

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Banjir**

##### **3.1.1 Pengertian Banjir**

Banjir adalah aliran yang relatif tinggi dan tidak tertampung oleh alur sungai atau saluran (SK SNI M-18-189-F, 1989).

Setidaknya ada lima faktor penting penyebab banjir di Indonesia yaitu: faktor hujan, faktor hancurnya retensi Daerah Aliran Sungai (DAS), faktor kesalahan perencanaan pembangunan alur sungai, faktor pendangkalan sungai dan faktor kesalahan tata wilayah, pembangunan sarana dan prasarana (Agus Maryono, 2005).

Di kebanyakan daerah aliran sungai sebagian besar curah hujan akan menjadi limpasan langsung. Aliran semacam ini dapat menghasilkan puncak banjir yang tinggi (C.D. Soemarto, 1995)

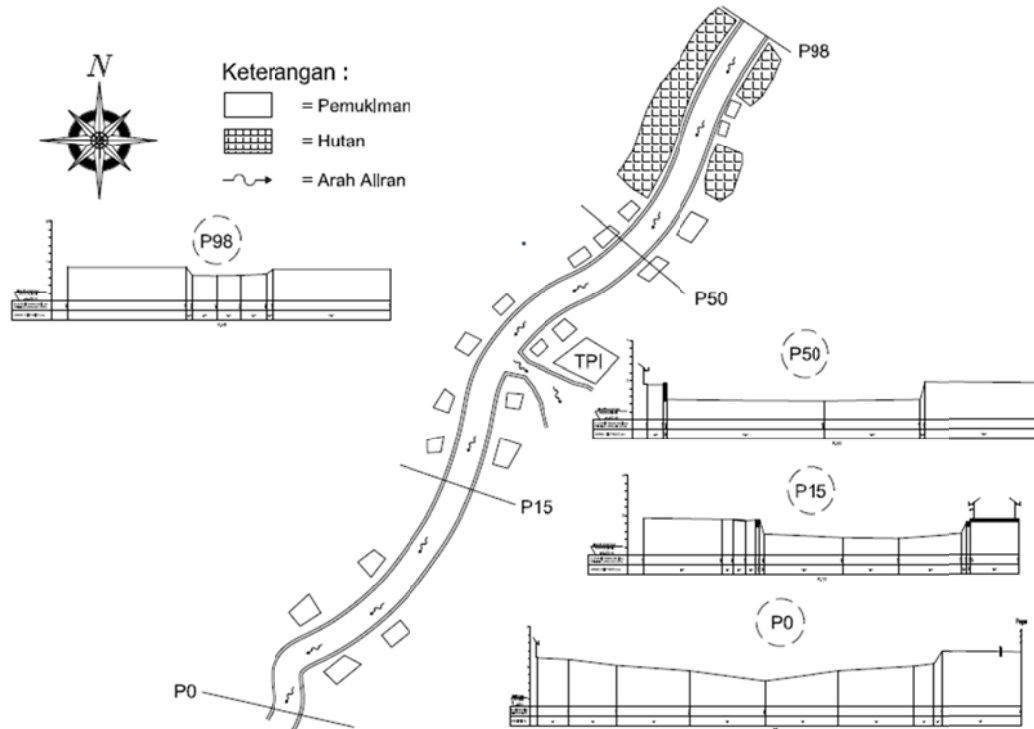
##### **3.1.2 Dampak Banjir**

Bencana banjir tidak bisadi prediksi kapan terjadi, namun saat curah hujan tinggi biasanya sering menimbulkan bencana banjir. Bencana banjir bisa merugikan banyak orang sebab banjir bisa memberikan berbagai dampak, baik kesehatan ataupun lingkungan. Selain itu bencana banjir juga bisa menyebabkan kerusakan infrastruktur dan tentu hal ini akan semakin merugikan. Oleh sebab itu penting bagi kita untuk mencegah terjadinya banjir. Berikut dampak yang disebabkan oleh banjir :

- a. Kerusakan sarana dan prasarana
- b. Melumpuhkan jalur transportasi
- c. Pencemaran lingkungan
- d. Pemicu tanah longsor

