

ANALISIS KAPASITAS SUNGAI DELI DALAM RANGKA PENANGGULANGAN BANJIR KOTA MEDAN MENGGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS

Indi Rezki Uli Simanjuntak¹, Tera Melya Patrice Sihombing¹, Andry Yuliyanto^{1*}, Arif Rahman Hakim Sitepu¹, Elian Zhafira¹, Kirtinanda P, ¹, William Zones Sinuraya¹

¹)Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Insitut Teknologi Sumatera

*)email: andry.yuliyanto@si.itera.ac.id

Diterima : 6 Januari 2024
Direvisi : 30 April 2024

Disetujui : 13 Mei 2024
Diterbitkan : 31 Mei 2024

Abstract: Deli River is located in the Karo Regency with a watershed area of approximately 472 km² and a length of approximately 72 km, flowing through the city of Medan to the Malacca Strait. Deli River has experienced a narrowing of sedimentation, resulting in its inability to accommodate the large flood discharge it receives. The research objective is to analyze the Deli River for flood control, including hydrological analysis using various probability frequency methods, and flood discharge planning using HSS ITB-1 and HSS Gamma-1. In the hydraulic analysis, the HEC-RAS (Hydrolic Engineering Center River Analysis System) 6.1 software was used from the upstream of the river to the flood point, with a catchment area of approximately 250.01 km² and a length of about 45 km. The results show that the river's capacity can only reduce the flood discharge by about 10%, with a peak flow time of 4 to 5 hours. In the study, the solution chosen is to construct flood control parapets of walls. The freeboard height in this modeling ranges from 0.5 to 1 meter (maximum).

Keywords : Deli River, Flood Discharge, Hydrological Analysis, Flood Control, HEC-RAS, Embankment Modeling

Abstrak: Sungai Deli terletak di Kabupaten Karo dengan daerah aliran sungai seluas ± 472 km² dan panjang ± 72km, mengalir melintasi Kota Medan Selat Malaka. Sungai Deli mengalami penyempitan atau pendangkalan sehingga menyebabkan kapasitas debit Sungai Deli tidak bisa menampung besarnya debit banjir yang diterima. Tujuan penelitian adalah menganalisis Sungai Deli untuk pengendalian banjir, meliputi analisis hidrologi dengan berbagai metode probabilitas frekuensi, perencanaan debit banjir menggunakan HSS ITB-1 dan HSS Gamma-1. Pada analisis hidraulika menggunakan software HEC-RAS (Hydrolic Engineering Center River Analysis System) 6.1 dilakukan dari bagian hulu sungai hingga titik outlet banjir, dengan wilayah tangkapan air (catcment area) memiliki luas sekitar 250.01 km² sepanjang ±45km. Hasilnya, kapasitas sungai hanya dapat mengurangi debit banjir sekitar 10%, dengan waktu puncak aliran antara 4 hingga 5 jam. Pada penelitian ini, solusi yang diambil adalah membangun parapet atau tembok penggendali banjir. Tinggi ja ga an a tau freeboard pada pemodelan ini adalah 0.5 hingga 1 meter (maksimum).

Kata kunci : Sungai Deli, Debit Banjir, Analisis Hidrologi, Penanggulangan Banjir, HEC-RAS, Pemodelan Parapet

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai ialah aliran air terbuka dengan penampang melintang, profil memanjang, dan kemiringan lembah yang berubah seiring waktu. Air merupakan komponen utama dalam sungai, memberikan manfaat signifikan di daerah pedesaan dan perkotaan. Di pedesaan, sungai

digunakan untuk mengairi sawah dan mengatasi potensi banjir. Namun, di perkotaan, sungai sering tercemar dan kurang terawat, mengakibatkan ketidak mampuan sungai dalam menampung air hujan [1]. Permasalahan-permasalahan pada sungai diikuti dengan curah hujan tinggi menyebabkan naiknya muka air sungai karena kurangnya kapasitas tampungan sungai, limpasan dari

sungai mengalir ke topografi yang lebih rendah dari laju infiltrasi yang rendah akan menimbulkan genangan air atau banjir [2].

Banjir masih menjadi salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia [3]. Masalah utama penyebab banjir disebabkan oleh pengelolaan sungai yang belum terintegrasi dengan benar [4]. Pemeliharaan sungai merupakan kegiatan penting seperti pemantauan kualitas pasir, pengendalian erosi, monitoring hidrologi, dan pengendalian banjir [5]. Permasalahan sungai yang tidak ditindaklanjuti akan berdampak pada masalah ekonomi, sosial, budaya, dan kesehatan [6]. Banjir yang sering terjadi akibat meluapnya Sungai Deli perlu diketahui penyebabnya.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis kapasitas tampungan Sungai Deli untuk mengetahui seberapa besar debit yang mampu ditampung pada penampang sungai dengan kala ulang 25 tahun. Penelitian ini menganalisis penggunaan tanggul sungai sebagai infrastruktur penahan debit banjir yang diharapkan mampu mengurangi risiko banjir Sungai Deli pada kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 25 tahun. Hal ini penting mengingat *hydrological modeling* dan pengembangan sumber daya air (SDA) adalah hal penting untuk memprediksi kapasitas tampungan air yang dipengaruhi oleh sistem SDA, sosial ekonomi dan lingkungan [7].

Sungai adalah aliran air tawar alami dari tempat tinggi ke tempat yang rendah berakhir di sungai yang lebih besar, danau, atau laut. Sungai memiliki berbagai karakteristik bentuk berkelok-kelok, kemiringan yang beragam, kecepatan aliran, dan volume air yang dapat mengalami aktivitas seperti pengikisan, pengendapan, dan pengangkutan atau transportasi [8].

Undang-undang No.17 tahun 2019 dan Peraturan Pemerintah No.37 mendefinisikan Derah Aliran Sungai (DAS) sebagai wilayah daratan yang bersatu dengan sungai dan anak-anak sungainya, berperan dalam mengalirkan air hujan secara alami ke danau atau laut. DAS dibatasi oleh fitur topografi di darat dan mencakup aliran air dari pegunungan melalui anak sungai ke sungai utama hingga mencapai muara di danau, waduk, atau laut. Dalam konteks yang lebih kecil, DAS juga sering disebut sebagai daerah tangkapan air [9]. **Gambar 1** merupakan DAS Sumatera utara.

