

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Sungai

Sungai adalah saluran di mana air mengalir dari muka air bebas. Sungai juga merupakan tempat dan wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air hingga muara. Garis sempadan membatasi kedua sisi sungai. Selain itu, sungai sebagai sumber air alami memiliki jaringan sungai dan area tangkapan hujan, yang dikenal sebagai DAS (Daerah Aliran Sungai). Bentuk jaringan sungai juga dipengaruhi oleh geologi, kondisi muka bumi DAS, dan jumlah waktu yang berlalu. Sungai dapat dipahami dengan mudah sesuai dengan perilakunya yang akan mengalirkan debit air pada saluran utamanya. Namun, jika pada kondisi banjir, saluran utama yang sudah penuh, akan membuat sebagian air mengalir keluar ke daerah bantaranya. Sungai-sungai dikelompokkan menjadi beberapa tipe menurut (Triatmodjo, 2008) yaitu,

1. Sungai Perennial

Sungai dasar yang berasal langsung dari aliran air tanah dan mengalir sepanjang tahun jika tidak terjadi hujan selama musim kering.

2. Sungai Ephemeral

Sungai yang hanya memiliki debit jika hujan melebihi laju infiltrasi karena permukaan tanahnya selalu di bawah dasar sungai.

3. Sungai Intermitten

Sungai yang memiliki ciri-ciri campuran dari sungai perennial dan ephemeral. Pada titik tertentu, ia berfungsi sebagai sungai perennial, tetapi pada titik lain, ia berfungsi sebagai sungai ephemeral. Perubahan muka air tanah selama musim Saat musim kemarau, muka air tanah akan turun sampai di bawah dasar sungai, sehingga tidak ada aliran di sungai saat tidak ada hujan.

2.1.2 Banjir

Banjir adalah tergenangnya suatu tempat karena air meluap lebih dari kapasitas saluran pembuangan setempat, menyebabkan kerugian fisik, sosial, dan ekonomi (Rahayu: Suryanti, 2009) Banjir juga terjadi ketika air tidak tertampung dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambat di dalam saluran pembuang, sehingga air meluap ke daerah yang disebut dataran banjir (Suripin., 2004)

2.1.2.1 Penyebab Banjir

Penyebab terjadinya banjir secara umum diklasifikasikan menjadi 2 kategori, yaitu banjir yang disebabkan oleh alam dan banjir yang disebabkan oleh manusia. Berikut yang disebabkan oleh alam adalah :

a. Curah hujan

Selama musim hujan, yang biasanya terjadi dari oktober hingga maret, dan musim kemarau, yang biasanya terjadi dari april hingga september, curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan banjir.

b. Kapasitas sungai

Kapasitas aliran banjir sungai menurun karena pengendapan dari erosi DPS, erosi pada tanggul sungai yang berlebihan, dan sedimentasi di sungai akibat penggunaan lahan yang tidak tepat dan kurangnya vegetasi penutup.

c. Pengaruh fisiografi

Fisiografi atau geografi fisik sungai termasuk bentuk, fungsi, dan kemiringan daerah pengaliran (DPS), kemiringan sungai, geometri hidrolis (bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar), lokasi, dll.

d. Sedimentasi

Sedimentasi di DPS mengurangi kapasitas penampang sungai. Sungai-sungai Indonesia sering mengalami erosi dan

sedimentasi. Sedimentasi akan mengurangi kapasitas saluran, menyebabkan banjir dan genangan di sungai.

2.1.2.2 Sistem Pengendalian Banjir (*Flood Control System*)

Menurut (Grigg, 1996) Pengendalian banjir mencakup perencanaan, eksploitasi, dan pemeliharaan wilayah dataran banjir, serta pengaturan penggunaan wilayah tersebut untuk mengurangi atau mencegah bahaya dan kerugian yang disebabkan oleh banjir. Ada empat strategi yang digunakan untuk mengendalikan banjir, yaitu:

1. Mengubah kerentanan dan kerugian banjir.
2. Mengubah banjir yang terjadi.
3. Mengubah dampak banjir dengan menggunakan teknik mitigasi seperti asuransi dan penghindaran banjir.
4. Mengubah kapasitas alam untuk menjaga kelestariannya, seperti penghijauan.

Dengan mempertimbangkan hal-hal ini, sistem pengendalian banjir dapat direncanakan dengan menyesuaikan kondisi saat ini dengan berbagai metode yang dapat diterapkan dari hulu hingga hilir.

2.1.2.3 Pengendalian Banjir Metode Struktur

Cara pengendalian banjir dalam metode struktur dijelaskan sebagai berikut:

a. Sistem Jaringan Sungai

Jika beberapa sungai dengan bentuk dan ukuran yang berbeda mengalir berdampingan dan akhirnya bertemu di dasar, bentuk dan ukuran sungai akan sangat berubah. Perubahan ini mungkin juga menghalangi aliran banjir di semua sungai. Pengendapan berbentuk kipas terjadi jika anak sungai arusnya deras dan membawa banyak sedimen ke sungai utama. Arus anak sungai dapat merusak tanggul sungai utama di seberang muara anak

sungai atau mempengaruhi bangunan sungai di hilir pertemuan arus yang tidak deras. Akibatnya, sungai utama akan terdesak oleh anak sungai, sehingga bentuk permukaannya cenderung bergeser ke arah hulu.

b. Normalisasi alur sungai dan tanggul

Metode untuk mengontrol banjir dengan meningkatkan kapasitas pengaliran saluran melalui normalisasi alur sungai:

1. Normalisasi lintasan.
2. Perbaikan kemiringan dasar saluran
3. Mengurangi kekerasan dinding alur saluran.
4. Rekonstruksi bangunan di sepanjang saluran yang tidak sesuai dan mengganggu pengaliran banjir.
5. Membuat tanggul banjir.

c. Tanggul tangkis/tanggul banjir (*Groyne*)

Tanggul takis, yang juga disebut groyne atau krib, adalah struktur yang dibangun dari tebing ke arah tengah untuk mengatur arus sungai. Tujuan utama tanggul takis adalah sebagai berikut:

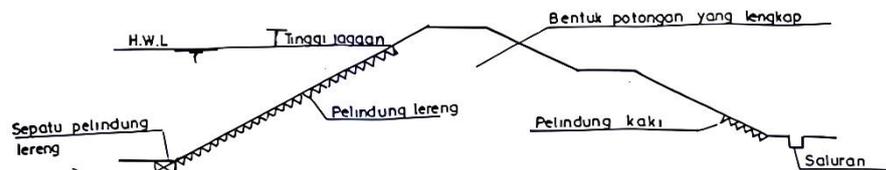
1. Mengatur arah sungai;
2. Mengurangi kecepatan sungai sepanjang tebing sungai;
3. Mengurangi sedimentasi; dan
4. Menjaga lebar dan kedalaman air di alur sungai.

2.1.3 Tanggul

Tanggul lengkap memiliki bentuk dan ketinggian tanggul yang diperlukan untuk melindungi terhadap tinggi banjir yang direncanakan. Mereka juga dilengkapi dengan perkuatan lereng dan perlindungan kaki tanggul sesuai kebutuhan.

a. Bentuk Tipikal Penampangan Melintang Tanggul

Perbedaan antara elevasi muka air banjir rencana dan elevasi puncak tanggul disebut tinggi jagaan.