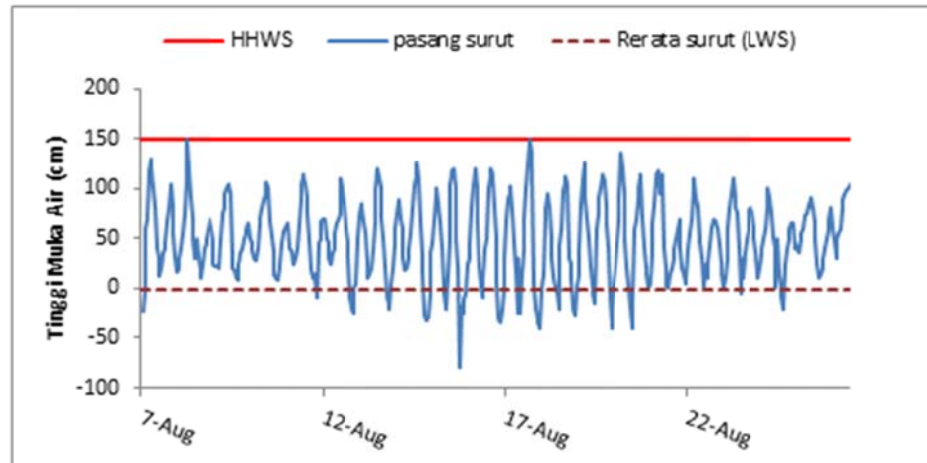
### 3.2 Geometry Data

Berikut dibawah ini sketsa Kali Yasa :



**Gambar 3.1.** Sketsa Kali Yasa

Dapat dilihat pada **Gambar 3.1** di atas, untuk melakukan simulasi aliran pada hec-ras, pada potongan melintang P98 diinput debit banjir rancangan, untuk P0 dan TPI (Tempat Pelelangan Ikan) diinput *stage hydrograph* dengan data pasang surut. Data pasang surut yang digunakan dapat dilihat pada grafik berikut:



**Gambar 3.2.** Grafik Pasang Surut Kali Yasa Tahun 2015 (Sumber: DPU Cilacap)

Peta topografi Kali Yasa dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 Lampiran A dan untuk data pasang surut dapat dilihat pada Lampiran D. Data topografi yang didapat dari pengukuran sungai sepanjang 10 km, yang kemudian dipotong tiap 100 m untuk penginputan data geometri Hec-Ras.

Untuk mengetahui tinggi muka air maksimal pada Kali Yasa, dilakukan beberapa rekayasa banjir. Dari hasil rekayasa tersebut akan didapatkan tinggi banjir maksimal pada Kali Yasa.

### 3.3 HEC-RAS v. 5.0.3

*HEC-RAS* adalah sebuah program aplikasi yang didesain untuk melakukan analisis hidrolika terhadap pemodelan aliran satu dimensi pada saluran atau sungai. *River Analysis System (RAS)*, *Software* ini dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi dalam *Institute for Water Resource (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. *HEC-RAS v. 5.0.3* memiliki empat komponen Hitungan hidrolika satu dimensi yaitu:

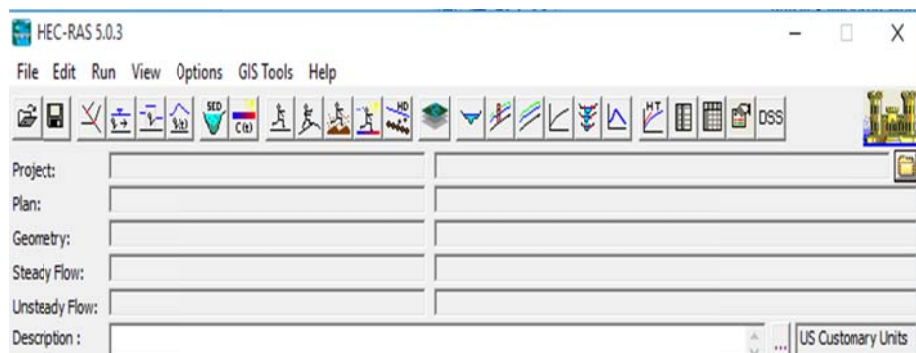
- a. Hitungan profil muka air aliran permanen,
- b. Simulasi aliran tidak permanen,
- c. Hitungan angkutan sediment,

d. Analisis kualitas air.