Sungai Deli merupakan salah satu sungai utama di wilayah Satuan Wilayah Sungai (SWS) Belawan/Belumai Ular, yang memiliki 5 anak sungai, dengan panjangnya sekitar 72 Km dan luas basin 472,96 Km². Sungai Deli berasal dari Kabupaten Karo dan Kabupaten Deli Serdang, melintasi Kota Medan, dan bermuara di Selat

Malaka. Kabupaten Karo dan Kabupaten Deli Serdang merupakan hulu dari Sungai Deli, sementara Kota Medan merupakan bagian tengah dan hilir Sungai Deli. Daerah pengairan sungai ini mencakup sejumlah kecamatan di Kabupaten Karo, Kabupaten Deli Serdang, dan Kota Medan serta menjadi batas administrasi di beberapa kecamatan. Daerah Aliran Sungai (DAS) Deli memiliki luas sekitar 32,581 ha, dengan kemiringan lereng yang bervariasi: kurang dari 5% (7,445 ha), 5-15% (6,273 ha), 15-35% (1,521 ha), dan lebih dari 50% (342 ha).



Gambar 1. DAS Sumatera Utara (Sumber: Permen PUPR 2015)

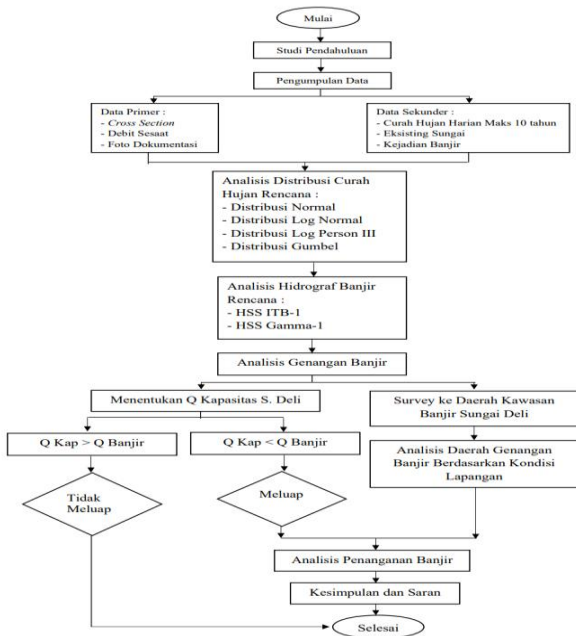
Data curah hujan digunakan dari tahun 2007 hingga 2021 dengan empat stasiun berbeda, yaitu Stasiun Tongkoh, Stasiun Helvetia, Stasiun Sampali, dan Stasiun Belawan. Menurut Undang-undang No.24 Tahun 2007, banjir adalah peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat, dengan pasokan air banjir. Peraturan Menteri PU No. 63/PRT/19933 menentukan garis sempadan sungai dan elevasi serta debit banjir berdasarkan analisis periode ulang 50 tahun.

2. METODE PENELITIAN

Kerangka Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan data primer dan sekunder yang dianalisis untuk mengevaluasi potensi banjir di sekitar sungai. Hasil analisis digunakan untuk memodelkan tinggi banjir menggunakan HEC-RAS dan daerah tergenang serta dimensi tanggul yang diperlukan untuk mitigasi banjir. Penggunaan HEC-RAS dinilai ketat karena dapat menganalisis banjir seperti pada kasus sungai Tigris di Turki [10].

Gambar 6 berikut merupakan diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk penelitian ini melibatkan pengumpulan informasi yang diperlukan untuk analisis data. Adapun data yang harus didapatkan antara lain adalah:

1. Data Primer, hasil survei mengenai kondisi lokasi yang terkena dampak banjir di beberapa lokasi dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Deli.
2. Data sekunder, penelitian meliputi tingkat curah hujan maksimum, informasi iklim, suhu, dan sebagainya dapat diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) setempat. Informasi mengenai kondisi eksisting, data *cross section*, serta peta sungai dapat diperoleh dari Badan Wilayah Sungai (BWS) di wilayah terkait dan data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) dari Badan Informasi Geospasial (BIG)

Pengolahan Data

Proses pengolahan data dalam penelitian ini melibatkan langkah-langkah berikut untuk mengolah data yang telah terkumpul:

1. Menghitung distribusi curah hujan dengan metode, distribusi normal, log normal, log person III, dan *gumbel*.
2. Menganalisis pemodelan hidrograf banjir rencana dengan metode HSS ITB-1 dan metode HSS-Gamma 1.
3. Menghitung dan menganalisis debit kapasitas sungai deli.
4. Melakukan survey terhadap lokasi yang tergenang banjir.
5. Mencari solusi alternatif penanganan banjir.

6. Melakukan simulasi pemodelan HEC-RAS.

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan curah hujan harian dengan kala ulang 2, 5, 10, 15, 20, 50, dan 100 tahun. Dalam statistic hidrologi, digunakan berbagai jenis distribusim termasuk Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log-Pearson Type III, dan Distribusi *Gumble* [10].

a. Metode Distribusi Normal

Metode ini juga dikenal sebagai metode *Gauss* dan menggunakan **Persamaan 1** dan **Persamaan 2** berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot x S_X \quad (1)$$

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S_X} \quad (2)$$

Dimana :

X_T : Besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T tahun

\bar{X} : Nilai rata-rata hitung sampel

K_T : Faktor frekuensi

S_X : Standar deviasi

Tabel nilai faktor frekuensi K_T telah disediakan untuk memudahkan perhitungan, tabel ini dikenal sebagai tabel reduksi *Gauss* [11].

b. Metode Ditribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \text{Log}x$ memiliki distribusi normal, maka variabel X dianggap mengikuti distribusi Log Normal [12]. Metode distribusi log normal menggunakan **Persamaan 3** berikut:

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log}X} + K_T \cdot x S_{\text{Log}X} \quad (3)$$

Dimana :

$\text{Log}X_T$: Besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log}X}$: Nilai rata - rata hitung sampel

K_T : Faktor frekuensi

$S_{\text{Log}X}$: Standar deviasi

Nilai K_T pada metode distribusi log Normal sama dengan nilai dalam metode distribusi normal [12].

c. Metode Distribusi Log Person III

Curah hujan rencana menggunakan metode distribusi Log Person III dengan **Persamaan 4** berikut ini:

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log}X} + K_T \cdot x S_{\text{Log}X} \quad (4)$$

Dimana :

$\text{Log}X_T$: Besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log}X}$: Nilai rata - rata hitung sampel

K_T : Faktor frekuensi

S_{LogX} : Standar deviasi
 Besarnya nilai Kt dapat dilihat pada tabel [12].

d. Metode Distribusi *Gumbel*
 Distribusi *Gumbel* dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 5** berikut:

$$X_T = \bar{X} + \left(\frac{Y_{TR} - Y_n}{S_n} \right) x S_X \quad (5)$$

Dimana :
 X_T : Besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T tahun
 \bar{X} : Nilai rata - rata hitung sampel
 Y_{TR} : *Reduced variate*
 Y_n : *Reduced mean* sesuai jumlah sampel
 S_n : *Reduced standart deviation* sesuai jumlah sampel
 S_X : Standar Deviasi.

