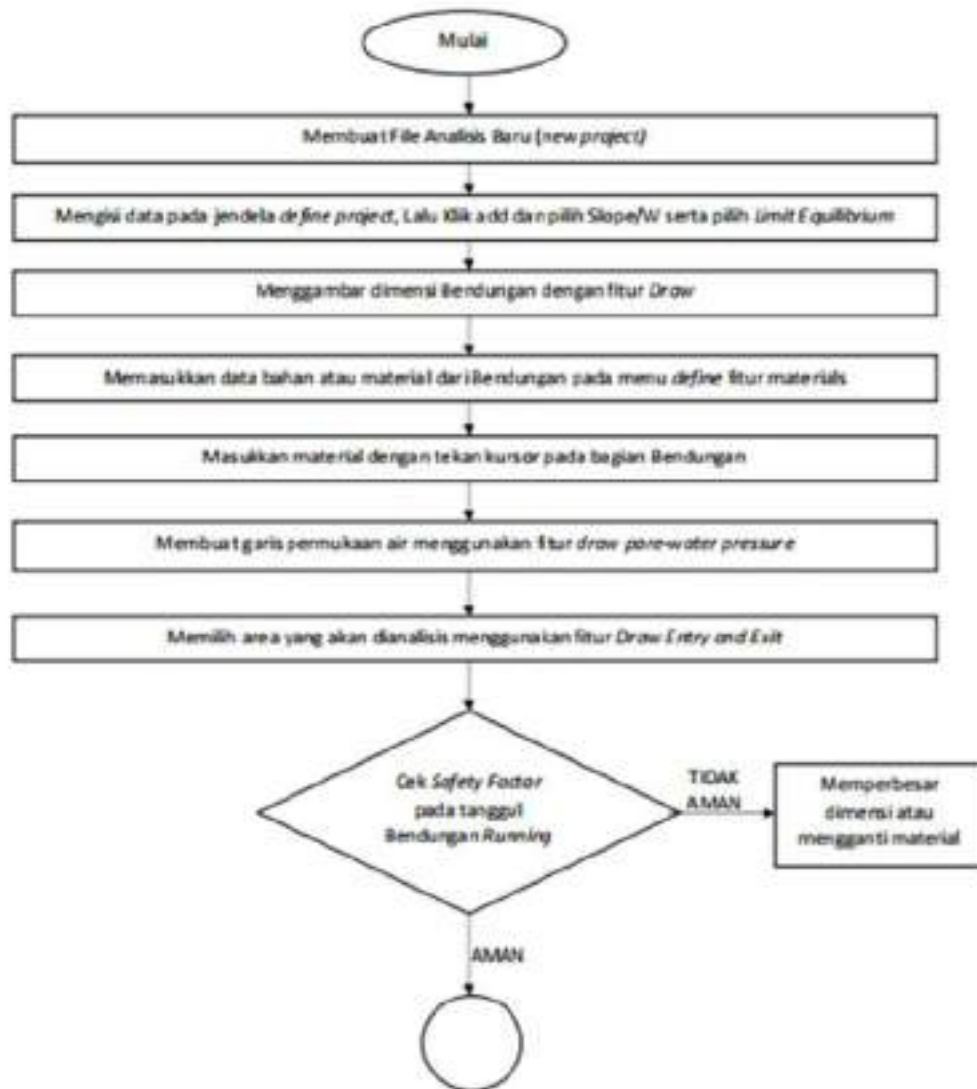


### 3.9 Diagram Analisis Stabilitas Saluran





### 3.10 Diagram Analisis Stabilitas dan Seepage Bendungan





5  
**BAB IV**

**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hujan Wilayah Thiessen**



Penggambaran polygon Thiessen menggunakan empat titik stasiun, yaitu Stasiun Geofisika Sawahan, Stasiun Metreologi Maritim Perak II, Stasiun Metreologi Tuban, dan Stasiun Metreologi Maritim Tanjung Mas didapatkan luas area cakupan masing-masing stasiun curah hujan dengan rincian yang ditabelkan sebagai berikut:

Stasiun Hujan		Luas Area (km <sup>2</sup> )
STA I	STASIUN GEOFISIKA SAWAHAN	755
STA II	STASIUN METREOLOGI MARITIM PERAK II	143
STA III	STASIUN METREOLOGI TUBAN	1068
STA IV	STASIUN METREOLOGI MARITIM TANJUNG MAS	305
Total		2271

22  
Perhitungan analisis hujan wilayah didapatkan dari nilai curah hujan wilayah pada setiap tahunnya berdasarkan pada data curah hujan tahunan maksimum dari data website BMKG tahun 2009-2018 yang dikalikan dengan masing-masing luasan area yang dicakup oleh masing-masing stasiun hujan. Hasilnya sebagai berikut:



No.	Tahun	Curah Hujan
1	2008	110.98
2	2009	115.66
3	2010	112.33
4	2011	94.18
5	2012	101.10
6	2013	104.49
7	2014	98.87
8	2015	104.05
9	2016	94.37
10	2017	73.33

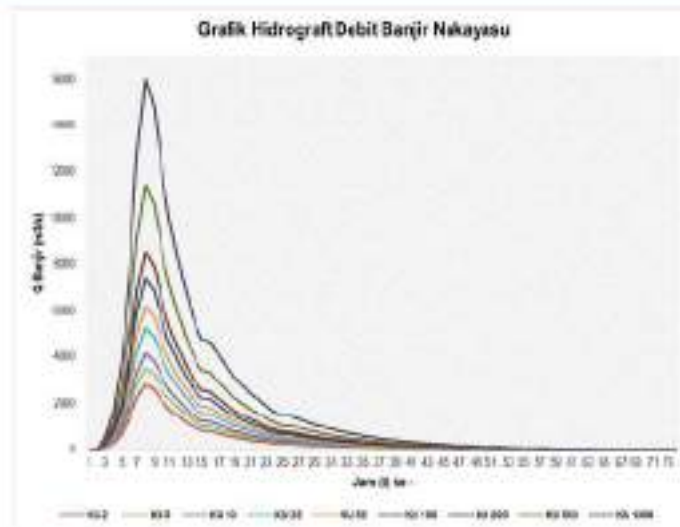
27

Dari nilai curah hujan wilayah dilakukan uji frekuensi, chi-square, dan smirnov-kolmogorov menggunakan metode Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson III. Dimana hanya hasil perhitungan metode Gumbel yang lolos pengujian yang selanjutnya digunakan sebagai data curah hujan rencana untuk perhitungan selanjutnya.

#### 4.2 Banjir Rancangan

Dari hasil perhitungan untuk memilih nilai alpha yang mendekati angka 1 mm didapatkan nilai alpha sebesar 1.5 dari pengujian alpha antara 1.5-3.5. Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan nilai nisbah berdasarkan nilai rasio curah hujan dan koefisien pengaliran saluran yang digunakan untuk perhitungan debit banjir pada setiap kala ulang, yaitu 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, dan 1000 tahun yang dijadikan grafik hidrograf banjir dengan nilai sebagai berikut:

Qbanjir m <sup>3</sup> /s								
2	5	10	25	50	100	200	500	1000
2802	3515	4141	5274	6204	7409	8544	11435	16012



#### 4.3 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika pada saluran mencakup perhitungan dan pengecekan kapasitas saluran dimana dilakukan simulasi perhitungan yang menyatakan kondisi banjir dan tidak banjir pada saluran di setiap debit banjir kala ulang dimana pada saluran *existing* banjir sudah terjadi mulai dari kala ulang 5 tahun dan pada saluran rencana banjir baru terjadi di kala ulang 100 tahun.

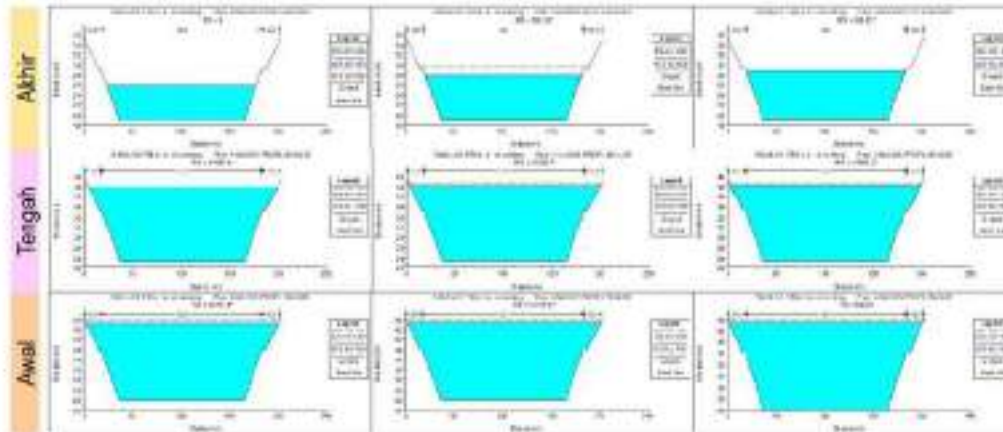
Kala Ulang Tahun		Existing	3185	Rencana	7974
		Qbanjir maks (m <sup>3</sup> /detik)	Keterangan	Qbanjir maks (m <sup>3</sup> /detik)	Keterangan
PF 1	2	2802.43	TIDAK BANJIR	2802.43	TIDAK BANJIR
PF 2	5	3515.05	BANJIR	3515.05	TIDAK BANJIR
PF 3	10	4141.34	BANJIR	4141.34	TIDAK BANJIR
PF 4	25	5273.61	BANJIR	5273.61	TIDAK BANJIR
PF 5	50	6203.83	BANJIR	6203.83	TIDAK BANJIR
PF 6	100	7408.85	BANJIR	7408.85	TIDAK BANJIR
PF 7	200	8543.9769	BANJIR	8543.98	BANJIR
PF 8	500	11434.663	BANJIR	11434.66	BANJIR
PF 9	1000	16011.855	BANJIR	16011.85	BANJIR

#### 4.4 Pemodelan Saluran

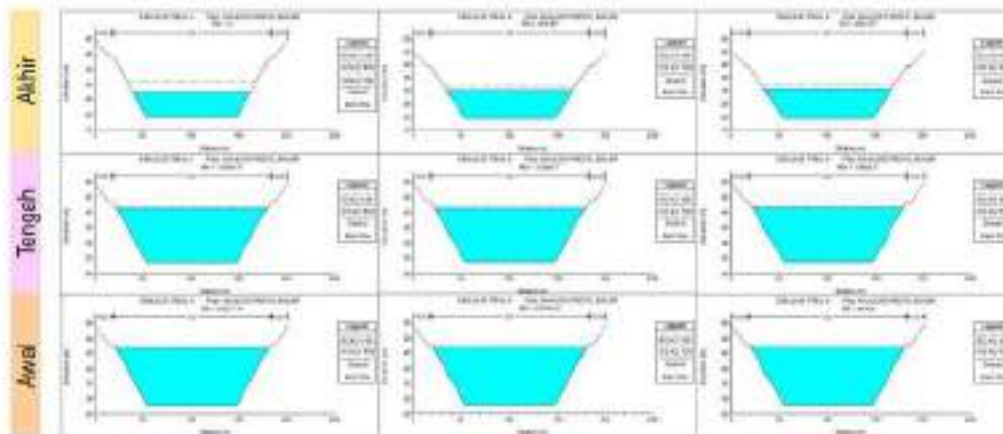
Pemodelan saluran dilakukan menggunakan aplikasi HEC-RAS dimana aplikasi akan mensimulasikan profil banjir pada setiap stasioning sungai. Sungai yang disimulasikan di HEC-RAS yaitu Sungai Bengawan Solo bagian Kabupaten Bojonegoro dengan panjang 64.22 km dengan nilai manning sebesar 0.023 dan kemiringan saluran



0.014 %. Saluran *existing* diasumsikan berbentuk trapesium dengan lebar atas 15 m, lebar bawah 129 m, dan kedalaman 10 m serta saluran rencana juga diasumsikan berbentuk trapesium dengan lebar atas 165 m, lebar bawah 93 m, dan kedalaman 20 m.