Gambar 2. 1 Bentuk Tipikal Penampangan Melintang Tanggul (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

Dalam menentukan arah trase tanggul, perhatikan hal-hal berikut:

1. Pilih penampang basah sungai yang paling efektif dengan kapasitas pengaliran yang paling besar.
2. Trase tanggul harus searah dengan arus sungai dan menghindari belokan yang tajam.
3. Trase tanggul kiri dan kanan harus paralel dengan alur sungai untuk menghindari perubahan cepat dalam lebar sungai. Bantaran dibuat lebar sehingga jarak antara kaki tanggul dan tepi alur sungai cukup jauh.

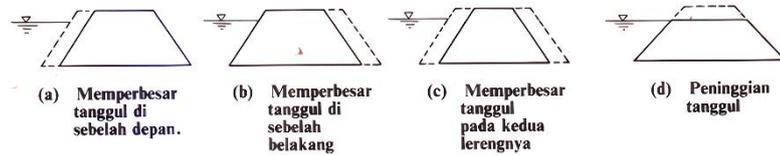


Gambar 2. 2 Rencana Trase Tanggul Dari Aliran Sungai Berbelok-Belok Tajam Meandering (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

b. Tipe Tanggul

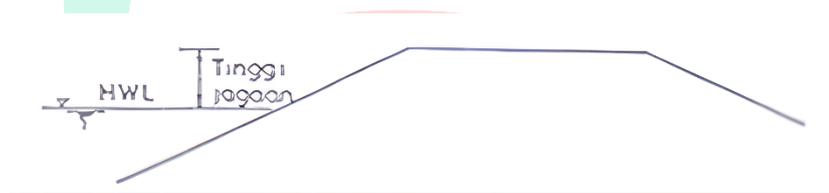
Apabila membangun tanggul baru, hindari membangun di daerah dengan tanah dasar pondasi yang tidak stabil, seperti lapisan tanah di

bawah tanah yang lemah. Jika tanggul harus dibuat dengan diisi air, itu dapat dilakukan hanya dalam keadaan sungai yang cukup lebar.



Gambar 2. 3 Beberapa Cara Peningkatan Tanggul (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

- c. Elevasi Puncak Tanggul
 Ketinggian puncak tanggul harus dihitung berdasarkan elevasi muka air banjir rencana dan tinggi *freeboard*.



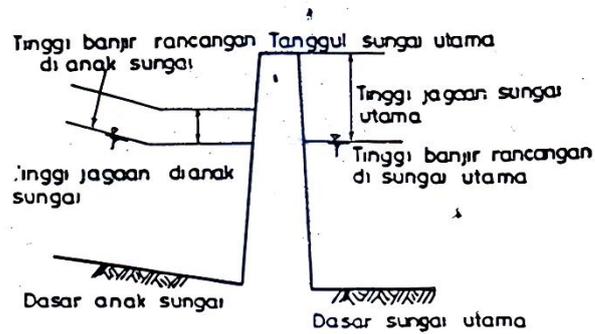
Gambar 2. 4 Penetapan Elevasi Puncak Tanggul Sket Penampang Melintang Tanggul (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

Keterangan :

- HWL = High Water Level
 MAT = Muka air Tinggi/Muka Air Banjir
 Elevasi puncak tanggul = Elevasi muka air banjir rencana + tinggi jagaan

- d. Tinggi Jagaan (*Freeboard*)
 Tanah di sekitar tanggul akan lebih tinggi dari tinggi banjir yang direncanakan, dan jika kondisi topografi tidak menghalangi pengendalian banjir.

Gambar 2. 5 Ilustrasi Tinggi Jagaan Tanggul Pada Anak Sungai Pada Pertemuan dengan Sungai Utama (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)



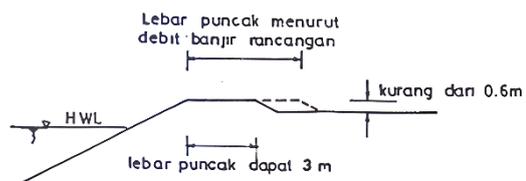
Gambar 2. 6 Ilustrasi Tinggi Jagaan Tanggul Pada Anak Sungai pada Pertemuan dengan Sungai Utama yang Terpengaruh Aliran Balik Reverse flow (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)



Gambar 2. 7 Penjelasan Tentang Dasar Penetapan Tinggi Jagaan (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

e. Lebar Puncak Tanggul

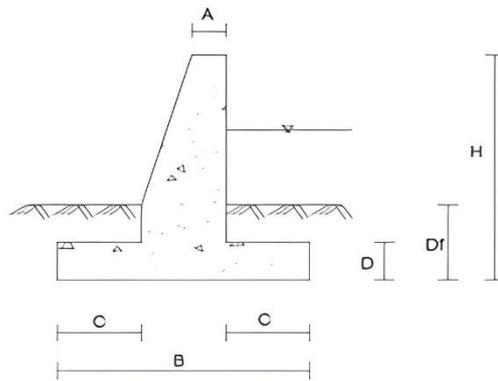
Lebar puncak tanggul disesuaikan dengan debit banjir rencana. Jika tanah daratan lebih tinggi dari muka air banjir rencana dan topografi cukup untuk mengendalikan banjir, lebar puncak dapat dibuat lebih dengan tetap memperhatikan debit banjir rencana.



Gambar 2. 8 Penetapan Lebar Puncak Tanggul (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

f. Perencanaan Dinding Penahan

Salah satu contoh dinding penahan beton adalah dinding yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang tidak dapat ditahan oleh lereng tanah tersebut.



Gambar 2. 9 Dimensi Penampang Prapat Beton (Sumber: Suryolelono, 2004)

H = Tinggi parapet beton, didapat dari kebutuhan elevasi rencana (m)

A = $0,167 H$ sampai dengan $0,0834 H$ (m)

B = $0,5 H$ sampai dengan $0,7 H$ (m)

D = $0,167 H$ sampai dengan $0,125 H$ (m)

C = $0,5 D$ sampai dengan D (m)

D_f = Disesuaikan dengan kondisi setempat (m)

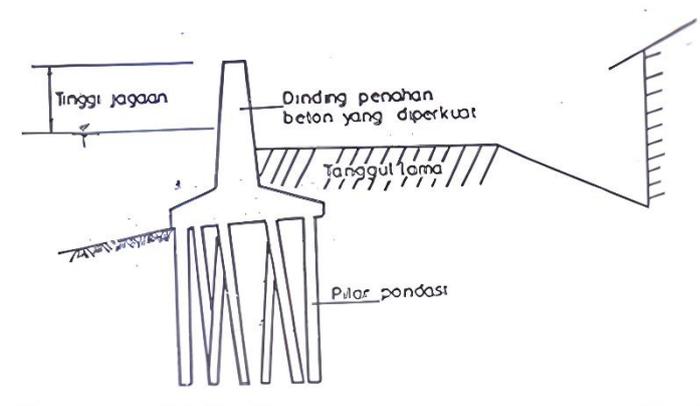
g. Tinggi Jagaan

Merencanakan dimensi penampang membutuhkan banyak perhatian. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai tinggi jagaan adalah penimbunan sedimen di dalam saluran, penurunan efisiensi hidraulik akibat pertumbuhan tanaman, penurunan tebing, dan kelebihan aliran saat hujan.

h. Tanggul Khusus

Untuk mengurangi area tanah yang harus dibebaskan, tanggul biasanya dibuat dengan dinding pasangan atau dinding beton, dengan tembok penahan dengan pasangan pada puncak tanggul yang lebar puncaknya.

Jika hal ini masih sulit, struktur berdiri sendiri yang terbuat dari beton, balok baja, atau bahan lainnya dapat digunakan.