Intensitas curah hujan merujuk pada tinggi curah hujan yang terjadi selama suatu periode waktu tertentu dimana air berkumpul [13]. Dalam penelitian ini, intensitas hujan dihitung berdasarkan data curah hujan harian. Intensitas menggunakan metode Dr. Mononobe seperti **Persamaan 6** berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{5}} \quad (6)$$

Dimana :
 I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
 R_{24} : curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
 t : durasi curah hujan (jam).

Waktu Konsentrasi (t_c) dalam suatu DAS adalah waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjatuh hingga mencapai tempat keluar DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terisi penuh [14].

Persamaan yang ditemukan oleh Kirpich (1940) untuk menghitung nilai t_c menggunakan **Persamaan 7** berikut:

$$t_c = \left(\frac{0.87 x L^2}{1000 x S} \right)^{0.385} \quad (7)$$

Dimana:
 t_c : Waktu konsentrasi banjir (Jam)
 L : Panjang saluran (km)
 S : Kemiringan rata - rata saluran

Debit banjir rencana adalah debit maksimum yang aman di sungai [15]. Untuk menghitung debit banjirm berbagai metode sintesis digunakan, termasuk Metode Gamma 1, Synder, ITB 1, dan lainnya

untuk pemodelan aliran yang tidak stabil (*unsteady flow*), serta metode rasional untuk aliran yang stabil (*steady flow*) [13].

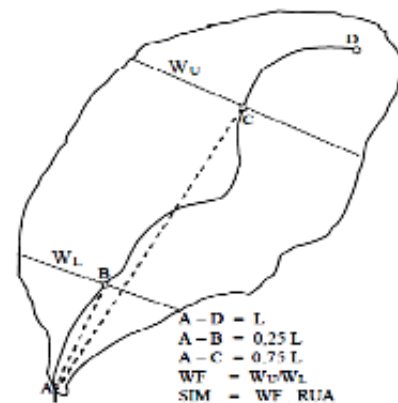
a. Hidrograf Satuan Sintesis Gamma 1

Hidrograf satuan sintesis Gamma 1, yang dikembangkan oleh Sri Harto (1993) berdasarkan data dari 30 DAS di Pulau Jawa, ternyata dapat digunakan secara efektif di berbagai daerah di Indonesia. Komponen utama Hidrograf Satuan Sintesis Gamma 1 melibatkan bagian naik, bagian puncak, dan bagian turun [16]. Rumusnya adalah sebagai berikut:

1) Waktu Naik (T_R)
 Waktu naik (T_R) adalah interval waktu yang dimulai ketika hidrograf mulai meningkat hingga mencapai debit puncak [13]. **Persamaan 8** untuk menghitung T_R adalah sebagai berikut:

$$T_R = 0.43 t_c = \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1.0665 SIM + 1.2775 \quad (8)$$

Dimana :
 T_R : Waktu naik (jam)
 L : Panjang sungai (km)
 SF : Faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang tingkat I dengan jumlah panjang sungai semua tingkat.
 $SF = \frac{L_1 + L_1}{L_1 + L_1 + L_2}$
 SIM : Faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA).



Gambar 5. Penentuan Nilai WF

2) Debit Puncak (Q_p)
Persamaan 9 untuk menghitung nilai debit puncak adalah:

$$Q_p = 0.1836 A^{0.5886} T_R^{-0.4008} JN^{0.2381} \quad (9)$$

Dimana :
 Q_p : Debit puncak (m^3/s)
 JN : Jumlah pertemuan sungai

A : Luas DAS (Km)
T_R : Waktu Naik (Jam)

3) Waktu Dasar

Waktu dasar adalah periode waktu yang dimulai ketika hidrograf mulai meningkat hingga mencapai akhir dari limpasan langsung atau saat debit mencapai nol [9]. Menghitung nilai T_B menggunakan **Persamaan 10** berikut:

$$T_B = 27.4132.TR^{0.1457}.SN^{0.7344}.RUA^{0.2574} \quad (10)$$

Dimana :

T_B : Waktu dasar (jam)
T_R : Waktu naik (jam)
SN : Frekuensi sumber
S : Kelandaian sungai
RUA : Luas DAS sebelah hulu

4) Koefisien Tumpungan (K)

Koefisien tumpungan adalah ukuran kemampuan DAS untuk menampung air [9]. Nilai koefisien tumpungan dihitung menggunakan **Persamaan 11** berikut:

$$K = 0.5617.A^{0.1798}.S^{-0.1446}.SF^{-1.0897}.D^{0.0452} \quad (11)$$

Dimana :

K : Koefisien tumpungan (jam)
A : Luas DAS (Km²)
S : Kelandaian sungai
SF : Faktor sumber
D : Kerapatan jaringan kuras (Km / Km²)

5) Debit saat turun hidrograf (Q_T)

Persamaan 12 samapai **Persamaan 14** berikut adalah rumus menghitung nilai QT:

$$Q_T = Q_p \cdot x \cdot e^{-t/K} \quad (12)$$

Dimana :

Q_T : Debit saat bagian turun hidrograf
t : Waktu (jam)
K : Koefisien tumpungan (jam)

6) Debit Efektif (φ)

$$\varphi = 10.4903 - 3.859 \times 10^{-6}.A^2 + 1.6985 \times 10^{-13} \left(\frac{A}{SN}\right)^4 \quad (13)$$

Dimana :

φ : Hujan efektif (mm/jam)
SN : Frekuensi sumber
A : Luas DAS (Km²)

7) Aliran Dasar (Q_b)

$$Q_b = 0.4751.A^{0.6444}.D^{0.9430} \quad (14)$$

Dimana :

Q_b : Aliran dasar (m³/s)

A : Luas DAS (Km²)
D : Kerapatan jaringan kuras (Km/Km²)

b. Hidrograf Satuan Sintesis ITB-1

Hidrograf satuan sintesis ITB-1 digunakan untuk evaluasi HSS di suatu DAS dengan metode hidrograf satuan sintesis ITB. Dalam perhitungan HSS ITB-1, digunakan nilai α sebesar 0,15 [16]. Berikut ini beberapa komponen penting dalam perhitungan HSS ITB-1:

1) Tinggi dan Durasi Hujan Satuan

Biasanya, tinggi hujan satuan yang umumnya dipakai 1 inci atau 1 mm, dengan durasi hujan satuan yang sering digunakan selama 1 jam. Namun, jika kita memilih durasi 0,5 jam, maka tinggi hujan setiap jam dibagi 2 dan didistribusikan dalam interval 0,5 jam [16].