Gambar 4.4.1 Pemodelan Saluran *Existing*



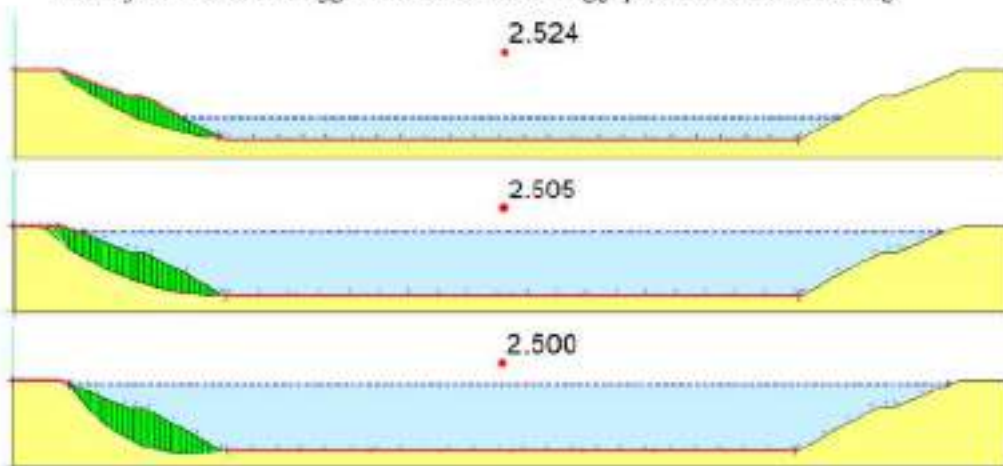
Gambar 4.4.2 Pemodelan Saluran Rencana

Dari pemodelan saluran *existing* dan rencana dapat diketahui perbedaan profil banjir pada setiap stasioning dan terlihat muka air banjir pada saluran rencana turun apabila dibandingkan dengan saluran *existing*.

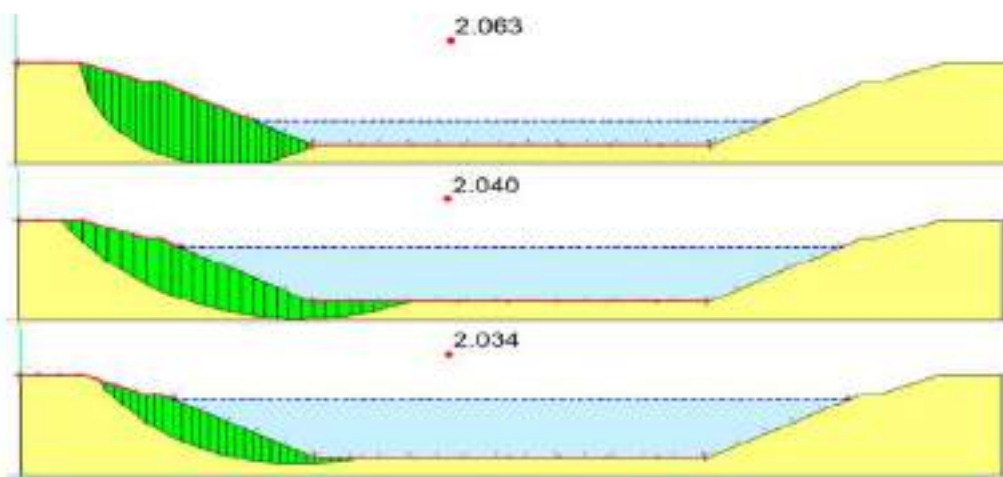


#### 4.5 Stabilitas Saluran

Analisis stabilitas saluran menunjukkan nilai stabilitas atau keamanan dari tebing saluran existing dan saluran rencana. Dari hasil analisis stabilitas saluran pada tiga sampel stasioning, yaitu stasioning awal, tengah, dan akhir dengan ketinggian air yang berbeda menunjukkan semakin tinggi muka air semakin tinggi pula stabilitas dari lereng.



Gambar 4.5.1 Stabilitas Saluran Existing



Gambar 4.5.2 Stabilitas Saluran Rencana



#### 4.6 Desain Bendungan

55

Berdasarkan pertimbangan pemilihan lokasi, bendungan ditempatkan di bagian hulu Sungai Bengawan Solo yang ada di Kabupaten Bojonegoro dengan luas 628 ha dan volume tampungan sebesar 3.241.147.798 m<sup>3</sup> yang mereduksi sebesar 83% debit banjir. Lokasi bendungan relatif aman dikarenakan berada jauh dari jalur patahan yang ada di Indonesia.



53

Gambar 4.6.1 Peta Lokasi Bendungan

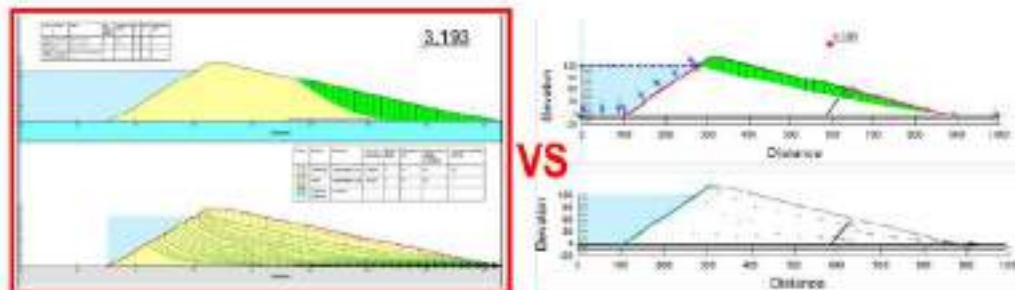






Gambar 4.6.2 Peta Jalur Penunjaman dan Patahan di Indonesia

Pemilihan desain struktur bendungan didasarkan pada pilihan desain bendungan pada tugas 1 dan dipilih desain bendungan urugan tipe c dengan material gravel dan silt yang lebih homogen dan memiliki nilai stabilitas sebesar 3,193. Dipilih stabilitas desain pertama karena nilai stabilitas desain pertama dinilai tidak boros apabila dibandingkan dengan standar minimum sebesar 2 dan stabilitas desain dua sebesar 4,185.



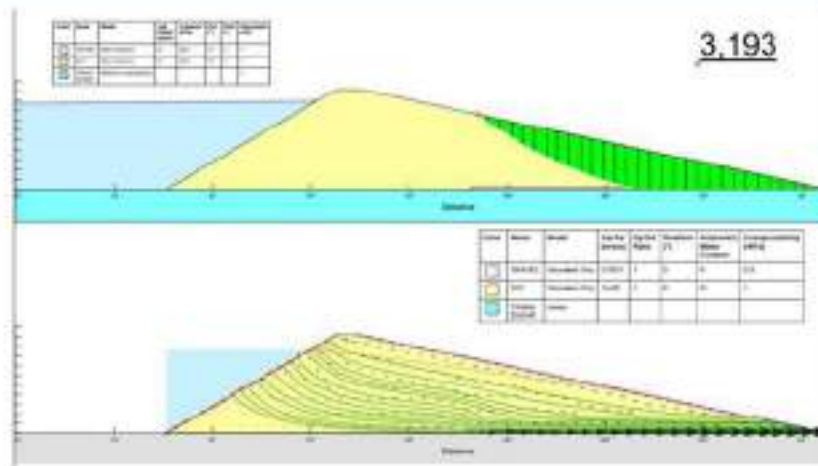
Gambar 4.6.3 Perbandingan Desain Bendungan

#### 4.7 Stabilitas dan Seepage Bendungan

Desain bendungan urugan terpilih yaitu bendungan tipe c dengan material silt dan gravel sebagai saluran drainase dan memiliki nilai stabilitas 3,193. Dari hasil analisis seepage pada bendungan dapat dilihat pada gambar yang menunjukkan arah aliran air menuju drainase bawah bendung yang berbahan gravel.



Gambar 4.7.1 Desain Bendungan Urugan Tipe C



Gambar 4.7.2 Hasil Analisis Stabilitas Lereng dan Seepage

7 **4.8 Inspeksi, Operasi, dan Pemeliharaan Bendungan**

Bentuk dari inspeksi, operasi, dan pemeliharaan bendungan didasarkan pada Pedoman Inspeksi dan Evaluasi Keamanan Bendungan dan disusun dalam bentuk penjadwalan *barchart* kegiatan inspeksi 1 tahunan, 5 tahunan, dan 10 tahunan mulai dari tahun 2019-2030.

Tabel 4.8.1 Rencana Inspeksi, Operasi, dan Pemeliharaan

No	Inspeksi dan Pemeliharaan	1 tahun											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	Bukit Tebing/Tunggan												
2	Kontak dengan Pondasi												
3	Saluran Pengontrol												
4	Bumihutan												
5	Saluran Drainase												
6	Daerah Gersangan												
7	Bangunan Pengontrol Iam												
8	Bangunan Pelimpah												
9	Bangunan Pengeluaran Sewah												
10	Sekeloa Bendungan												
11	Peralihan Generator Darurat												
12	Instrumenitasi												
13	Jaringan T dan T alap												
14	Telekomunikasi												
15	Protokol T melakan Darurat												

No	Inspeksi dan Pemeliharaan	5 tahun											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
16	Pondasi dan labing tunggan												
17	Peralihan listrik dan mekanik												
18	Air bilir												
19	Waduk dan sekitarnya												



No	Inspeksi dan Pemeliharaan	12 bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agst	Sep	Ok	Nov	Des
20	Retakan												
21	Bocoran												
22	Bekas												
23	Mata air												
24	Lubang beton												
25	Genangan												
26	Abras												
27	Tumbuhnya tanaman												
28	kelenturan puncak												
29	Tongkrakan abu amblesan lempung dan bebatu												
30	Kemerosotan mutu ipog												

Tabel 4.8.2 Rencana Inspeksi, Operasi, dan Pemeliharaan 2019-2030

Rencana CP	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Rencana Pemeliharaan 1 Tahunan												
Rencana Pemeliharaan 5 Tahunan												
Rencana Pemeliharaan 10 Tahunan												



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari seluruh proses perhitungan, analisis, dan pemodelan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis profil muka banjir menunjukkan keadaan saluran *existing* banjir pada kala ulang 5 tahun dan selanjutnya dilakukan *red-design* yang hasilnya profil banjir menunjukkan kondisi aman pada kala ulang disyaratkan, yaitu 100 tahun.
2. Pemilihan desain bendungan didapatkan desain bendungan urugan Tipe C dengan safety factor sebesar 3.193 dengan luasan 628 ha dan volume tampungan sebesar 3.241.147.798 m<sup>3</sup> yang mereduksi sebesar 83% debit banjir.
3. Penyusunan Rencana Inspeksi, Operasional, dan Pemeliharaan Bendungan disusun untuk tahun 2019-2030 menurut Pedoman Inspeksi dan Evaluasi Keamanan Bendungan meliputi kegiatan 1 tahunan, 5 tahunan, dan 10 tahunan.

