

**PERILAKU HIDRAULIK SUNGAI PADA KAWASAN PERMUKIMAN DI
BANTARAN SUNGAI
STUDI KASUS: PERUMAHAN DE FLAMBOYAN**

SKRIPSI

OLEH:

**KORNELIUS NAZARA
228110067**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/8/26

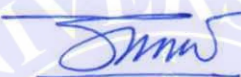
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repositori.uma.ac.id)10/8/26

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Perilaku Hidraulik Sungai Pada Kawasan Permukiman Di Bantaran Sungai
Studi Kasus: Perumahan De Flamboyan
Nama : Kornelius Nazara
NPM : 228110067
Fakultas : Teknik

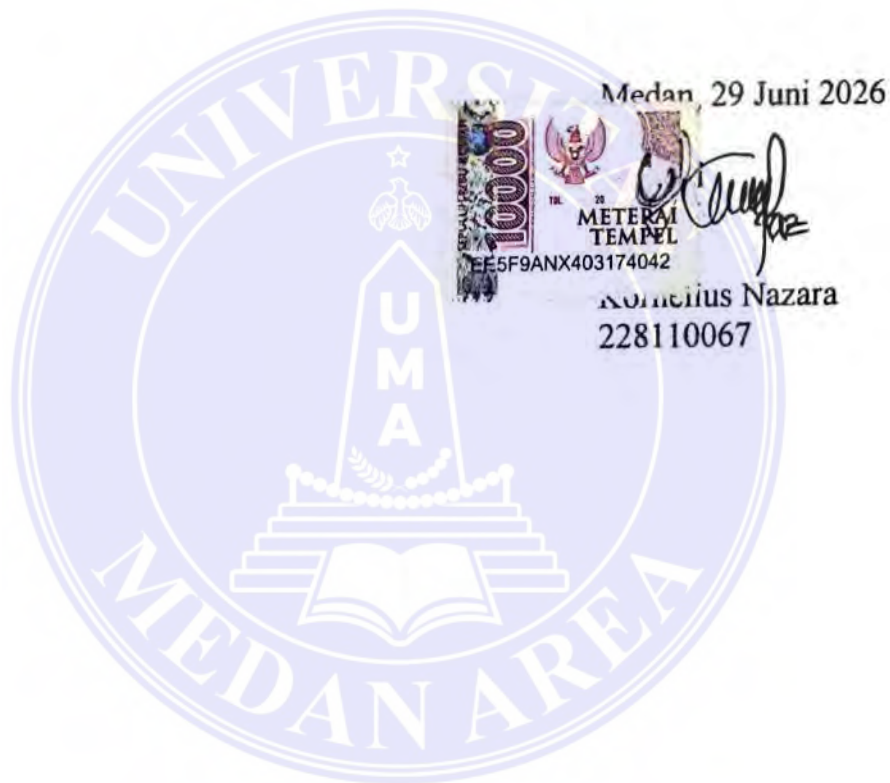
Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Dr. Ir. Kuswandi, MT
Pembimbing

 
Dr. H. Priatno, S.T., M.T Dr. H. Elmita Wulandari, S.T., M.T
Dekan Ka. Program Studi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



ABSTRAK

Perkembangan kawasan permukiman di bantaran Sungai Belawan, khususnya di Perumahan De Flamboyan, telah meningkatkan risiko banjir akibat perubahan tata guna lahan dan keterbatasan kapasitas alur sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis curah hujan rencana dan debit puncak banjir pada berbagai kala ulang, serta mengevaluasi karakteristik hidraulik sungai melalui simulasi dua dimensi. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan distribusi Gumbel berdasarkan data curah hujan maksimum tahunan untuk menentukan curah hujan rencana. Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan rencana meningkat seiring bertambahnya kala ulang, yaitu sebesar 93,89 mm pada kala ulang 2 tahun (Q2), 123,29 mm pada kala ulang 5 tahun (Q5), dan 203,72 mm pada kala ulang 100 tahun (Q100). Nilai curah hujan tersebut digunakan untuk menghitung debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, yang menghasilkan debit puncak sebesar 212,74 m³/det (Q2) dan 379,86 m³/det (Q5). Debit banjir rencana selanjutnya digunakan sebagai input dalam pemodelan hidraulik menggunakan iRIC *Nays2DFlood* untuk menganalisis kedalaman genangan, kecepatan aliran, dan luas genangan pada pemukiman. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kapasitas penampang Sungai Belawan tidak mampu menampung debit banjir rencana sehingga terjadi limpasan ke kawasan permukiman. Pada kala ulang rendah (Q2–Q5), genangan telah terjadi dengan kedalaman mencapai $\pm 0,65$ m hingga ± 3 m pada beberapa titik pengamatan. Pada kala ulang 2 tahun (Q2), genangan banjir telah mencakup kawasan permukiman dengan luas sekitar 4,5 hektar, yang menunjukkan keterbatasan kapasitas alur sungai meskipun pada periode ulang yang rendah. Selain itu, kecepatan aliran mengalami peningkatan seiring bertambahnya kala ulang, yang berpotensi meningkatkan tingkat kerusakan akibat banjir. Hasil validasi menunjukkan bahwa kejadian banjir tahun 2020 memiliki karakteristik yang mendekati kala ulang 5 tahunan (Q5). Secara keseluruhan, kawasan Perumahan De Flamboyan memiliki tingkat kerentanan banjir kategori sedang hingga tinggi, sehingga diperlukan upaya mitigasi berupa peningkatan kapasitas sungai, penataan kawasan bantaran, serta pengendalian pemanfaatan ruang pada daerah floodplain.

Kata Kunci: Banjir; Analisis Hidrologi; Analisis Hidraulik; iRIC *Nays2DFlood* Perumahan De Flamboyan.

ABSTRACT

The development of residential areas along the Belawan River, particularly in De Flamboyan Housing, has increased flood risk due to land use changes and the limited capacity of the river channel. This study aims to analyze design rainfall and peak flood discharge for various return periods, as well as to evaluate the hydraulic characteristics of the river through two-dimensional simulation. Hydrological analysis was conducted using the Gumbel distribution based on annual maximum rainfall data to determine design rainfall. The results indicate that design rainfall increases with return period, reaching 93.89 mm for the 2-year return period (Q2), 123.29 mm for the 5-year return period (Q5), and 203.72 mm for the 100-year return period (Q100). These rainfall values were then used to calculate flood discharge using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method, resulting in peak discharges of 212.74 m³/s (Q2) and 379.86 m³/s (Q5). The design flood discharge was subsequently used as input for hydraulic modeling using iRIC Nays2DFlood to analyze flood depth, flow velocity, and inundation extent in the residential area. The simulation results show that the capacity of the Belawan River channel is insufficient to convey the design flood discharge, causing overflow into residential areas. For low return periods (Q2–Q5), inundation has already occurred, with depths ranging from approximately 0.65 m to 2.92 m at several observation points. For the 2-year return period (Q2), the flood inundation covers approximately 4.5 hectares of residential area, indicating limited channel capacity even under frequent flood conditions. In addition, flow velocity increases with higher return periods, potentially leading to greater flood damage. Validation results indicate that the 2020 flood event corresponds closely to the 5-year return period (Q5). Overall, the De Flamboyan residential area is classified as having moderate to high flood vulnerability, indicating the need for mitigation measures such as increasing river channel capacity, improving riverbank management, and controlling land use within the floodplain.