Gambar 2. 10 Konstruksi Tembok Penahan-Berdiri Sendiri (Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

2.1.3.1 Perkuatan Tanggul

a. Elevasi Perkuatan Lereng/Tebing

Pada umumnya, tinggi perkuatan tanggul dibuat berdasarkan prinsip bahwa tanggul harus setinggi muka air banjir rencana, tetapi juga setinggi puncak tanggul jika diperlukan di lokasi seperti kolam penampungan, sungai dengan aliran yang deras, sungai dengan angin dan gelombang di sekitar muara, dan sebagainya.

b. Pemasangan Perkuatan Lereng/Tebing



Gambar 2. 11 Pemasangan Perkuatan Lereng/Tebing (Sumber:Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

Untuk menghindari dampak gerusan dasar sungai saat aliran mengalir dengan elevasi muka air tinggi, dasar perkuatan lereng harus diletakkan cukup dalam di tanah.

c. Pelindung Kaki

Ketinggian puncak pelindung kaki tidak boleh lebih besar dari ketinggian dasar sungai yang direncanakan (jika ketinggian dasar sungai yang direncanakan lebih rendah dari ketinggian dasar sungai yang direncanakan).

2.1.4 Analisis Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan fakta atau keterangan tentang fenomena hidrologi. Data hidrologi dianalisis untuk membuat kesimpulan atau keputusan tentang fenomena hidrologi menggunakan sebagian dari data hidrologi yang dikumpulkan. Analisis hidrologis untuk perencanaan penampang sungai digunakan untuk menentukan debit banjir rencana (Soewarno, 1995) Berikut adalah langkah-langkah analisis debit banjir rencana:

- a. Menentukan DAS (Daerah Aliran Sungai) dan luasnya.
- b. Menentukan luas pengaruh dari setiap stasiun hujan.
- c. Menentukan curah hujan tertinggi pada setiap stasiun setiap tahun, dan dianalisis sebagai representasi dari DAS atau curah hujan daerah.
- d. Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T (tahun).
- e. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besar curah hujan rencana di atas periode ulang T (tahun).

2.1.4.1 DAS

DAS adalah bagian dari suatu titik tertentu pada suatu sungai yang dipisahkan dari DAS-DAS di sebelahnya dan dikenal sebagai pembagi (devide) atau punggung bukit atau gunung yang dapat ditelusur di atas peta topografi. Semua air permukaan yang berasal dari daerah yang dikelilingi oleh pembagi tersebut dialirkan melalui titik terendah dari pembagi, yaitu tempat sungai utama dari DAS yang bersangkutan melintasi (Linsley, 1991).

2.1.4.2 Analisis Curah Hujan

Terlepas dari kelebihan dan kelemahan masing-masing metode yang disebutkan di atas, ada tiga faktor yang dapat dipertimbangkan saat memilih metode yang tepat untuk diterapkan pada suatu DAS. Faktor-faktor ini adalah sebagai berikut (Suripin., 2004) :

1. Luas DAS
2. Jaringan pos penakar hujan dalam DAS
3. Topografi DAS

Mendapatkan curah hujan area dapat dihitung dari beberapa metode yaitu:

a. Metode Aljabar

Cara paling mudah, tetapi menghasilkan hasil yang tidak akurat. Ini disebabkan asumsi bahwa setiap stasiun dianggap memiliki berat yang sama.

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

keterangan :

d = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

d1 = Curah hujan pada stasiun pengamatan satu (mm)

d2 = Curah hujan pada stasiun pengamatan kedua (mm)

d3 = Curah hujan pada stasiun pengamatan ketiga (mm)

b. Metode *Polygon Thiessen*

Metode ini didasarkan pada rata-rata timbang. Karena lebih teliti dan obyektif dibandingkan metode lainnya, metode ini sering digunakan dalam analisis hidrologi. Ini juga digunakan pada daerah dengan titik pengamatan yang tidak merata. Metode ini menggunakan stasiun hujan untuk memasukkan faktor-faktor yang memengaruhi wilayah tersebut, yang dikenal sebagai faktor pembobotan. Pilihan stasiun hujan harus mempertimbangkan area aliran sungai yang akan dibangun. Koefisien Thiessen sebagian besar bergantung pada luas daerah pengaruh stasiun hujan, yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus di tengah garis penghubung stasiun. Setelah mengetahui luas pengaruh masing-masing stasiun, koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan berikut, yang digambarkan sebagai berikut:

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

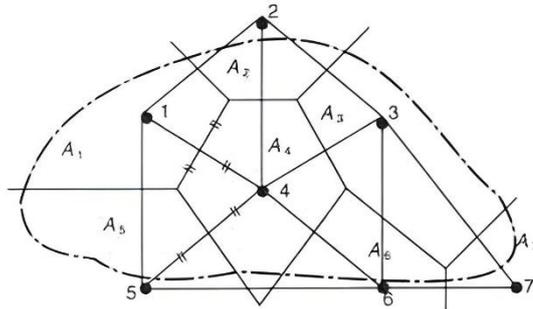
Keterangan :

A = Luas area (Km²)

R = Tinggi curah hujan di pos 1,2,3,...,n (mm)

R₁, R₂, R₃, ..., R_n = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...,n (mm)

A₁, A₂, A₃, ..., A_n = Luas daerah di area 1,2,3,...,n (Km²)



Gambar 2. 12 Polygon Thiessen (Sumber: Triatmodjo, 2008)

c. Metode Isohyet

Peta isohyet ditampilkan pada peta topografi dengan perbedaan (*interval*) antara 10 mm dan 20 mm. Luas area antara dua garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter, dan harga rata-rata dari garis-garis isohyet yang berdekatan, termasuk bagian-bagian area, dapat dihitung.

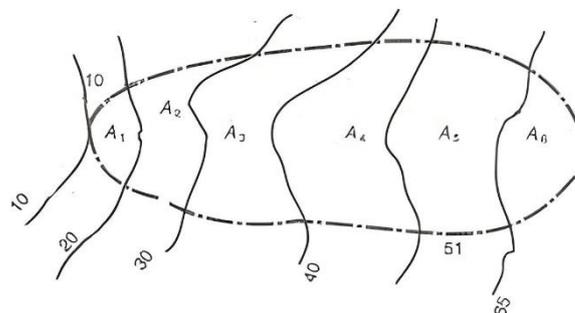
$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

\bar{R} = Curah hujan daerah (mm)

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas daerah yang mewakili titik pengamatan (Km^2)

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ = Curah hujan setiap titik pengamatan (mm)



Gambar 2. 13 Isohyet (Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.1.4.3 Data Curah Hujan Hilang

Nilai perkiraan dasar data dari tiga atau lebih stasiun terdekat dapat digunakan untuk mengisi data hujan yang hilang di suatu stasiun. (Triatmodjo, 2008) Dua syarat utama untuk menangani data hujan yang tidak tercatat atau hilang adalah bahwa ada dua stasiun penakar hujan di sekitarnya yang memiliki data lengkap, dan stasiun penakar hujan yang datanya tidak tercatat atau hilang diketahui memiliki nilai rata-rata tahunan. Persamaan untuk menghitung data curah hujan kosong adalah berikut. (Triatmodjo, 2008):

$$R_d = \frac{1}{n} + \left(\frac{N_d R_1}{N_1} + \frac{N_d R_2}{N_2} + \dots + \frac{N_d R_n}{N_n} \right) \dots \dots \dots (2.44)$$

Keterangan :

- R_d = hujan yang hilang di stasiun x, satuan: mm
- n = jumlah stasiun hujan di sekitar x
- N_d = hujan rata-rata tahunan di stasiun x
- N₁, N₂, ..., N_n = hujan rata-rata tahunan di stasiun sekitar x
- R₁, R₂, ..., R_n = tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun x, satuan (mm)

2.1.4.4 Analisa Frekuensi

Untuk menentukan kemungkinan besaran curah hujan yang dimaksud dalam berbagai periode waktu yang berbeda, analisis frekuensi digunakan. Proses ini menggunakan parameter yang berkaitan dengan analisis data, termasuk rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *skewness*, yang juga dikenal sebagai koefisien kecondongan atau kemiringan.

a. Parameter Statistik

Nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (S_d), koefisien variasi (C_v), dan koefisien *skewness* adalah beberapa parameter yang digunakan

dalam analisis frekuensi. Perhitungan parameter ini didasarkan pada catatan tinggi hujan harian rata-rata maksimum selama sepuluh tahun terakhir.