#### 5.2 Saran

Dari seluruh proses perhitungan, analisis, dan pemodelan dapat disarankan hal sebagai berikut:

1. Diperlukan studi lapangan yang nyata apabila dilakukan perhitungan, analisis, dan pemodelan yang menyangkut objek yang nyata juga, dikarenakan keterbatasan data maka masih banyak data yang digunakan berdasarkan asumsi belaka sehingga kurang layak untuk dijadikan bahan publikasi.



## LAMPIRAN

### 1. Perhitungan Hujan Wilayah dan Thiessen

#### 1.1 Perhitungan Curah Hujan



Stasiun Hujan		Luas Area (km <sup>2</sup> )
STA I	STASIUN GEOFIKA SAWAN-WAN	755
STA II	STASIUN METEOROLOGI MARITIM PERAK I	143
STA III	STASIUN METEOROLOGI TUBAN	1088
STA IV	STASIUN METEOROLOGI MARITIM TANGUNG MAS	305
Total		2271

No.	Tahun	Sta I (mm)	Sta II (mm)	Sta III (mm)	Sta IV (mm)	Sta I x An (mm)	Sta II x An (mm)	Sta III x An (mm)	Sta IV x An (mm)	Pn	P	
1	2009	180.00	88.88	69.73	134.58	60	4	33	14	110.08	100.94	
2	2010	156.00	130.80	69.76	188.68	52	8	33	23	115.66		
3	2011	182.00	112.80	69.79	89.00	11	7	33	12	112.33		
4	2012	123.00	120.10	69.83	80.00	41	8	33	13	94.18		
5	2013	128.00	120.10	69.86	135.08	43	8	33	18	101.10		
6	2014	147.50	101.70	69.90	120.58	49	6	33	18	104.48		
7	2015	130.00	106.90	69.93	119.48	43	7	33	18	98.67		
8	2016	182.00	118.80	69.97	74.00	54	7	33	18	104.05		
9	2017	121.00	124.80	70.00	89.50	40	8	33	13	94.37		
10	2018	97.80	98.58	48.20	185.78	32	4	33	14	73.38		
An		755	143	1088	305							
AT		2271										
Pn		142.65	106.32	57.795662	111.22							
P		100.94										
Persentase		30%	6%	47%	13%							
Stasiun Hujan		1	2	3	4							
An		755	143	1.088	305							
AT		2271										



## 1.2 Perhitungan Uji Validitas

Uji Frekuensi Metode Normal

No. Urut(Xi)	CHH Rata2 (Ri)	(Ri-Rr) <sup>2</sup>	(Ri-Rr) <sup>3</sup>
1	73.33	762.36	-21049.28
2	94.18	45.61	-308.06
3	94.37	43.10	-282.81
4	98.87	4.27	-8.82
5	101.10	0.03	0.00
6	104.05	9.70	30.22
7	104.49	12.04	44.90
8	110.98	100.92	1013.81
9	112.33	129.83	1479.39
10	115.66	216.74	3190.79
Jumlah	1009.4	1325.2	-15889.9
Xrata-rata	100.939	Sd	73.62198

Rumus : $C_s = \frac{n^2 \sum X - \bar{X}^2}{(n-1)(n-2)(n-3.5)}$	1.464E-06
Koefisien variasi, $CV = \frac{s}{\bar{X}}$	0.637
Koefisien skewness, $C_r = \frac{n \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	-0.00055



## Uji Frekuensi Metode Gumbel

No. Urut (X <sub>i</sub> )	Urutan (Min-Max) (R <sub>i</sub> )	P (%)	(R <sub>i</sub> -R) <sup>2</sup>	(R <sub>i</sub> -R) <sup>3</sup>
1	73.33	9.09	5376.98	394282.29
2	94.18	18.18	8870.80	835495.77
3	94.37	27.27	8906.44	840535.68
4	98.87	36.36	9775.78	966558.53
5	101.10	45.45	10221.47	1033404.03
6	104.05	54.55	10827.12	1126598.52
7	104.49	63.64	10919.09	1140984.45
8	110.98	72.73	12317.66	1367057.84
9	112.33	81.82	12616.74	1417502.87
10	115.66	90.91	13377.39	1547237.32
10	1009.39	500.00	103211.36	10869855.29
<b>X<sub>rata-rata</sub></b>	100.94	<b>Sd</b>	27.78	

$\text{Rumus : } C_s = \frac{n^2 \sum (X - \bar{X})^2}{(n-1)(n-2)(n-3.5)^2}$	0.0002
$\text{Koefisien variasi, } CV = \frac{s}{\bar{x}}$	0.2762
$\text{Koefisien skewness, } C_s = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)^2}$	0.0669



Uji Frekuensi Metode Log Pearson III

No. Urut (X)	Urutan (Min-Max) (R)	Log Ri	$(\log R_i - \log \bar{R})^2$	$(\log R_i - \log \bar{R})^3$
1	73.33	1.87	3.48	6.49
2	94.18	1.97	3.90	7.69
3	94.37	1.97	3.90	7.70
4	98.87	2.00	3.98	7.94
5	101.10	2.00	4.02	8.05
6	104.05	2.02	4.07	8.21
7	104.49	2.02	4.08	8.23
8	110.80	2.05	4.10	8.50
9	112.33	2.05	4.20	8.62
10	115.66	2.06	4.26	8.78
10	1009.39	30.01	40.07	80.28
Xrata-rata	100.94	SO	1.1116	

Rumus : $C_s = \frac{n^2 \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(n-3)S^3}$	2.6000
Koefisien variansi, $CV = \frac{S}{\bar{X}}$	0.0110
Koefisien skewness, $C_s = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$	0.4051





#### Uji Frekuensi Metode Log Normal

No. Urut (Xi)	Urutan (Min-Max) (Ri)	Log Ri	(log Ri - log R) <sup>2</sup>
1	73.33	1.87	3.48
2	94.18	1.97	3.90
3	94.37	1.97	3.90
4	98.87	2.00	3.98
5	101.10	2.00	4.02
6	104.05	2.02	4.07
7	104.49	2.02	4.08
8	110.95	2.05	4.18
9	112.33	2.05	4.20
10	115.68	2.06	4.26
10	1009.39	29.01	40.07
Xrata-rata	100.94	SD	1.112

Rumus : $C_s = \frac{n^2 \sum (X - \bar{X})^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^2}$	2.6000
Koefisien variasi, $CV = \frac{S}{\bar{X}}$	0.0110
Koefisien skewness, $C_s = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	0.4051

25

#### Syarat Penentuan Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Pemitungan	Kesimpulan
Normal	$C_s = 0$	$C_s = -0.1006$	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	$C_k = 0.00000$	
Gumbel	$C_s \leq 1.1396$	$C_s = 0.0669$	25 Memenuhi
	$C_k \leq 5.4002$	$C_k = 0.00017$	
Log Pearson III	$C_s = 0$	$C_s = 0.405103702$	Tidak Memenuhi
	$C_s = 3$	$C_s = 0.41$	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_k = 5.383$	$C_k = 260$	



### 1.3. Perhitungan Uji Frekuensi

#### 1.3.1 Metode Gambel

No	Tahun	X	X <sup>2</sup>
1	2008	110,93	12317,56
2	2009	115,66	13377,39
3	2010	112,33	12618,74
4	2011	94,18	8870,80
5	2012	101,10	10221,47
6	2013	104,49	10919,09
7	2014	98,87	9775,76
8	2015	104,05	10827,12
9	2016	94,37	8906,44
10	2017	73,33	5376,96
Σ		1009,39	103211,36

No.	Tahun	Curah Hujan
1	2008	110,93
2	2009	115,66
3	2010	112,33
4	2011	94,18
5	2012	101,10
6	2013	104,49
7	2014	98,87
8	2015	104,05
9	2016	94,37
10	2017	73,33

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1009,39}{10} = 100,94 \text{ mm}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{103211,3611 - \frac{1009387}{10} \times \frac{1009387}{10}}{10-1}} = 12,134$$

$$f = 10 \times 0,134 = 1,34$$

f = 2 Tahun	f <sub>h</sub> = 0,4852
f = 3 Tahun	f <sub>h</sub> = 0,8466
f = 5 Tahun	f <sub>h</sub> = 1,5104
f = 10 Tahun	f <sub>h</sub> = 2,2510
f = 25 Tahun	f <sub>h</sub> = 3,1893
f = 50 Tahun	f <sub>h</sub> = 3,9128
f = 100 Tahun	f <sub>h</sub> = 4,6112
f = 200 Tahun	f <sub>h</sub> = 5,2880
f = 500 Tahun	f <sub>h</sub> = 6,2440
f = 1000 Tahun	f <sub>h</sub> = 6,9190

$$X_{tr} = \bar{X} + K \cdot Sx$$

$$\text{dimana } K = \frac{Y_h \cdot Y_n}{S_n}$$

$$X_{Tr} = X + K \cdot Sx$$

No.	Periode Ulang	Curah Hujan Rata-rata
1	2	99,30 mm
2	5	113,78 mm
3	10	123,38 mm
4	25	135,49 mm
5	50	144,48 mm
6	100	153,41 mm
7	200	162,29 mm
8	500	174,02 mm
9	1000	183,02 mm



1.3.2 Metode Log Pearson III

No	Tahun	$X_i$ (mm)	$\log X_i$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$	$(\log X_i - \log \bar{X})^3$
1	2008	111.0	2.05	0.0020	0.0001
2	2009	115.7	2.06	0.0039	0.0002
3	2010	112.3	2.05	0.0025	0.0001
4	2011	94.2	1.97	0.0007	0.0000
5	2012	101.1	2.00	0.0000	0.0000
6	2013	104.5	2.02	0.0003	0.0000
7	2014	98.9	2.00	0.0000	0.0000
8	2015	104.1	2.02	0.0003	0.0000
9	2016	94.4	1.97	0.0007	0.0000
10	2017	73.3	1.87	0.0184	-0.0025
		Jumlah	20.01	0.0267	-0.0021

No	Tahun	Curah Hujan
1	2008	111.0E
2	2009	115.6E
3	2010	112.3E
4	2011	94.18
5	2012	101.10
6	2013	104.40
7	2014	98.87
8	2015	104.05
9	2016	94.37
10	2017	73.33

$$\log \bar{X} = \frac{20.010}{10} = 2.00010$$

$$S_k = \sqrt{\frac{5 \cdot (\log X_i - \log \bar{X})^2}{(n-1) \cdot 12}} = \frac{0.0267}{9} = 0.00297$$

$$C_s = \frac{3 \cdot (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1) \cdot 12 \cdot S_k^3} = \frac{0.0021}{9 \cdot 0.00297^3} = 0.578$$

Berdasarkan nilai  $C_s = -1.76350$  maka diperoleh nilai  $K$  untuk setiap periode ulang (tabel 3)

T (tahun)	K	$\log \bar{X}$	$S_k$	$X_i$ (mm)
2	0.133	2.0009	0.05445	101.90
5	0.916	2.0009	0.05445	112.41
10	1.256	2.0009	0.05445	117.30
25	1.519	2.0009	0.05445	121.23
50	1.663	2.0009	0.05445	123.44
100	1.755	2.0009	0.05445	124.87
200	1.813	2.0009	0.05445	125.78
500	1.829	2.0009	0.05445	126.06
1000	1.858	2.0009	0.05445	126.49