Keywords: Flood; Hydrological Analysis; Hydraulic Analysis; iRIC Nays2DFlood; De Flamboyan Housing.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kornelius Nazara
NPM : 228110067
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Perilaku Hidraulik Sungai Pada Kawasan Permukiman Bantaran Sungai Di Perumahan De Flamboyan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (data base), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

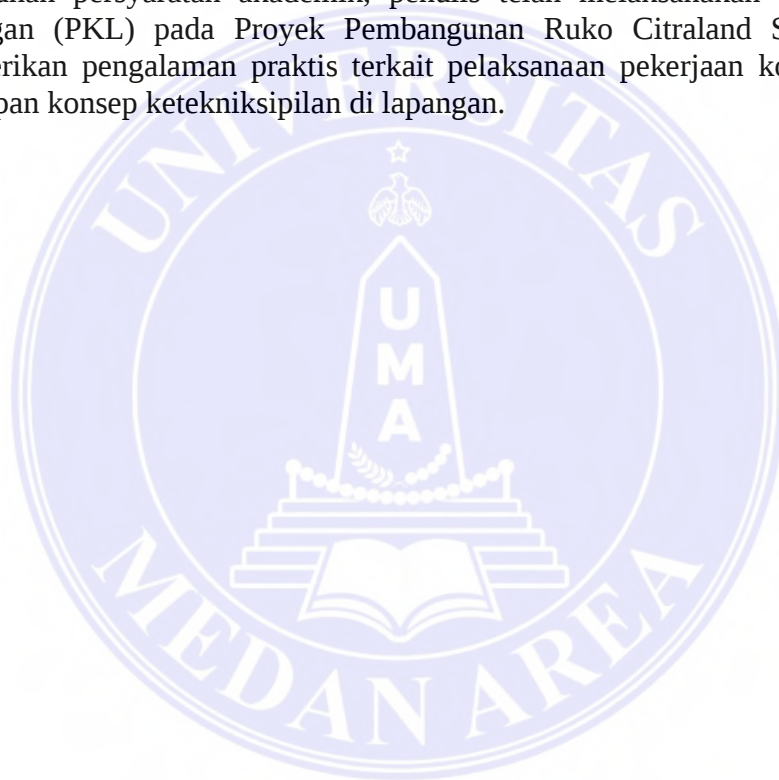
Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 29 Juni 2026
Yang menyatakan



(Kornelius Nazara)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Lawira Satua pada tanggal 23 Desember 2002, sebagai putra ketiga dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Temazaro Nazara dan Ibu Murniani Zendrato. Penulis menempuh pendidikan formal pada jenjang Sekolah Dasar di SD Negeri 071034 Lotu pada tahun 2009–2015, kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Lotu pada tahun 2015–2018. Pendidikan menengah atas diselesaikan di SMA Negeri 1 Lotu dan dinyatakan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Medan Area. Selama masa perkuliahan, penulis mengikuti berbagai kegiatan akademik dan praktikum yang menunjang penguasaan kompetensi di bidang teknik sipil. Sebagai bagian dari pemenuhan persyaratan akademik, penulis telah melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) pada Proyek Pembangunan Ruko Citraland Sampali, yang memberikan pengalaman praktis terkait pelaksanaan pekerjaan konstruksi serta penerapan konsep ketekniksipil di lapangan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala kasih, penyertaan, berkat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perilaku Hidraulik Sungai pada Kawasan Permukiman Bantaran Sungai di Perumahan De Flamboyan”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

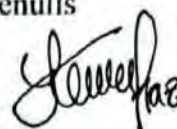
1. Bapak Dr. Ir. Kuswandi, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, masukan, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan dukungan dan arahan selama penulis menempuh pendidikan.
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta pelayanan akademik yang sangat berarti bagi penulis selama masa perkuliahan.
4. Kedua orang tua tercinta, Bapak Temazaro Nazara dan Ibu Murniati Zendrato, yang menjadi anugerah terbesar dalam kehidupan penulis. Dengan penuh kasih sayang, kesabaran, dan pengorbanan yang tiada henti, mereka telah membesarkan, mendidik, membimbing, serta mengajarkan nilai-nilai kehidupan yang menjadi bekal bagi penulis hingga saat ini. Tidak ada kata yang mampu menggambarkan besarnya cinta, perjuangan, dan pengorbanan yang telah diberikan demi masa depan penulis. Di balik setiap langkah dan pencapaian yang diraih, terdapat doa-doa yang senantiasa dipanjatkan, kerja keras yang tidak pernah mengeluh, serta harapan yang terus menyala dari Ayah dan Ibu. Ketika penulis menghadapi berbagai tantangan, keterbatasan, dan rintangan selama menempuh pendidikan, doa dan dukungan mereka menjadi sumber kekuatan yang meneguhkan hati untuk terus berjuang. Jarak, waktu, dan keadaan tidak pernah mengurangi kasih sayang serta perhatian yang selalu mereka berikan. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai wujud rasa hormat, cinta, dan terima kasih yang mendalam kepada Ayah dan Ibu. Semoga setiap tetes keringat, pengorbanan, dan doa yang telah diberikan selama ini memperoleh balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Kuasa, serta senantiasa dilimpahkan kesehatan, kebahagiaan, dan umur yang panjang. Keberhasilan ini tidak akan pernah terwujud tanpa cinta dan dukungan yang mereka berikan dengan tulus sepanjang perjalanan hidup penulis.
5. Saudara-saudara tercinta, Fitrah Nazara, Sri Priyani Nazara, Meifan Berkat Nazara, dan Sernitine Nazara, yang senantiasa hadir melalui doa, perhatian, dukungan, dan kasih sayang yang tulus. Terima kasih karena telah menjadi bagian penting dalam perjalanan hidup penulis, berbagi suka dan duka, serta

memberikan semangat ketika langkah terasa berat. Jarak dan waktu tidak pernah mengurangi arti kehadiran kalian sebagai keluarga yang selalu menjadi tempat pulang, sumber kekuatan, dan alasan bagi penulis untuk terus berjuang meraih masa depan yang lebih baik. Secara khusus, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada abang Fitrah Nazara dan kakak Sri Priyani Nazara yang telah banyak memberikan dukungan, baik melalui doa maupun bantuan finansial selama penulis menempuh pendidikan. Pengorbanan, perhatian, dan kepercayaan yang diberikan menjadi motivasi besar bagi penulis untuk terus berusaha menyelesaikan pendidikan ini dengan sebaik-baiknya. Dukungan tersebut tidak hanya membantu penulis dalam menghadapi berbagai keterbatasan, tetapi juga menjadi pengingat akan harapan dan cita-cita keluarga yang ingin melihat penulis berhasil dan mencapai masa depan yang lebih baik. Setiap doa, harapan, dan dukungan yang kalian berikan telah menjadi penyemangat bagi penulis untuk tetap teguh menghadapi berbagai tantangan hingga mencapai titik penyelesaian pendidikan ini. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, keberhasilan, dan berkat yang melimpah kepada kalian semua, serta mewujudkan setiap cita-cita dan harapan baik yang telah diperjuangkan dengan penuh ketulusan. Semoga ikatan persaudaraan yang telah terjalin senantiasa terjaga dan menjadi sumber kekuatan bagi kita semua sepanjang kehidupan.

6. Orang tua angkat penulis di Medan, Prof. Dr. Amroeni Drajat, M.Ag. dan Ibu Rafika Johani, S.Ag., yang telah memberikan perhatian, kasih sayang, bimbingan, motivasi, serta bantuan finansial kepada penulis selama menempuh pendidikan di Medan. Kehadiran dan kepedulian beliau berdua tidak hanya membantu penulis dalam memenuhi kebutuhan selama masa perkuliahan, tetapi juga memberikan dorongan moral dan semangat hidup yang sangat berarti. Di tengah berbagai tantangan, kesulitan, dan rintangan yang penulis hadapi selama menjalani studi di perantauan, nasihat, dukungan, dan keteladanan yang diberikan menjadi sumber kekuatan yang membangun keteguhan hati penulis untuk terus berjuang dan tidak menyerah hingga dapat mencapai tahap penyelesaian skripsi ini.
7. Kepada orang terkasih, Imelda Sriwidia Gulo, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, perhatian, dukungan, dan motivasi yang tidak pernah putus selama perjalanan pendidikan penulis. Terima kasih atas setiap waktu, kesabaran, pengertian, serta semangat yang diberikan dalam setiap keadaan, baik saat penulis menghadapi kesulitan maupun ketika meraih kemajuan. Kehadiran dan dukungan yang tulus menjadi salah satu sumber inspirasi dan kekuatan bagi penulis untuk terus berjuang hingga menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala kebaikan, doa, dan perhatian yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Kuasa
8. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan bantuan, kebersamaan, motivasi, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan maupun dalam proses penyusunan skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang hidraulika sungai dan teknik sipil, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Penulis



(Kornelius Nazara)



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Banjir Sungai Di Pemukiman Yang Berada Di Bantaran Banjir ..	7
2.1.1 Banjir di De Flamboyan	7
2.1.2 Banjir di Bekasi	9
2.1.3 Banjir di Patumbak.....	11
2.2 Teori Hidrologi.....	13
2.2.1 Analisa Distribusi Normal	15
2.2.2 Analisa Log Normal	16
2.2.3 Analisa Log Pearson Tipe III.....	17
2.2.4 Analisa Gumbel	18
2.2.5 Uji Chi Square	19
2.2.6 Uji Smirgorov- Kolmogorov	20
2.3 Teori Banjir	20
2.3.1 Definisi Banjir	20
2.3.2 Klasifikasi Banjir.....	22
2.3.3 Penyebab Terjadinya Banjir	23
2.3.4 Dampak Banjir.....	23