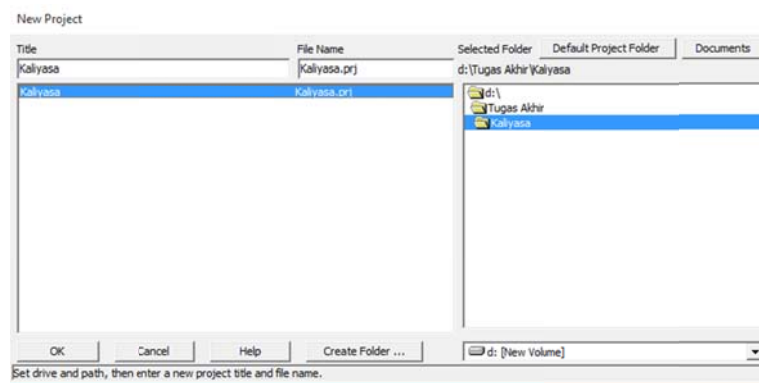
Menurut *Simple Geometry River* (2011) apabila kecepatan, kedalaman, dan debit aliran tidak berubah terhadap waktu dalam kasus aliran permanen, maka ketiga parameter tersebut merupakan fungsi waktu dalam kasus aliran tak permanen (*unsteady flow*). Contoh dari aliran tidak permanen adalah perubahan debit di dalam pipa atau saluran, aliran banjir di sungai dan aliran di muara sungai yang dipengaruhi pasang surut.

Pada pemodelan aliran tidak permanen menggunakan HEC-RAS, ditetapkan syarat batas untuk melakukan analisa aliran tidak permanen. Pada bagian *upstream* sistem dapat dimodelkan dengan tipe kondisi batas : hidrograft aliran, hidrograft perancah, hidrograft aliran dan perancah. Pada *downstream* dari sistem sungai dapat dimodelkan dengan tipe kondisi batas : kurva ukuran, kedalaman normal, hidrograft perancah, hidrograft aliran, hidrograft perancah dan aliran. Selain itu, kondisi awal ditetapkan berdasarkan data debit aliran mula-mula atau data elevasi air yang diketahui pada potongan stasiun permodelan. Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan untuk melakukan perhitungan dengan *HEC-RAS* :

a. Pilih *File, New Project*. Masukkan nama *project*.

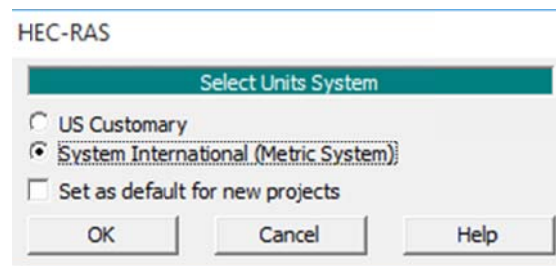


**Gambar 3.3.** Tampilan *HEC-RAS 5.0.3*



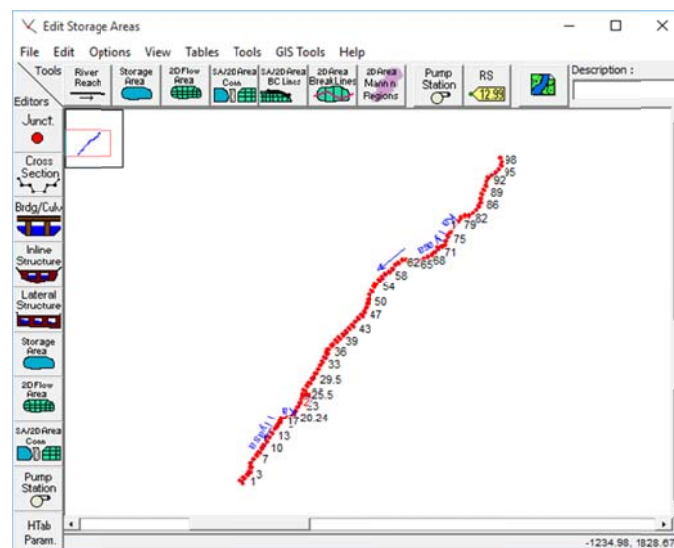
**Gambar 3.4.** Tampilan Input *New Project*

- b. Pilih *Options*, *Unit System* pilih system international untuk membuat data dalam satuan SI.