1.3.3 Metode Log Normal

No	Tahun	X	X <sup>2</sup>
1	2008	110.98	12317.55738
2	2009	115.66	13377.3669
3	2010	112.33	12618.73923
4	2011	94.18	8870.800975
5	2012	101.10	10221.41179
6	2013	104.49	10919.09093
7	2014	98.87	9775.781932
8	2015	104.05	10827.11583
9	2016	94.37	8906.439077
10	2017	73.33	5378.975966
S		1009.386873	103211.3611

No.	Tahun	Curah Hujan
1	2008	110.98
2	2009	115.66
3	2010	112.33
4	2011	94.18
5	2012	101.10
6	2013	104.49
7	2014	98.87
8	2015	104.05
9	2016	94.37
10	2017	73.33

$$\bar{X} = \frac{\sum SX}{n} = \frac{1009.4}{10} = 100.94 \text{ mm}$$

$$Sx = \left( \frac{\sum SX^2 - \frac{(\sum SX)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5}$$

$$Sx = \left( \frac{103211.3611 - \frac{1009.3867^2}{10}}{9} \right)^{0.5}$$

$$Sx = 12.134$$

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_r \cdot Sx$$

TABEL FAKTOR FREKUENSI ALAM (ULATIM)  
 (sifatnya K<sub>r</sub> = koefisien deviasi normal, dan U<sub>0.01</sub> NORMAL)

n	K <sub>r</sub>	Y <sub>n</sub>
1	3 Tahun	0.4650
2	5 Tahun	0.6400
3	10 Tahun	0.8400
4	15 Tahun	1.0000
5	20 Tahun	1.1500
6	25 Tahun	1.2800
7	30 Tahun	1.3900
8	40 Tahun	1.5800
9	50 Tahun	1.7500
10	100 Tahun	2.3300
11	200 Tahun	2.8600
12	500 Tahun	3.6000
13	1000 Tahun	4.1500

No.	Periode Ulang	Curah Hujan Rata-rata
1	2	100.94 mm
2	5	111.13 mm
3	10	116.11 mm
4	25	122.05 mm
5	50	125.81 mm
6	100	129.21 mm
7	200	132.25 mm
8	500	135.89 mm
9	1000	139.53 mm

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_r \cdot Sx$$



## **1.4 Perhitungan Uji Chisquare**

### **1.4.1 Metode Log Pearson**



1

Chi-Square Metode Log Pearson III									
No.	Pr [1]	K [2]	LogR+SLogX,K [4]	X [5]	Batas Kelas [6]	O <sub>i</sub> [7]	E <sub>i</sub> [8]	(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /E <sub>i</sub> [9]	
1	80	0.133	2.01	101.963	P <=	5	2	4.50	
2	60	0.916	2.05	112.902	< P <=	3	2	0.50	
3	40	1.2555	2.07	118.002	< P <=	2	2	0.00	
4	20	1.5185	2.09	122.111	< P <=	0	2	2.00	
5	0	1.663	2.09	124.430	P >	0	2	2.00	
Jumlah						10	10	9	
Chi Kuadrat dan Tabel						=	5.991	<b>TIDAK DITERIMA</b>	

No	Periode Ulang	GUMBEL	LOG NORMAL	NORMAL	LOG PEARSON
1	2	98.30	100.21	100.94	101.96
2	5	113.78	111.79	111.13	112.90
3	10	123.38	117.92	116.11	118.00
4	25	135.49	125.68	122.05	122.11
5	50	144.48	130.95	125.81	124.43
6	100	153.41	135.71	129.21	125.92
7	200	162.29	140.25	132.25	126.87
8	500	174.02	145.79	135.89	127.15
9	1000	183.02	151.59	139.53	127.62

No.	Tahun	Curah Hujan
1	2008	110.98
2	2009	115.66
3	2010	112.33
4	2011	94.18
5	2012	101.10
6	2013	104.49
7	2014	98.87
8	2015	104.05
9	2016	94.37
10	2017	73.33



1.4.2 Metode Gumbel

Chi-Square Metode Gumbel										
No	Pr	K	X	Batas Kelas Sesuai dengan Nilai X [E]	Oi	Ei	(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /E			
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]			
1	80	-0.135	99.298	P <=	99.298	1	2	0.50		
2	60	1.0566	113.784	99.298 < P <=	113.784	3	2	0.50		
3	40	1.849	123.375	113.784 < P <=	123.375	2	2	0.00		
4	20	2.8476	135.493	123.375 < P <=	135.493	3	2	0.50		
5	0			P >	135.493	1	2	0.5		
Jumlah						10	10	2.00		
Chi Kuadrat dari Tabel = 5.991										
<b>DITERIMA</b>										

No.	Tahun	Curah Hujan
1	2008	110.98
2	2009	115.66
3	2010	112.33
4	2011	94.18
5	2012	101.10
6	2013	104.49
7	2014	98.87
8	2015	104.05
9	2016	94.37
10	2017	73.33

No	Periode Ulang	GUMBEL	LOG NORMAL	NORMAL	LOG PEARSON
1	2	98.30	100.21	100.94	101.86
2	5	113.78	111.79	111.13	112.80
3	10	123.38	117.02	116.11	118.00
4	25	135.48	125.08	122.05	122.11
5	50	144.48	130.95	125.81	124.43
6	100	153.41	135.71	129.21	125.92
7	200	162.29	140.20	132.25	126.87
8	500	174.02	145.79	135.89	127.15
9	1000	183.02	151.59	139.53	127.62



1

## 2. Perhitungan Banjir Rancangan

### 2.1 Nilai alpha

A	= 2271	km <sup>2</sup>	A	= 2271	km <sup>2</sup>	A	= 2271	km <sup>2</sup>
Ro	= 1.00	m/m	Ro	= 1.00	m/m	Ro	= 1.00	m/m
Tr	= 3.08	jam	Tr	= 3.08	jam	Tr	= 3.08	jam
L	= 64.22	km	L	= 64.22	km	L	= 64.22	km
D	= 0.03	km	D	= 0.03	km	D	= 0.03	km
0,8 Tr	= 2.47	jam	0,8 Tr	= 2.47	jam	0,8 Tr	= 2.47	jam
Tg	= 4.12	jam	Tg	= 4.12	jam	Tg	= 4.12	jam
Ip	= 6.80	jam	Ip	= 6.80	jam	Ip	= 6.80	jam
a	= 1.90	-	a	= 2.90	-	a	= 3.00	-
T <sub>0,3</sub>	= 6.19	jam	T <sub>0,3</sub>	= 8.25	jam	T <sub>0,3</sub>	= 12.37	jam
Ip + T <sub>0,3</sub>	= 12.79	jam	Ip + T <sub>0,3</sub>	= 16.91	jam	Ip + T <sub>0,3</sub>	= 18.97	jam
1,5 x T <sub>0,3</sub>	= 9.28	jam	1,5 x T <sub>0,3</sub>	= 15.47	jam	1,5 x T <sub>0,3</sub>	= 18.56	jam
Ip + T <sub>0,3</sub> + 1,5T <sub>0,3</sub>	= 22.07	jam	Ip + T <sub>0,3</sub> + 1,5T <sub>0,3</sub>	= 30.38	jam	Ip + T <sub>0,3</sub> + 1,5T <sub>0,3</sub>	= 37.53	jam
Qp	= 77.2	m <sup>3</sup> /s	Qp	= 51.3	m <sup>3</sup> /s	Qp	= 44.0	m <sup>3</sup> /s
Qh	= 2.40	m <sup>3</sup> /s	Qh	= 2.40	m <sup>3</sup> /s	Qh	= 2.40	m <sup>3</sup> /s
Qs	= 9.63	m <sup>3</sup> /s	Qs	= 9.63	m <sup>3</sup> /s	Qs	= 9.63	m <sup>3</sup> /s





1

No.	Karakteristik	Notasi	Persamaan	$\alpha = 1,5$		$\alpha = 2$		$\alpha = 3$	
				Batas	Awal	Batas	Awal	Batas	Awal
1	Lengkung Naik	$Q_n$	$Q_p \cdot (l/P) \geq 4$	Nilai 0	Notasi 0	Nilai 0	Notasi 0	Nilai 0	Notasi 0
2	Lengkung Turun Tahap 1	$Q_{-1}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) / T_0,3]$	$6,60$	$T_p$	$12,79$	$T_p$	$6,60$	$T_p + T_0,4$
3	Lengkung Turun Tahap 2	$Q_{-2}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) + 0,5 T_0,3] / 1,5 T_0,3]$	$6,60$	$T_p + T_0,3$	$12,79$	$T_p + T_0,4$	$6,60$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,4$
4	Lengkung Turun Tahap 3	$Q_{-3}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) + 1,5 T_0,3] / 2 T_0,3]$	$22,67$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,3$	$22,07$	$T_p + T_0,4$	$14,85$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,4$
<b><math>\alpha = 1,5</math></b>									
1	Lengkung Naik	$Q_n$	$Q_p \cdot (l/P) \geq 4$	Nilai 0,00	Notasi 0	Nilai 0,00	Notasi 0	Nilai 0	Notasi 0
2	Lengkung Turun Tahap 1	$Q_{-1}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) / T_0,3]$	$6,60$	$T_p$	$6,60$	$T_p$	$6,60$	$T_p + T_0,4$
3	Lengkung Turun Tahap 2	$Q_{-2}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) + 0,5 T_0,3] / 1,5 T_0,3]$	$16,81$	$T_p + T_0,3$	$16,81$	$T_p + T_0,4$	$18,97$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,4$
4	Lengkung Turun Tahap 3	$Q_{-3}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) + 1,5 T_0,3] / 2 T_0,3]$	$32,4$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,3$	$32,4$	$T_p + T_0,4$	$37,53$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,4$
<b><math>\alpha = 2,5</math></b>									
1	Lengkung Naik	$Q_n$	$Q_p \cdot (l/P) \geq 4$	Nilai 0	Notasi 0	Nilai 0	Notasi 0	Nilai 0	Notasi 0
2	Lengkung Turun Tahap 1	$Q_{-1}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) / T_0,3]$	$6,6$	$T_p$	$6,6$	$T_p$	$6,6$	$T_p + T_0,4$
3	Lengkung Turun Tahap 2	$Q_{-2}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) + 0,5 T_0,3] / 1,5 T_0,3]$	$16,9$	$T_p + T_0,3$	$16,9$	$T_p$	$6,60$	$T_p + T_0,4$
4	Lengkung Turun Tahap 3	$Q_{-3}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) + 1,5 T_0,3] / 2 T_0,3]$	$32,4$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,3$	$32,4$	$T_p + T_0,4$	$18,97$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,4$
<b><math>\alpha = 3,5</math></b>									
1	Lengkung Naik	$Q_n$	$Q_p \cdot (l/P) \geq 4$	Nilai 0	Notasi 0	Nilai 0	Notasi 0	Nilai 0	Notasi 0
2	Lengkung Turun Tahap 1	$Q_{-1}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) / T_0,3]$	$6,60$	$T_p$	$6,60$	$T_p$	$21$	$T_p + T_0,3$
3	Lengkung Turun Tahap 2	$Q_{-2}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) + 0,5 T_0,3] / 1,5 T_0,3]$	$21,64$	$T_p + T_0,3$	$21,64$	$T_p + T_0,3$	$42,7$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,3$
4	Lengkung Turun Tahap 3	$Q_{-3}$	$Q_p \cdot 0,3 \cdot [(l-P) + 1,5 T_0,3] / 2 T_0,3]$	$42,7$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,3$	$42,7$	$T_p + T_0,3 + 1,5 T_0,3$	$42,7$	$~$