Setiap sebaran memiliki karakteristik tertentu, sehingga setiap data hidrologi harus diuji untuk memastikan apakah sesuai dengan karakteristik statistik masing-masing sebaran. Akan ada kesalahan perkiraan yang signifikan jika pemilihan sebaran salah.

1. Distribusi Normal

Kurva normal, atau distribusi normal, adalah istilah lain untuk distribusi normal. Metode distribusi normal digunakan untuk menghitung ferkuensi curah hujan, dengan persamaan (Soewarno, 1995):

$$X_T = \bar{X} + k \cdot S_x \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

X_T = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya Curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun.

\bar{X} = Harga rata-rata dari data = $\frac{\sum_1^n x_i}{n}$

K = Variabel reduksi

S_x = Standar Deviasi = $\sqrt{\frac{\sum_1^n x_i^2 - \sum_1^n x_i^2}{n}}$

2. Distribusi Log Normal

Untuk menghitung frekuensi curah hujan dengan metode distribusi log normal, gunakan persamaan (Soewarno, 1995):

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + k \cdot S_x \cdot \text{log } X \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

$\text{Log } X_T$ = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

$\text{Log } \bar{X}$ = Harga rata-rata dari data = $\frac{\sum_1^n \text{log } (x_i)}{n}$

$$S_{x\log} = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\log x_i^2 - \log \sum_1^n x_i)}{n-1}}$$

k = Variabel reduksi.

3. Distribusi Gumbel

Untuk menganalisis frekuensi curah hujan, metode E.J Gumbel digunakan, dengan persamaan (Soemarto, 1999):

$$X_T = \bar{X} + k.S_x \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

X_T = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun.

$$\bar{X} = \text{Harga rata-rata dari data} = \frac{\sum_1^n X_i}{n}$$

$$S_x = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_1^n X_i^2 - \sum_1^n X_i}{n}}$$

k = Variabel reduksi.

Untuk menghitung variabel reduksi E.J Gumbel, yaitu:

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

Y_T = Variabel Reduksi sebagai fungsi dari periode ulang T tahun

Y_n = Variabel Reduksi sebagai fungsi dari banyak data (N)

S_n = Standar Deviasi sebagai fungsi dari banyak data (N)

4. Distribusi Log Pearson III

Untuk menghitung frekuensi curah hujan menggunakan metode Log Pearson III, menggunakan persamaan (Soemarto, 1999):

$$\text{Log} X_T = \text{log } \bar{X} + K \cdot S_1 \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

Log X_T = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

$$\text{log } \bar{X} = \text{Harga rata-rata dari} \frac{\sum_1^n \text{log}(X_i)}{n}$$

$$S_1 = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{log } X_i - (\text{log } \bar{x}))^2}{n-1}}$$

$$\text{Dengan periode ulang } T \text{ Cs} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^2}{(n-1)(n-2) \cdot S_1^3} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

Cs = Koefisien kemencengan

2.1.4.5 Plotting Data

Data tersebut digambar pada kertas probabilitas untuk mengetahui kesesuaian distribusi probabilitas dengan rangkaian data hidrologi. Skala orbinat dan absis kertas probabilitas dibuat sedemikian rupa sehingga data yang digambarkan tampak mendekati garis lurus. (Triatmodjo, 2008).

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

$P(X_m)$ = Data yang telah dirangking dari besar ke kecil atau sebaliknya.

m = Nomor urut

N = Jumlah data

2.1.4.6 Uji Kecocokan Sebaran

Pengujian tambahan diperlukan untuk menentukan kesesuaian dari jenis sebaran teoritis yang dipilih. Dua metode statistik berikut digunakan untuk melakukan analisis uji kesesuaian.

a. Uji Smirnow Kolmogorof

Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian Smirnow Kolmogorof. (Soewarno, 1995):

1. Gunakan kertas probabilitas untuk plot data dengan peluang agihan empiris, menggunakan persamaan weibull:

$$P = \frac{m}{(n+1)} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

m = Nomor urut dari kecil ke besar

n = Banyaknya data

2. Tarik garis dengan mengikuti persamaan:

$$\text{Log } X_r = \overline{\log X} + G.Sd \dots\dots\dots (2.12)$$

Perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris ditemukan melalui grafik plotting:

$$\Delta_{\max} = |P_e - P_t| \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

Δ_{\max} = Selisih maksimum antara peluang empiris dengan teoritis

P_e = Peluang empiris

P_t = Peluang teoritis

3. 5% dari jumlah data (n) diambil sebagai tanda signifikan, dan Δ_{Cr} dari uji Smirnov-Kolmogorof dihitung. Jika $\Delta_{\max} < \Delta_{Cr}$, maka data dapat diterima

b. Uji Chi-Kuadrat

Rumus uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menguji kesesuaian distribusi data pengamatan dibandingkan dengan data teoritis ke arah vertikal. (Limantara L. M., 2018) yaitu:

$$X_{hitung}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_e - F_t)^2}{F_t} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

X_{hitung}^2 = Harga Chi-Square hitung

F_e = Frekuensi pengamatan kelas j

F_t = Frekuensi teoritis kelas j

k = Jumlah kelas

Derajat bebas d^k dirumuskan sebagai berikut (Monarcih & Soetopo, 2017)

$d^k = k-1$ jika frekuensi dihitung tanpa memperkirakan parameter dari sampel.

1. $d^k = k-1-m$ jika frekuensi dihitung dengan memperkirakan m parameter dari sampel.

Harga dengan derajat bebas (ν) diatas dibandingkan dengan X^2 dari tabel dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Jika X^2_{hitung} lebih besar dari X^2 tabel, maka data sesuai dengan distribusi tersebut (Monarcih & Soetopo, 2017).

2.1.4.7 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan atau kedalaman air hujan per satuan waktu (mm/jam atau mm/menit). Sifat umum hujan adalah bahwa intensitas hujan lebih tinggi selama periode waktu yang lebih singkat dan intensitas hujan lebih tinggi selama periode waktu yang lebih lama.

