

ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA PADA SUB DAS DELI MEDAN

Rumilla Harahap

Program Studi D4 Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan

Email: rumillaharah@unimed.ac.id

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Deli terletak di Provinsi Sumatera Utara, tepatnya di Kota Medan. Wilayah ini merupakan salah satu daerah yang berpotensi tinggi menghadapi risiko banjir. Risiko tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain pengalihan fungsi lahan di sekitar DAS yang awalnya merupakan daerah resapan air menjadi kawasan permukiman, perdagangan, dan jasa. Perubahan fungsi lahan ini berdampak pada penurunan drastis daya tampung DAS Deli. Selain itu, keekstriman iklim yang terjadi di sebagian besar wilayah Indonesia serta kesalahan dalam pengimplementasian rencana tata ruang Kota Medan turut memperburuk kondisi ini. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam untuk mengetahui potensi debit banjir yang terjadi di wilayah Sub DAS Deli. Analisis dilakukan dengan menggunakan data curah hujan dari tahun 2013 hingga 2022. Metode yang digunakan adalah HSS (Hidrograf Satuan Sintetik) Nakayasu dan simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS. Hasil analisis debit banjir rencana pada Sub DAS Deli dengan metode HSS Nakayasu untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun berturut-turut adalah 163,65 m³/detik, 180,20 m³/detik, 188,67 m³/detik, 197,51 m³/detik, 203,10 m³/detik dan 208,00 m³/detik. Sementara itu, hasil analisis dengan metode simulasi HEC-HMS untuk periode ulang yang sama diperoleh hasil sebagai berikut: 306,9 m³/detik, 344,6 m³/detik, 361,0 m³/detik, 378,0 m³/detik, 388,8 m³/detik dan 398,3 m³/detik. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara metode HSS Nakayasu dan simulasi HEC-HMS, yang menggambarkan pentingnya pemilihan metode yang tepat dalam perencanaan pengendalian banjir di wilayah Sub DAS Deli.

Kata kunci : Daerah Aliran Sungai, Debit banjir rencana, HSS Nakayasu, HEC-HMS

1. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, ditegaskan bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kesatuan wilayah geografis yang terdiri atas wilayah daratan yang terhubung secara langsung dengan sungai utama beserta seluruh anak sungainya. Wilayah-wilayah kecil yang berada di dalam DAS ini dikenal sebagai Sub-DAS, yang secara fungsional menjadi bagian integral dalam sistem hidrologi dan pengelolaan sumber daya air.

Perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) banyak disebabkan oleh ekspansi lahan pertanian yang tidak terkendali serta penggunaan lahan yang tidak memperhatikan prinsip-prinsip konservasi tanah dan air. Praktik-praktik tersebut berdampak langsung pada terjadinya degradasi lahan, yang ditandai dengan meningkatnya laju erosi tanah. Kondisi ini secara signifikan dapat menurunkan produktivitas lahan. Apabila tren ini terus berlanjut, kerusakan pada DAS akan semakin parah. Selain mengganggu fungsi ekologi DAS, kerusakan tersebut juga meningkatkan risiko bencana hidrometeorologi seperti banjir, yang dapat mengancam keselamatan jiwa serta merusak pemukiman di sekitarnya. Demikian halnya dengan DAS Deli yang merupakan satu diantara beberapa daerah yang berpotensi menghadapi risiko banjir di Kota Medan yang disebabkan oleh pengalihan fungsi lahan di daerah sekitar DAS yang awalnya merupakan daerah resapan air berubah menjadi kawasan permukiman, perdagangan dan jasa sehingga menjadi penyebab daya tampung DAS berkurang drastis, keekstriman iklim yang terjadi di sebagian besar wilayah Indonesia dan kesalahan pengimplementasian rencana tata ruang kota Medan (Steven, 2014).

Secara administratif, Daerah Aliran Sungai (DAS) Deli terbentang di tiga wilayah, yaitu Kabupaten Karo, Kabupaten Deli Serdang, dan Kota Medan. DAS Deli terdiri atas sejumlah Sub-DAS, di antaranya Sub-DAS Petane, Sub-DAS Simai-mai, Sub-DAS Deli, Sub-DAS Babura, Sub-DAS Bekala, Sub-DAS Sei Kambing, dan Sub-DAS Paluh Besar. Salah satu bagian penting dari DAS Deli adalah Sub-DAS Deli, yang memiliki panjang sungai sekitar ±73 kilometer dengan luas wilayah mencapai ±6.845,87 hektar. Dari segi morfologi, Sub-DAS Deli termasuk dalam kawasan morfologi tengah hingga hilir dari keseluruhan DAS Deli. Secara administratif, wilayah Sub-DAS ini berada di dalam wilayah Kabupaten Deli Serdang dan Kota Medan (BPDASHL, 2012).

Seperti yang kerap terjadi di Kota Medan, hujan deras yang mengguyur sejak Minggu (27/2/2022) siang hingga Senin (28/2/2022) kembali mengakibatkan banjir di sejumlah wilayah. Sedikitnya 14 kelurahan yang tersebar

di 9 kecamatan terdampak banjir, dengan ketinggian air yang bervariasi di tiap wilayah. Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Medan, M. Husni, menyampaikan bahwa sebanyak 3.267 kepala keluarga (KK) atau sekitar 9.428 jiwa menjadi korban akibat bencana ini. Banjir disebabkan oleh meluapnya beberapa sungai besar yang melintasi Kota Medan, seperti Sungai Deli, Babura, Sei Batuan, dan Sungai Sunggal, yang tidak mampu menampung tingginya volume air hujan. Apabila kondisi ini terus terjadi sehingga kerusakan yang terjadi pada Sub DAS Deli akan semakin buruk yang berdampak terhadap masyarakat di sekitar DAS, dengan demikian penting dilaksanakan analisis debit banjir rencana guna meminimalisir serta mencegah banjir melalui pemberian informasi yang akurat bagi masyarakat terkait indeks ancaman (kemungkinan kejadian dan besarnya dampak) banjir. Analisis dilaksanakan melalui penggunaan metode HSS (Hidrograf Satuan Sintetik) Nakayasu serta disimulasikan menggunakan aplikasi HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modelling System*).

MASALAH

1. Bagaimana debit banjir rencana Sub DAS Deli periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun kedepan menggunakan metode HSS Nakayasu?
2. Bagaimana debit banjir rencana Sub DAS Deli periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun kedepan menggunakan *software* HEC- HMS?
3. Bagaimana hasil perbandingan debit banjir rencana dengan metode HSS Nakayasu dan *software* HEC-HMS?

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui debit banjir rencana pada Sub-DAS Deli untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun ke depan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu.
2. Menganalisis debit banjir rencana pada Sub-DAS Deli untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun ke depan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS.
3. Membandingkan hasil debit banjir rencana yang diperoleh dari metode HSS Nakayasu dengan hasil yang diperoleh melalui simulasi menggunakan *software* HEC-HMS, untuk mengevaluasi akurasi dan kesesuaian kedua metode dalam konteks perencanaan pengendalian banjir di Sub-DAS Deli.

II. STUDI PUSTAKA

2.1. Sungai

Sungai merupakan suatu sistem aliran terbuka yang berperan penting dalam siklus hidrologi. Selain berfungsi sebagai wadah penampung air, sungai juga berperan sebagai saluran alami yang mengalirkan air dari daerah hulu menuju daerah hilir. Aliran ini umumnya mengarah ke laut, danau, rawa, atau terhubung dengan sungai lainnya dalam satu sistem hidrologi yang lebih luas. Dalam proses alirannya, sungai mengalami berbagai perubahan morfologi dan karakteristik hidraulik yang dipengaruhi oleh kondisi topografi, iklim, tata guna lahan, serta aktivitas manusia. Dengan demikian, sungai tidak hanya menjadi elemen fisik dari lanskap, tetapi juga memiliki fungsi ekologis, sosial, dan ekonomi yang sangat vital.