**Gambar 3.5.** Tampilan *Unit System*

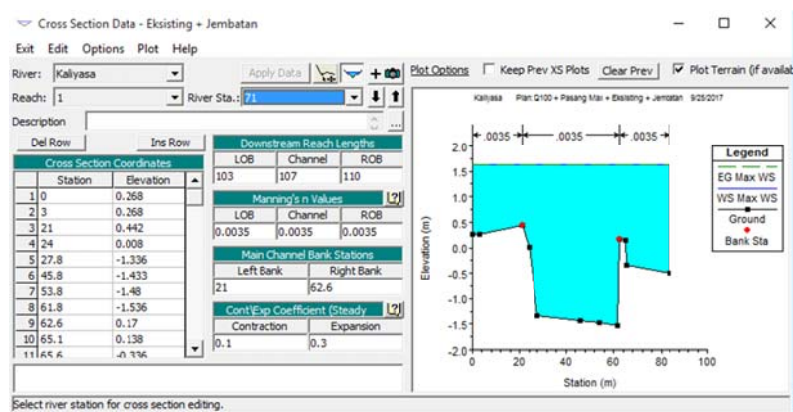
- c. Pilih *edit / enter geometric data*. Gambar sket saluran yang ditinjau.



**Gambar 3.6.** Tampilan *Geometric Data*

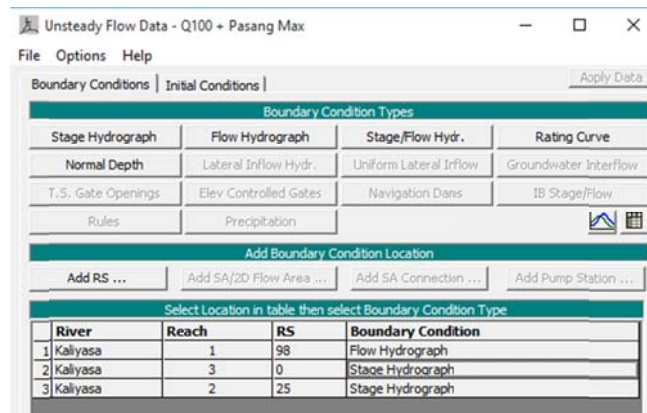
d. Pilih *cross section, options, add new cross section*. Masukkan data untuk masing-masing *cross section* yang meliputi :

- 1) Jarak antar stasiun sungai
- 2) Angka Manning kiri, kanan dan saluran utama.
- 3) Jarak bantaran kiri, kanan dan saluran utama terhadap *Cross section* selanjutnya.
- 4) Koefisien kontraksi dan ekspansi menggunakan input yang sudah diberikan yaitu 0.1 dan 0.3.



**Gambar 3.7.** Tampilan *cross section data*

5) Pilih *edit / enter unsteady flow data*. Masukkan data debit yang akan dihitung.



**Gambar 3.8.** Tampilan *unsteady flow data*

6) Pilih *initial conditions unsteady flow data*, pilih keadaan aliran yang sesuai dengan saluran yang dianalisis.