1

Volume Hidrograf Satuan	$\alpha = 1,5$		$\alpha = 2$		$\alpha = 2,5$		$\alpha = 3$		$\alpha = 3,5$	
	Ordinat (m <sup>3</sup> /s)	Volume (m <sup>3</sup> )	Ordinat (m <sup>3</sup> /s)	Volume (m <sup>3</sup> )	Ordinat (m <sup>3</sup> /s)	Volume (m <sup>3</sup> )	Ordinat (m <sup>3</sup> /s)	Volume (m <sup>3</sup> )	Ordinat (m <sup>3</sup> /s)	Volume (m <sup>3</sup> )
	0,0000	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,8339	0	0,67	0,3	0,55	0,3	0,5	0,2	0,4	0,2
	4,4011	1503	3,51	1200,1	2,92	998,7	2,5	855,2	2,2	747,8
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	0,0052	10,363	0,04	71,1	0,11	214,9	0,2	434,9	0,4	702,9
	0,0047	9,402	0,03	66,1	0,11	202,7	0,2	414,2	0,4	674,2
	0,0043	8,53	0,03	61,4	0,10	191,2	0,2	394,6	0,3	646,7
	0,0039	7,740	0,03	57,1	0,09	180,4	0,2	375,8	0,3	620,3
	0,0035	7,002	0,03	53,1	0,09	170,1	0,2	358,0	0,3	594,9
Total Volume (m <sup>3</sup> )		1262311		1249068		1255113		1231456		1216645
Luas DAS (m <sup>2</sup> )		2271000000		2271000000		2271000000		2271000000		2271000000
Hujan Satuan (mm)		0,565		0,550		0,553		0,542		0,536
Hujan Satuan Ideal (mm)		1		1		1		1		1
Selisih (%)		43,54%		45,00%		44,73%		45,77%		46,43%

**GUNAKAN HUJAN SATUAN ~ 1 MM**

Diambil nilai  $\alpha$  dengan Selisih terkecil terjadi pada  $\alpha = 1,5$  yaitu dengan selisih **43,54%**. Nilai ini dipilih dikarenakan volume hujan satuan mendekati **1 mm**.



1

## 2.2 Nisbah

Kala Ulang (Tr)	tahun	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Rancangan	mm	89.30	113.76	123.38	135.40	144.48	153.41	162.29	174.02	183.02
Koefisien Pengaliran [C]	-	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.45
Rn	mm	20.85	26.17	30.84	39.29	46.23	55.23	63.70	85.27	119.42
Jam ke-					Nisbah (%)					
1	0.550	11.48	14.40	16.97	21.52	25.44	30.39	35.05	46.82	65.72
2	0.347	7.23	9.07	10.69	13.62	16.03	19.15	22.08	29.56	41.40
3	0.265	5.52	6.92	8.16	10.40	12.23	14.61	16.85	22.56	31.60
4	0.218	4.55	5.72	6.74	8.58	10.10	12.06	13.91	18.62	26.08
5	0.188	3.92	4.93	5.81	7.40	8.70	10.39	11.99	16.06	22.48
6	0.167	3.48	4.36	5.14	6.55	7.71	9.20	10.62	14.21	19.90

No	Frekuensi (lang)	GUBREEL	1.00 NISBAH	MASWAL	LOG PERSON
1	3	50.38	100.21	100.94	101.96
2	5	112.78	111.79	113.13	114.50
3	30	122.30	117.02	118.31	119.60
4	25	118.03	125.08	122.85	127.11
5	30	141.08	132.86	129.81	134.43
6	100	122.41	125.31	129.21	133.57
7	200	102.20	140.26	132.25	138.87
8	500	17.02	143.39	133.69	141.16
9	1000	143.92	161.06	139.63	157.82

### Character of surface

	2	5	10	25	50	100	500
<b>Developed</b>							
Asphaltic	0.75	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concrete/roof	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Gross area (lawns, parks, etc.)							
Floor condition (grass cover less than 50% of the area)							
Flat, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Average, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Steep, over 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Fair condition (grass cover in 50% to 75% of the area)							
Flat, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.48	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Good condition (grass cover larger than 75% of the area)							
Flat, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Average, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Steep, over 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58



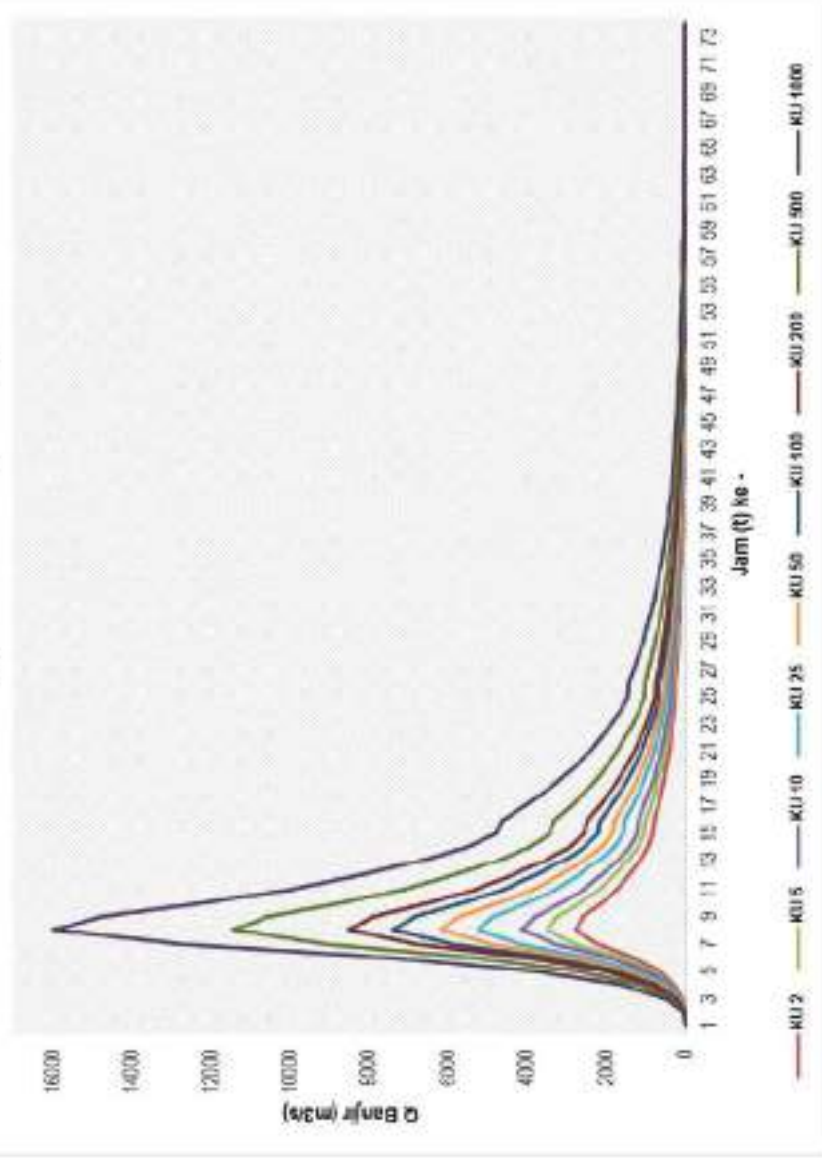
### 2.3 Hidrograf Banjir

Jam (t) ke-	Qbanjir m <sup>3</sup> /s									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	1600
0.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
1.00	17.57	20.01	22.15	26.03	29.22	33.34	37.23	47.11	62.80	
2.00	60.32	111.31	129.76	163.12	190.52	228.02	259.86	314.62	470.46	
3.00	290.09	362.02	425.25	539.51	633.45	755.09	869.98	1161.48	1623.53	
4.00										
97.00	8.17	8.22	8.25	8.32	8.38	8.45	8.52	8.70	8.98	
98.00	8.16	8.20	8.23	8.29	8.34	8.41	8.48	8.64	8.89	
99.00	8.14	8.18	8.21	8.27	8.31	8.37	8.43	8.58	8.81	
100.00	8.13	8.16	8.19	8.24	8.28	8.34	8.39	8.52	8.73	

Qbanjir m <sup>3</sup> /s									
2	5	10	25	50	100	200	500	1000	
2802	3515	4141	5274	6204	7409	8544	11435	16012	



Grafik Hidrografi Debit Banjir Nakayasu





### 3. Perhitungan Analisis Hidrolika

#### 3.1 Saluran Existing

RENCANA TAMPUNGAN SALURAN		
Kode Bang Saluran	Quanty m <sup>3</sup> /detik (maksud)	Absorban
PF 1	2	2602.43
PF 2	5	3515.06
PF 3	10	4141.34
PF 4	25	5273.07
PF 5	50	6203.63
PF 6	100	7426.85
PF 7	200	8543.739
PF 8	300	11424.083
PF 9	1000	16711.855

PERENCANAAN SALURAN		
PENAMPANG : TRAPESIUM		
Dimensi	KELILING B-SIMP (U)	
Lebar Atas (b1)	= 105	m
Lebar Bawah (b2)	= 93	m
Tinggi (h)	= 10	m
Panjang Slope (s)	= 20.58	m
Luas Persegi (A)	U = 2h + b2	
	= 100 + 93 = 193	
	A = (b1 + b2) x h / 2	
	= (105 + 93) x 10 / 2	
	= 990	
	R = A / U	
	= 990 / 193	
	= 5.13	
	KEMERATAN ALIRAN (V)	
Kemiringan (S)	= 0.01402%	m/m
	Q = A x V	
	= 990 x 3.02	
	= 2989.8	

Panjang Saluran	62160	m
Kekasaran Saluran	0.023	
Kemiringan Saluran	0.0145%	
Elevasi Sta 0	19	m
Elevasi Sta 62160	28	m
Sta 0	Sta 62160	
X	Y	Y
0	45	0
15	39	15
18.5	39	18.5
54.5	19	54.5
147.5	19	147.5
183.5	39	183.5
187	39	187
202	45	202

Tabel koefisien Manning untuk berbagai saluran

Saluran	Kemiringan	Koefisien
Lurus, baru, antara dua buah	0.01 - 0.015	0.015 - 0.018
Berlekuk lekuk dan terompak	0.015 - 0.018	0.020 - 0.025
Tidak teratur dan lekuk	0.020 - 0.030	0.030 - 0.040
Terak becek, lekuk dan tidak teratur	0.030 - 0.040	0.040 - 0.050
Bekas banjir	0.020 - 0.030	0.030 - 0.040
Perempatan baru lekuk	0.017 - 0.020	0.018 - 0.020
Saluran, tanggapan lekuk dan rata	0.018 - 0.020	0.020 - 0.025
Kemiringan lekuk dan tanggapan bergang rata	0.018 - 0.020	0.020 - 0.025

Garis m/s									
2	10	25	50	100	200	300	400	500	600
2002	2010	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014





### 3.2 Saluran Rencana

RENCANA TAMPUNG SALURAN		
Kode Uraian Tahap	Dimensi (m)	Keterangan
PF 1	3	TIDAK BANJIR
PF 2	5	TIDAK BANJIR
PF 3	10	TIDAK BANJIR
PF 4	25	TIDAK BANJIR
PF 5	50	TIDAK BANJIR
PF 6	100	TIDAK BANJIR
PF 7	200	BANJIR
PF 8	500	BANJIR
PF 9	1000	BANJIR