2.2. Daerah Aliran Sungai

DAS memegang peranan penting dalam siklus hidrologis, berfungsi sebagai wadah untuk menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang turun ke atasnya melalui sistem sungai, termasuk anak sungai dan sungai utama. Yang pada akhirnya, air yang mengalir melalui DAS ini akan menuju ke danau, waduk, atau laut, memperkuat kontribusinya dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan memenuhi kebutuhan air manusia. Adapun bentuk-bentuk Daerah Aliran Sungai ialah: 1) bentuk paralel, 2) bentuk radial, 3) bentuk memanjang, 4) bentuk kompleks.

2.3. Banjir

Banjir adalah sebuah kondisi dimana saluran pembuangan (palung sungai) maupun sungai tidak mampu menampung debit air akibat besarnya curah hujan sehingga mengakibatkan air tersebut meluap. Menurut Rumilla (2019), terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kota medan merupakan daerah rawan akan banjir yaitu, akibat curah hujan yang tinggi dengan intensitas lama, sampah yang sembarangan dibuang disungai membuat alirannya mampet, daerah datarannya rendah. pemukiman dibantaran kali, drainase yang diubah tanpa menindahkan amdal, tanah tidak mampu menyerap air akibat penebangan hutan liar sehingga membuat hutan gundul.

2.4. Tingkat Bahaya Banjir

Suherlan (2001) menyatakan, tingkat risiko banjir mengindikasikan sejauh mana sebuah daerah dapat mengalami banjir, dipengaruhi oleh sejumlah faktor alam, termasuk faktor meteorologi seperti intensitas, distribusi, frekuensi, dan durasi curah hujan, serta karakteristik topografi dan hidrologi daerah aliran sungai seperti kemiringan lahan, ketinggian, tekstur tanah, dan penggunaan lahan.

Tabel 1. Tingkat Bahaya Menurut Periode Periode ulang

Kelas	Periode ulang Debit Banjir	Daerah Rawan Banjir
1	Q50 – Q100	Sangat Tinggi
2	Q30 – Q50	Tinggi
3	Q10 – Q30	Sedang
4	Q1 – Q10	Rendah

Sumber: Zevri, 2014

2.5. Risiko Banjir

Risiko banjir merujuk pada probabilitas atau kemungkinan terjadinya kerugian atau kehilangan di suatu daerah atau wilayah sebagai akibat dari kejadian banjir. Penentuan risiko banjir dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah tingkat bahaya banjir yang mencakup karakteristik intensitas, frekuensi, dan durasi banjir, serta kelas kepadatan populasi dan nilai produktivitas untuk setiap jenis penggunaan lahan di wilayah tersebut.

2.6. Mitigasi Banjir

Langkah mitigasi banjir merupakan upaya awal dalam mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana alam, dan hal ini dianggap sebagai bagian penting dari strategi pencegahan bencana. Dalam Pedoman Umum Mitigasi Bencana yang diatur dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 33 Tahun 2006.

2.7. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) adalah parameter yang menggambarkan persentase dari perbandingan antara total volume curah hujan yang turun dengan volume aliran permukaan yang terjadi, dimana pengaruhnya dipengaruhi oleh karakteristik topografi wilayah, pola penggunaan lahan di daerah tersebut, serta sifat dan tekstur tanah yang ada di sekitarnya.

Tabel 2. Nilai C Pada Berbagai Topografi Dan Penggunaan Lahan

Kondisi Daerah	Nilai C
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,80
Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
Sungai besar di dataran	0,50 – 0,75

Sumber: (Dr. Mononobe Dalam Suyono S, 1999)

2.8. Aspek Hidrologi

Hidrologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari proses-proses pergerakan, distribusi, dan kualitas air di Bumi. Ilmu ini memiliki hubungan yang kompleks antar komponennya dan memegang peranan penting dalam perencanaan serta pengelolaan infrastruktur bangunan air. Proses-proses utama dalam hidrologi mencakup presipitasi (curah hujan), evaporasi (penguapan), infiltrasi (peresapan air ke dalam tanah), limpasan permukaan (runoff), serta aliran air tanah (subsurface flow). Pemahaman yang mendalam terhadap proses-proses tersebut sangat diperlukan untuk memastikan bahwa perencanaan dan pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan secara berkelanjutan dan efektif.

2.9. Analisis Distribusi Peluang Curah Hujan Rencana

Analisis distribusi peluang curah hujan rencana merupakan fondasi dari proses perencanaan sumber daya air, dimana digunakan untuk mengevaluasi probabilitas terjadinya peristiwa hidrologis tertentu, yang dinyatakan dalam bentuk hujan rencana (Kamiana, 2011). Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam analisis distribusi frekuensi untuk memperkirakan frekuensi curah hujan harian maksimum, yaitu:

1. Distribusi Gumbel.

$$QT = \bar{X} + KT \cdot S$$

Di mana:

- QT = debit rencana untuk periode ulang TTT (tahun)
- $\bar{X}$ = nilai rata-rata dari data maksimum tahunan
- S = simpangan baku (standar deviasi) dari data maksimum tahunan
- KT = faktor variabel reduksi Gumbel (Gumbel frequency factor), dihitung dari distribusi Gumbel

2.10. Parameter Statistik

Parameter statistik adalah nilai-nilai yang menggambarkan karakteristik suatu populasi atau sampel data. Dalam analisis statistik, parameter ini digunakan untuk merangkum, menggambarkan, dan menganalisis distribusi data, sehingga dapat digunakan untuk membuat kesimpulan atau prediksi, seperti dalam analisis debit banjir rencana, curah hujan ekstrem, atau perilaku aliran sungai.

1. Rata-Rata (Mean, $\bar{X}$)

Menggambarkan nilai tengah dari sekumpulan data. Dihitung dengan menjumlahkan seluruh data, kemudian dibagi dengan jumlah data.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

2. Simpangan Baku (Standar Deviasi, S)

Mengukur seberapa besar penyebaran atau variasi data terhadap nilai rata-rata.

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

3. Koefisien Variasi (CV)

Menggambarkan besarnya variasi relatif terhadap rata-rata. Sering digunakan untuk membandingkan sebaran dua kelompok data.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\%$$

2.11. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah besarnya aliran air maksimum (dalam satuan volume per waktu, biasanya m³/detik) yang diperkirakan akan terjadi pada suatu titik sungai atau saluran dalam periode ulang tertentu, misalnya 2 tahun, 5 tahun, 25 tahun, hingga 100 tahun.

Debit ini tidak terjadi setiap tahun, tetapi merupakan proyeksi statistik berdasarkan data historis—digunakan dalam perencanaan infrastruktur pengendalian banjir, seperti tanggul, bendungan, saluran drainase, jembatan, dan lain-lain.

2.11.1. Tujuan Penentuan Debit Banjir Rencana

- Menghindari atau mengurangi risiko kerusakan akibat banjir.
- Menentukan kapasitas saluran, sungai, dan bangunan air.
- Merencanakan tata ruang kawasan rawan banjir.
- Menyusun sistem peringatan dini dan mitigasi bencana.