**Tabel 3.1.** Angka Kekasaran Manning n

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
A. Saluran, dilapis atau dipoles			
A-1 Logam			
a. Baja dengan permukaan licin			
1. Tidak dicat	0.011	0.012	0.014
2. dicat	0.012	0.013	0.017
b. Baja dengan permukaan bergelombang	0.021	0.025	0.03
A-2 Bukan Logam			
a. Semen			
1. Acian	0.01	0.011	0.013
2. Adukan	0.011	0.013	0.015
b. Kayu			
1. Diserut, tidak diawetkan	0.01	0.012	0.014
2. Diserut, diawetkan dengan creosote	0.011	0.012	0.015
3. Tidak diserut	0.011	0.013	0.015
4. Papan	0.012	0.015	0.018
5. Dilapis dengan kertas kedap air	0.01	0.014	0.017
c. Beton			
1. Dipoles dengan sendok kayu	0.011	0.013	0.015
2. Dipoles sedikit	0.013	0.015	0.016
3. Dipoles	0.015	0.017	0.02
4. Tidak dipoles	0.014	0.017	0.02
5. Adukan semprot, penampang rata	0.016	0.019	0.023
6. Adukan semprot, penampang bergelombang	0.018	0.022	0.025
7. Pada galian batu yang teratur	0.017	0.02	
8. Pada galian batu yang tidak teratur	0.022	0.027	
d. Dasar beton dipoles sedikit dengan tebing dari			
1. Batu teratur dalam adukan	0.015	0.017	0.02
2. Batu tak teratur dalam adukan	0.014	0.02	0.024
3. Adukan batu, semen, diplester	0.016	0.02	0.024
4. Adukan batu dan semen	0.02	0.025	0.03
5. Batu kosong atau rip-rap	0.02	0.03	0.035

Tabel 3.2. Lanjutan

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
e. Dasar kerikil dengan tebing dari			
1. Batu acuan	0.017	0.02	0.025
2. Batu tak teratur dalam adukan	0.02	0.023	0.026
3. Batu kosong atau rip-rap	0.023	0.033	0.036
f. Bata			
1. Diglasir	0.011	0.013	0.015
2. Dalam adukan semen	0.012	0.015	0.018
g. Pasangan Batu			
1. Batu pecah disemen	0.017	0.025	0.03
2. Batu kosong	0.023	0.032	0.035
h. Batu potong, diatur	0.013	0.015	0.017
i. Aspal			
1. Halus	0.013	0.013	
2. Kasar	0.016	0.016	
j. Lapisan dari tanaman	0.03		0.05
B. Digali atau dikeruk			
a. Tanah lurus dan seragam			
1. Bersih, baru dibuat	0.016	0.018	0.02
2. Bersih, telah melapuk	0.018	0.022	0.025
3. Kerikil, penampang seragam, bersih	0.022	0.025	0.03
4. Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0.022	0.027	0.033
b. Tanah, berkelok-kelok dan tenang			
1. Tanah tetumbuhan	0.023	0.025	0.03
2. Rumput dengan beberapa tanaman pengganggu	0.025	0.03	0.033
3. Banyak tanaman pengganggu atau Tanaman air pada saluran yang dalam	0.03	0.035	0.04
4. Dasar tanah dengan tebing dari batu pecah	0.028	0.03	0.035
5. Dasar berbatu dengan tanaman pengganggu pada tebing	0.025	0.035	0.04
6. Dasar berkerakal dengan tebing yang bersih	0.03	0.04	0.05



**Tabel 3.3.** Lanjutan

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
c. Hasil galian atau kerukan			
1. Tanpa tetumbuhan	0.025	0.028	0.033
2. Semak-semak kecil di tebing	0.035	0.05	0.06
d. Pecahan batu			
1. Halus, seragam	0.025	0.035	0.04
2. Tajam, tidak beraturan	0.035	0.04	0.05
e. Saluran tidak dirawat, dengan tanaman pengganggu dan belukar tidak dipotong			
1. Banyak tanaman pengganggu setinggi air	0.05	0.08	0.12
2. Dasar bersih, belukar di tebing	0.04	0.05	0.08
3. Idem, setinggi muka air tertinggi	0.045	0.07	0.11
4. Banyak belukar setinggi air banjir	0.08	0.1	0.14
C. Saluran Alam			
C-1 Saluran kecil (lebih atas pada taraf banjir < 100 kaki)			
a. Saluran di daratan			
1. Bersih lurus, terisi penuh, tanpa tanpa rekahan atau ceruk dalam	0.025	0.03	0.033
2. Seperti di atas, banyak batu-batu, tanaman pengganggu	0.03	0.035	0.04
3. Bersih, berkelok-kelok, berceruk, bertebing	0.033	0.04	0.045
4. Seperti di atas, dengan batu-batu, tanaman pengganggu	0.035	0.045	0.05
5. Seperti di atas, tidak terisi penuh, banyak kemiringan dan penampang yang kurang efektif	0.04	0.048	0.055
6. Tenang pada bagian lurus, tanaman pengganggu, ceruk dalam	0.05	0.07	0.08
b. Saluran di pegunungan, tanpa tetumbuhan di saluran tebing umumnya terjal, pohon dan semak-semak disepanjang tebing			
1. Dasar : kerikil, kerakal dan sedikit batu besar	0.03	0.04	0.05
2. Dasar : kerakal dengan batu besar	0.04	0.05	0.07