PERENCANAAN SALURAN		
PENAMPAK : TRAPESIUM		
DINDIL	REK. NO. 50346 (U)	
Lebar Atas (B1)	= 165 m	
Lebar Bawah (B2)	= 93 m	$U = 2b + b^2$
Tinggi (h)	= 20 m	
Panjang Slope (s)	= 41,18 m	$U = 175,280$ m
LURAS PERAMPANG (A)	JAR. AMFIDROUSE (R)	
$A = (b1 + b2) \cdot h / 2$	$R = A / U$	
A	= 2580 m <sup>2</sup>	= 14,713 m
RENTANAN SALURAN (V) %	RENTANAN KURVA (V)	
Kemiringan (S)	= 0,51422%	V = 3,081 m/s
DEBIT BULANAN (Q)		7973,338 m <sup>3</sup> /s
$Q = k \cdot s \cdot V$		

Parang Saluran	62160	m	
Kemalaran Saluran	0,023		
Kemiringan Saluran	0,0145%		
Elevasi Sta 0	19	m	
Elevasi Sta 62160	28	m	
Sta 0	Sta 62160		
X	Y	X	Y
0	35	0	44
15	29	15	38
18,5	29	18,5	38
36,5	19	36,5	28
165,5	19	165,5	28
183,5	29	183,5	38
187	29	187	38
202	35	202	44

Tabel Keluaran Ketinggian untuk saluran

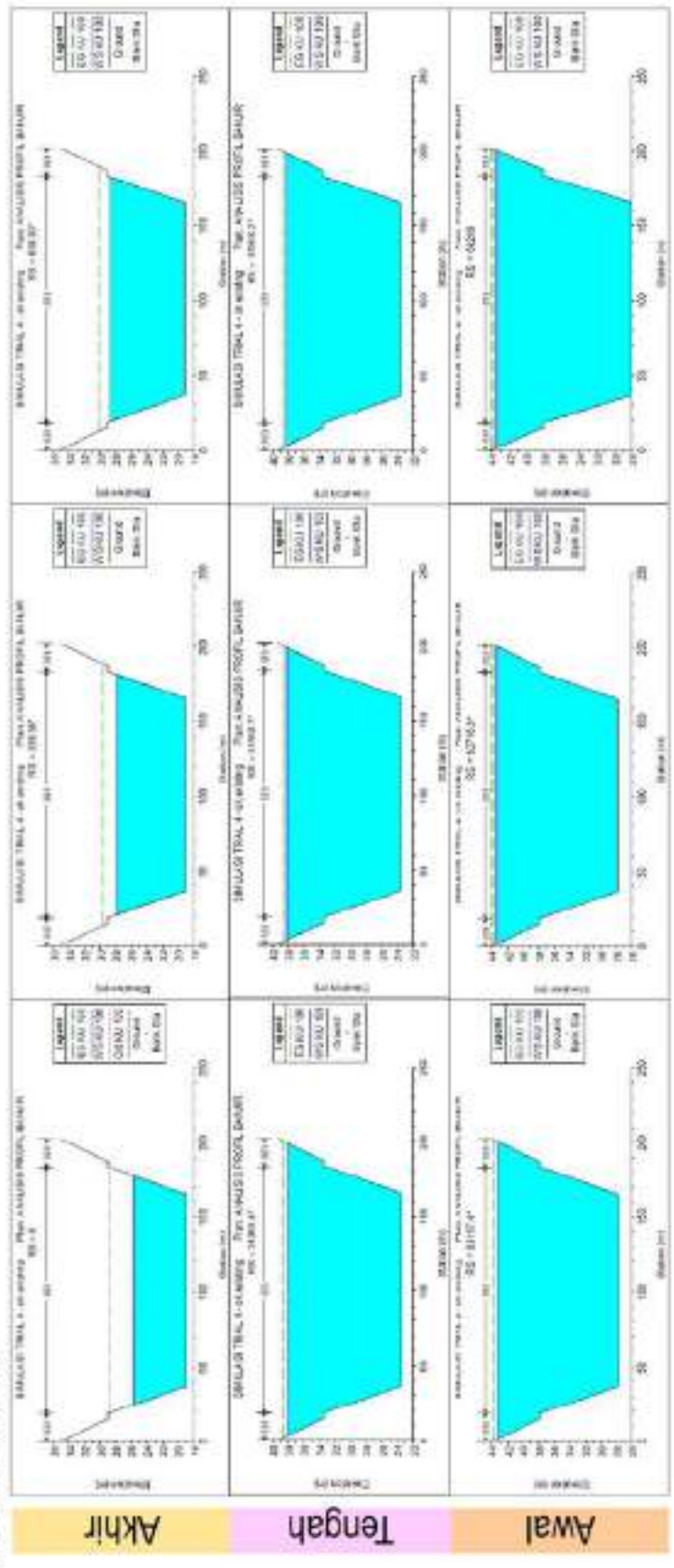
Stasiun	Ketinggian	Uraian
1	19,00	0,00
2	28,00	0,00
3	28,00	0,00
4	28,00	0,00
5	28,00	0,00
6	28,00	0,00
7	28,00	0,00
8	28,00	0,00
9	28,00	0,00
10	28,00	0,00
11	28,00	0,00
12	28,00	0,00
13	28,00	0,00
14	28,00	0,00
15	28,00	0,00
16	28,00	0,00
17	28,00	0,00
18	28,00	0,00
19	28,00	0,00
20	28,00	0,00
21	28,00	0,00
22	28,00	0,00
23	28,00	0,00
24	28,00	0,00
25	28,00	0,00
26	28,00	0,00
27	28,00	0,00
28	28,00	0,00
29	28,00	0,00
30	28,00	0,00
31	28,00	0,00
32	28,00	0,00
33	28,00	0,00
34	28,00	0,00
35	28,00	0,00
36	28,00	0,00
37	28,00	0,00
38	28,00	0,00
39	28,00	0,00
40	28,00	0,00
41	28,00	0,00
42	28,00	0,00
43	28,00	0,00
44	28,00	0,00
45	28,00	0,00
46	28,00	0,00
47	28,00	0,00
48	28,00	0,00
49	28,00	0,00
50	28,00	0,00
51	28,00	0,00
52	28,00	0,00
53	28,00	0,00
54	28,00	0,00
55	28,00	0,00
56	28,00	0,00
57	28,00	0,00
58	28,00	0,00
59	28,00	0,00
60	28,00	0,00
61	28,00	0,00
62	28,00	0,00
63	28,00	0,00
64	28,00	0,00
65	28,00	0,00
66	28,00	0,00
67	28,00	0,00
68	28,00	0,00
69	28,00	0,00
70	28,00	0,00
71	28,00	0,00
72	28,00	0,00
73	28,00	0,00
74	28,00	0,00
75	28,00	0,00
76	28,00	0,00
77	28,00	0,00
78	28,00	0,00
79	28,00	0,00
80	28,00	0,00
81	28,00	0,00
82	28,00	0,00
83	28,00	0,00
84	28,00	0,00
85	28,00	0,00
86	28,00	0,00
87	28,00	0,00
88	28,00	0,00
89	28,00	0,00
90	28,00	0,00
91	28,00	0,00
92	28,00	0,00
93	28,00	0,00
94	28,00	0,00
95	28,00	0,00
96	28,00	0,00
97	28,00	0,00
98	28,00	0,00
99	28,00	0,00
100	28,00	0,00