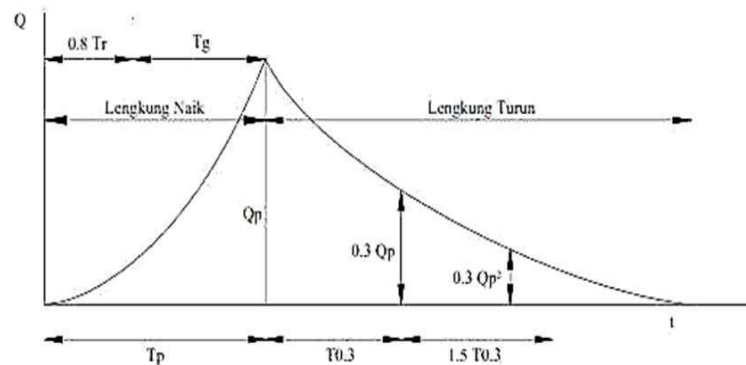
2.11.2. Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS)

- Menentukan curah hujan rencana
- Menghitung hidrograf satuan
- Menghitung debit puncak (Q_p)

2.11.3. Pemodelan Hidrologi-Hidraulik

- HEC-HMS (Hydrologic Modeling System)
- SWMM

➤ MIKE Flood



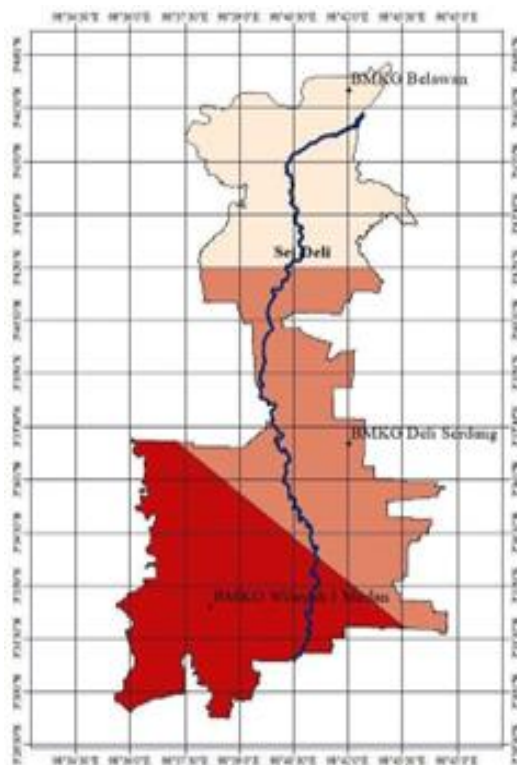
Gbr1. Kurva HSS Nakayasu Sumber: Soemarto, 1999

III. METODOLOGI PENELITIAN

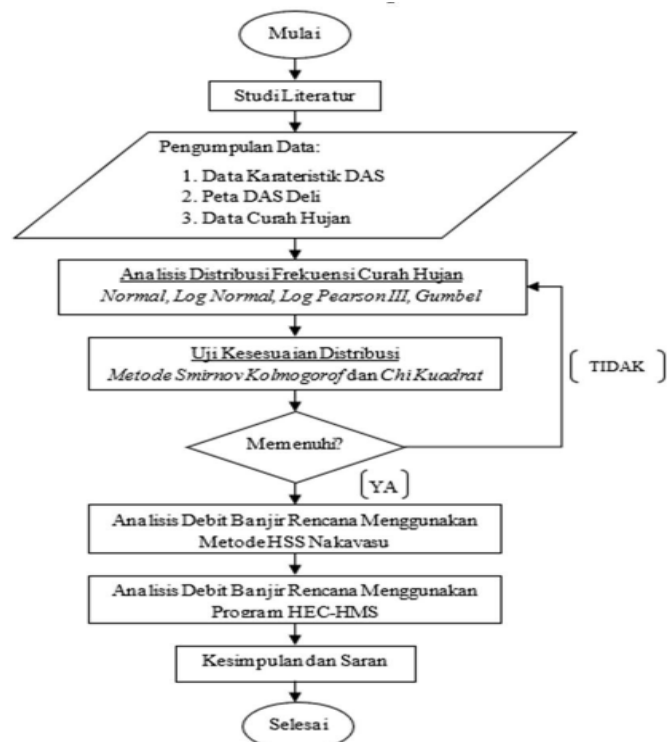
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2023 dan berakhir pada tahun Januari 2024. Adapun penelitian ini berada pada DAS Deli yang terletak di Kota Medan. DAS Deli mencakup area antara $3^{\circ}13'35,50''$ s/d $3^{\circ}47'06,05''$ LU dan $98^{\circ}29'22,52''$

s/d $98^{\circ}42'51,23''$ BT dengan luas wilayah 6,845.87 ha dan Panjang sungai ± 73 km. Secara administratif, DAS Deli meliputi tiga kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Karo, Kabupaten Deli Serdang, dan Kota Medan. Wilayah sungai yang menjadi fokus penelitian ini adalah Sungai Deli, yang secara administratif terletak di Kota Medan, dimulai dari batas hulu di daerah Kanal Marendal hingga batas hilir di muara Sungai Deli.



Gbr 2. Sumber: BPDASHL Wampu Sei



Gambar 3. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hidrologi

Analisis ini bertujuan untuk menentukan debit banjir di Sub DAS Deli, yang akan digunakan sebagai input

untuk perangkat lunak HEC-HMS. Debit banjir dianalisis untuk periode 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Data yang diperlukan untuk analisis hidrologi ini adalah data curah hujan bulanan maksimum. Data curah hujan ini diperoleh dari tiga stasiun pengukuran curah hujan.

Tabel 3. Data Curah Hujan Harian Stasiun Meteorologi Maritim Belawan (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2013	50,0	54,0	7,0	114,0	44,0	77,5	76,0	67,0	56,0	65,0	54,0	64,0
2014	21,0	59,0	7,0	92,0	63,0	49,0	38,0	85,0	100,0	39,0	31,0	81,0
2015	58,0	51,2	2,0	11,0	81,0	75,0	32,0	77,0	69,0	63,0	57,0	43,0
2016	58,0	64,0	48,0	1,0	34,0	41,0	85,0	27,0	59,0	109,0	22,0	16,0
2017	58,0	30,0	95,0	24,0	51,0	21,0	59,0	47,0	70,0	110,0	39,0	100,0
2018	47,0	5,0	28,0	70,0	10,0	29,0	64,0	30,0	93,0	58,0	40,0	43,0
2019	53,0	78,0	22,0	26,0	46,0	47,0	40,0	19,0	23,0	89,0	81,0	69,0
2020	159,0	19,7	20,0	40,0	47,6	80,5	19,6	57,5	107,8	27,8	27,6	88,4
2021	69,1	24,5	46,8	40,4	13,7	49,5	53,8	119,5	34,9	99,0	68,8	87,5
2022	28,8	44,2	38,2	22,4	27,4	48,7	70,7	50,7	63,0	58,7	51,5	45,2

Sumber : BBMKG Wil I Medan

Tabel 4. Data Curah Hujan Harian Stasiun Klimatologi Deli Serdang (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2013	29,0	66,0	53,0	63,0	27,0	39,0	58,0	33,0	32,0	70,0	21,0	111,0
2014	20,0	22,0	35,0	31,0	46,0	49,0	34,0	91,0	66,0	41,0	57,0	165,0
2015	42,0	46,0	10,0	12,0	39,0	11,0	86,0	50,0	52,0	76,0	90,0	43,0
2016	23,0	71,0	9,0	9,0	40,0	41,0	49,0	54,0	84,0	47,0	57,0	34,0
2017	37,0	6,0	40,0	44,0	22,0	64,0	32,0	82,0	34,0	84,0	65,0	135,0
2018	29,0	40,0	18,0	68,0	35,0	42,0	62,0	33,0	56,0	147,0	76,0	106,0
2019	27,0	20,0	9,0	46,0	159,0	21,0	31,0	65,0	102,0	70,0	50,0	54,0
2020	146,0	56,6	15,8	67,5	85,0	57,7	79,1	91,5	79,4	44,8	27,3	74,0
2021	124,4	12,3	18,5	25,5	35,5	45,2	52,4	104,0	80,0	89,0	124,4	52,8
2022	26,0	97,9	117,5	46,8	101,5	132,4	42,5	70,1	68,0	74,4	111,3	71,6