**Tabel 3.4.** Lanjutan

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
C-2 Dataran Banjir			
a. Padang rumput tanpa belukar			
1. Rumput pendek	0.025	0.03	0.035
2. Rumput tinggi	0.03	0.035	0.05
b. Daerah pertanian			
1. Tanpa tanaman	0.02	0.03	0.04
2. Tanaman dibariskan	0.025	0.035	0.045
3. Tanaman tidak dibariskan	0.03	0.04	0.05
c. Belukar			
1. Belukar terpencar, banyak tanaman pengganggu	0.035	0.05	0.07
2. Belukar jarang dan pohon, musim dingin	0.035	0.05	0.06
3. belukar jarang dan pohon, musim semi	0.04	0.06	0.08
4. Belukar sedang sampai rapat, musim dingin	0.045	0.07	0.11
5. Belukar sedang sampai rapat, musim semi	0.07	0.1	0.16

Sumber : Garry W. Brunner, 2010 (*Hydraulic Reference Manual*)

### 3.4 Analisis Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*). Data hidrologi merupakan bahan informasi yang sangat penting dalam pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air, pemanfaatan dan pengelolaan sumber-sumber air yang tepat dan rehabilitasi sumber sumber alam seperti air, tanah dan hutan yang telah rusak. Fenomena hidrologi seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran dan konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah menurut waktu. Dengan demikian suatu nilai dari sebuah data hidrologi itu hanya dapat terjadi lagi pada waktu yang berlainan sesuai dengan fenomena pada saat pengukuran nilai itu dilaksanakan. Berikut langkah-langkah dalam melakukan analisis hidrologi :

### 3.4.1 Kelengkapan Data

Seringkali data hujan yang digunakan hilang karena berbagai faktor maka di perlukan pengisian data yang hilang untuk menunjang kelengkapan data yang di butuhkan. Data yang hilang atau kesenjangan (gap) data suatu pos penakar hujan, pada saat tertentu dapat diisi dengan bantuan data yang tersedia di pos-pos penakar di sekitarnya pada saat yang sama. Cara yang dipakai dinamakan ratio normal. Syarat untuk menggunakan carai ini adalah tinggi hujan rata-rata tahunan pos penakar yang datanya hilang harus diketahui, disamping dibantu dengan data tinggi hujan rata-rata tahunan dan data pada pos-pos penakar di sekitarnya (C.D.Sumarto, 1995).

### 3.4.2 Kualitas Data Hujan

Data yang didapat dari alat pencatat, bisa saja tidak akurat karena alat pernah rusak, alat pernah pindah tempat, lokasi alat terganggu atau terdapat data yang tidak sah. Jika ini semua terjadi maka akan sangat merugikan. Oleh karena itu perlu dilakukan uji kualitas data hujan. Dalam penelitian ini saya menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) untuk menguji kebenaran data lapangan. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan lengkung massa ganda (*double mass curve*) untuk stasiun hujan  $\geq 3$  (tiga), dan untuk individual stasiun (*stand alone station*) dengan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*), Sri Harto (2000). Bila  $Q/n$  yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan pangkah. Uji kepanggahan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

$$S_k^* = \sum_{I=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \text{ dengan } k = 1,2,3, \dots, n \dots\dots\dots(3.1)$$

$$S_k^* = 0 \dots\dots\dots(3.2)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{Y_i - \bar{Y}}{n} \right)^2 \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan :

$Y_i$  = data hujan ke- $i$ ,

$\bar{Y}$  = data hujan rerata - $i$ ,

$D_y$  = deviasi standar,

$n$  = Jumlah data.