	2.3.5 Strategi Penanggulangan Banjir	23
2.4	Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu.....	24
	2.4.1 Waktu ke Puncak Hidrograf (Tp)	25
	2.4.2 Debit Puncak Hidrograf Satuan (Qp)	26
	2.4.3 Bentuk Hidrograf Nakayasu	26
	2.4.4 Kelebihan dan Keterbatasan Metode Nakayasu	27
	2.4.5 Relevansi Metode Nakayasu dalam Analisis Banjir.....	27
2.5	Teori HEC-HMS	28
	2.5.1 Pengertian HEC-HMS	28
	2.5.2 Komponen Utama HEC-HMS.....	28
	2.5.3 Proses dalam HEC-HMS	29
	2.5.4 Kelebihan dan Keterbatasan HEC-HMS	29
	2.5.5 Penerapan HEC-HMS dalam Studi Banjir	29
2.6	Teori IRIC (<i>Nays2d flood</i>)	30
	2.6.1 Defenisi dan Fitur Model Simulasi Medan Aliran	30
	2.6.2 Prinsip Dasar Pemodelan.....	30
	2.6.3 Data Input Model.....	30
	2.6.4 Proses Simulasi.....	31
	2.6.5 Output Model.....	32
BAB III	METODOLOGI	33
	3.1 Lokasi Penelitian dan Titik Pengamatan Yang Akan Ditinjau ...	33
	3.2 Data Hujan	34
	3.3 Data Daerah Aliran Sungai (DAS).....	36
	3.4 Alur Penelitian	37
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
	4.1 Kajian Perubahan Tata Guna Lahan Pada Sungai Belawan di Perumahan De Flamboyan	38
	4.2 Analisa Hidrologi	40
	4.2.1 Analisa Sub DAS dan Sistem Sungai Belawan Di Titik Tinjau De Flamboyan	40
	4.2.2 Analisa Hujan Rencana.....	41
	4.2.3 Perhitungan Debit Banjir kala ulang.....	53
	4.3 Hasil Simulasi Hidraulik Banjir Sungai Belawan.....	57
	4.3.1 Distribusi Kedalaman Genangan Banjir	59
	4.3.2 Luas Genangan Banjir pada Perumahan De Flamboyan	62
	4.3.3 Distribusi Kecepatan Aliran	64

4.4 Pembahasan.....	68
4.4.1 Validasi Tinggi Muka Air Banjir antara Hasil Simulasi dan Data Aktual	68
4.4.2 Dampak dan Resiko Perumahan pada Bantaran Sungai Terhadap Banjir	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1 KESIMPULAN	77
5.2 SARAN	78
DAFTAR PUSTAKA	xv
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Dampak Banjir di Perumahan De Flamboyan	8
Gambar 2	Banjir di Bekasi 2025.....	11
Gambar 3	Banjir di Patumbak 2025.....	13
Gambar 4	Lokasi Penelitian dan Titik Pengamatan Yang Akan Ditinjau	34
Gambar 5	Titik Tinjau Stasiun Curah Hujan	35
Gambar 6	Peta DAS Belawan hasil pengolahan DEM menggunakan ArcGIS. ..	36
Gambar 7	Alur Penelitian	37
Gambar 8	Perubahan penggunaan lahan kawasan Perumahan De Flamboyan tahun 2003–2025 (<i>Google Earth Pro</i>)	39
Gambar 9	Peta Delineasi DAS Belawan dan Sub DAS Belawan De Flamboyan (HEC-HMS).....	40
Gambar 10	Peta pembagian daerah pengaruh stasiun hujan di DAS Belawan berdasarkan metode Poligon Thiessen	42
Gambar 11	Grafik Curah Hujan Rencana Berdasarkan Metode Distribusi Normal.....	46
Gambar 12	Grafik Curah Hujan Rencana Berdasarkan Metode Log Normal	48
Gambar 13	Grafik Curah Hujan Rencana Berdasarkan Metode Log Person III ..	50
Gambar 14	Grafik Curah Hujan Rencana Berdasarkan Metode Gumbel	52
Gambar 15	Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu	54
Gambar 16	Grafik Hidrograf Banjir Rencana Berbagai Kala Ulang Berdasarkan Metode Nakayasu	56
Gambar 17	Respons hidraulik Sungai Belawan terhadap peningkatan debit rencana dari kondisi awal hingga banjir maksimum (Sumber : Hasil simulasi model Nays2Dflood).....	58
Gambar 18	Peta Distribusi Kedalaman Genangan Banjir kala ulang Ulang 2 Tahun di Sungai Belawan	59
Gambar 19	Peta Distribusi Kedalaman Genangan Banjir kala ulang Ulang 25 Tahun di Sungai Belawan	60
Gambar 20	Peta Distribusi Kedalaman Genangan Banjir kala ulang Ulang 100 Tahun di Sungai Belawan	60
Gambar 21	Peta distribusi kecepatan aliran banjir kala ulang 2 tahun (Q2).....	65
Gambar 22	Peta distribusi kecepatan aliran banjir kala ulang 50 tahun (Q50).....	66
Gambar 23	Peta distribusi kecepatan aliran banjir kala ulang 100 tahun (Q100)	67
Gambar 24	Dokumentasi Banjir Titik Pengamatan 5 (Courtesy Kuswandi, 2020).....	69
Gambar 25	Dokumentasi Banjir Titik Pengamatan 2 (Courtesy Kuswandi, 2020).....	70
Gambar 26	Grafik Tinggi muka air banjir kala ulang pada titik pengamatan 5	71
Gambar 27	Grafik Tinggi muka air banjir kala ulang pada titik pengamatan 2 (TMA: 2,92 m)	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Titik pengamatan yang di tinjau	33
Tabel 2	Data Hasil Pengamatan Curah Hujan Pada Setiap Pos Pengamatan	35
Tabel 3	Karakteristik DAS Belawan.....	41
Tabel 4	Luas Area Thiessen dan Koefisien Pembobot Stasiun Hujan.....	43
Tabel 5	Curah Hujan Rata-rata DAS Metode Thiessen.....	44
Tabel 6	Perhitungan Standart Deviasi Metode Distribusi Normal	45
Tabel 7	Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang T Tahun (Rt) dengan Metode Distribusi Normal	45
Tabel 8	Perhitungan Standart Deviasi Metode Distribusi Log Normal	46
Tabel 9	Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang T Tahun (Rt) dengan Metode Log Normal	47
Tabel 10	Perhitungan Standart Deviasi Metode Distribusi Log Tipe Person III.....	48
Tabel 11	Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang T Tahun (Rt) dengan Metode Log Person Tipe III	50
Tabel 12	Perhitungan Standart Deviasi Metode Distribusi Gumbel	50
Tabel 13	Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang T Tahun (Rt) dengan Metode Gumbel	51
Tabel 14	Hujan Rencana	53
Tabel 15	Debit Puncak Banjir Rencana Berbagai Kala Ulang	55
Tabel 16	Luas Genangan Banjir pada Kawasan Perumahan De Flamboyan.....	63
Tabel 17	Hasil Simulasi Kecepatan Aliran pada Berbagai Kala Ulang di Dua Titik Pengamatan.....	68
Tabel 18	Hasil simulasi pada titik pengamatan 5.....	71
Tabel 19	Hasil simulasi pada titik pengamatan 2.....	72
Tabel 20	Perbandingan simulasi dan data aktual pada titik pengamatan 5.....	73
Tabel 21	Perbandingan simulasi dan data aktual pada titik pengamatan 2.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak peradaban paling awal yang tercatat, seperti di Mesopotamia dan Mesir yang berkembang di daerah tepi sungai Tigris, Efrat dan Nil yang subur, manusia telah menetap di daerah dataran banjir, karena kondisi ekologi dan lokasi geografis menawarkan kondisi yang menguntungkan bagi organisasi budaya, pengembangan pertanian, perdagangan, dan pertumbuhan ekonomi (Di Baldassarre et al., 2013). Permukiman yang berkembang pesat di daerah bantaran sungai sering kali menimbulkan permasalahan hidraulik yang kompleks. Salah satu isu utama yang dihadapi adalah tingginya risiko banjir akibat perubahan morfologi sungai dan terganggunya aliran air akibat aktivitas manusia. Sungai sebagai sistem aliran air alami memiliki karakteristik hidraulik yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti curah hujan, bentuk penampang sungai, kondisi lahan, serta intervensi pembangunan di sekitarnya. Apabila aliran sungai mengalami penyempitan, pendangkalan, atau perubahan arah aliran, maka daya tampung sungai akan menurun dan berpotensi menyebabkan luapan air ke daerah permukiman (Neuhold et al., 2009).