Tabel 5. Data Curah Hujan Harian Stasiun BBMKG Wil I Medan (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2013	15,5	13,9	72,8	29,3	24,6	36,0	24,5	38,6	82,3	67,5	42,8	98,0
2014	5,2	14,0	51,0	35,0	65,5	32,5	9,5	64,0	31,0	78,0	63,0	112,0
2015	74,2	63,9	31,5	59,6	46,0	33,0	46,4	58,4	53,0	97,8	106,7	28,5
2016	65,5	98,5	101,5	44,0	62,8	48,8	46,0	47,5	158,5	72,5	42,8	98,0
2017	96,5	62,7	93,7	44,8	55,0	51,4	73,3	62,7	92,2	62,7	62,5	57,0
2018	91,0	13,2	33,0	64,3	62,0	54,0	160,1	33,2	102,0	150,8	29,5	70,8
2019	50,1	95,5	33,4	55,3	126,5	74,4	28,7	31,6	117,5	78,1	65,2	80,7
2020	51,5	23,0	55,6	84,4	130,9	95,1	63,0	47,0	76,4	73,5	54,9	88,7
2021	108,5	23,6	85,5	89,5	31,7	58,0	45,0	58,8	84,6	75,0	85,0	60,4
2022	51,5	128,0	75,2	50,3	21,5	110,5	28,8	98,2	49,2	72,5	72,9	45,8

Sumber : BBMKG Wil I Medan

4.2. Penentuan Curah Hujan Kawasan

Metode yang digunakan dalam analisis curah hujan kawasan adalah Metode *Polygon Thiessen*, yang melibatkan perhitungan kawasan pengaruh dari setiap stasiun pengamatan.

Tabel 6. Luas Tangkapan Hujan Stasiun Pengamatan

Stasiun	Persentase (%)	Luas (km ²)
BBMKG Wil I	36,761	103,292
Sampali	36,205	101,728
Belawan	27,034	75,959
Total	100,000	280,979

Sumber: Analisi Dengan QGIS, 2023

Tabel 7. Curah Hujan Kawasan DAS Deli 2013-2022

Tahun	Curah Hujan Maksimum Per Stasiun			Rmax
	BBMKG WIL I	Sampali	Belawan	
2013	98,0	111,0	114,0	107,03
2014	112,0	165,0	100,0	127,94
2015	106,7	90,0	81,0	93,71
2016	158,5	84,0	109,0	118,15
2017	96,5	135,0	110,0	114,09
2018	160,1	147,0	93,0	137,22
2019	126,5	159,0	89,0	128,13
2020	130,9	146,0	159,0	143,96
2021	108,5	124,4	119,5	117,23
2022	128,0	132,4	70,7	114,10

Sumber: Perhitungan, 2023

4.3. Analisis Distribusi Peluang Curah Hujan Rencana

4.3.1. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel merupakan metode statistik yang umum digunakan dalam analisis hidrologi untuk memperkirakan nilai curah hujan atau debit banjir rencana berdasarkan data maksimum tahunan. Penggunaan metode ini sangat membantu dalam merancang sistem drainase, tanggul, dan infrastruktur pengendalian banjir lainnya.

Tabel 8. Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

Kala Ulang	Yt	Yn	Sn	Curah Hujan Rencana
T				X_T (mm)
2	0,367	0,4952	0,9496	118,17
5	1,5	0,4952	0,9496	135,70
10	2,251	0,4952	0,9496	147,30
25	3,199	0,4952	0,9496	161,96
50	3,903	0,4952	0,9496	172,84
100	4,601	0,4952	0,9496	183,64

Sumber: Perhitungan, 2023

4.3.2. Distribusi Log Normal

Distribusi Log-Normal merupakan alat statistik penting dalam analisis hidrologi, khususnya untuk memperkirakan curah hujan atau debit banjir rencana yang bersifat ekstrem dan tidak mengikuti distribusi normal. Transformasi log memungkinkan penggunaan distribusi normal secara tidak langsung pada data yang menceng ke kanan.

Tabel 9. Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

Kala Ulang	Besar Variabel Gaus	$\log X_T = \log \bar{X} + (K_T \times S_{\log X})$	Curah Hujan Rencana
T	K		X_T (mm)
2	0	2,08	119,33
5	0,84	2,12	132,48
10	1,28	2,15	139,94
25	1,71	2,17	147,60
50	2,05	2,19	154,01
100	2,33	2,20	159,47

Sumber: Perhitungan, 2023

3.3.3. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log-Pearson Tipe III adalah metode yang sangat andal untuk menghitung debit atau curah hujan rencana dalam studi hidrologi, terutama saat data menunjukkan skewness yang signifikan. Metode ini banyak digunakan dalam analisis banjir rencana oleh instansi pemerintah dan lembaga profesional.

Tabel 10. Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III

Kala Ulang	Besar Variabel Gaus	$\log X_T = \log \bar{X} + (K_T \times S_{\log X})$	Curah Hujan Renca
T	K		$X_T(\text{mm})$
2	0,066	2,08	120,32
5	0,855	2,12	132,73
10	1,231	2,14	139,08
25	1,61	2,16	145,72
50	1,833	2,18	149,90
100	2,028	2,19	153,58

Sumber: Perhitungan, 2023

3.3.4. Distribusi Normal

Distribusi Normal dapat digunakan untuk memperkirakan curah hujan atau debit rencana, namun tidak direkomendasikan untuk data ekstrem, seperti debit banjir tahunan maksimum. Untuk itu, distribusi Gumbel, Log-Normal, atau Log-Pearson III lebih sering dipakai.

Tabel 11. Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

Kala Ulang	Besar Variabel Gaus	Curah Hujan Rencana (mm)
T	K	$X_T = \bar{X} (K_T \times S)$
2	0	120,16
5	0,84	132,49
10	1,28	138,95
25	1,71	145,24
50	2,05	150,25
100	2,33	154,36

Sumber: Perhitungan, 2023

4.4. Penentuan Jenis Distribusi

Tabel 12. Penentuan jenis distribusi

No.	Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
1	Gumbel	$C_s=1,1396$	-0,0791	Tidak Memenuhi
		$C_k=5,4002$	0,3995	Tidak Memenuhi
2	Log Pearson III	$C_s \neq 0$	-0,4020	Memenuhi
3	Normal	$C_s=0$	-0,0791	Tidak Memenuhi
		$C_k=3$	0,3995	Tidak Memenuhi
4	Log Normal	$C_s=3C_v+C_v^3=0,077$	0,0780	Tidak Memenuhi
		$C_k=C_v^6+6C_v^4+15C_v^2+16C_v^{1/3}=3,010$	3,0108	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisa, 2023

4.5. Uji Distribusi Probabilitas

4.5.1. Smirnov-Kolmogorov

Uji ini menggunakan metode *Smirnov- Kolmogorov*. Prosedur awal melibatkan pengurutan data dari nilai terbesar hingga terkecil, diikuti dengan penentuan peluang empiris dan peluang teoritis untuk setiap data. Setelah kedua nilai tersebut diperoleh, selisih maksimum di antara keduanya ditentukan, yang dikenal sebagai $\Delta P_{\max}$. Apabila data tersebut berdistribusi normal, maka akan memenuhi persamaan $\Delta P_{\max} < \Delta P_{\text{Pcr}}$, di mana ΔP_{Pcr} adalah nilai kritis yang telah ditetapkan berdasarkan tabel tertentu.