2) Time Lag (T_L)

Berikut adalah **Persamaan 15** yang digunakan untuk menghitung Time Lag (T_L)

$$TL = Ct.0.81225.L^{0.6} \quad (15)$$

Dimana:

T_L : Time lag (Jam)
Ct : Koefisien waktu (untuk proses kalibrasi)
L : Panjang sungai (Km).

3) Waktu Puncak (T_p)

Berikut adalah **Persamaan 16** yang digunakan untuk menghitung Waktu Puncak (T_p)

$$T_p = T_L + 0.5.T_r \quad (16)$$

Dimana :

T_p : Waktu puncak
T_L : Time lag
T_r : Durasi hujan satuan

4) Waktu Dasar

Pada Daerah Aliran Sungai dengan luas kurang dari 2 Km² menurut *Soil Conservation Service* (SCS), kita dapat menghitung harga T_b dengan menggunakan **Persamaan 17** berikut:

$$T_b = \frac{8}{3}.T_p \quad (17)$$

Dimana:

T_b : Waktu dasar
T_p : Waktu puncak

Nilai T_b bisa dibatasi hingga hampir mencapai kurva nol atau alternatifnya, dapat dihitung menggunakan **Persamaan 18** berikut:

$$T_b = (10-20).T_p \quad (18)$$

Berikut adalah bentuk dasar dari hidrograf satuan dalam Metode HSS ITB-1
HSS ITB-1 memiliki persamaan yang sama untuk kurva naik dan kurva turun, yang dapat diungkapkan dalam satu **Persamaan 19** sebagai berikut:

$$q(t) = \exp \left\{ 2-t - \frac{1}{\beta} \right\}^{\alpha \cdot C_p} \quad (19)$$

Dalam metode HSS ITB-1, nilai koefisien α , β , dan C_p ditetapkan dengan nilai $\alpha = 1,50$ (SNI,2016).

Untuk menghitung Luasan HSS yang tidak memiliki dimensi, gunakan **Persamaan 20** berikut:

$$A_i = \frac{1}{2} x ((t_i - t_{i-1})(q_i + q_{i-1})) \quad (20)$$

Dimana:

- q_i : Debit ke-i
- t_i : Waktu ke-i
- A_i : Luasan HSS tak berdimensi

Untuk menghitung Q HSS berdimensi menggunakan **Persamaan 21** sebagai berikut:

$$Q_i = q_i x Q_p \quad (21)$$

Dimana:

- Q_i : Debit ke-i
- Q_p : Waktu puncak (m^3/s)
- q_i : Debit ke-i tak berdimensi

Untuk menghitung V HSS berdimensi menggunakan **Persamaan 22** sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{2} x 3600 x (T_i - T_{i-1})(Q_i + Q_{i+1}) \quad (22)$$

Dimana:

- Q_i : Debit ke-i
- T_i : Waktu ke-i
- V : Volume HSS (m^3)

Volume hujan satuan efektif yang tersebar merata di seluruh DAS harus setara dengan volume hidrograf satuan sintesis pada saat puncak, dapat **Persamaan 23** dan **Persamaan 24** sebagai berikut:

$$V_{DAS} = R \cdot A_{DAS} = 1000 \cdot A_{DAS} \quad (23)$$

$$1000 \cdot A_{DAS} = A_{HSS} \cdot Q_p \cdot T_p \cdot 3600 \quad (24)$$

Untuk nilai debit puncak dapat dihitung dengan **Persamaan 25** berikut:

$$Q_p = \frac{R}{3.6 \cdot T_p} \cdot \frac{A_{DAS}}{A_{HSS}} \quad (25)$$

Dimana :

- Q_p : Debit puncak hidrograf satuan sintesis (m^3/s)
- R : Curah hujan satu satuan (1 mm)
- A_{DAS} : Luas DAS (Km^2)
- A_{HSS} : Luas HSS yang tak berdimensi

Analisis hidraulika memiliki tujuan untuk mengidentifikasi kapasitas saluran dengan mempertimbangkan karakteristik hidrolika yang muncul di dalam aliran saluran yang bersangkutan

[10].

a. Saluran Terbuka

Berikut ini beberapa persamaan yang digunakan untuk menentukan dimensi saluran.

1) Kecepatan dalam saluran *Chezy*

Untuk menghitung kecepatan Metode *Chezy* menggunakan **Persamaan 26** berikut:

$$V = C \sqrt{R I} \quad (26)$$

Dimana :

- V : Kecepatan rata – rata (m^3/s)
- C : Koefisien *Chezy*
- R : Jari – jari hidrolis (m)
- I : Kemiringan dasar saluran

2) Debit aliran dengan rumus *Manning*

Untuk menghitung Debit Aliran *Manning* menggunakan **Persamaan 27** berikut:

$$Q = V x A = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2} x A \quad (27)$$

Dimana :

- Q : Debit aliran (m^3/s)
- V : Kecepatan rata-rata (m/s)
- n : Koefisien kekasaran *manning*
- R : Jari-jari hidrolis (m)
- S : Kemiringan dasar saluran

Hubungan dengan C dengan *manning* menggunakan **Persamaan 28** berikut:

$$C = \frac{1}{n} x (R)^{1/6} \quad (28)$$

Dimana: $I = S$

3) Penampang Salurann

Perhitungan dimensi saluran berdasarkan debit tampungan oleh saluran (Q_s dalam satuan m^3/s) [15]. Nilai Q_s dengan **Persamaan 29** sampai **Persamaan 31** berikut:

$$Q_s = A_s x V \quad (29)$$

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2} \quad (30)$$

$$R = \frac{A_s}{P} \quad (31)$$

Dimana:

- V : Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran (m/det)
- n : Koefisien kekasaran Manning (Tabel II.14)
- R : Jari-jari hidrolis (m)
- S : Kemiringan dasar saluran
- A_s : Luas penampang saluran (m^2)
- P : Keliling basah saluran (m)

HEC-RAS digunakan untuk memodelkan aliran sungai yang dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Center (HEC). HEC-RAS merupakan

pemodelan aliran satu dimensi untuk *steady flow* dan *unsteady flow* dengan fitur antarmuka pengguna grafis, analisis hidrolika, manajemen data, grafik, dan pelaporan [17]. Program ini dapat memprediksi tinggi muka air banjir dari periode ulang 2 hingga 100 tahun, membantu mengidentifikasi area yang memungkintan terjadinya banjir dan menganalisis penyebab banjir tahunan seperti curah hujan tinggi atau kapasitas saluran sungai yang terbatas. Hasil simulasi pemodelan HEC-RAS tersebut dapat diintegrasikan dengan sistem genangan banjir dan luas genangan yang terjadi menurut periode kala ulang tahunannya.