Wilayah yang terletak di sepanjang aliran sungai atau dikenal sebagai daerah bantaran sungai sering kali menjadi lokasi yang paling rentan terhadap bencana ini. Salah satu contohnya adalah Perumahan De Flamboyan yang berada di sisi Sungai Belawan, permukiman yang rawan mengalami banjir akibat perilaku hidraulik sungai yang tidak terkendali. Pembangunan hunian yang mendekati garis sempadan sungai, ditambah dengan minimnya sistem drainase yang memadai, berkontribusi

terhadap tingginya intensitas genangan saat musim hujan. Fenomena ini menandakan pentingnya kajian terhadap karakteristik dan perilaku aliran sungai di kawasan tersebut guna memahami pola banjir serta mencari solusi penanganan berbasis data teknis (Blöschl, 2022). Pendekatan ini menekankan bahwa integrasi pemodelan hidraulik dua dimensi dan analisis spasial penggunaan lahan merupakan kunci dalam penilaian risiko banjir serta perencanaan mitigasi pada koridor sungai perkotaan (Vilca-campana et al., 2025). Kajian perilaku aliran tidak hanya mencakup debit puncak, tetapi juga proses interaksi hidrodinamik antara aliran utama dengan *floodplain*, termasuk transfer energi, momentum, dan sedimen yang memengaruhi pembentukan morfologi baru seperti *chute* atau saluran sekunder (Harrison et al., 2015)

Selain menimbulkan genangan, kejadian banjir juga dapat berdampak pada kerusakan infrastruktur sungai, khususnya bangunan pelindung tebing. Studi rekonstruksi keruntuhan bangunan pelindung tebing Sungai Idanogawo menunjukkan bahwa percepatan aliran akibat penyempitan alur sungai serta perubahan kondisi hidraulik saat debit puncak banjir berperan signifikan terhadap terjadinya kegagalan struktur pelindung tebing sungai (Kuswandi, n.d.). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa ketidaksesuaian antara perilaku aliran sungai dan desain bangunan pelindung dapat meningkatkan kerentanan kawasan bantaran sungai terhadap dampak banjir.

Selain itu, studi empiris tentang mitigasi banjir di daerah urban menekankan perlunya pemahaman terintegrasi terhadap karakteristik hidrologi dan hidraulik, interaksi penggunaan lahan dengan kapasitas sungai, serta pendekatan teknis untuk meminimalkan dampak banjir melalui strategi seperti peninggian tanggul,

peningkatan sistem drainase, atau restorasi fungsi floodplain sebagai ruang penyimpanan sementara air banjir (Sudiyanto et al, 2025). Penelitian semacam ini memberikan bukti bahwa perubahan penggunaan lahan di bantaran sungai meningkatkan risiko genangan karena menurunnya kapasitas sungai dalam menyalurkan aliran air puncak akibat urbanisasi dan pembangunan infrastruktur di floodplain .

Pembangunan permukiman di sekitar sungai tanpa perencanaan mitigasi yang matang menyebabkan kawasan ini sangat mudah terdampak banjir. Kerugian yang ditimbulkan pun tidak sedikit, mulai dari rusaknya bangunan rumah, hilangnya harta benda, hingga jatuhnya korban jiwa. Selain faktor cuaca ekstrem, hal lain seperti berkurangnya kapasitas sungai, tidak optimalnya saluran drainase, dan tata ruang yang tidak memperhatikan risiko bencana turut memperparah kondisi tersebut. Kondisi ini sejalan dengan temuan bahwa banyak daerah bantaran sungai telah kehilangan konektivitas alami dengan *floodplain* akibat pembangunan tanggul dan kanal, sehingga fungsi ekologis dan hidrologisnya menurun, dan justru meningkatkan risiko banjir pada daerah hilir maupun hulu (Serra-Llobet et al., 2022)

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perilaku hidraulik sungai yang melintasi kawasan Perumahan De Flamboyan, baik dari aspek kecepatan aliran, kedalaman air, kapasitas penampang sungai, maupun interaksinya dengan tata guna lahan sekitarnya. Dengan pemahaman yang mendalam terhadap dinamika hidraulik sungai, termasuk perubahan konduktivitas hidrolik *floodplain* yang dapat dipicu oleh pergerakan sedimen halus dan interaksi *hiporeik* (Nowinski et al., 2011), diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi dasar rekomendasi teknis dalam

pengelolaan daerah bantaran sungai agar lebih tahan terhadap risiko banjir dan bencana hidrologis lainnya. Kajian serupa yang dilakukan di wilayah Sinjai dan Tangka di Indonesia menunjukkan bahwa pendekatan berbasis model hidraulik-spasial dapat memberikan hasil signifikan dalam perencanaan mitigasi banjir terpadu (Karamma et al., 2025).

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik hidraulik sungai yang melintasi kawasan Perumahan De Flamboyan?
2. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi perubahan perilaku aliran sungai di permukiman bantaran tersebut?
3. Sejauh mana pembangunan di sekitar bantaran sungai memengaruhi kapasitas dan fungsi aliran sungai?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis curah hujan rencana dan debit puncak banjir pada berbagai kala ulang di DAS Sungai Belawan menggunakan metode distribusi probabilitas dan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.
2. Menganalisis perilaku hidraulik sungai berdasarkan hasil simulasi 2D (kedalaman, kecepatan, dan luas genangan) menggunakan iRIC Nays2DFlood.
3. Menilai tingkat kerentanan banjir di kawasan permukiman bantaran sungai serta merumuskan rekomendasi teknis pengendalian banjir di Perumahan De Flamboyan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan agar analisis lebih terarah, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Lokasi studi dibatasi pada alur Sungai Belawan yang melintasi kawasan Perumahan De Flamboyan, Kelurahan Tanjung Selamat, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan.
2. Analisis perilaku hidraulik sungai dibatasi pada parameter teknis, yaitu:
 - a. Tinggi muka air (banjir),
 - b. Kecepatan,
 - c. Luas genangan,
 - d. Fungsi waktu.
3. Penelitian ini menggunakan data sekunder dan data lapangan sederhana, seperti data curah hujan dan elevasi lahan (DEM)
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam pemodelan adalah :
 - a. HEC-HMS 4.12 untuk membantu proses delineasi daerah aliran sungai (catchment area) dan jaringan sungai.
 - b. iRIC v4 – *Nays2Flood* untuk simulasi hidraulik 2 dimensi, memodelkan aliran banjir dan penyebaran genangan di kawasan Perumahan De Flamboyan.
5. Simulasi hanya mencakup skenario debit puncak saat musim hujan berdasarkan data curah hujan tahunan (periode) dan tidak memasukkan variabel seperti sedimentasi, perubahan tata guna lahan jangka panjang, atau efek angkutan material.

6. Penelitian ini tidak membahas secara mendalam aspek sosial, ekonomi, dan kelembagaan dari dampak banjir, namun hanya berfokus pada aspek teknis hidraulik sungai dan pengaruhnya terhadap kawasan permukiman.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan gambaran teknis mengenai kondisi hidraulik sungai di kawasan permukiman bantaran.
2. Menjadi acuan bagi pemerintah daerah dan pengembang dalam perencanaan tata ruang yang lebih berkelanjutan dan adaptif terhadap risiko banjir.
3. Menambah literatur ilmiah terkait studi hidraulik sungai di kawasan urban.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir Sungai Di Pemukiman Yang Berada Di Bantaran Banjir

2.1.1 Banjir di De Flamboyan

Perumahan De Flamboyan yang berada di Kelurahan Tanjung Selamat, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan, merupakan salah satu wilayah yang terdampak paling parah akibat banjir besar yang terjadi pada tanggal 4 Desember 2020. Banjir ini dipicu oleh intensitas hujan yang sangat tinggi sejak malam sebelumnya, yang menyebabkan debit Sungai Belawan meningkat drastis hingga meluap dan merobohkan tanggul yang berdekatan dengan permukiman warga.