Tabel 13. Hasil Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Data Ke-	Besar Curah Hujan Kawasan (X_i)	Urutan Max-Min	Log X_i	P(X_i)	F(t)	P'(X_i)	ΔP
1	107,03	143,96	2,16	0,09	1,51	0,2111	0,1201
2	127,94	137,22	2,14	0,18	1,12	0,0856	-0,0962
3	93,71	128,13	2,11	0,27	0,57	0,0392	-0,2335
4	118,15	127,94	2,11	0,36	0,56	0,0388	-0,3249
5	114,09	118,15	2,07	0,45	-0,08	0,0188	-0,4358
6	137,22	117,23	2,07	0,55	-0,14	0,0182	-0,5272
7	128,13	114,10	2,06	0,64	-0,36	0,0164	-0,6200
8	143,96	114,09	2,06	0,73	-0,36	0,0164	-0,7109
9	117,23	107,03	2,03	0,82	-0,87	0,0120	-0,8062
10	114,10	93,71	1,97	0,91	-1,94	0,0110	-0,8981
	Jumlah	1201,56	20,77	5,00			
	X _{rt}	120,16	2,08	0,50			
	S	14,68	0,05	0,28			
	C _s	-0,08	-0,402				
	ΔP Max	0,1201					

Sumber: Perhitungan, 2023

4.5.2. Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat sangat berguna dalam menentukan apakah suatu jenis distribusi (misalnya Gumbel, Log-Normal, atau Normal) layak digunakan untuk menganalisis curah hujan atau debit maksimum tahunan. Ini penting agar perhitungan curah hujan rencana dan debit banjir rencana menjadi akurat dan sesuai kenyataan.

Tabel 14. Pengurutan Data Curah Hujan Kecil ke Besar

Data Ke-	Besar Curah Hujan Kawasan (X_0)	Urutan Max-Min	log X_i
1	107,03	93,71	1,97
2	127,94	107,03	2,03
3	93,71	114,09	2,06
4	118,15	114,10	2,06
5	114,09	117,23	2,07
6	137,22	118,15	2,07
7	128,13	127,94	2,11
8	143,96	128,13	2,11
9	117,23	137,22	2,14
10	114,10	143,96	2,16
Jumlah		20,77	
X _{rt}		2,08	
S		0,05	

Sumber: Perhitungan, 2023

Tabel 15. Data curah hujan diurutkan dari yang terkecil ke terbesar

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm) X_i	Urutan min max	log X_i
1	2013	467	325	2,51
2	2014	325	447	2,65
3	2015	447	453	2,66
4	2016	581	456	2,66
5	2017	529	467	2,67
6	2018	609	525,9	2,72
7	2019	456	529	2,72
8	2020	615	581	2,76
9	2021	453	609	2,78
10	2022	526	615	2,79
Jumlah				26,93
X _{rt}				2,69
S				0,08

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 16. Uji Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

T	KT	Log Xrt	S Log X	Log Xt	XT
5	0,8550	2,08	0,05	2,12297	132,729
2,5	0,1978	2,08	0,05	2,08745	122,306
1,66667	-0,3257	2,08	0,05	2,05916	114,593
1,25	-0,8158	2,08	0,05	2,03267	107,813

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 17. Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Log Pearson III

Kelas	Interval	Ef	Of	Of-Ef	(Of-Ef) ^ 2/Ef
1	> 132,729	2	2	0	0
2	122,306 - 132,729	2	2	0	0
3	114,593 - 122,306	2	2	0	0
4	107,813 - 114,593	2	3	1	0,5
5	< 107,813	2	1	-1	0,5
		10	10		1

Sumber: Hasil Analisa, 2023

4.5.3. Koefisien Limpasan (C)

Koefisien limpasan, yang merupakan parameter yang menggambarkan seberapa cepat air dapat mengalir dari permukaan tanah, menjadi faktor kunci dalam menentukan debit banjir karena genangan banjir umumnya disebabkan oleh aliran limpasan.

No.	Jenis Penutupan Lahan	Luas Area (km ²)	Koefisien Limpasan	C x A
1	Badan Air	1,95	0,05	0,098
2	Bandara/Pelabuhan	4,02	0,8	3,216
3	Belukar	10,91	0,07	0,764
4	Belukar Rawa	5,25	0,07	0,368
5	Hutan Lahan Kering Primer	25,37	0,02	0,508
6	Hutan Lahan Kering Sekunder	15,33	0,03	0,460
7	Hutan Mangrove Sekunder	9,31	0,2	1,862
8	Pemukiman	151,5	0,6	90,90
9	Perkebunan	232,1	0,4	92,84
10	Pertanian Lahan Kering	32,15	0,1	3,215
11	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	0,28	0,1	0,028
12	Sawah	3,99	0,15	0,599
13	Tambak	22,85	0,05	1,143
14	Tanah Terbuka	2,62	0,2	0,524
Jumlah		515,01		196,52
Rata-Rata				0,382

Tabel 18. Analisa Aliran Limpasan DAS Deli

4.6. Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu

Metode HSS Nakayasu sangat bermanfaat dalam estimasi debit banjir rencana, khususnya di Indonesia, untuk perencanaan saluran, jembatan, bendung, dan struktur pengendali banjir lainnya. Meskipun bersifat sederhana, metode ini cukup handal untuk tahap awal perencanaan atau studi kelayakan.

Tabel 19. Perhitungan Intensitas Menggunakan Persamaan Mononobe

Kala Ulang (Tahun)	2	5	10	25	50	100
Hujan Rencana (mm)	120,32	132,73	139,08	145,72	149,90	153,58
Jam Ke-	I					
1	41,713	46,015	48,217	50,517	51,968	53,242
2	26,278	28,987	30,375	31,824	32,738	33,541
3	20,054	22,122	23,180	24,286	24,984	25,596
4	16,554	18,261	19,135	20,048	20,624	21,129
5	14,266	15,737	16,490	17,277	17,773	18,209
6	12,633	13,936	14,603	15,299	15,739	16,125

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 20. Distribusi Hujan pada jam ke-T

Kala Ulang (Tahun)	2	5	10	25	50	100
Jam Ke-	R_T					
1	41,713	46,015	48,217	50,517	51,968	53,242
2	10,842	11,960	12,533	13,130	13,508	13,839
3	7,606	8,390	8,791	9,211	9,475	9,708
4	6,055	6,679	6,999	7,333	7,543	7,728
5	5,113	5,640	5,910	6,192	6,370	6,526
6	4,469	4,930	5,166	5,413	5,568	5,705
Kala Ulang (Tahun)	2	5	10	25	50	100

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 21. Perhitungan Hujan Efektif

Kala Ulang (Tahun)	2	5	10	25	50	100
Jam Ke-	R_T					
1	41,713	46,015	48,217	50,517	51,968	53,242
2	10,842	11,960	12,533	13,130	13,508	13,839
3	7,606	8,390	8,791	9,211	9,475	9,708
4	6,055	6,679	6,999	7,333	7,543	7,728
5	5,113	5,640	5,910	6,192	6,370	6,526
6	4,469	4,930	5,166	5,413	5,568	5,705
Kala Ulang (Tahun)	2	5	10	25	50	100

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 22. Perhitungan Parameter Nakayasu