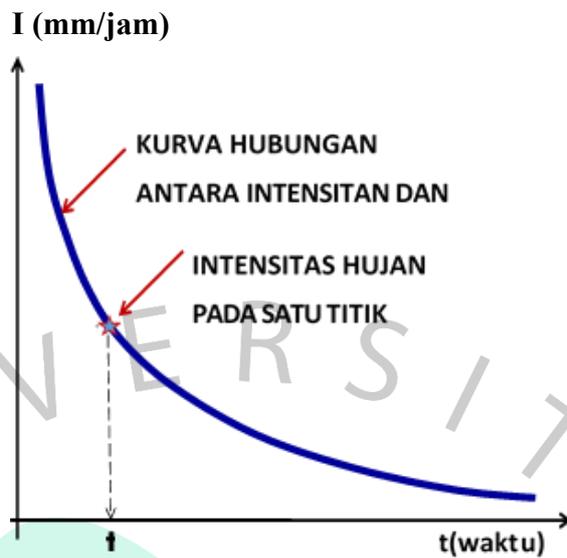
$$I = R/t \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R = Tinggi hujan (mm)

t = Lama hujan (jam)



Gambar 2. 14 Kurva IDF (Sumber: Jurnal)

Hubungan antara intensitas hujan, durasi hujan, dan frekuensi yang ditunjukkan dalam kurva.

2.1.4.8 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir maksimum di sungai atau saluran alami dengan periode ulang rata-rata yang ditentukan tanpa mempengaruhi proyek irigasi dan stabilitas bangunan.

a. Metode Rasional

Untuk saluran-saluran dengan daerah aliran kecil sekitar 40-80 km², metode rasional digunakan untuk menentukan banjir maksimum. Metode ini dapat diwakili secara aljabar dengan persamaan (Subarkah, 1980):

$$Q_t = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

- Q_t = Debit banjir rencana (m³/dtk)
- C = koefisien *run off* (koefisien limpasan)
- I = intensitas maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = luas daerah aliran (Ha)

0,278 = Faktor konversi

Jenis tanah, luas, dan bentuk pengaliran sungai memengaruhi koefisien *run off*.

b. Metode *Melchior*

Persyaratan untuk menghitung debit banjir dengan metode *Melchior* adalah sebagai berikut:

1. Luas daerah aliran sungai tidak lebih dari 100 km²
2. Hujan tidak lebih dari 24 jam

$$Q_t = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \dots\dots\dots (2.17)$$

1. Koefisien Aliran (α)

Nilai 0,52 disarankan di antara 0,42 dan 0,62. (Loebis, 1987)

2. Koefisien Reduksi (β)

$$f = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta \dots\dots\dots (2.18)$$

3. Waktu Konsentrasi (t)

$$t = \frac{1000L}{3600V}$$

Keterangan :

t = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai (km)

V = Kecepatan air rata – rata

$$V = 1,31 \cdot \sqrt[5]{\beta \cdot q \cdot f \cdot i^2}$$

$$i = \frac{H}{0,9 \cdot L}$$

4. Hujan Maksimum (q)

Hujan maksimum (q) didapat dari grafik hubungan persentase curah hujan dengan t terhadap curah hujan harian dengan luas DPS dan waktu.

$$Q_t = \alpha \times q \times F \times R_t / 200 \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

Q_t = Debit banjir rencana (m³/det)

- A = Koefisien run off
- f_t = Koefisien reduksi daerah untuk curah hujan DAS
- q = Hujan maksimum ($m^3/km^2/det$)
- t = Waktu konsentrasi (jam)
- F = Luas daerah pengaliran (km^2)
- L = Panjang sungai (km)
- I = Gradien sungai atau medan yaitu kemiringan rata-rata sungai (10%)

c. Metode *Weduwen*

Metode *Weduwen* memiliki rumus yaitu:

$$Q_t = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \dots\dots\dots (2.20)$$

1. Waktu konsentrasi (t)

$$t = 0,25LQ^{-0,125}I^{-0,25}$$

2. Koefisien reduksi (β)

$$\beta = \frac{120 + ((t + 1)(t + 9))A}{120 + A}$$

3. Hujan maksimum (q)

$$q_n = \frac{67,65}{t + 1,45}$$

4. Koefisien *run off* (α)

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta q_n + 7}$$

Keterangan :

- Q_t = Debit banjir rencana (m^3/det)
- R_n = Curah hujan maksimum (mm/hari)
- α = Koefisien pengaliran
- β = Koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS
- q_n = Debit persatuan luas ($m^3/det \cdot km^2$)
- t = Waktu konsentrasi (jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km^2)
- L = Panjang sungai (km)

I = Gradien sungai atau medan yaitu kemiringan rata-rata sungai (10%) bagian hulu dari panjang sungai tidak dihitung. Beda tinggi dan panjang diambil dari suatu titik 0,1 L dari batas hulu DAS.

Persyaratan untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan metode weduwen adalah sebagai berikut:

A = Luas daerah pengaliran kurang dari 100 km²

t = 1/6 hingga 12 jam

Langkah kerja perhitungan:

1. Hitung A , L dan I dari peta garis tinggi DAS dan substitusikan dalam persamaan.
2. Buat harga perkiraan Q_1 dan gunakan persamaan di atas untuk menghitung besaran t , q_n , α , dan β .
3. Setelah, besaran t , q_n , α , dan β sudah di dapat kemudian dilakukan proses untuk perhitung Q_2 .
4. Ulangi perhitungan sampai dengan $Q_n = Q_{n-1}$ atau mendekati nilai tersebut.

2.1.4.9 Kala Ulang

Perhitungan hidrologi adalah bagian dari perencanaan berbagai jenis bangunan air. Untuk bangunan air, pemilihan kala ulang (*return period*) banjir rancangan sangat bergantung pada analisis statistik dari urutan kejadian banjir.

2.1.5 Hidrolika

Analisis hidrolika adalah disiplin yang menyelidiki sifat cairan. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui kapasitas alur sungai saat ini terhadap banjir rencana. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk desain alur sungai. Ada dua jenis aliran saluran:

tertutup dan terbuka. Kedua aliran tersebut memiliki banyak kesamaan. Namun, aliran saluran terbuka memiliki permukaan bebas, sedangkan aliran saluran tertutup tidak berhubungan langsung dengan tekanan atmosfer.

a. Tipe aliran

Bergantung pada kriteria yang digunakan, aliran permukaan bebas dapat dibagi menjadi berbagai jenis. Aliran dibedakan menjadi aliran permanen (*steady*) dan tidak permanen (*unsteady*) jika fungsi waktu mengikuti fungsi kedalaman dan kecepatan, dan aliran seragam (*uniform*) dan tidak seragam (*nonuniform*). Aliran tetap adalah salah satu jenis aliran; istilah "tetap" menunjukkan bahwa selama analisis aliran dianggap bahwa debit aliran tetap. Aliran melalui saluran prismatic memiliki kecepatan aliran V yang tetap atau tidak berubah menurut waktu. Aliran tidak tetap (*unsteady*) dan aliran seragam (*uniform*) adalah aliran yang berbeda. Ketika kecepatan aliran berubah menurut waktu, itu disebut aliran tidak tetap. Ketika kecepatan aliran tidak tergantung pada tempat atau tidak berubah menurut tempat, aliran seragam adalah aliran yang tetap

b. Simulasi dan model

Dalam (Istiarto, 2014) Salah satu metode untuk mempelajari pola aliran di sepanjang saluran terbuka adalah simulasi aliran di saluran terbuka, yang dilakukan secara nyata dengan mengalirkan air ke saluran, biasanya dibuat dalam skala laboratorium (model fisik), atau secara virtual dengan melakukan sejumlah hitungan hidraulik, yang biasanya dimasukkan ke dalam perangkat lunak atau program komputer. Sejumlah fenomena fisik aliran di saluran atau sungai yang nyata (*prototype*) digambarkan dalam saluran atau sungai yang dibuat lebih kecil (model). Interpretasi terhadap fenomena yang seolah-olah terjadi *prototype* Model metematik menggunakan serangkaian persamaan matematik

untuk meniru fenomena aliran fisik di saluran nyata. Persamaan ini menjelaskan hubungan antar variabel aliran, termasuk variabel geometri, kinematik, dan dinamik. Pada model matematik, parameter aliran diperoleh dengan menghitung atau menyelesaikan persamaan matematik dalam software. Sebaliknya, pada model fisik, pengukuran atau pengamatan dilakukan untuk mendapatkan parameter aliran.