#### 4. Hasil Permodelan Saluran (Sampel STA Hulu, Tengah, Hilir)

##### 4.1 Saluran existing



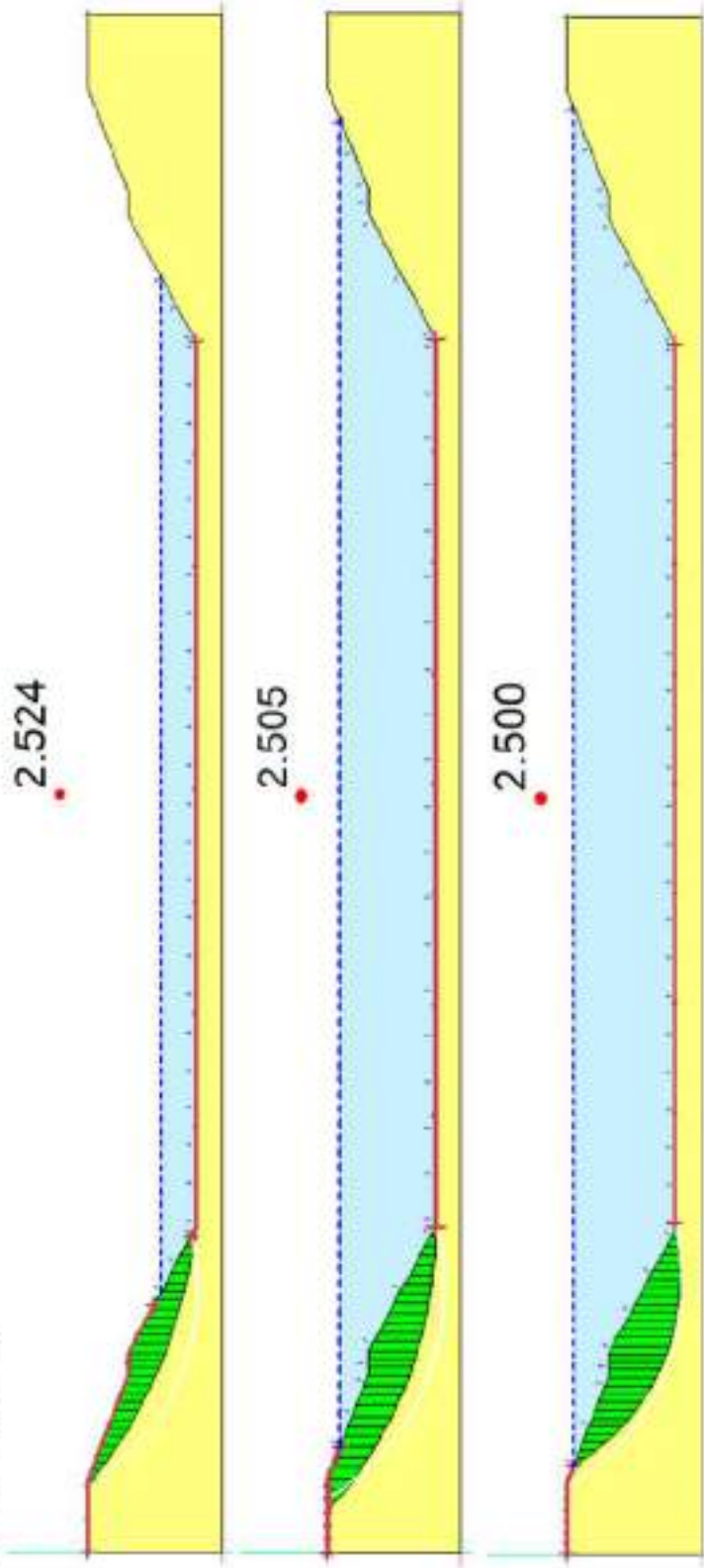






### 5. Hasil Pemodelan Stabilitas Saluran

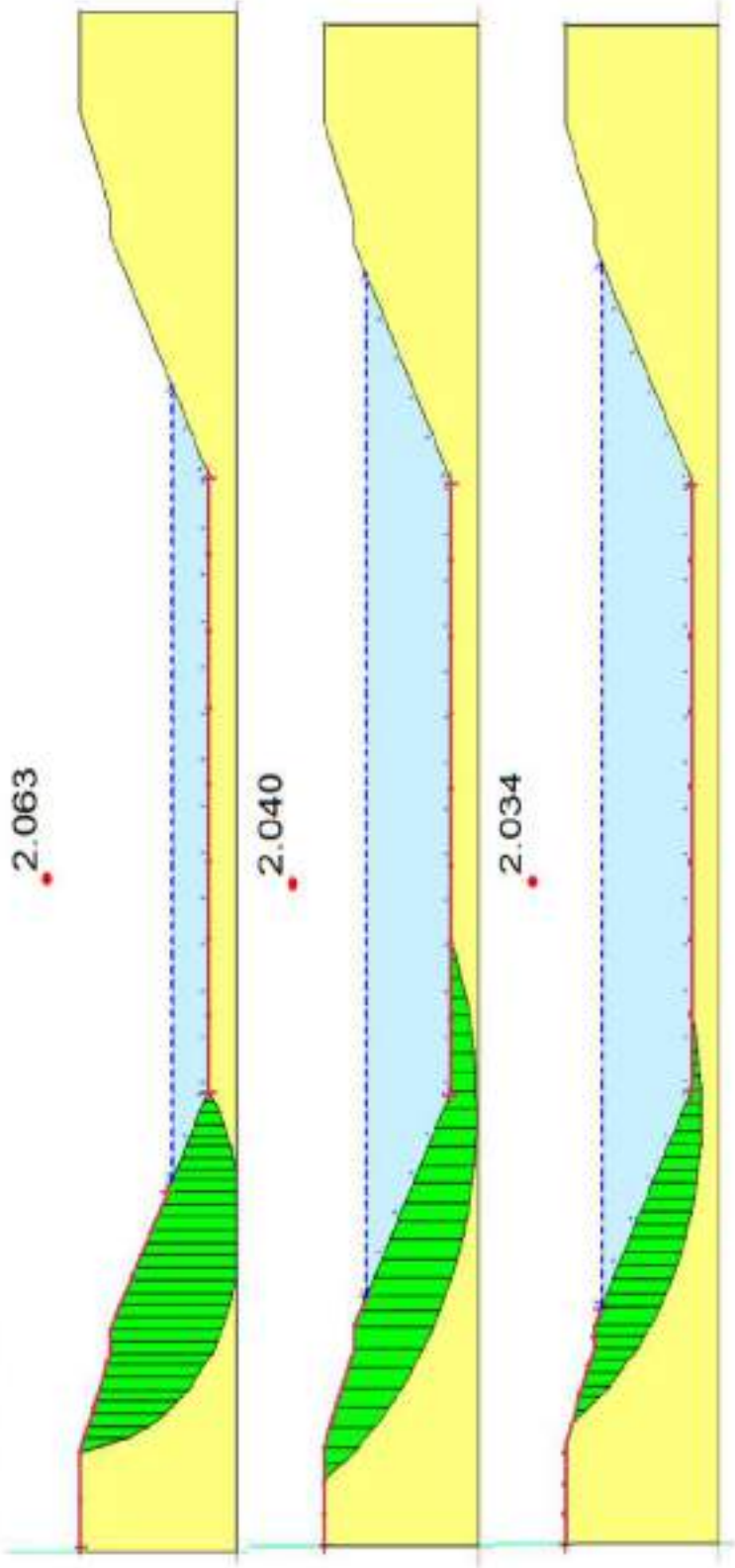
#### 5.3 Saluran Existing





1

### 5.4 Saluran Rencana





## 6. Desain Bendungan

### 6.1 Lokasi



- Bendungan di tempatkan di bagian Hulu Sungai Bojonegoro
- Lokasi dipilih karena sedikit terdapat pemukiman di sepanjang aliran sungai

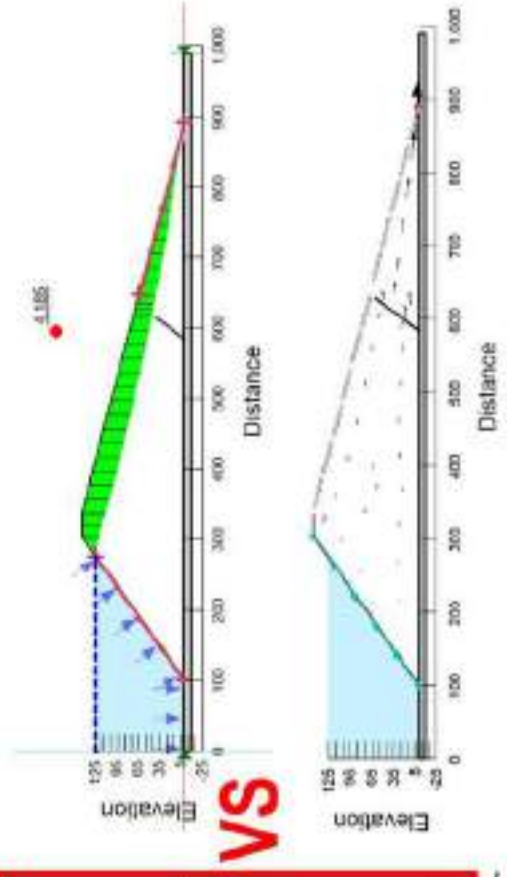
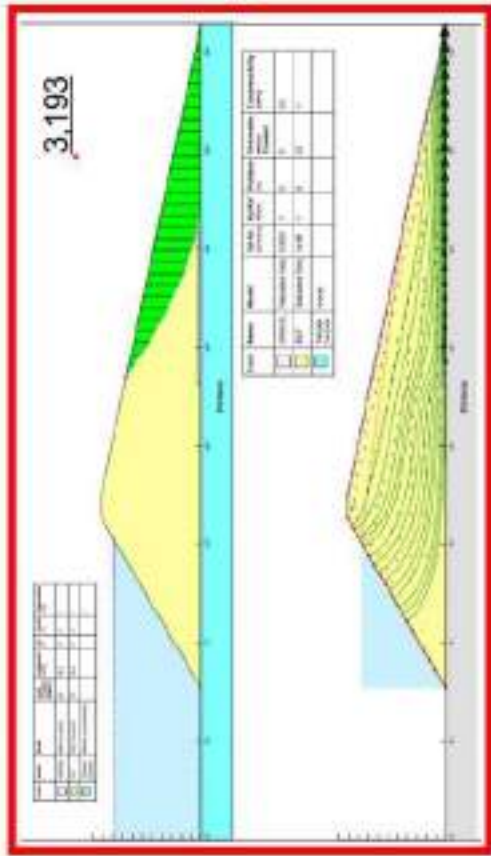


Indonesia sangat rawan banjir bencana gempa bumi

- Lokasi rencana bendungan tidak berada di jalur penunjaman dan patahan Indonesia.



6.2 Pemilihan Desain



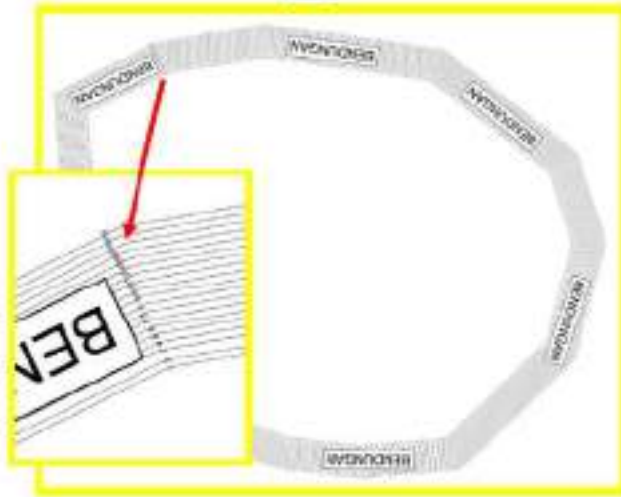
- Safety Factor yang mendekati 2 karena dinilai paling efisien dan tidak boros
- Material yang homogen
- Ada jalur untuk drainase





1

6.4 Perhitungan Volume Tampungan



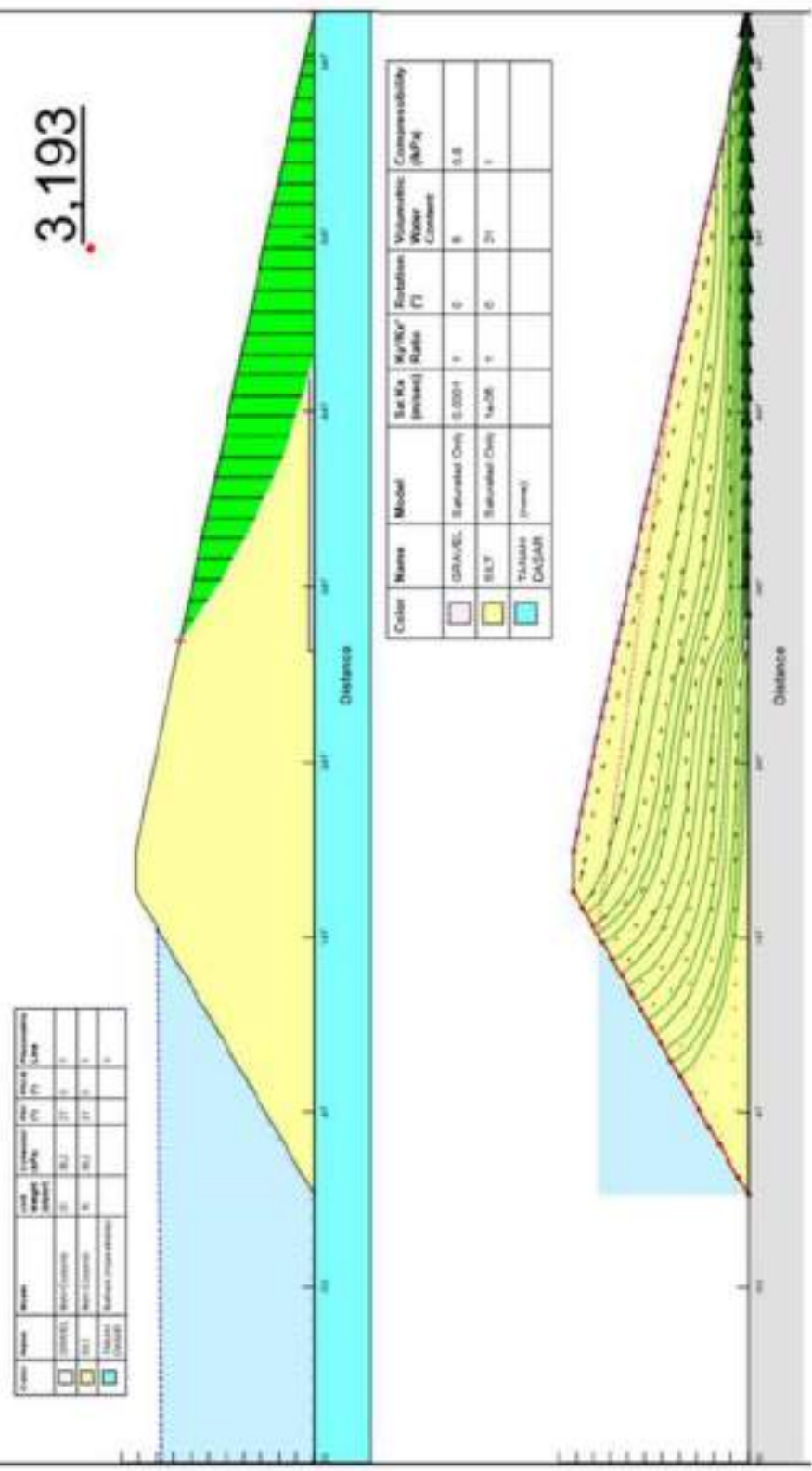
Densitas Bendungan (m)	Luas Persegi Panjang (m <sup>2</sup> )	Jumlah Luas Persegi Panjang (m)	Volume Persegi Panjang (m <sup>3</sup> )	Volume Airsumbu (m <sup>3</sup> )
10	413360	900592	307267632	0
20	409452	1111426	453417586	302547612
30	407874	1406411	632459441	589962357
40	408000	2099043	854532465	818202144
50	412012	2670161	1099487794	1014006318
60	420118	3119341	1306669963	1182071816
70	431918	3520241	1476172631	1319111975
80	446980	4176518	1848847611	1534938472
90	470277	5035830	2354332851	1754638472
100	500072	6068834	3052306661	2036881977
110	540308	7319187	3958070438	2380103444
120	591653	8807547	5075930008	2799338988
130	656980	10569571	6575930008	329563972
140	740728	12665271	8411320833	386963571
150	848386	15127242	1051249555	45082476
160	980326	18044203	131932635	20369392
170	113881	21562453	246704811	20772819
180	132629	25712448	324563311	28801349
184	1393481	30112448	4040704811	34614738