Parameter T_g $T_g = 0,4 + (0,058 \times L)$	=	3,59	jam
Parameter T_r $T_r = 0,75 \times T_g$	=	2,6925	jam
Parameter T_p $T_p = T_g + 0.8 T_r$	=	5,744	jam
Parameter $T_{0.3}$ $T_{0.3} = \alpha \times T_g$	=	7,18	jam
$T_p + T_{0.3}$	=	12,924	jam
$T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3} = T_p + 2.5 T_{0.3}$	=	23,694	jam
Parameter Q_p (debit puncak) $Q_p = \frac{C \times A \times R_o}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})}$	=	18,367	m ³ /dt

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 23. Tabulasi Perhitungan Unit Hidrograf Satuan

t (jam)	Ordinat (m3/det)
0	0,000
1	0,024
2	0,128
3	0,337
4	0,673
5	1,150
6	1,781
7	2,578
8	3,552
8,62	4,250
9	3,949
10	3,252
11	2,678
12	2,205
13	1,816
14	1,495
14,82	1,275
15	1,246
16	1,094
17	0,962
18	0,845
19	0,742
20	0,652
21	0,573
22	0,503
23	0,442
24	0,388
24,12	0,383
25	0,351

t (jam)	Ordinat (m3/det)
26	0,319
27	0,289
28	0,262
29	0,238
30	0,216

Tabel 24. Hasil Perhitungan Debit Banjir Periode ulang 2

t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam - Jaman						Base Flow	Debit Banjir Rancana
		R1	R2	R3	R4	R5	R6		
(jam)	(m3/s)	15,917 (mm)	4,137 (mm)	2,902 (mm)	2,310 (mm)	1,951 (mm)	1,705 (mm)	(m3/det)	(m3/det)
0	0,000	0,000						5,504	5,504
1	0,024	0,385	0,000					5,504	5,888
2	0,128	2,030	0,100	0,000				5,504	7,633
3	0,337	5,371	0,528	0,070	0,000			5,504	11,473
4	0,673	10,713	1,396	0,370	0,056	0,000		5,504	18,039
5	1,150	18,302	2,785	0,979	0,295	0,047	0,000	5,504	27,912
6	1,781	28,349	4,757	1,953	0,780	0,249	0,041	5,504	41,633
7	2,578	41,041	7,369	3,337	1,555	0,658	0,217	5,504	59,681
8	3,552	56,545	10,667	5,169	2,657	1,313	0,575	5,504	82,430
8,62	4,250	67,654	14,697	7,483	4,115	2,243	1,148	5,504	102,844
9	3,949	62,850	17,585	10,310	5,957	3,475	1,961	5,504	107,642
10	3,252	51,756	16,336	12,335	8,208	5,031	3,037	5,504	102,207
11	2,678	42,620	13,452	11,459	9,820	6,931	4,397	5,504	94,184
12	2,205	35,097	11,078	9,437	9,123	8,293	6,058	5,504	84,589
13	1,816	28,901	9,122	7,771	7,512	7,704	7,249	5,504	73,763
14	1,495	23,800	7,512	6,399	6,186	6,344	6,734	5,504	62,479
14,82	1,275	20,296	6,186	5,270	5,094	5,224	5,545	5,504	53,119
15	1,246	19,828	5,275	4,339	4,195	4,302	4,566	5,504	48,010
16	1,094	17,420	5,154	3,701	3,455	3,543	3,760	5,504	42,536
17	0,962	15,305	4,528	3,615	2,946	2,917	3,097	5,504	37,911
18	0,845	13,446	3,978	3,176	2,878	2,488	2,550	5,504	34,020
19	0,742	11,813	3,495	2,790	2,529	2,430	2,175	5,504	30,736
20	0,652	10,378	3,070	2,452	2,221	2,135	2,124	5,504	27,885
21	0,573	9,118	2,698	2,154	1,952	1,876	1,866	5,504	25,167
22	0,503	8,011	2,370	1,892	1,715	1,648	1,640	5,504	22,779
23	0,442	7,038	2,082	1,662	1,506	1,448	1,441	5,504	20,681
24	0,388	6,183	1,829	1,461	1,323	1,272	1,266	5,504	18,838
24,12	0,383	6,089	1,607	1,283	1,163	1,118	1,112	5,504	17,875
25	0,351	5,589	1,583	1,127	1,022	0,982	0,977	5,504	16,783
26	0,319	5,072	1,453	1,110	0,897	0,863	0,858	5,504	15,757
27	0,289	4,603	1,318	1,019	0,884	0,758	0,754	5,504	14,840
28	0,262	4,177	1,196	0,925	0,811	0,746	0,662	5,504	14,022
29	0,238	3,790	1,086	0,839	0,736	0,685	0,652	5,504	13,292
30	0,216	3,439	0,985	0,762	0,668	0,622	0,599	5,504	12,579

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 25. Hasil Perhitungan Debit Banjir Periode ulang 5

t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam - Jaman						Base Flow	Debit Banjir Rancana
		R1	R2	R3	R4	R5	R6		
(jam)	(m3/s)	17,559 (mm)	4,564 (mm)	3,201 (mm)	2,549 (mm)	2,152 (mm)	1,881 (mm)	(m3/det)	(m3/det)
0	0,000	0,000						5,504	5,504
1	0,024	0,424	0,000					5,504	5,928
2	0,128	2,239	0,110	0,000				5,504	7,853
3	0,337	5,925	0,582	0,077	0,000			5,504	12,088
4	0,673	11,818	1,540	0,408	0,062	0,000		5,504	19,332
5	1,150	20,190	3,072	1,080	0,325	0,052	0,000	5,504	30,222
6	1,781	31,272	5,248	2,155	0,860	0,274	0,045	5,504	45,359
7	2,578	45,273	8,128	3,681	1,715	0,726	0,240	5,504	65,267
8	3,552	62,376	11,767	5,702	2,931	1,449	0,635	5,504	90,363
8,62	4,250	74,630	16,213	8,254	4,539	2,475	1,266	5,504	112,881
9	3,949	69,331	19,398	11,373	6,571	3,833	2,163	5,504	118,174
10	3,252	57,093	18,021	13,607	9,054	5,549	3,351	5,504	112,178
11	2,678	47,015	14,840	12,641	10,833	7,646	4,851	5,504	103,328
12	2,205	38,716	12,220	10,410	10,064	9,148	6,683	5,504	92,744
13	1,816	31,881	10,06	8,572	8,287	8,498	7,996	5,504	80,802
14	1,495	26,254	8,287	7,059	6,824	6,998	7,428	5,504	68,354
14,82	1,275	22,389	6,824	5,813	5,620	5,763	6,117	5,504	58,029
15	1,246	21,873	5,819	4,787	4,628	4,746	5,037	5,504	52,393
16	1,094	19,217	5,685	4,082	3,811	3,908	4,148	5,504	46,354
17	0,962	16,883	4,995	3,988	3,250	3,218	3,416	5,504	41,253
18	0,845	14,832	4,388	3,504	3,175	2,744	2,813	5,504	36,960
19	0,742	13,031	3,855	3,078	2,789	2,681	2,399	5,504	33,337
20	0,652	11,448	3,387	2,704	2,451	2,355	2,344	5,504	30,193
21	0,573	10,058	2,976	2,376	2,153	2,069	2,059	5,504	27,195
22	0,503	8,837	2,614	2,087	1,891	1,818	1,809	5,504	24,560
23	0,442	7,763	2,297	1,834	1,662	1,597	1,589	5,504	22,246
24	0,388	6,821	2,018	1,611	1,460	1,403	1,396	5,504	20,213
24,12	0,383	6,717	1,773	1,415	1,283	1,233	1,227	5,504	19,151
25	0,351	6,166	1,746	1,244	1,127	1,083	1,078	5,504	17,946
26	0,319	5,595	1,603	1,225	0,990	0,952	0,947	5,504	16,814
27	0,289	5,077	1,454	1,124	0,975	0,836	0,832	5,504	15,802
28	0,262	4,607	1,320	1,020	0,895	0,823	0,731	5,504	14,900
29	0,238	4,181	1,198	0,926	0,812	0,756	0,720	5,504	14,096
30	0,216	3,794	1,087	0,840	0,737	0,686	0,661	5,504	13,308