Software berfungsi sebagai alat untuk melakukan penelitian atau analisis simulasi. Aktifitas pendukung diperlukan untuk simulasi komputer sendiri, seperti menyiapkan data masukan dan memeriksa ketepatan model dan hasilnya. Simulasi adalah proses yang dilakukan oleh model meniru proses alam yang telah, sedang, akan, atau mungkin atau seandainya terjadi.

2.1.6 HEC-RAS

Software HEC-RAS dirancang untuk memungkinkan analisis hidraulik. HEC-RAS memiliki kemampuan untuk menampilkan perhitungan penampang muka air dimensi untuk aliran dalam saluran alami atau buatan. Selain itu, HEC-RAS dapat memperhitungkan penampang muka air untuk aliran subkritis, superkritis, dan campuran. Sistem ini terdiri dari tiga bagian analisis hidrolis satu dimensi: perhitungan penampang muka air untuk aliran tetap, aliran tidak tetap, dan transportasi sedimen. Tampilan data geometri serta perhitungan geometri dan hidrolis akan digunakan oleh ketiga komponen. HEC-RAS yang digunakan adalah HEC-RAS. Langkah-langkah pengoperasian HEC-RAS adalah sebagai berikut:

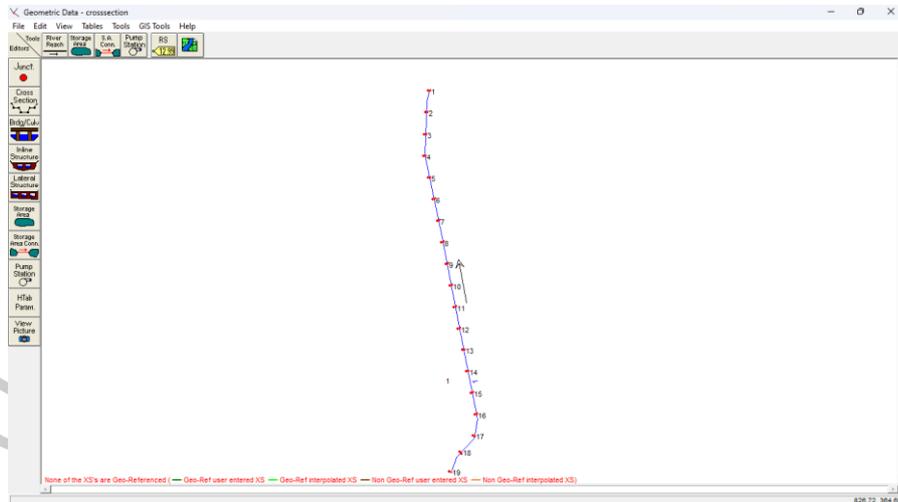
a) *Input*

1) Geometri Data

- Membuat Alur Sungai (*River Reach*)

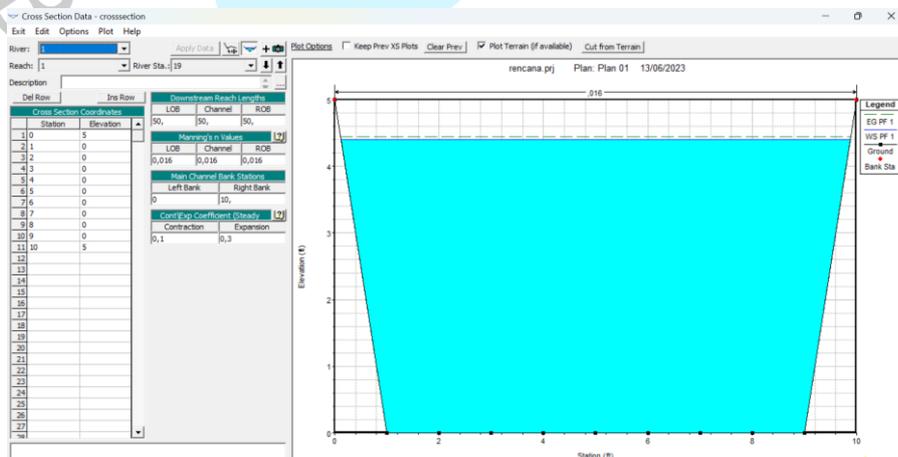
Alur sungai yang digunakan adalah alur Sungai Serua yang melewati Perumahan Pondok Maharta dari hulu ke hilir, yaitu dari sta. 19 sampai sta. 1. Jarak antara *cross section* di setiap

sta yaitu ± 50 meter. Hal ini karena Sungai Serua yang melewati perumahan Pondok Maharta memiliki Panjang 950 meter, dimana sungai mengalir dari sta. 19 ke sta. 1.



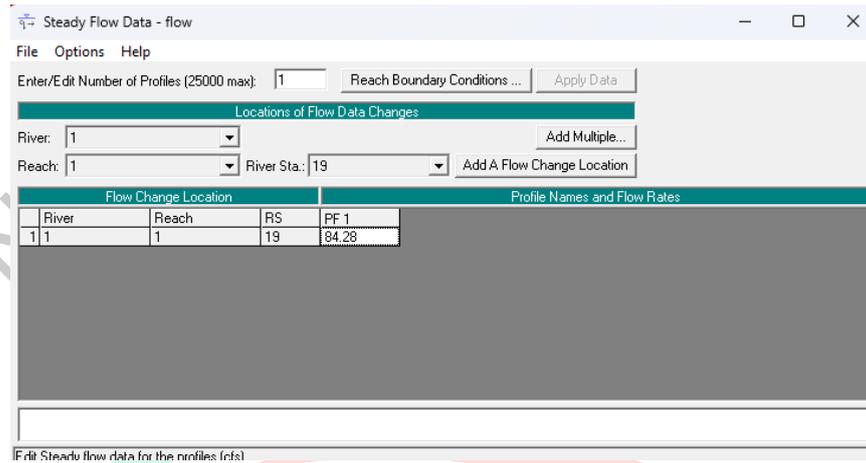
Gambar 2. 15 Input Geometric Data

- Masukkan data masing-masing *cross section*
 - Nomor Stasiun = Sta. 19 – Sta. 1
 - Stasiun dan Elevasi = Data *cross section*
 - Jarak Antar *Cross Section* = Data penampang memanjang sungai
 - Nilai Koefisien *Manning* = 0,016



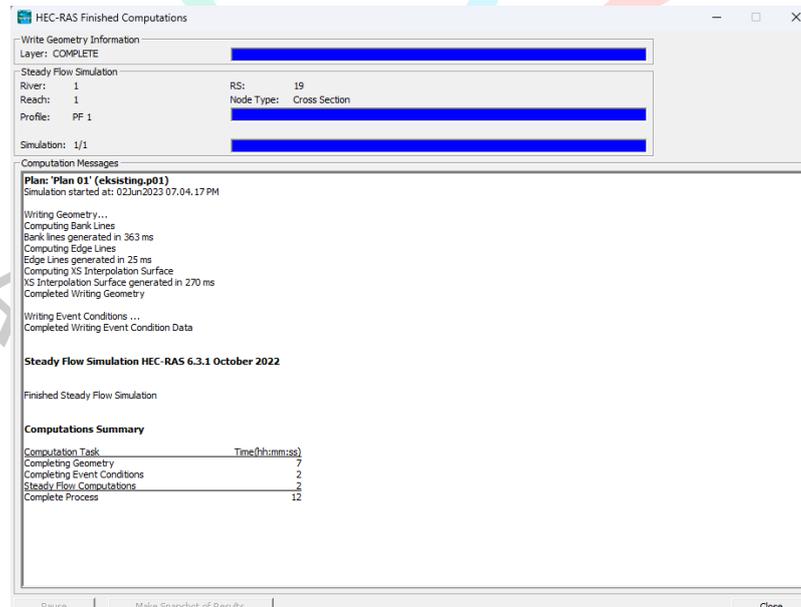
Gambar 2. 16 Masukkan Data Cross Section

- b) Masukkan data debit banjir rencana (*Steady Flow* data) pada program HEC-RAS.