3. HASIL PEMBAHASAN

Kondisi Wilayah Studi

Kondisi Curah Hujan

Stasiun hujan yang dianalisis yaitu Stasiun Curah Hujan Tongkoh, Stasiun Curah Hujan Sibiru-biru, Stasiun Curah Hujan Tuntungan, dan Stasiun Curah Hujan Sampali yang berada di DAS Sungai Deli seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1 . Curah hujan harian max kawasan Das Deli (mm)

Tahun	Stasiun Curah Hujan			
	Tongkoh	Sibiru-biru	Tuntungan	Sampali
2007	112	98	95	135
2008	84	90	100	90
2009	94	103	136	103
2010	94	135,51	106,3	401
2011	122	83	175	98
2012	145	111	104	83
2013	135	108	140	111
2014	113	143	89	165
2015	101	122	169	90
2016	80	87	136	84
2017	77	119	141	135
2018	70	123	123	147
2019	82	73	100	159
2020	99	115	116	112
2021	141	137	103	153

Sumber: Analisa dan Perhitungan, 2022

Penentuan Curah Hujan Wilayah

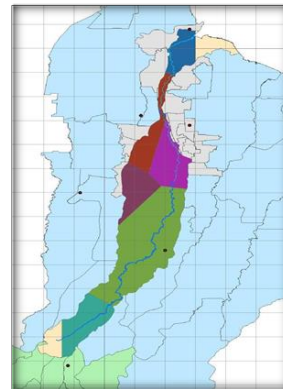
Metode *Polygon Thiessen* dengan mempertimbangkan pengaruh wilayah dari masing-masing stasiun pengamatan. Data yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari empat stasiun pengamatan, yaitu Sampali, Tongkoh, Helvetia, dan Belawan. Gambaran Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Deli dari hulu hingga muaranya dapat dilihat pada **Gambar 7** serta luasnya pada **Tabel 2**.

Analisa Frekuensi Curah Hujan

Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi *Log Person III*, dan Distribusi *Gumbel* digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, dan 100 tahun, hasil curah hujan rencana bisa dilihat pada **Tabel 3**.

Uji Kecocokan

Dua metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini, yaitu Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov dengan hasil perhitungan seperti pada **Tabel 4**.



Gambar 7. Polygon Thiessen DAS Sungai Deli

Tabel 2. Luas tangkapan hujan tiap-tiap stasiun pengamatan

Stasiun	Persentase (%)	Luas DAS (Km ²)
Tongkoh	27,82	69,56
Sibiru-biru	57,99	144,97
Tuntungan	10,12	25,3
Sampali	4,07	10,18
Jumlah	100,00	250,01

Sumber: BPDAS Wampu Sei Ular, 2020

Tabel 3. Curah hujan rencana

T	XT (mm)			
2	110,626	110,626	110,626	108,407
5	123,657	124,945	124,945	125,632
10	130,483	133,171	133,171	137,037
15	133,275	136,690	136,690	142,505
20	136,068	140,302	140,302	147,975
25	137,123	141,691	141,691	151,445
50	142,428	148,890	148,890	162,135
100	146,772	155,055	155,055	172,746

Sumber: Perhitungan, 2024

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan dianalisis menggunakan

metode Mononobe. Berdasarkan hasil perhitungan intensitas curah hujan metode Mononobe semakin besar periode ulangnya maka semakin kecil intensitas curah hujan yang dihasilkan. Hasil perhitungan pada periode 2-100 tahun dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**.

Hal ini menunjukkan bahwa nilai X^2 yang ditemukan lebih kecil dari pada nilai kritis ($dk=2$) dan tingkat signifikan ($\alpha=0,05$) yang tercantum dalam tabel, khususnya untuk distribusi Log Person III. Oleh karena itu, distribusi Log Person III memenuhi persyaratan yang ditentukan dengan hasil yang terdapat pada **Tabel 5**.

Tabel 4. Uji Chi-Kuadrat

Hasil	Normal	Log Normal	Gumbel
Chi-Kuadrat (X2)	0,667	0,333	2
Chi-Kuadrat (X2Cr)	5,991	5,991	5,991
Hipotesa	Diterima	Diterima	Diterima

Hasil	Log Person III
Chi-Kuadrat (X2)	0
Chi-Kuadrat (X2Cr)	5,991
Hipotesa	Diterima

Sumber: Perhitungan, 2024

Tabel 5. Uji Smirnov-Kolmogorov

Hasil	Normal	Log Normal	Gumbel
Chi-Kuadrat (X2)	0,104	0,418	15,943
Chi-Kuadrat (X2Cr)	0,340	0,340	0,340
Hipotesa	Diterima	Tidak Diterima	Tidak Diterima

Hasil	Log Person III
Chi-Kuadrat (X2)	0,063
Chi-Kuadrat (X2Cr)	0,340
Hipotesa	Diterima

Sumber: Perhitungan, 2024

Analisis Hidrograf Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan metode: Rasional, Hidrograf Satuan

Sintetik Gamma-1, dan Hidrograf Satuan Sintetik ITB-1. Seleksi metode Hidrograf Satuan Sintetik dilakukan berdasarkan perhitungan debit *Chezy* dan debit HSS pada kala ulang 2 tahun.

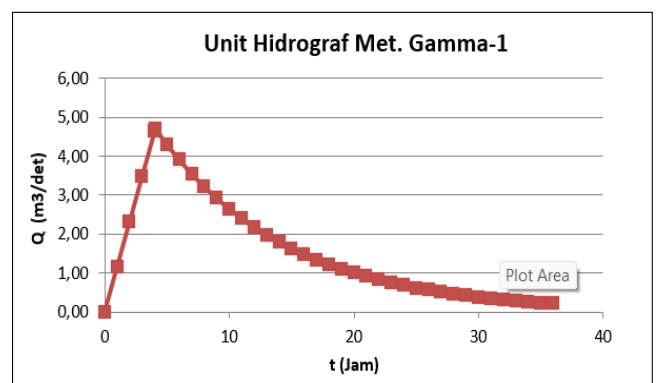
1. Metode Rasional

Perhitungan hasil Intensitas dan Debit dengan menggunakan Metode Rasional dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 6. Perhitungan intensitas curah hujan periode 2 – 15 tahun