Elevasi Bendungan (m)	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> )	Volume Storage (m <sup>3</sup> )
10	4815340	0
20	4694052	3103547612
30	4807874	789596287
40	4889965	141465214
50	4972612	2214086338
60	5056118	3182071518
70	5140180	4324110759
80	5224900	5634928342
90	5310277	7135468492
100	5396312	879588777
110	5483004	1064910344
120	5570323	126800308
130	5658360	1491953772
140	5747024	1733463571
150	5836346	1994629476
160	5926325	2279800482
170	6016961	2577129919
180	6108220	2886703449
184	620001	3241147798



1

7. Hasil Pemodelan Stabilitas dan Seepage Bendungan





8. Inspeksi, Operasi, dan Pemeliharaan Bendungan

8.1 1 Tahunan

No	Uraian	Rontog Pemeliharaan					Rontog Pemeliharaan				
		1 x per minggu	wilayah minggi	1 x per bulan	3-4 x per bulan	1 x per tahun	1 x per minggu	wilayah minggi	1 x per bulan	3-4 x per bulan	1 x per tahun
1	Elimen Sistem Bendungan #Budi Teleng/Pempuan #Pembesian #Layang Haku #Rakib #Lampar #Benteng dan Area Bawah #Puncak #Rakib Mekiring #Rakib Hentayong #Layang Haku #Rakib #Lampar #Benteng dan Area Bawah #Kontak dengan Foulkas										
2	#Sektor Pengontrol #Semenan #Sektor Drainase #Benteng Pengambilan #Benteng Polirapat #Penggeolaan visual (memantau sedimen dan lelelelelele) #Penggeolaan longk. saat kering #Penggeolaan longk. saat basah										
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											



No	Inspeksi dan Pemeliharaan	1 tahun																					
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agg	Sep	Okt	Nov	Des										
1	Buat Tebing Tumpuan																						
2	Kontak dengan Fondasi																						
3	Gelati Pengontrol																						
4	Sunbuan																						
5	Gelati Drainase																						
6	Daerah Gerangan																						
7	Bangunan Pengambilan																						
8	Bangunan Pelimpah																						
9	Gangguan Pengeluaran Bawah																						
10	Sektor Bendungan																						
11	Peralatan Generator Darurat																						
12	Insumentasi																						
13	Jaringan T.Mk. Telap																						
14	Telekomunikasi																						
15	Instalasi Tindakan Darurat																						

### 8.2 5 Tahunan

Mo	Inspeksi dan Pemeliharaan	5 tahun																						
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agg	Sep	Okt	Nov	Des											
11	Inspeksi dan Pemeliharaan																							
16	Fondasi dan lebing tumpuan																							
17	Peralatan listrik dan mekanik																							
18	Air Hilir																							
19	Waduk dan sekitarnya																							



### 8.3 10 Tahunan

No	Inspeksi dan Pemeliharaan	10 tahun																				
		26 Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okc	Nov	Des									
20	Relekan																					
21	Bocoran																					
22	Bosahan																					
23	Mata air																					
24	Lubang benam																					
25	Gerusan																					
26	Aksiassi																					
27	Tumbuhnya tanaman																					
28	Kelulusan pucak																					
29	Tonjolan atau amblasan leirng dan beiem																					
30	Kemerocoban mulut rproap																					

### 8.4 Rekapitulasi

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Rencana OP												
Rencana Pemeliharaan 1 Tahunan												
Rencana Pemeliharaan 5 Tahunan												
Rencana Pemeliharaan 10 Tahunan												



## DAFTAR PUSTAKA

- Rian Mantasa Salve P, S.T., M.T., *Water Infrastructure Maintenance Engineering*, Dosen Departemen Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
- Modul Dasar-Dasar Perencanaan Alur dan Bangunan Sungai, Pelatihan Perencanaan Teknis Sungai, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, Kementerian PUPR.
- Pawitan, Hidayat, 1998, *Tinjauan Penelitian dan Pemodelan Hidrologi Daerah Aliran Sungai. Bahan Diskusi Program Penelitian pada Balai Teknologi Pengelolaan DAS Solo*, 22 Januari, 21 hlm.
- Yamin, Muhamad, 2019. *Kalibrasi Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Studi Sungai-Sungai Di Sulawesi Selatan)*. Ganec Swara 13.2 (2019): 369-374.
- Wigaii, Restu, Woelandari Fathonah, and Adinda Tiaranni Haryono, 2019. "Studi Analisis Banjir Sungai Cilemer Berdasarkan Sni 2415: 2016 Tinjauan Data Curah Hujan Dengan Kala Ulang 50 Tahun." *Jurnal Fondasi* 8.2 (2019).
- Mustafa, Muhammad Jazuli, Dyah Indriana Kusumaastuti, and Yuda Romdania, 2019. "Analisis hidrologi dan hidrolika Pada Saluran Drainase Ramanuju hilir Kotabumi (menggunakan program HEC-RAS)." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain* 3.2 (2015): 303-312.
- Alyansyah, Andi Muhammad, 2017. "Analisis Hidrolika Aliran Sungai Bolifar dengan menggunakan HEC-RAS."
- Damayanti, Astrid, *Pemodelan Sistem Hidrologi DAS*.  
<https://pendidikanmu.com/2019/08/pengertian-siklus-hidrologi-proses-dan-jenisnya.html>  
[https://www.academia.edu/29047078/analisis\\_curah\\_hujan\\_wilayah.doc?auto=download](https://www.academia.edu/29047078/analisis_curah_hujan_wilayah.doc?auto=download)  
[https://www.academia.edu/12075138/Analisis\\_Hidrolika\\_menggunakan\\_HEC\\_RAS](https://www.academia.edu/12075138/Analisis_Hidrolika_menggunakan_HEC_RAS)  
<https://docplayer.info/34481070-1-bab-vi-analisis-hidrolika.html>  
<http://arafuru.com/m/sipil/tipe-tipe-bendungan-yang-wajib-diketahui.html>

ORIGINALITY REPORT

60%

SIMILARITY INDEX

57%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

33%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Internet Source

10%

2

[pendidikanmu.com](http://pendidikanmu.com)

Internet Source

8%

3

[eprints.undip.ac.id](http://eprints.undip.ac.id)

Internet Source

7%

4

[arafuru.com](http://arafuru.com)

Internet Source

6%

5

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Internet Source

4%

6

[sda.pu.go.id](http://sda.pu.go.id)

Internet Source

2%

7

[eprints.ums.ac.id](http://eprints.ums.ac.id)

Internet Source

2%

8

Submitted to Universitas Diponegoro

Student Paper

2%

9

[repository.its.ac.id](http://repository.its.ac.id)

Internet Source

2%

10	<a href="http://victoriameika.blogspot.com">victoriameika.blogspot.com</a> Internet Source	2%
11	<a href="http://edoc.site">edoc.site</a> Internet Source	2%
12	<a href="#">Submitted to Politeknik Negeri Bandung</a> Student Paper	2%
13	<a href="http://fileq.wordpress.com">fileq.wordpress.com</a> Internet Source	1%
14	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Internet Source	1%
15	<a href="http://id.scribd.com">id.scribd.com</a> Internet Source	1%
16	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	1%
17	<a href="http://lib.ui.ac.id">lib.ui.ac.id</a> Internet Source	1%
18	<a href="http://id.123dok.com">id.123dok.com</a> Internet Source	1%
19	<a href="http://yandratekniksipil.blogspot.com">yandratekniksipil.blogspot.com</a> Internet Source	<1%
20	<a href="http://martinyunianto.files.wordpress.com">martinyunianto.files.wordpress.com</a> Internet Source	<1%
21	<a href="http://eprints.uny.ac.id">eprints.uny.ac.id</a> Internet Source	<1%

---

22

Submitted to Universitas Brawijaya

Student Paper

<1%

---

23

wawasanteman.blogspot.com

Internet Source

<1%

---

24

Submitted to Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta

Student Paper

<1%

---

25

materi-kunci.blogspot.com

Internet Source

<1%

---

26

www.bi.go.id

Internet Source

<1%

---

27

Submitted to Sultan Agung Islamic University

Student Paper

<1%

---

28

Submitted to Universitas Dian Nuswantoro

Student Paper

<1%

---

29

Submitted to Universitas PGRI Semarang

Student Paper

<1%

---

30

ejournal.warmadewa.ac.id

Internet Source

<1%

---

31

journal.eng.unila.ac.id

Internet Source

<1%

---

32

Submitted to Sriwijaya University

Student Paper

<1%

---

33	<a href="http://digilib.unila.ac.id">digilib.unila.ac.id</a> Internet Source	<1%
34	<a href="http://zombiedoc.com">zombiedoc.com</a> Internet Source	<1%
35	<a href="http://tekniksipil.sv.ugm.ac.id">tekniksipil.sv.ugm.ac.id</a> Internet Source	<1%
36	<a href="http://adoc.tips">adoc.tips</a> Internet Source	<1%
37	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1%
38	Submitted to Unika Soegijapranata Student Paper	<1%
39	Submitted to Universitas Terbuka Student Paper	<1%
40	<a href="http://journal.unmasmataram.ac.id">journal.unmasmataram.ac.id</a> Internet Source	<1%
41	Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper	<1%
42	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1%
43	<a href="http://eprints.unisbank.ac.id">eprints.unisbank.ac.id</a> Internet Source	<1%
44	<a href="http://digilib.uns.ac.id">digilib.uns.ac.id</a> Internet Source	<1%



<1%

45

Submitted to Universitas 17 Agustus 1945  
Surabaya

Student Paper

<1%

46

Submitted to President University

Student Paper

<1%

47

Submitted to Udayana University

Student Paper

<1%

48

[eprints.umm.ac.id](http://eprints.umm.ac.id)

Internet Source

<1%

49

[myfbtrik.blogspot.com](http://myfbtrik.blogspot.com)

Internet Source

<1%

50

[pt.scribd.com](http://pt.scribd.com)

Internet Source

<1%

51

[de.scribd.com](http://de.scribd.com)

Internet Source

<1%

52

Submitted to Universitas Teuku Umar

Student Paper

<1%

53

Submitted to Surabaya University

Student Paper

<1%

54

[repository.unhas.ac.id](http://repository.unhas.ac.id)

Internet Source

<1%

Submitted to Universitas Sebelas Maret

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off