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 26. Hasil Perhitungan Debit Banjir Periode ulang 10

t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam - Jaman						Base Flow	Debit Banjir Rencana
		R1	R2	R3	R4	R5	R6		
(jam)	(m3/s)	18,399 (mm)	4,782 (mm)	3,355 (mm)	2,671 (mm)	2,255 (mm)	1,971 (mm)	(m3/det)	(m3/det)
0	0,000	0,000						5,504	5,504
1	0,024	0,445	0,000					5,504	5,948
2	0,128	2,346	0,116	0,000				5,504	7,966
3	0,337	6,209	0,610	0,081	0,000			5,504	12,403
4	0,673	12,384	1,614	0,428	0,065	0,000		5,504	19,993
5	1,150	21,156	3,219	1,132	0,341	0,054	0,000	5,504	31,405
6	1,781	32,769	5,499	2,258	0,901	0,288	0,048	5,504	47,266
7	2,578	47,439	8,517	3,857	1,797	0,761	0,251	5,504	68,127
8	3,552	65,361	12,330	5,975	3,071	1,518	0,665	5,504	94,423
8,62	4,250	78,201	16,989	8,649	4,756	2,593	1,327	5,504	118,020
9	3,949	72,649	20,326	11,917	6,886	4,017	2,267	5,504	123,565
10	3,252	59,825	18,883	14,258	9,487	5,815	3,511	5,504	117,283
11	2,678	49,265	15,550	13,246	11,351	8,012	5,083	5,504	108,010
12	2,205	40,568	12,805	10,908	10,545	9,586	7,003	5,504	96,918
13	1,816	33,407	10,545	8,982	8,684	8,905	8,379	5,504	84,405
14	1,495	27,510	8,683	7,397	7,151	7,333	7,784	5,504	71,362
14,82	1,275	23,460	7,150	6,091	5,889	6,039	6,410	5,504	60,543
15	1,246	22,920	6,098	5,016	4,849	4,973	5,278	5,504	54,637
16	1,094	20,136	5,957	4,278	3,993	4,095	4,347	5,504	48,309
17	0,962	17,691	5,234	4,179	3,405	3,372	3,579	5,504	42,964
18	0,845	15,542	4,598	3,671	3,327	2,876	2,948	5,504	38,465
19	0,742	13,655	4,040	3,226	2,923	2,809	2,514	5,504	34,669
20	0,652	11,996	3,549	2,834	2,568	2,468	2,456	5,504	31,375
21	0,573	10,539	3,118	2,490	2,256	2,168	2,157	5,504	28,233
22	0,503	9,259	2,739	2,187	1,982	1,905	1,895	5,504	25,472
23	0,442	8,135	2,407	1,922	1,741	1,674	1,665	5,504	23,047
24	0,388	7,147	2,114	1,688	1,530	1,470	1,463	5,504	20,917
24,12	0,383	7,038	1,858	1,483	1,344	1,292	1,285	5,504	19,804
25	0,351	6,461	1,829	1,303	1,181	1,135	1,129	5,504	18,542
26	0,319	5,863	1,679	1,283	1,037	0,997	0,992	5,504	17,356
27	0,289	5,320	1,524	1,178	1,022	0,876	0,872	5,504	16,295
28	0,262	4,828	1,383	1,069	0,938	0,863	0,766	5,504	15,350
29	0,238	4,381	1,255	0,970	0,851	0,792	0,754	5,504	14,507
30	0,216	3,976	1,139	0,880	0,772	0,719	0,692	5,504	13,682

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 27. Hasil Perhitungan Debit Banjir Periode ulang 25

t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam - Jaman						Base Flow	Debit Banjir Rencana
		R1	R2	R3	R4	R5	R6		
(jam)	(m3/s)	19,277 (mm)	5,010 (mm)	3,515 (mm)	2,798 (mm)	2,363 (mm)	2,065 (mm)	(m3/det)	(m3/det)
0	0,000	0,000						5,504	5,504
1	0,024	0,466	0,000					5,504	5,969
2	0,128	2,458	0,121	0,000				5,504	8,083
3	0,337	6,505	0,639	0,085	0,000			5,504	12,732
4	0,673	12,974	1,691	0,448	0,068	0,000		5,504	20,685
5	1,150	22,165	3,372	1,186	0,357	0,057	0,000	5,504	32,641
6	1,781	34,332	5,761	2,366	0,944	0,301	0,050	5,504	49,258
7	2,578	49,702	8,924	4,041	1,883	0,797	0,263	5,504	71,115
8	3,552	68,479	12,919	6,260	3,217	1,590	0,697	5,504	98,666
8,62	4,250	81,932	17,799	9,062	4,983	2,717	1,390	5,504	123,387
9	3,949	76,115	21,296	12,486	7,214	4,208	2,375	5,504	129,198
10	3,252	62,679	19,784	14,939	9,940	6,092	3,679	5,504	122,616
11	2,678	51,615	16,292	13,878	11,893	8,394	5,325	5,504	112,900
12	2,205	42,504	13,416	11,428	11,048	10,043	7,337	5,504	101,279
13	1,816	35,001	11,048	9,411	9,098	9,330	8,779	5,504	88,169
14	1,495	28,822	9,097	7,750	7,492	7,683	8,155	5,504	74,503
14,82	1,275	24,580	7,492	6,382	6,169	6,327	6,716	5,504	63,168
15	1,246	24,013	6,389	5,255	5,080	5,210	5,530	5,504	56,981
16	1,094	21,097	6,241	4,482	4,184	4,290	4,554	5,504	50,351
17	0,962	18,535	5,483	4,378	3,568	3,533	3,750	5,504	44,751
18	0,845	16,284	4,818	3,847	3,486	3,013	3,088	5,504	40,038
19	0,742	14,306	4,232	3,379	3,062	2,943	2,634	5,504	36,061
20	0,652	12,569	3,718	2,969	2,690	2,586	2,573	5,504	32,609
21	0,573	11,042	3,267	2,608	2,364	2,272	2,260	5,504	29,317
22	0,503	9,701	2,870	2,292	2,077	1,996	1,986	5,504	26,425
23	0,442	8,523	2,522	2,013	1,824	1,754	1,745	5,504	23,884
24	0,388	7,488	2,215	1,769	1,603	1,541	1,533	5,504	21,652
24,12	0,383	7,374	1,946	1,554	1,408	1,353	1,347	5,504	20,486
25	0,351	6,769	1,917	1,365	1,237	1,189	1,183	5,504	19,164
26	0,319	6,143	1,759	1,344	1,087	1,045	1,039	5,504	17,921
27	0,289	5,574	1,597	1,234	1,070	0,918	0,913	5,504	16,810
28	0,262	5,058	1,449	1,120	0,983	0,904	0,802	5,504	15,819
29	0,238	4,590	1,315	1,016	0,892	0,830	0,790	5,504	14,936
30	0,216	4,165	1,193	0,922	0,809	0,753	0,725	5,504	14,072