Periode Ulang	Intensitas			
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	15 Tahun
R24	110,63	124,94	133,69	136,69
	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam
1	38,354	43,315	46,348	47,388
2	24,161	27,287	29,197	29,853
3	18,438	20,823	22,282	22,782
4	15,221	17,189	18,393	18,806
5	13,117	14,813	15,851	16,206
6	11,615	13,118	14,037	14,352
7	10,481	11,837	12,666	12,950
8	9,588	10,829	11,587	11,847
10	8,263	9,332	9,985	10,209
11	7,754	8,757	9,371	9,581
12	7,317	8,264	8,843	9,041
13	6,937	7,834	8,383	8,571
14	6,603	7,457	7,979	8,158
15	6,306	7,121	7,620	7,791
17	5,801	6,551	7,010	7,167
18	5,584	6,306	6,748	6,900
19	5,386	6,083	6,509	6,655
20	5,205	5,879	6,290	6,432
21	5,039	5,691	6,089	6,226
22	4,885	5,517	5,903	6,036
23	4,742	5,356	5,731	5,859
24	4,610	5,206	5,570	5,695

Sumber: Perhitungan, 2024



Gambar 7. Grafik unit hidrograf HSS Gamma I

2. Metode Gamma-1

Grafik unit hidrograf menggunakan Metode Gamma-1 dapat dilihat pada **Gambar 7**. Hasil perhitungan debit banjir dengan periode ulang 25 tahun dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 7. Perhitungan intensitas curah hujan periode 20 – 100 tahun

Periodod e	Intensitas			
	20 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
R24	140,3	141,69	148,89	155,05
	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam
1	48,640	49,122	51,618	53,753
2	30,641	30,945	32,517	33,862
3	23,383	23,615	24,815	25,842
4	19,303	19,494	20,484	21,332
5	16,634	16,799	17,653	18,383
6	14,731	14,877	15,633	16,279
7	13,292	13,424	14,106	14,689
8	12,160	12,280	12,904	13,438
10	10,479	10,583	11,121	11,581
11	9,834	9,931	10,436	10,868
12	9,280	9,372	9,848	10,255
13	8,797	8,885	9,336	9,722
14	8,373	8,456	8,886	9,254
15	7,997	8,076	8,487	8,838
17	7,357	7,430	7,807	8,130
18	7,082	7,152	7,515	7,826
19	6,831	6,899	7,249	7,549
20	6,601	6,667	7,006	7,295
21	6,390	6,453	6,781	7,062
22	6,195	6,256	6,574	6,846
23	6,014	6,074	6,382	6,646
24	5,846	5,904	6,204	6,460

Sumber: Perhitungan, 2024

Tabel 8. Perhitungan intensitas dan debit metode rasional

T	Xt	I	Q (m ³ /det)
2	110,626	7,073	393,443
5	124,945	7,989	444,369
10	133,171	8,515	473,625
15	136,690	8,740	486,140
20	140,302	8,971	498,986
25	141,691	9,060	503,926
50	148,890	9,520	529,530
100	155,055	9,914	551,455

Sumber: Perhitungan, 2024

Hasil perhitungan debit banjir menggunakan metode Gamma-1 dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 9. Perhitungan debit banjir periode ulang 25 tahun

T	Q terkoreksi i	Design Rainfall			Q (m ³ /s)
		1	2	3	
Jam	(m ³ /det)	30,945	23,615	19,494	
4,06	4,716	145,931	111,364	91,930	349,226

Sumber: Perhitungan, 2024

Tabel 10. Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir terbesar Metode Gamma-1

Debit Banjir	Jam
Q2	272,669
Q5	307,939
Q10	329,504
Q15	336,903
Q20	345,797
Q25	349,226
Q50	366,967
Q100	382,151

Sumber: Perhitungan, 2024

3. Metode ITB-1

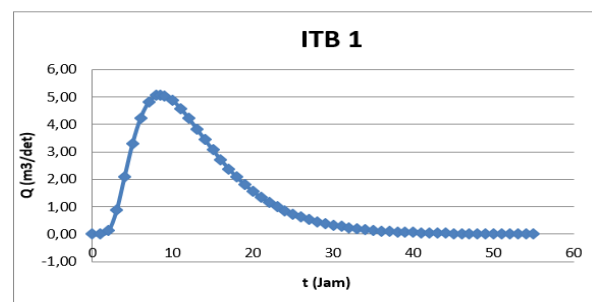
Hasil perhitungan unit hidrograf menggunakan metode ITB-1 dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Unit hidrograf Metode ITB-1

T (Jam)	HSS Tak Berdimensi			HSS Berdimensi	
	t = T/Tp	q = Q/Qp	AHH S	Q = q x Qp	V (m ³)
8,4	0,99	1,00	0,05	5,08	7296,88

Sumber: Perhitungan, 2024

Grafik unit Unit Hidrograf HSS Gamma I dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Grafik unit hidrograf HSS Gamma I

Hasil perhitungan Debit Banjir terbesar menggunakan Metode ITB-1 dapat dilihat pada **Tabel 12**. Grafik HSS ITB-1 dapat dilihat pada **Gambar 9**.

Analisis Kapasitas Sungai Deli

Kapasitas Sungai Deli dihitung dengan metode debit *Chezy*:

$$Q = V \times A \tag{32}$$

$$V = C \sqrt{RI} \tag{33}$$

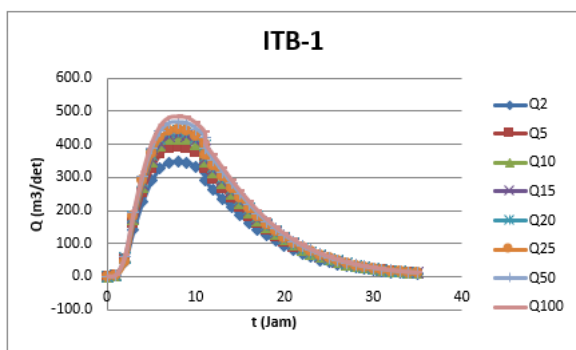
$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \tag{34}$$

Berdasarkan hasil, lokai banjir terjadi di 4 titik, yaitu Kecamatan Medan Polonia, Medan Maimun, Medan Barat, dan Medan Baru. Sketsa Pemotongan melintang Sungai di Kec. Medan Maimun dapat dilihat pada **Gambar 10**.