Peristiwa banjir terjadi secara mendadak pada waktu dini hari, disertai dengan arus air yang sangat deras serta membawa material sedimen berupa lumpur. Kondisi tersebut menyebabkan kawasan permukiman tergenang secara cepat, dengan ketinggian muka air mencapai sekitar tiga meter dalam rentang waktu yang relatif singkat akibatnya, hampir seluruh bangunan rumah di wilayah tersebut terendam air secara menyeluruh (Tzu Chi Indonesia, 2020) . Sekitar 323 orang, termasuk anak-anak dan lansia, harus diselamatkan menggunakan perahu karet oleh tim gabungan dari aparat dan relawan kemanusiaan.

Bencana tersebut turut mengakibatkan korban jiwa, di mana diperkirakan sebanyak lima hingga enam orang warga meninggal dunia akibat terbawa arus air yang deras saat peristiwa banjir berlangsung (Analisedaily.com, 2020);(Tempo.co., 2020). Selain itu, ribuan warga lainnya yang berada di sekitar lokasi banjir juga terdampak dan harus mengungsi ke tempat yang lebih aman, seperti aula kelurahan, masjid, dan markas militer terdekat.

Seperti dikutip dari (Lensamedan.co.id, 2020), banjir ini termasuk yang paling parah dalam sejarah Perumahan De Flamboyan. Peristiwa tersebut juga mengungkap kelemahan sistem pengamanan sungai, terutama karena kondisi tanggul yang tidak diperkuat atau diperbaiki dalam waktu lama. Dampak banjir ini tidak hanya terbatas pada kerusakan fisik seperti rumah, kendaraan, dan fasilitas umum, tetapi juga berdampak secara psikologis bagi warga yang mengalaminya. Beberapa keluarga bahkan kehilangan anggota keluarga mereka dalam waktu yang sangat singkat.



Gambar 1 Dampak Banjir di Perumahan De Flamboyan

Kejadian banjir besar pada 4 Desember 2020 ini menjadi kajian penting dalam konteks mitigasi bencana di wilayah perkotaan, khususnya pada permukiman padat yang berada di tepi sungai. Hal ini menunjukkan pentingnya peningkatan sistem drainase, penguatan tanggul sungai, serta penerapan teknologi pemodelan hidrologi guna mendeteksi potensi banjir secara dini dan mengurangi risiko bencana di masa mendatang.

2.1.2 Banjir di Bekasi

Banjir besar yang melanda Kota Bekasi pada tanggal 26 Februari 2025 menjadi salah satu peristiwa bencana hidrometeorologi yang paling signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Banjir ini dipicu oleh tingginya intensitas curah hujan selama beberapa hari berturut-turut, yang menyebabkan peningkatan debit Sungai Bekasi serta kegagalan sistem drainase dan pengendalian banjir di wilayah terdampak.

Wilayah yang mengalami dampak paling serius meliputi Kecamatan Jatiasih dan sebagian wilayah Kecamatan Pondok Gede. Luapan air terjadi pada dini hari dan berlangsung secara tiba-tiba, disertai arus deras yang membawa lumpur dan material padat lainnya, sehingga merendam permukiman warga dalam waktu singkat. Ketinggian air mencapai lebih dari dua meter di beberapa lokasi, mengakibatkan kerusakan signifikan pada infrastruktur dan properti warga

Evakuasi korban dilakukan oleh tim gabungan yang terdiri dari personel BPBD, TNI-POLRI, dan relawan kemanusiaan. Lebih dari 500 jiwa berhasil dievakuasi ke tempat aman, dengan prioritas terhadap kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan penyandang disabilitas. Fasilitas umum seperti masjid, aula kelurahan, dan sekolah digunakan sebagai lokasi pengungsian sementara untuk menampung warga terdampak.

Dampak banjir yang terjadi di Kota Bekasi pada tanggal 26 Februari 2025 tidak hanya menyebabkan kerugian material, tetapi juga menimbulkan korban jiwa. Sebanyak tujuh orang warga dilaporkan meninggal dunia, yang umumnya disebabkan oleh terbawanya korban oleh arus banjir yang deras serta keterlambatan proses evakuasi akibat tingginya kecepatan luapan air. Kejadian ini mencerminkan

rendahnya tingkat kesiapsiagaan terhadap bencana di kawasan terdampak, terutama dalam hal sistem peringatan dini dan evakuasi cepat. Selain itu, banjir menyebabkan kerusakan signifikan terhadap infrastruktur permukiman, termasuk rumah tinggal, kendaraan pribadi, serta fasilitas umum seperti jalan lingkungan, sekolah, dan rumah ibadah. Kerugian ini berdampak langsung terhadap kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat, serta menimbulkan beban tambahan bagi pemerintah daerah dalam upaya pemulihan pasca bencana..

Analisis sementara dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kota Bekasi menunjukkan bahwa banjir ini diperparah oleh buruknya sistem drainase kota, konversi lahan resapan menjadi area terbangun, serta ketidakefektifan fungsi tanggul dan pintu air yang ada. Ketiga faktor ini menunjukkan lemahnya infrastruktur pengendalian banjir di wilayah perkotaan yang padat dan cepat berkembang.

Berdasarkan peristiwa tersebut, diperlukan penguatan strategi mitigasi bencana melalui pendekatan struktural dan non-struktural. Upaya yang dapat dilakukan meliputi revitalisasi saluran drainase, penataan kembali kawasan permukiman di daerah rawan banjir, serta pemanfaatan teknologi pemodelan hidrologi untuk mendeteksi potensi banjir secara dini. Hal ini menjadi krusial dalam rangka meningkatkan ketahanan kota terhadap ancaman bencana hidrologis di masa mendatang.



Gambar 2 Banjir di Bekasi 2025

2.1.3 Banjir di Patumbak

Wilayah Patumbak yang berada di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, mengalami bencana banjir besar pada awal Februari 2024. Banjir ini disebabkan oleh curah hujan dengan intensitas tinggi yang terjadi secara terus-menerus, sehingga menyebabkan Sungai Percut dan anak sungainya mengalami peningkatan debit secara drastis. Akumulasi volume air yang tinggi ini menyebabkan sungai meluap, menggenangi permukiman warga yang berada di sepanjang aliran sungai.

Peristiwa banjir terjadi secara mendadak pada dini hari, dengan karakteristik arus yang deras dan membawa material lumpur dari daerah hulu. Dalam waktu yang singkat, ketinggian air mencapai kurang lebih tiga meter, merendam sebagian besar rumah penduduk. Tim gabungan dari BPBD Deli Serdang, aparat TNI/Polri, serta relawan kemanusiaan melakukan evakuasi terhadap lebih dari 500 orang, termasuk kelompok rentan seperti anak-anak dan lanjut usia, menggunakan perahu karet serta alat bantu penyelamatan lainnya.

Bencana banjir yang melanda wilayah Patumbak pada awal tahun 2024 tidak hanya mengakibatkan kerusakan infrastruktur, tetapi juga memakan korban jiwa. Sejumlah warga dilaporkan meninggal dunia akibat terseret arus banjir yang deras serta karena tidak berhasil menyelamatkan diri dari bangunan tempat tinggal yang terendam. Selain korban jiwa, dampak lain yang signifikan dari peristiwa ini adalah pengungsian massal. Ribuan penduduk terpaksa meninggalkan rumah mereka untuk menghindari bahaya, dan mencari tempat perlindungan sementara di berbagai lokasi yang dianggap lebih aman. Fasilitas umum seperti balai desa, tempat ibadah, gedung sekolah, serta posko darurat dijadikan tempat penampungan bagi para pengungsi, yang kemudian dikelola oleh pemerintah setempat bekerja sama dengan berbagai lembaga kemanusiaan.

Banjir di Patumbak tahun 2024 merupakan salah satu peristiwa banjir terparah dalam sejarah wilayah tersebut. Peristiwa ini juga menunjukkan kelemahan dalam sistem infrastruktur pengendalian banjir, khususnya pada tanggul dan saluran drainase yang belum memperoleh perawatan dan penguatan struktural secara memadai. Selain menimbulkan kerusakan fisik pada bangunan, kendaraan, dan infrastruktur umum, banjir ini turut berdampak secara psikologis terhadap masyarakat yang kehilangan harta benda maupun anggota keluarga.