Untuk uji kepanggaan digunakan cara statistik :

$$Q = maks |S_k^{**}|, 0 \leq k \leq n, \text{ atau } \dots\dots\dots(3.5)$$

$$R = Maksimum S_k^{**}, - \text{ minimum } S_k^{**}, \text{ dengan } 0 \leq k \leq n \dots\dots\dots(3.6)$$

**Tabel 3.5.** Nilai Kritik  $Q$  dan  $R$

n	Q/n0.5			R/n0.5		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.48	1.4	1.5	1.7
40	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.85
	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2

(Sumber : Sri Harto, 1993 : 168)

### 3.4.3 Karakteristik Hujan

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan yang sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada didalam dan/atau di sekitar kawasan tersebut (Suripin, 2004). Suripin (2004) menerangkan bahwa ada tiga cara yang digunakan dalam menghitung hujan rerata kawasan, yaitu :

### 3.3.3.1 Rata Rata Aljabar

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/hampir merata dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya.

### 3.3.3.2 Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (weighted mean). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Hasil metode poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 - 5.000km<sup>2</sup>, dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

### 3.3.3.3 Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang secara membabi buta menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Pada penelitian ini dikarenakan jumlah stasiun curah hujan hanya satu, maka tidak perlu menggunakan ketiga metode diatas.

### 3.4.4 Analisis Frekuensi

Suripin (2004) menyebutkan bahwa analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

- Distribusi Normal,
- Distribusi Log Normal,
- Distribusi Log Pearson III dan
- Distribusi Gumbel

Berikut langkah-langkah penggunaan Log Pearson III, sebagai berikut :

- Mengubah data ke dalam bentuk logaritmis :

$$X = \log x \dots\dots\dots(3.7)$$

- Menghitung harga rata-rata :

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} \dots\dots\dots(3.8)$$

- Menghitung harga simpangan baku :

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \text{Log}\bar{X})^2}{(n-1)(n-2S^2)} \dots\dots\dots(3.9)$$

- Menghitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T :

$$\text{Log}X_T = \text{log}\bar{X} + K.s \dots\dots\dots(3.10)$$

dengan :

$X_i$  = data hujan ke- $i$ ,

$\bar{X}$  = data hujan rerata  $-i$ ,

$S$  = deviasi standar,

$n$  = jumlah data,

$G$  = koefisien kemencengan

$K$  = variable standar untuk X menurut G.

Setelah menghitung distribusi frekuensi, untuk memilih distribusi yang sesuai dengan data yang ada, perlu dilakukan uji statistik. Pengujian bisa dilakukan dengan uji Chi-Kuadrat atau uji Smirnov-Kolmogorof. Untuk penelitian ini menggunakan uji Chi-Kuadrat. Berikut rumus untuk penelitian menggunakan uji Chi-Kuadrat :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \dots \dots \dots (3.11)$$

Dengan :

$\chi^2$  = harga Chi-Kuadrat terhitung,

$K$  = banyaknya kelas,

$Of$  = frekuensi terbaca pada setiap kelas,

$Ef$  = frekuensi yang diharapkan untuk setiap kelas.

#### 3.4.5 Pola Agihan Hujan

Secara teoritis, penentuan agihan hujan dapat dilakukan dengan menggunakan pola agihan Tadashi Tanimoto, Alternating Block Method (ABM), Triangular Hyetograph Method (THM), Instantaneous Intensity Method (IIM), atau seragam. Dalam penentuan agihan hujan diperlukan data lama hujan yang biasanya didekati dengan menghitung waktu konsentrasinya atau dari hasil analisis yang didasarkan pada kejadian hujan. Penelitian ini menggunakan metode ABM (Alternating Block Method).

#### 3.4.6 Analisa Debit Rancangan

Banyak Metode yang dapat digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan, misalnya metode Rasional, Melchior, Der Weduwen dan Haspers yang pada umumnya berlaku untuk DAS <5000 Hektar dan untuk Hidrograf Satuan Sintetik Seperti Nakayasu, Snyder dan SCS pada umumnya digunakan untuk DAS >5000 Hektar. Pada penelitian ini saya akan menghitung menggunakan metode Rasional, Haspers, Nakayasu, Snyder dan SCS. Untuk penentuan metode mana yang akan digunakan, saya melakukan pendekatan dengan pengukuran debit

dilapangan dengan hasil perhitungan tiap metode dengan kala ulang satu tahun, dari setiap metode mana yang mendekati hasil dari pengukuran lapangan maka metode itu yang saya pilih.