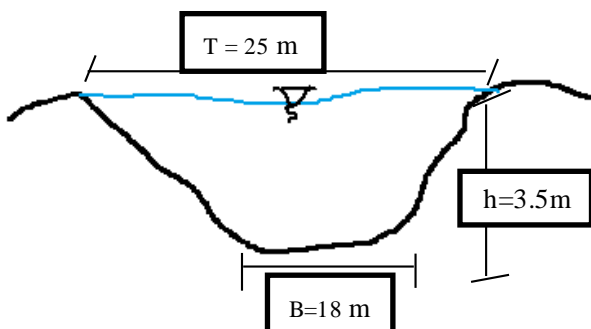
Tabel 12. Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir terbesar Metode ITB-1

Debit Banjir	Jam
	11,07
Q2	289,334
Q5	326,222
Q10	347,385
Q15	356,374
Q20	365,710
Q25	369,279
Q50	387,769
Q100	403,596

Sumber: Perhitungan, 2024



Gambar 9. Grafik HSS ITB-1



Gambar 10. Sketsa potongan melintang sungai di Kec. Medan Maimun

Kapasitas Sungai Deli di Kecamatan Medan Maimun dalam keadaan bankfull atau saat tinggi air 3,5 m adalah 242,913 m³/det.

- Lebar Dasar (B) = 18 m
- Lebar Basah / Bankfull (T) = 25 m
- Tinggi muka air (h) = 3,5 m
- TMA - Bankfull (Y) = 3,5 m
- Luas Basah (A) = 75,25 m²
- Keliling Basah (P) = 27,899 m
- R = 2,697
- C = 33,709
- V = 3,228 m/s
- Q = 242,913 m³/det

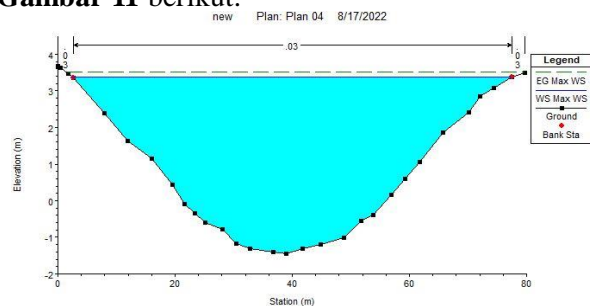
Kapasitas Sungai Deli di Kecamatan Medan Barat adalah 272,836 m³/det. Pemilihan debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS), dengan hasil sebagai berikut: Kecamatan Polonia 207,335 m³/s, Kecamatan Medan Maimun 249,913 m³/s, Kecamatan Medan Baru 255,954 m³/s, Kecamatan Medan Barat 272,836 m³/s. Dalam pemodelan HEC-RAS, HSS Gamma-1 dengan debit pada kala ulang 2 tahun sebesar 272,669 m³/s mendekati kapasitas sungai, sehingga digunakan sebagai debit banjir.

Pemodelan Banjir

Pemodelan banjir pada Sungai Deli dilakukan dengan menggunakan metode HSS Gamma 1.

1. Simulasi Banjir Pada Kala Ulang 25 Tahun

Debit *inflow* mencapai 349,226 m³/s, sementara debit *outflow* adalah 322,200 m³/s. Tinggi muka air limpasan 4 meter di atas batas *bankfull* sungai. Solusi yang dapat diterapkan adalah dengan memasang parapet atau tanggul di kedua sisi tepi sungai dapat dilihat pada **Gambar 11** berikut:



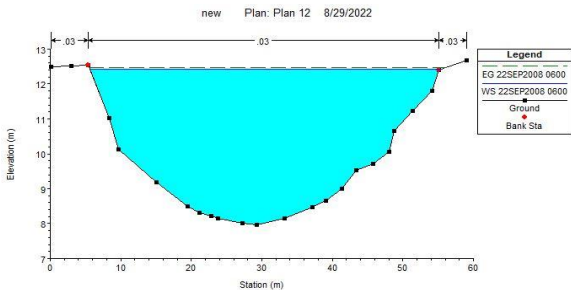
Gambar 11. Gambar potongan melintang saat debit

2. Simulasi Banjir Pada Kala Ulang 2 Tahun

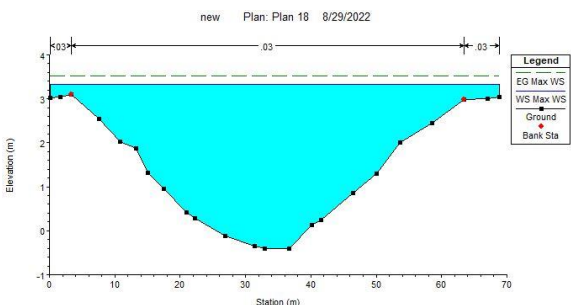
Debit *inflow* mencapai 272,67 m³/s, sementara debit *outflow* adalah 259,71 m³/s.

3. Simulasi Banjir Pada Kala Ulang 5 Tahun

Berdasarkan simulasi yang sudah dilakukan pada penelitian ini menggunakan *Software* HEC-RAS didapatkan Debit *inflow* mencapai 272,67 m³/s, sementara debit *outflow* adalah 259,71 m³/s. Profil Melintang saat Debit pada Periode Ulang 2 Tahun dan Periode Ulang 5 Tahun dilihat pada **Gambar 12** dan **Gambar 13**.



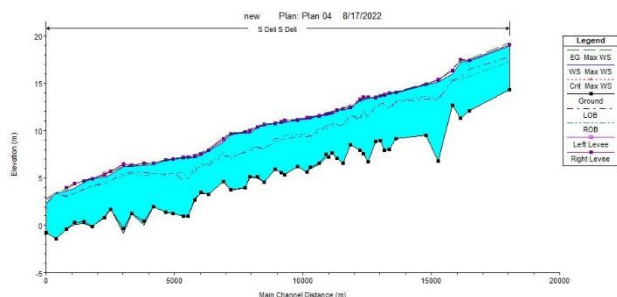
Gambar 12. Profil melintang saat debit pada periode ulang 2 tahun



Gambar 13. Profil melintang saat debit pada periode ulang 5 tahun

Perencanaan Penanggulangan Banjir

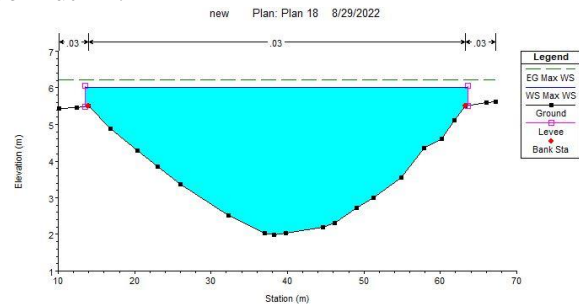
Pemodelan banjir Sungai Deli menunjukkan bahwa sungai ini tidak dapat menampung debit banjir kala ulang 25 tahun. Oleh karena itu, penanggulangan banjir di Kota Medan bisa dilakukan dengan menambahkan parapet atau tanggul di tepi sungai dapat dilihat pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Profil memanjang setelah diberi parapet kala ulang 25 tahun

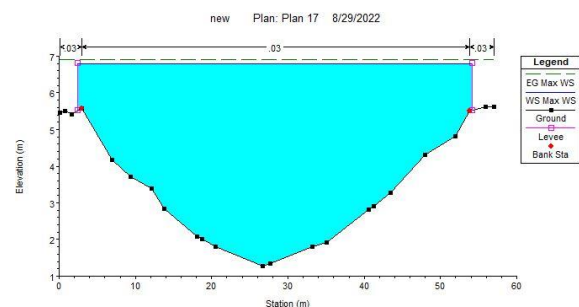
Tanggul sungai dipasang di sepanjang tepi sungai untuk mengendalikan aliran air dan mencegah banjir. Sempadan sungai adalah area yang terletak di luar tanggul kanan dan kiri yang dimanfaatkan untuk keper-

luan sungai. Pada kala ulang 5 tahun tinggi parapet berkisar 0,5 m - 1,5 m. dapat dilihat dari **Gambar 15** berikut ini.