Gambar 2. 17 Steady Flow Data

- c) Setelah memasukkan data debit banjir rencana lalu tahap selanjutnya melakukan analisis *running* pada program HEC-RAS.



Gambar 2. 18 HEC-RAS Finished Computations

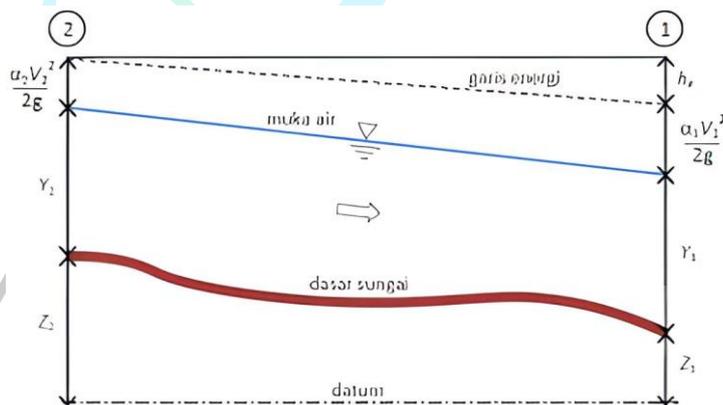
2.1.6.1 Analisa Penampang Eksisting Sungai

HEC-RAS adalah sistem software terintegrasi dengan fasilitas pelaporan dan grafik, komponen analisa hidrolika terpisah, dan kemampuan manajemen dan tampungan data. Dirancang untuk digunakan melalui interface grafik pengguna. Nilai tinggi muka air yang paling dekat dengan tinggi muka pengamatan lapangan akan dihasilkan dari beberapa coba-coba hasil perhitungan HEC-RAS. Rumus dasar HEC-RAS Program:

$$Y_2 + Z_2 = \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

- Y_1, Y_2 = Kedalaman aliran (m)
- Z_1, Z_2 = Elevasi dasar saluran (m)
- V_1, V_2 = Kecepatan rata-rata debit dibagi luas tampang Basah (m/s)
- α_1, α_2 = Besar koefisien percepatan
- g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
- h_e = kehilangan tinggi energi (m)



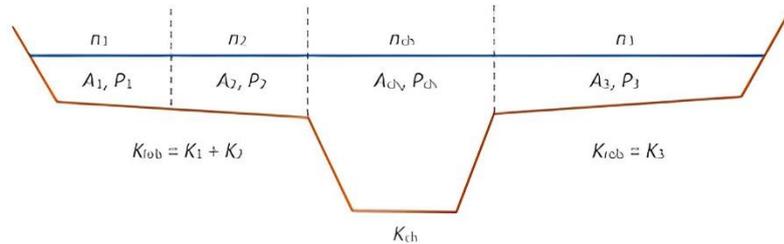
Gambar 2. 19 Gambaran Dari Persamaan Energi (Sumber: Istirto, 2014)

Kehilangan tinggi energi terdiri dari dua komponen: kehilangan nilai kritis dan kehilangan kuat tekan. Persamaan rumus untuk kehilangan tinggi energi adalah sebagai berikut:

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

Jarak L dihitung dengan :

$$L = \frac{L_{lob}Q_{lob} + L_{ch}Q_{ch} + L_{rob}Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \dots\dots\dots (2.23)$$



Gambar 2. 20 Metode HEC-RAS Tentang Ke Kasaran Dasar Saluran (Sumber: Iistiarto, 2014)

Keterangan :

- L = Panjang reach (m)
- $L\bar{S}_f$ = Kemiringan gesekan
- C = Koefisien kehilangan ekspansi atau kontraksi
- L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = Jarak cross section untuk overbank kiri tengah dan kanan (m)
- Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob} = debit rata-rata untuk overbank kiri tengah dan kanan (m)
- K = Kekasaran dasar untuk tiap bagian
- n = Koefisien kekasaran manning untuk tiap bagian
- A = Luas area penampang basah untuk tiap bagian
- P = Garis keliling basah keseluruhan saluran utama
- Pi = Garis keliling basah bagian i
- ni = Koefisien kekasaran untuk bagian i

2.1.6.2 Perencanaan Penampang Sungai Rencana

Perencanaan ini dilakukan untuk menemukan penampang yang ideal untuk penggunaan lahan dan yang stabil terhadap perubahan curah hujan yang paling besar. Faktor bentuk penampang berdasarkan kapasitas pengaliran termasuk:

$$Q_{\text{Banjir}} = A * V \dots\dots\dots (2.24)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$Q_{\text{Banjir}} = \frac{1}{n} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot A \dots\dots\dots (2.26)$$

$R^{\frac{2}{3}} * A \rightarrow$ merupakan faktor bentuk penampang

Kapasitas penampang yang dipengaruhi kekerasan penampang ditentukan oleh rumus berikut, yang juga digunakan dalam pendimensionan saluran-saluran:

a. Perencanaan dimensi penampang tunggal trapesium

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$P = B + 2H\sqrt{(1 + m^2)} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$A = H \times 2H(B + mH) \dots\dots\dots (2.30)$$

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots (2.31)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran (m³/dt)

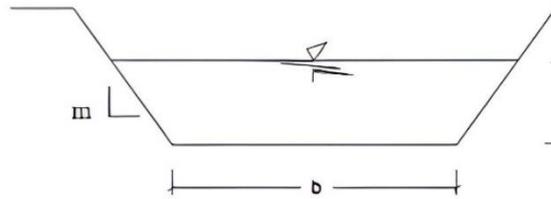
A = Luas penampang basah (m²)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

n = Koefisien kekasaran manning

R = Radius hidraulik (m)

- P = Keliling basah sungai (m)
- I = Kemiringan hidraulik sungai
- m = Kemiringan talud



Gambar 2. 21 Saluran Penampang Tunggal Trapesium (Sumber: radmodjo, 1993)

b. Perencanaan Dimensi Penampang Ganda Trapesium

Penampang bawah penampang ganda didesain dengan debit dominan untuk mendapatkan penampang yang stabil.