Dengan demikian, kejadian banjir di Patumbak menunjukkan pentingnya penguatan strategi mitigasi bencana hidrometeorologi di wilayah rawan banjir. Perlu dilakukan perbaikan menyeluruh terhadap sistem drainase, penguatan struktur tanggul sungai, serta penerapan teknologi sistem informasi geografis (SIG) dan pemodelan hidrologi seperti HEC-HMS dan iRIC untuk meningkatkan kemampuan prediksi dan peringatan dini terhadap potensi bencana.



Gambar 3 Banjir di Patumbak 2025

2.2 Teori Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang keberadaan, peredaran, dan distribusi air di bumi serta interaksinya dengan lingkungan fisik . Ilmu ini melibatkan aspek fisika, kimia, dan dinamika air, yang dimana hal ini sangat penting dalam perencanaan sumber daya air, termasuk perencanaan infrastruktur hidrolik dan mitigasi bencana air.

Menurut (Prof. Dr. Ir. Bambang Triatmodjo, 2008) hidrologi terbagi menjadi dua cabang utama:

1. Hidrologi teoritis atau fisik, yang menelaah proses-proses fisis dari siklus hidrologi seperti evaporasi, presipitasi, infiltrasi, aliran permukaan, dan aliran bawah tanah.

2. Hidrologi terapan atau kuantitatif, yang memanfaatkan data observasi dan pendekatan statistik untuk menghitung dan memodelkan kejadian hidrologi, seperti curah hujan ekstrem, debit sungai, atau tinggi muka air.

Analisis kuantitatif dalam hidrologi memiliki peran penting dalam memahami dan memperkirakan kejadian-kejadian ekstrem yang berkaitan dengan siklus air, seperti banjir maupun musim kering yang berkepanjangan. Pendekatan ini umumnya memanfaatkan data historis curah hujan, debit sungai, atau parameter hidrologi lainnya yang kemudian dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi pola dan kemungkinan terjadinya suatu peristiwa di masa depan. Metode ini tidak hanya mengandalkan pada pengamatan lapangan, tetapi juga menggabungkan penggunaan model distribusi probabilistik untuk memperkirakan frekuensi dan intensitas kejadian. Beberapa jenis distribusi yang sering digunakan antara lain distribusi normal, log normal, serta log Pearson Tipe III, yang masing-masing memiliki karakteristik tersendiri dalam menggambarkan sebaran data hidrologi. Dengan demikian, analisis ini menjadi landasan penting dalam perencanaan sumber daya air, mitigasi bencana, serta pembangunan infrastruktur yang tahan terhadap risiko hidrometeorologis. Hidrologi juga berperan penting dalam:

1. Analisis curah hujan dan debit sungai
2. Perencanaan sistem drainase dan irigasi
3. Perhitungan potensi banjir dan kekeringan
4. Evaluasi ketersediaan air tanah dan permukaan

(Haan, 2002) menawarkan pendekatan statistik terstruktur dalam hidrologi, mulai dari konsep dasar peluang hingga uji kecocokan seperti Chi-Square dan Kolmogorov–Smirnov. Ia juga memaparkan prosedur untuk analisis frekuensi

banjir dan teknik regionalisasi data hidrologi. Uji-uji ini digunakan untuk menilai seberapa baik data pengamatan cocok dengan model distribusi teoritis.

Secara ringkas, teori hidrologi modern mencakup:

1. Pemahaman mekanisme fisik hidrologi (siklus air, infiltrasi, aliran permukaan).
2. Pengolahan data hidrologi menggunakan distribusi probabilitas untuk estimasi kejadian ekstrem.
3. Pengujian kecocokan distribusi dengan data empiris menggunakan uji statistik.
4. Model numerik dan perangkat lunak hidrologi (misalnya : HEC-HMS & IRIC) yang menggabungkan data spasial dan temporal untuk simulasi dan perencanaan.

Dengan demikian, teori hidrologi merupakan fondasi dari analisis risiko banjir, sistem drainase, pengelolaan DAS, dan perencanaan sumber daya air secara luas.

2.2.1 Analisa Distribusi Normal

Distribusi Normal merupakan salah satu distribusi probabilitas kontinu yang memiliki bentuk kurva simetris, di mana nilai rata-rata (mean), median, dan modus berada pada posisi yang sama. Dalam bidang hidrologi, distribusi ini digunakan untuk menganalisis data curah hujan, khususnya apabila data memiliki penyebaran yang relatif simetris. Dalam analisis frekuensi hidrologi, distribusi Normal digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan persamaan:

$$R_T = \bar{R} + Kt \cdot S$$

Dimana:

R_T : curah hujan rencana pada kala ulang T (mm)

$\bar{R}$: rata-rata curah hujan maksimum tahunan (mm)

S : simpangan baku (standar deviasi) data curah hujan (mm)

K_t : faktor frekuensi yang bergantung pada kala ulang T

2.2.2 Analisa Log Normal

Distribusi Log Normal digunakan dalam analisis hidrologi ketika data curah hujan atau debit aliran menunjukkan pola tidak simetris dan cenderung menceng ke kanan (positively skewed). Suatu data dikatakan mengikuti distribusi log normal apabila nilai logaritma dari data tersebut berdistribusi normal. Dalam analisis frekuensi hidrologi, distribusi Log Normal digunakan untuk menghitung curah hujan rencana (R_T) dengan persamaan:

$$\log R_T = \overline{\log R} + K \cdot S_{\log R}$$

Sehingga nilai curah hujan rencana diperoleh dengan:

$$R_T = 10^{(\overline{\log R} + K \cdot S_{\log R})}$$

Dimana:

R_T : curah hujan rencana pada kala ulang T (mm)

$\overline{\log R}$: rata-rata logaritma data curah hujan

$S_{\log R}$: simpangan baku logaritma data

K_T : faktor frekuensi yang bergantung pada kala ulang

2.2.3 Analisa Log Pearson Tipe III

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan salah satu distribusi probabilitas yang umum digunakan dalam analisis hidrologi, khususnya untuk analisis frekuensi curah hujan dan debit banjir. Distribusi ini mempertimbangkan koefisien kemencengan (skewness), sehingga lebih mampu merepresentasikan data yang tidak simetris. Dalam analisis frekuensi, distribusi Log Pearson Tipe III digunakan dengan mentransformasikan data ke dalam bentuk logaritma, kemudian dianalisis menggunakan parameter statistik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana adalah:

$$\log R_T = \overline{\log R} + K \cdot S_{\log R}$$

Nilai curah hujan rencana diperoleh dengan mengembalikan nilai logaritma ke bentuk semula:

$$R_T = 10^{\log R_T}$$

Dimana:

R_T : curah hujan rencana pada kala ulang T (mm)

$\log R_T$: rata-rata logaritma data curah hujan

$S_{\log R}$: simpangan baku logaritma data

K: faktor frekuensi yang dipengaruhi oleh kala ulang T dan koefisien kemencengan

2.2.4 Analisa Gumbel

Analisa Gumbel merupakan metode statistik yang digunakan untuk menganalisis kejadian ekstrem dalam data hidrologi, seperti curah hujan maksimum. Metode ini termasuk dalam distribusi ekstrem tipe I yang digunakan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya suatu peristiwa dengan nilai besar dalam periode waktu tertentu. Dalam analisis hidrologi, metode Gumbel digunakan untuk menentukan nilai rencana berdasarkan kala ulang tertentu, seperti 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Nilai rencana ini sangat penting dalam perencanaan bangunan air, sistem drainase, serta analisis banjir.

Secara matematis, nilai rencana dengan metode Gumbel dihitung menggunakan persamaan:

$$R_T = \bar{X} + K \cdot S$$

dengan:

R_T = nilai rencana pada kala ulang T

$\bar{X}$ = rata-rata data

S = standar deviasi

K = faktor frekuensi Gumbel

Faktor frekuensi Gumbel dihitung dengan persamaan:

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

Nilai *reduced variate* dihitung dengan persamaan:

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

dengan:

Y_T = *reduced variate*

T = kala ulang (tahun)

Y_n = rata-rata *reduced variate*

S_n = standar deviasi *reduced variate*

Nilai Y_n dan S_n ditentukan berdasarkan jumlah data yang digunakan.

2.2.5 Uji Chi Square

Uji Chi-Square digunakan untuk menguji kesesuaian antara distribusi data aktual dengan distribusi teoritis. Pengujian dilakukan dengan membandingkan frekuensi hasil pengamatan dengan frekuensi yang diharapkan berdasarkan distribusi yang diuji.