### **3.5 Memeriksa Kapasitas Tampungan Sungai**

Kapasitas tampungan akan ditampilkan oleh *HEC-RAS*, bila muka air melebihi/ melewati tanggul berarti kapasitas tampungan tidak mencukupi atau dapat dikatan banjir. Apabila kapasitas tampungan mencukupi, maka penelitian selesai. Bila tidak mencukupi, maka dilakukan penanggulangan banjir dengan bantuan *software HEC-RAS 5.03*.

### **3.6 Penanggulangan Bencana Banjir**

Berikut beberapa cara dalam menanggulangi banjir :

#### **3.6.1 Membuat Tanggul Banjir/ Peninggian Tanggul**

Salah satu cara untuk menanggulangi banjir yaitu dengan meninggikan tanggul eksisting sungai yang rendah, jika belum memiliki tanggul eksisting maka dilakukan pembuatan tanggul rencana. Tanggul untuk pengendalian banjir dapat diklarifikasikan sebagai berikut :

a. Tanggul Utama

Tanggul ini merupakan tanggul utama untuk pengendalian banjir. Maka tanggul ini dibuat memanjang dan sejajar sungai.

b. Tanggul Sekunder

Tanggul ini kadang-kadang dibuat di sekitar tanggul utama sebagai tanggul tambahan. Kadang-kadang tanggul dapat dibuat di sekitar daerah rendah, untuk menambah keamanan pada saat banjir besar atau keadaan darurat. Di samping itu dapat juga dibuat untuk melindungi daerah yang penting (khusus) dengan alas an tertentu.

c. Tanggul Terbuka



Tanggul biasanya dibuat menerus di sepanjang sungai, tetapi dalam keadaan tertentu, tanggul dibuat dalam keadaan terbuka.

Hal ini atas pertimbangan :

- Tanggul melewati daerah rendah yang tidak perlu dilindungi
- Tanggul melewati daerah yang tinggi, yang tidak perlu ditinggikan.

Stabilitas tanggul sangat ditentukan oleh dimensi tanggul, yang tergantung terhadap lebar tanggul dan talud tanggul. Talud tanggul secara umum dapat diambil dengan proporsi 1 tegak dan 2 horizontal, apabila ada data tanah dan baik atau talud yang diproteksi dapat diambil lebih tegak. Sedangkan lebar tanggul secara praktis dapat diambil berdasarkan debit rencana. Berikut adalah tabel hubungan debit dengan tinggi jagaan dan lebar tanggul :

**Tabel 3.6.** Hubungan Debit dengan Tinggi Jagaan dan Lebar Tanggul

<b>Debit banjir m<sup>3</sup>/det</b>	<b>Tinggi Jagaan</b>	<b>Lebar Tanggul (m)</b>
< 200	0.60	3.00
200 - 500	0.75	3.00
500-2000	1.00	4.00
2000-5000	1.25	5.00
5000-10000	1.50	6.00
> 10000	2.00	7.00

(Sumber : *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota, Robert J. Kodoatie, 191*)

### 3.6.2 Normalisasi Aliran Sungai

Normalisasi adalah menciptakan kondisi sungai dengan lebar dan kedalaman tertentu. Sungai mampu mengalirkan air sehingga tidak terjadi luapan dari sungai tersebut. Kegiatan normalisasi sungai berupa membersihkan sungai dari endapan lumpur dan memperdalamnya agar kapasitas sungai dalam menampung air dapat meningkat. Hal ini dilakukan dengan cara mengeruk sungai tersebut di titik-titik rawan tersembunyi aliran air upaya pemulihan lebar sungai merupakan bagian penting dari program normalisasi sungai

karena meningkatkan kapasitas sungai dalam menampung dan mengalirkan ke laut.

### **3.7 Mengambil Kesimpulan**

Dari hasil analisis tersebut akan ditarik kesimpulan bagaimana cara mengantisipasi banjir pada Kali Yasa.