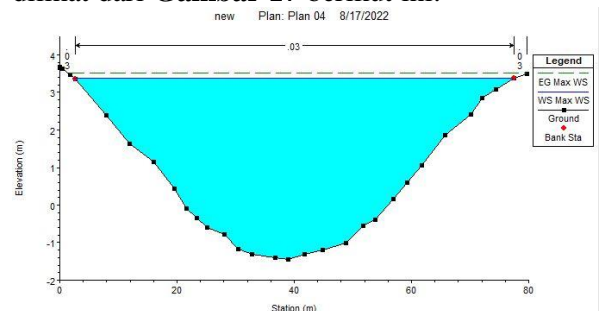
Gambar 15. Profil melintang setelah diberi parapet kala ulang 5 tahun

pada kala ulang 10 tahun berkisar 0,5 m – 2,5 m dapat dilihat dari **Gambar 16** berikut ini.



Gambar 16. Profil melintang setelah diberi parapet kala ulang 5 tahun

pada kala ulang 25 tahun berkisar 1 m – 4 m dapat dilihat dari **Gambar 17** berikut ini:



Gambar 17. Profil melintang setelah diberi parapet kala ulang 25 tahun

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan data-data pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa terjadi limpasan pada kondisi eksisting Sungai Deli saat kala ulang 25 tahun. Kapasitas Sungai Deli berbeda-beda di beberapa kecamatan, yaitu 272,84 m³/s di Kecamatan Medan Barat, 242,913 m³/s di Medan Maimun, dan 207,335 m³/s di Medan Polonia. Debit puncak *inflow* pada Sungai Deli para periode ulang 25 tahun menapai 349,226 m³/s, sementara debit puncak

outflow sebesar 332,200 m³/s. Untuk mengatasi masalah limpasan, disarankan untuk menambahkan parapet atau tanggul setinggi 1 hingga 4 meter sisi kanan dan kiri Sungai Deli, serta menambahkan *freeboard* sungai sebesar 0,5 hingga 1 meter. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan dapat mengurangi risiko banjir yang disebabkan oleh kondisi sungai.

Saran

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya, langkah-langkah penting yang perlu dipertimbangkan adalah melakukan permodelan normalisasi sungai, perbaikan saluran sungai, dan perluasan Sungai Deli. Tujuan dari tindakan ini adalah agar sungai dapat menampung lebih banyak debit air dengan efisien. Selain itu, pembangunan kolam retensi juga perlu menjadi fokus utama, karena hal ini akan membantu mereduksi debit banjir dan mengurangi dampak banjir yang mungkin terjadi di wilayah tersebut. Dengan ini, diharapkan masalah banjir di sekitar Sungai Deli dapat diminimalkan atau dicegah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Agustina. 2022. *Analisis Karakteristik Aliran Sungai pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten dengan Menggunakan HEC-RAS*. Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE), vol. 3, p. 32.
- [2] I. Ashraf. 2023. *Community perspectives to improve flood management and socio-economic impacts of floods at Central Indus River, Pakistan*. International Journal of Disaster Reduction.
- [3] J. Yu. 2023. *A multi-dimensional framework for improving flood risks assesment: Application in the Han River Basin, China*. Journal of Hydrology: Regional Studies.
- [4] D. Safitri. 2021. *Karakteristik Aliran dan Debit Banjir pada Beberapa Sungai di Indonesia*. Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE), vol. 2, p. 2.
- [5] Pranida and P. S. Putra. 2022. *Kajian Penilaian Kinerja Sungai Sente*. Jurnal Teknik Sipil, vol. 2, pp. 37-47.
- [6] T. Skevas. 2023. *Farm impacts of the 2019 Missouri River floods and economic valuation of flood risk reduction*. Journal of Environmental Management.
- [7] L. Deng. 2021. *Comprehensive Evaluation of Water Resource Carrying Capacity in the Han River Basin*. water, vol. 13, p. 249.
- [8] H. Rahayu and A. Kurniawan. 2023. *Pengaruh Debit Banjir dan Sedimen Terhadap Perubahan Morfologi (Studi Kasus: Sungai Kabuyutan)*. Journal of Research and Technology Studies, vol. 02, pp. 18-26.
- [9] L. Utama. 2022. *Kawasan Berpotensi Banjir Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji*. Rang Teknik Journal, vol. 5, pp. 110-115.
- [10] C. Soemarto. 1987. *Hidrologi teknik*, Surabaya: Usaha Nasional.
- [11] S. Harto. 1993. *Analisis hidrologi*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [12] Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Yogyakarta : Andi.
- [13] B. Triatmodjo. 2010. *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- [14] Suprpto. 2016. *Diklat Teknis Perencanaan Irigasi, Bandung*: Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- [15] S. Imam. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Bandung: Idea Dharma Bandung.
- [16] A. Azis and S. Sofyan. 2023. *Model Hidrograf Satuan Sintetis di Daerah ALiran Sungai Baliase Kabupaten Luwu*. Jurnal Teknik Sipil Macca, vol. Vol. 8, pp. 191-196.
- [17] S. Bashori. 2024. *Pemodelan Luapan Banjir DAS Lukulo Menggunakan Aplikasi HEC-RAS*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer, vol. 4, pp. 13-17.
- [18] X. Liu. 2020. *Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River*. Research Article, vol. 1, p. 13.
- [19] E. Seyhan. 1990. *Dasar-dasar hidrologi*, Yogyakarta: Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [20] R. J. kodoatie. 2002. *Banjir : Beberapa penyebab dan metode pengendaliannya dalam perspektif lingkungan*, Yogyakarta: Yogyakarta : Pustaka pelajar.
- [21] Sariasih dan F. Ayu. 2022. *Implementasi Business Intelligence Dashboard dengan Tableau*. Jurnal Pendidikan Tambusai, vol. 6, p. 14425.