Secara matematis, nilai Chi-Square dihitung dengan persamaan:

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

dengan:

O_i : frekuensi observasi

E_i : frekuensi harapan

k: jumlah kelas

Derajat kebebasan (dk) ditentukan dengan:

$$dk = k - (p + 1)$$

dengan:

p: jumlah parameter distribusi

Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan nilai Chi-Square tabel.

Kriteria pengujian adalah:

$$\chi_{hitung}^2 < \chi_{tabel}^2$$

Jika kondisi tersebut terpenuhi, maka distribusi yang diuji dapat diterima. Sebaliknya, jika tidak terpenuhi, maka distribusi tersebut ditolak.

2.2.6 Uji Smirgorov- Kolmogorov

Uji Smirnov–Kolmogorov digunakan untuk menguji kesesuaian antara distribusi data empiris dengan distribusi teoritis. Uji ini dilakukan dengan membandingkan peluang kumulatif data hasil pengamatan dengan peluang kumulatif dari distribusi yang diuji. Langkah pertama adalah menentukan peluang kumulatif empiris dari data yang telah diurutkan, kemudian dibandingkan dengan peluang kumulatif teoritis dari distribusi yang diuji.

Nilai statistik uji dihitung sebagai selisih maksimum antara kedua distribusi tersebut:

$$D = \max|F_o(x) - F_t(x)|$$

Keterangan:

D : nilai maksimum selisih antara distribusi empiris dan teoritis

Fo(x) : probabilitas kumulatif empiris (berdasarkan data pengamatan)

Ft(x) : probabilitas kumulatif teoritis (berdasarkan distribusi yang diuji)

2.3 Teori Banjir

2.3.1 Definisi Banjir

Banjir merupakan peristiwa alam yang terjadi ketika aliran air melebihi kapasitas saluran alami atau buatan, seperti sungai, kanal, atau sistem drainase, sehingga mengakibatkan genangan di wilayah yang semestinya kering. Fenomena ini menimbulkan gangguan signifikan terhadap kehidupan manusia dan keseimbangan ekosistem di sekitarnya. Secara hidrologis, banjir terjadi ketika volume limpasan permukaan yang masuk melebihi kapasitas pengaliran, baik

akibat curah hujan tinggi, pelepasan air dari bendungan, maupun kombinasi faktor meteorologis dan morfologis sungai (Li & Li, 2020)

Selain faktor alamiah seperti curah hujan ekstrem dan topografi, risiko banjir sangat dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan, degradasi kapasitas floodplain, dan modifikasi alur sungai. Pembangunan di daerah dataran banjir yang mengabaikan fungsi alami penyerapan dan retensi air mengakibatkan berkurangnya kemampuan sistem sungai untuk menahan limpasan, sehingga memperbesar potensi banjir (Nowinski et al., 2011)

Dalam konteks banjir bandang (*flash flood*), faktor intensitas curah hujan, kondisi tanah, dan tata guna lahan berinteraksi dengan karakteristik fisik kawasan untuk menentukan besarnya dampak. Penelitian (Rodríguez Castro et al., 2025)) menunjukkan bahwa kerusakan terhadap rumah tangga akibat banjir bandang tidak hanya bergantung pada kedalaman genangan, tetapi juga pada kecepatan aliran, durasi banjir, serta kerentanan fisik bangunan dan kesiapsiagaan penghuni. Bahkan pada kedalaman air yang relatif rendah, arus yang cepat dapat menyebabkan kerusakan signifikan, terutama di daerah dengan kepadatan bangunan tinggi dan infrastruktur yang rentan .

Oleh karena itu, pemahaman mengenai proses hidrodinamik banjir, termasuk interaksi antara aliran utama sungai dan dataran banjir, menjadi kunci dalam merumuskan strategi mitigasi. Analisis ini perlu memadukan data hidrologi, geomorfologi, dan sosial-ekonomi untuk mengurangi risiko serta meminimalkan kerugian di masa depan.

2.3.2 Klasifikasi Banjir

Banjir adalah fenomena hidrologi yang terjadi ketika debit aliran air melebihi kapasitas saluran alami maupun buatan sehingga menyebabkan luapan dan genangan pada wilayah yang umumnya tidak tergenang. Kejadian ini dipengaruhi oleh curah hujan ekstrem, karakteristik daerah aliran sungai (DAS), perubahan tata guna lahan, serta keterbatasan kapasitas sungai dan sistem drainase. Dalam kajian hidrologi dan manajemen bencana, klasifikasi banjir menjadi penting karena setiap jenis banjir memiliki mekanisme pembentukan, karakteristik aliran, dan dampak yang berbeda, sehingga memerlukan pendekatan mitigasi dan pengendalian yang spesifik (Merz et al., 2010)

Banjir dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan penyebab dan bentuknya, antara lain:

1. Banjir bandang (flash flood): Terjadi secara tiba-tiba dengan arus yang kuat dan membawa sedimen, batuan, dan material lainnya.
2. Banjir genangan: Terjadi akibat akumulasi air hujan di permukaan tanah yang tidak dapat terdrainase dengan baik, terutama di wilayah perkotaan dengan tingkat kedap lahan yang tinggi. Fenomena ini tidak selalu berhubungan langsung dengan luapan sungai, melainkan lebih dipengaruhi oleh kapasitas drainase dan intensitas hujan lokal.
3. Banjir luapan sungai: Terjadi ketika debit aliran sungai melebihi kapasitas tampung palung sungai, sehingga air meluap ke dataran banjir di sekitarnya. Jenis banjir ini umumnya dipicu oleh hujan berkepanjangan di wilayah hulu DAS dan sering terjadi secara periodik pada dataran banjir alami.

4. Banjir rob: Banjir yang disebabkan oleh kenaikan muka air laut akibat pasang surut, gelombang badai, atau storm surge, yang menggenangi wilayah pesisir dan dataran rendah pantai. Kejadian ini semakin meningkat seiring dengan kenaikan muka air laut global dan penurunan muka tanah di kawasan pesisir.

2.3.3 Penyebab Terjadinya Banjir

Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya banjir antara lain:

1. Curah hujan tinggi dalam waktu singkat atau berkelanjutan.
2. Alih fungsi lahan, terutama konversi hutan atau resapan menjadi permukiman dan lahan terbangun.
3. Sistem drainase yang buruk, tidak mampu mengalirkan air secara cepat.
4. Pendangkalan sungai dan sedimentasi yang menyebabkan kapasitas sungai menurun.

2.3.4 Dampak Banjir

Banjir memberikan dampak signifikan baik secara fisik, sosial, maupun ekonomi. Dampak tersebut meliputi:

1. Kerusakan infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan bangunan.
2. Kehilangan harta benda dan jiwa.
3. Gangguan aktivitas sosial-ekonomi masyarakat.
4. Penyebaran penyakit akibat air tercemar.

2.3.5 Strategi Penanggulangan Banjir

Upaya pengelolaan banjir dapat dilakukan melalui pendekatan struktural dan non-struktural. Pendekatan struktural mencakup pembangunan infrastruktur pengendali banjir seperti bendungan, tanggul, kolam retensi, dan sistem drainase,

sementara pendekatan non-struktural mencakup pengelolaan tata ruang berbasis risiko, edukasi masyarakat, serta penerapan sistem peringatan dini.

2.4 Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu

Metode Nakayasu merupakan salah satu metode hidrograf satuan sintetik (HSS) yang digunakan dalam analisis hidrologi untuk memperkirakan debit banjir rencana berdasarkan karakteristik fisik daerah aliran sungai (DAS). Metode ini dikembangkan oleh Nakayasu pada tahun 1957 dan dirancang untuk digunakan pada DAS yang tidak memiliki data debit pengamatan. Konsep dasar metode ini adalah menyusun hidrograf limpasan langsung yang merepresentasikan respon DAS terhadap hujan efektif satuan yang diasumsikan terjadi secara merata di seluruh wilayah DAS. Hidrograf satuan sintetik Nakayasu menggambarkan hubungan antara hujan dan limpasan permukaan melalui bentuk hidrograf yang terdiri dari lengkung naik dan lengkung turun. Lengkung naik menunjukkan peningkatan debit akibat limpasan langsung setelah terjadinya hujan, sedangkan lengkung turun mencerminkan proses pengosongan simpanan air di dalam DAS. Dengan menggunakan hidrograf satuan ini, debit banjir rencana untuk berbagai kala ulang dapat dihitung melalui proses penggabungan antara hujan efektif dan hidrograf satuan yang telah dibentuk.