Sumber: Hasil Analisa, 2023

4.7. Analisis Debit Banjir Rancangan dengan HEC-HMS

Tabel 28. Perhitungan HEC-HMS Periode ulang 2 Tahun

Time-Series Results for Subbasin "DELI"							
Project: deli Subbasin: DELI				Simulation Run: TR 2			
Start of Run: 01Jan2024, 00:00 End of Run: 05Jan2024, 01:00 Compute Time: 17Mei2024, 08:27:30				Basin Model: sub das deli Meteorologic Model: tr=2 Control Specifications: 2 Tahun			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2024	00:00				0,0	3,2	3,2
01Jan2024	01:00	15,92	0,00	15,92	2,4	3,2	5,6
01Jan2024	02:00	4,14	0,00	4,14	9,5	3,2	12,8
01Jan2024	03:00	2,90	0,00	2,90	20,8	3,2	24,0
01Jan2024	04:00	2,31	0,00	2,31	35,1	3,2	38,3
01Jan2024	05:00	1,95	0,00	1,95	52,0	3,2	55,2
01Jan2024	06:00	1,71	0,00	1,71	70,9	3,2	74,1
01Jan2024	07:00	0,00	0,00	0,00	91,3	3,2	94,5
01Jan2024	08:00	0,00	0,00	0,00	111,5	3,2	114,8
01Jan2024	09:00	0,00	0,00	0,00	129,7	3,2	132,9
01Jan2024	10:00	0,00	0,00	0,00	144,7	3,2	148,0
01Jan2024	11:00	0,00	0,00	0,00	156,2	3,2	159,4
01Jan2024	12:00	0,00	0,00	0,00	163,6	3,2	166,8
01Jan2024	13:00	0,00	0,00	0,00	166,5	3,2	169,7
01Jan2024	14:00	0,00	0,00	0,00	163,3	3,2	166,5
01Jan2024	15:00	0,00	0,00	0,00	154,5	3,2	157,7
01Jan2024	16:00	0,00	0,00	0,00	143,1	3,2	146,3
01Jan2024	17:00	0,00	0,00	0,00	130,7	3,2	134,0
01Jan2024	18:00	0,00	0,00	0,00	118,2	3,2	121,5
01Jan2024	19:00	0,00	0,00	0,00	106,0	3,2	109,3
01Jan2024	20:00	0,00	0,00	0,00	94,6	3,2	97,8
01Jan2024	21:00	0,00	0,00	0,00	84,3	3,2	87,6
01Jan2024	22:00	0,00	0,00	0,00	75,2	3,2	78,4
01Jan2024	23:00	0,00	0,00	0,00	67,0	3,2	70,2
02Jan2024	00:00	0,00	0,00	0,00	59,7	3,2	62,9
02Jan2024	01:00	0,00	0,00	0,00	53,2	3,2	56,4

Tabel 29 Perhitungan HEC-HMS Periode ulang 5 Tahun

Time-Series Results for Subbasin "DELI"							
Project: deli Subbasin: DELI				Simulation Run: TR 5			
Start of Run: 01Jan2027, 00:00 End of Run: 05Jan2027, 01:00 Compute Time: 17Mei2024, 08:39:13				Basin Model: sub das deli Meteorologic Model: tr=5 Control Specifications: 5 Tahun			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2027	00:00				0,0	3,2	3,2
01Jan2027	01:00	17,56	0,00	17,56	2,6	3,2	5,9
01Jan2027	02:00	4,56	0,00	4,56	10,5	3,2	13,7
01Jan2027	03:00	3,20	0,00	3,20	22,9	3,2	26,1
01Jan2027	04:00	2,55	0,00	2,55	38,7	3,2	41,9
01Jan2027	05:00	2,15	0,00	2,15	57,3	3,2	60,5
01Jan2027	06:00	1,88	0,00	1,88	78,2	3,2	81,4
01Jan2027	07:00	0,00	0,00	0,00	100,7	3,2	103,9
01Jan2027	08:00	0,00	0,00	0,00	123,1	3,2	126,3
01Jan2027	09:00	0,00	0,00	0,00	143,1	3,2	146,3
01Jan2027	10:00	0,00	0,00	0,00	159,7	3,2	162,9
01Jan2027	11:00	0,00	0,00	0,00	172,3	3,2	175,5
01Jan2027	12:00	0,00	0,00	0,00	180,5	3,2	183,7
01Jan2027	13:00	0,00	0,00	0,00	183,6	3,2	186,9
01Jan2027	14:00	0,00	0,00	0,00	180,1	3,2	183,4
01Jan2027	15:00	0,00	0,00	0,00	170,5	3,2	173,7
01Jan2027	16:00	0,00	0,00	0,00	157,8	3,2	161,0
01Jan2027	17:00	0,00	0,00	0,00	144,2	3,2	147,4
01Jan2027	18:00	0,00	0,00	0,00	130,4	3,2	133,7
01Jan2027	19:00	0,00	0,00	0,00	117,0	3,2	120,2
01Jan2027	20:00	0,00	0,00	0,00	104,4	3,2	107,6
01Jan2027	21:00	0,00	0,00	0,00	93,0	3,2	96,3
01Jan2027	22:00	0,00	0,00	0,00	82,9	3,2	86,1
01Jan2027	23:00	0,00	0,00	0,00	73,9	3,2	77,1
02Jan2027	00:00	0,00	0,00	0,00	65,9	3,2	69,1
02Jan2027	01:00	0,00	0,00	0,00	58,7	3,2	61,9

5. KESIMPUNAN

- Hasil analisis debit banjir rencana sub das deli dengan metode HSS Nakayasu untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun berturut- turut yaitu, $Q_{max} = 107,642 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 118,174 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 123,565 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 129,198 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 132,751 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 135,871 \text{ m}^3/\text{det}$.
- Hasil analisis debit banjir rencana Sub DAS Deli dengan HEC-HMS untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun berturut-turut yaitu, $Q_{max} = 169,7 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 186,9 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 195,6 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 204,8 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 210,6 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{max} = 215,7 \text{ m}^3/\text{det}$.
- Dari hasil perbandingan metode HSS Nakayasu dan simulasi HEC-HMS dapat ditarik kesimpulan bahwa

selisih debit banjir pada periode ulang 2 tahun sebesar 62,06 m³/det, 5 tahun sebesar 68,73 m³/det, 10 tahun sebesar 72,03 m³/det, 25 tahun sebesar 75,60 m³/det, 50 tahun sebesar 77,85 m³/det, 100 tahun sebesar 79,83 m³/det.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPDASHL] Badan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Wampu-Sei Ular. 2012. *Peta Rerata Erosi Daerah Aliran Sungai (DAS) Deli*. BPDASHL Wampu-Sei Ular, Medan.
- Harahap, R. (2019). Pekerjaan Drainase Dan Penyebab Banjir Lingkungan Permukiman Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2012 tentang Daerah Aliran Sungai, LN RI No. 62 Tahun 2012, TLN No. 5292.
- Kamiana, I. Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Jogjakarta: Graha Ilmu.
- Mahbub, M. 2010. Penuntun Praktikum Agrohidrologi. Ilmu Tanah. Unlam. <http://mmahbub.files.wordpress.com/2010/05/4-hitungro.pdf>.
- Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia. 2006. Peraturan Menteri Dalam Negeri (permendagri) No. 33 Tahun 2006: Tentang Pedoman Umum Mitigasi Bencana. Jakarta: Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia.
- Steven, B. 2014. Perhitungan Debit dan Luas Genangan Banjir Sungai Babura [Skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Suherlan, E. 2001. Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung Menggunakan Informasi Geografis [Skripsi]. Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.