$$B_2 = 15H_1 \dots\dots\dots(2.32)$$

$$B_1 = B_3 \dots\dots\dots(2.31)$$

$$n_1 = n_3 \dots\dots\dots(2.32)$$

$$A_1 = A_3 = \frac{1}{2}H_1 \times (B_1 + mH_1) \dots\dots\dots(2.33)$$

$$P = P_1 = B_1 + H_1 \times \sqrt{(1 + m^2)} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$R_1 = R_3 = \frac{A_1}{P_1} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$V_1 = V_3 = \frac{1}{n_1} \times R_3^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$Q_1 = Q_3 = A_1 \times V_1 \dots\dots\dots(2.37)$$

$$A_2 = \frac{1}{2}H_1 \times (B_2 + mH_2) + H_2 \times (B_2 + mH_2) \dots\dots\dots(2.38)$$

$$P_2 = B_2 = 2H_1 \times \sqrt{(1 + m^2)} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$V_2 = \frac{1}{n_2} \times R_3^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$Q_2 = A_2 \times V_2 \dots\dots\dots(2.42)$$

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots(2.43)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran (m^3/dt)

A = Luas penampang basah (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

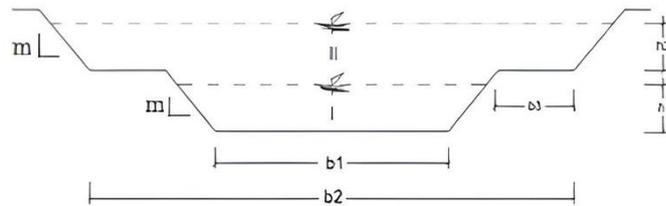
n = Koefisien kekasaran manning

R = Keliling basah (m)

P = Keliling basah sungai (m)

I = Kemiringan hidraulik sungai

m = Kemiringan talud



Gambar 2. 22 Saluran Penampang Ganda Trapesium
(Sumber: Triadmojo, 1993)

Penampang ganda biasanya digunakan untuk memiliki kapasitas saluran yang lebih besar dan dapat mengalirkan debit yang lebih besar. Penampang ganda dapat digunakan pada lahan yang lebih luas. Tinggi jagaan dipengaruhi oleh penimbunan sedimen di dalam saluran, penurunan tebing, kelebihan aliran selama hujan, dan penurunan efisiensi hidraulik akibat tanaman.

Tahap penting dalam perencanaan tanggul dan karakteristik mekanika tubuh bendung tanggul adalah menentukan kemiringan lereng tanggul. Mercu tanggul berfungsi untuk menghentikan banjir. Dalam hal stabilitas, pembangunan tanggul dengan mercu yang tidak lebar dan lereng yang agak curam tampaknya cukup memadai.

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Analisis Pengendalian Banjir Menggunakan Metode HEC-RAS di Sungai Comoro Bagian Hilir, Timor-Leste

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Minaryo, Teki, & Wulandari, 2022) penulis melakukan analisis terhadap kondisi aliran sungai dan memodelkan pergerakan aliran sungai pada kondisi normal dan saat terjadi banjir dengan menggunakan software HEC-RAS. Berdasarkan hasil analisis dan simulasi yang dilakukan, penulis menyimpulkan bahwa terdapat beberapa alternatif pengendalian banjir yang dapat dilakukan di Sungai Comoro, seperti pembuatan tanggul dan pengerukan sungai.

Namun demikian, penulis juga menekankan bahwa pemilihan alternatif pengendalian banjir yang tepat harus didasarkan pada kajian yang komprehensif dan melibatkan semua pihak terkait, seperti pemerintah, masyarakat, dan ahli teknis. Selain itu, penulis juga menyoroti pentingnya peran masyarakat dalam upaya pengendalian banjir, terutama dalam hal pengelolaan dan pelestarian lingkungan yang dapat mempengaruhi kondisi aliran sungai.

2.2.2 Penggunaan Program HEC-RAS Dalam Pengendalian Banjir Sungai

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan (Dermawan, Yuliantini, Endrata, & Hermawati, 2022) penulis membahas tentang beberapa langkah penting dalam penggunaan program HEC-RAS untuk memodelkan pergerakan aliran sungai dan melakukan analisis banjir. Beberapa hal yang dibahas meliputi pemilihan data awal, pemodelan geometri sungai, pemodelan kondisi aliran, serta interpretasi hasil analisis.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, penulis menyimpulkan bahwa program HEC-RAS dapat digunakan sebagai alat yang efektif dalam pengendalian banjir sungai. Dengan memanfaatkan program ini, pengguna dapat memodelkan kondisi aliran sungai dan melakukan simulasi pada

berbagai skenario banjir. Hal ini dapat membantu dalam menentukan alternatif pengendalian banjir yang paling tepat.

Namun, penulis juga menekankan bahwa penggunaan program HEC-RAS harus didukung dengan data yang akurat dan lengkap. Selain itu, pemilihan alternatif pengendalian banjir yang tepat harus didasarkan pada kajian yang komprehensif dan melibatkan semua pihak terkait, seperti pemerintah, masyarakat, dan ahli teknis.

2.2.3 Aplikasi HEC-RAS Dalam Pengendalian Banjir Sungai Way Kandir-Lampung Selatan

Lalu, penelitian yang dilakukan (Aprizal & Meris, 2020) penulis melakukan analisis terhadap kondisi aliran sungai dan memodelkan pergerakan aliran sungai pada kondisi normal dan saat terjadi banjir dengan menggunakan program HEC-RAS. Berdasarkan hasil analisis dan simulasi yang dilakukan, penulis menyimpulkan bahwa terdapat beberapa alternatif pengendalian banjir yang dapat dilakukan di Sungai Way Kandis, seperti pembuatan tanggul dan pengendalian laju aliran.

Penulis juga menyoroti pentingnya peran pemerintah dalam upaya pengendalian banjir. Dalam hal ini, pemerintah perlu melakukan koordinasi dengan berbagai pihak terkait, seperti masyarakat, ahli teknis, dan pihak swasta, untuk menentukan alternatif pengendalian banjir yang paling efektif dan efisien.

Selain itu, penulis juga menekankan bahwa aplikasi program HEC-RAS dapat menjadi alat yang efektif dalam pengendalian banjir, terutama dalam hal pemodelan dan simulasi kondisi aliran sungai. Namun, penggunaan program ini juga harus didukung dengan data yang akurat dan pemilihan alternatif pengendalian banjir yang tepat harus didasarkan pada kajian yang komprehensif dan melibatkan semua pihak terkait.

2.2.4 Flood Analysis With HEC-RAS: A Case Study of Tigris

Jurnal "*Flood Analysis With HEC-RAS: A Case Study of Tigris*", (Ogras & Onen, 2020) penulis melakukan analisis terhadap banjir yang terjadi di Sungai Tigris dengan menggunakan program HEC-RAS. Dalam analisis ini, penulis menganalisis karakteristik aliran sungai, memodelkan pergerakan aliran saat banjir terjadi, dan mengidentifikasi daerah-daerah yang berpotensi tergenang. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, penulis menyimpulkan beberapa hal. Pertama, HEC-RAS dapat digunakan secara efektif untuk menganalisis banjir dan memodelkan pergerakan aliran sungai. Program ini memberikan informasi yang detail mengenai karakteristik aliran sungai dan distribusi banjir di sepanjang Sungai Tigris.

Selain itu, penulis juga mengidentifikasi daerah-daerah yang berpotensi terkena dampak banjir. Hal ini dapat menjadi dasar untuk mengembangkan strategi pengendalian banjir yang lebih efektif di sepanjang Sungai Tigris. Namun, penulis juga menyadari bahwa analisis banjir dengan HEC-RAS memiliki beberapa keterbatasan. Salah satunya adalah ketergantungan pada kualitas data awal yang akurat dan lengkap. Oleh karena itu, penulis menekankan pentingnya pengumpulan data yang baik dan valid untuk memperoleh hasil analisis yang lebih akurat.