Penerapan metode Nakayasu cukup luas di Indonesia karena kesesuaiannya dengan kondisi iklim tropis serta kemudahan dalam penerapannya. Metode ini hanya memerlukan data dasar seperti luas DAS, waktu konsentrasi, dan durasi hujan efektif, sehingga sangat bermanfaat untuk wilayah yang memiliki keterbatasan data hidrologi. Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa metode Nakayasu mampu memberikan estimasi debit banjir rencana yang cukup

representatif untuk DAS kecil hingga menengah dan sering digunakan dalam perencanaan bangunan pengendali banjir. Dalam metode Nakayasu, parameter utama yang mempengaruhi bentuk dan besarnya hidrograf banjir meliputi luas DAS, waktu ke puncak hidrograf, serta durasi hujan efektif. Waktu ke puncak hidrograf mencerminkan kecepatan respon DAS terhadap hujan, sedangkan debit puncak menunjukkan besarnya limpasan maksimum yang berpotensi menimbulkan banjir. Parameter-parameter tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi topografi, tata guna lahan, serta sistem jaringan sungai di dalam DAS, sehingga penentuannya perlu dilakukan secara cermat agar hasil perhitungan debit banjir rencana mendekati kondisi sebenarnya.

Dalam konteks penelitian ini, Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu digunakan sebagai dasar penentuan debit banjir rencana yang selanjutnya dimanfaatkan dalam analisis hidraulik sungai. Debit banjir rencana yang diperoleh digunakan untuk mengevaluasi kapasitas alur sungai serta potensi terjadinya genangan banjir pada wilayah studi. Dengan demikian, metode Nakayasu berperan penting sebagai penghubung antara analisis hidrologi dan analisis hidraulik dalam kajian pengendalian banjir di kawasan penelitian.

2.4.1 Waktu ke Puncak Hidrograf (T_p)

Waktu ke puncak hidrograf (T_p) merupakan waktu yang dibutuhkan sejak awal hujan efektif hingga tercapainya debit puncak. Dalam metode Nakayasu, waktu ke puncak dihitung berdasarkan waktu konsentrasi DAS dan durasi hujan efektif, dengan persamaan:

$$T_p = t_L + 0,25 t_r$$

dengan:

T_p = waktu ke puncak hidrograf (jam)

t_L = waktu konsentrasi DAS (jam)

t_r = durasi hujan efektif (jam)

Nilai waktu ke puncak sangat berpengaruh terhadap bentuk hidrograf dan besarnya debit puncak banjir yang dihasilkan.

2.4.2 Debit Puncak Hidrograf Satuan (Q_p)

Debit puncak hidrograf satuan merupakan debit maksimum yang terjadi akibat hujan efektif 1 mm. Debit puncak dalam metode Nakayasu dihitung dengan persamaan:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{A}{T_p}$$

di mana:

Q_p = debit puncak hidrograf satuan (m^3/det)

A = luas DAS (km^2)

T_p = waktu ke puncak (jam)

Debit puncak ini selanjutnya digunakan untuk membentuk hidrograf banjir rencana dengan memperhitungkan hujan efektif yang terjadi.

2.4.3 Bentuk Hidrograf Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik Nakayasu terdiri atas dua bagian utama, yaitu lengkung naik (*rising limb*) dan lengkung turun (*recession limb*). Lengkung naik menggambarkan peningkatan debit secara cepat akibat limpasan permukaan, sedangkan lengkung turun menunjukkan penurunan debit yang relatif lebih lambat akibat pelepasan simpanan air dalam DAS. Waktu surut hidrograf, yaitu waktu yang dibutuhkan debit untuk turun hingga 30% dari debit puncak, dapat dihitung dengan persamaan:

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_p$$

dengan:

$T_{0,3}$ = waktu surut hidrograf hingga 30% debit puncak (jam)

α = koefisien karakteristik DAS (berkisar antara 1,5–3,0)

2.4.4 Kelebihan dan Keterbatasan Metode Nakayasu

Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu memiliki keunggulan berupa prosedur perhitungan yang relatif sederhana serta kebutuhan data yang tidak kompleks, sehingga mudah diterapkan dalam analisis hidrologi. Metode ini umumnya sesuai digunakan pada daerah aliran sungai (DAS) berskala kecil hingga menengah dan banyak dimanfaatkan pada wilayah yang memiliki keterbatasan ketersediaan data hidrologi. Meskipun demikian, penerapan metode Nakayasu memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan karakteristik DAS yang kompleks, khususnya pada DAS berskala besar atau yang memiliki keragaman tata guna lahan dan kondisi fisik yang sangat bervariasi.

2.4.5 Relevansi Metode Nakayasu dalam Analisis Banjir

Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu masih relevan digunakan dalam analisis banjir karena mampu mengestimasi debit banjir rencana berdasarkan karakteristik fisik DAS, terutama pada wilayah yang memiliki keterbatasan data debit terukur. Debit banjir rencana yang dihasilkan dari metode ini umum digunakan sebagai input dalam pemodelan hidraulik satu dimensi maupun dua dimensi untuk menganalisis kapasitas alur sungai dan potensi genangan banjir. Kesederhanaan formulasi serta kesesuaiannya dengan kondisi DAS di Indonesia menjadikan metode Nakayasu banyak diterapkan dalam studi

pengendalian banjir dan perencanaan bangunan air di kawasan permukiman bantaran sungai.

2.5 Teori HEC-HMS

2.5.1 Pengertian HEC-HMS

HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System*) merupakan perangkat lunak simulasi hidrologi yang dikembangkan oleh *U.S. Army Corps of Engineers*. Aplikasi ini dirancang untuk melakukan simulasi respon hidrologi dari suatu daerah tangkapan air (DTA) terhadap curah hujan. HEC-HMS dapat digunakan untuk berbagai skenario perencanaan seperti perhitungan debit banjir, analisis pengendalian banjir, serta estimasi kebutuhan kapasitas saluran drainase (Engineers, 2000). Dalam penelitian ini, HEC-HMS tidak digunakan untuk simulasi debit banjir, melainkan dimanfaatkan untuk membantu proses delineasi daerah aliran sungai (*catchment area*) dan jaringan sungai.

2.5.2 Komponen Utama HEC-HMS

Model HEC-HMS terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. Model Cuaca (*Meteorological Model*): Menyediakan data hujan sebagai input utama, serta penguapan jika diperlukan.
2. Model Cekungan (*Basin Model*): Mewakili sistem fisik daerah aliran sungai (DAS), seperti subdas, saluran, dan elemen jaringan lainnya.
3. Model Kontrol Simulasi (*Control Specifications*): Menentukan waktu awal dan akhir simulasi serta interval waktu komputasi.
4. Model Peristiwa (*Time-Series Data*): Berupa data curah hujan atau data hidrologi lainnya sebagai input analisis.

2.5.3 Proses dalam HEC-HMS

Secara umum, HEC-HMS mampu mensimulasikan proses hidrologi seperti infiltrasi, transformasi hujan menjadi aliran, dan routing aliran. Namun, dalam penelitian ini, proses yang dimanfaatkan terbatas pada:

1. delineasi daerah aliran sungai (DAS),
2. identifikasi arah aliran,
3. serta penentuan luas catchment area.

2.5.4 Kelebihan dan Keterbatasan HEC-HMS

Kelebihan:

1. Dapat digunakan untuk membantu identifikasi dan delineasi DAS.
2. Mempermudah penentuan luas catchment area dan jaringan sungai.
3. Bersifat gratis dan dikembangkan oleh lembaga resmi.

Keterbatasan:

1. Tidak digunakan untuk simulasi debit dalam penelitian ini.
2. Hasil sangat bergantung pada kualitas data topografi (DEM).
3. Tidak dimanfaatkan untuk analisis hidrograf pada penelitian ini.

2.5.5 Penerapan HEC-HMS dalam Studi Banjir

Dalam penelitian ini, HEC-HMS digunakan sebagai alat bantu untuk:

1. Menentukan batas daerah aliran sungai (DAS).
2. Menghitung luas catchment area.
3. Mengidentifikasi jaringan aliran sungai.

Hasil dari proses tersebut digunakan sebagai parameter dasar dalam analisis hidrologi selanjutnya, khususnya dalam perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

2.6 Teori IRIC (*Nays2d flood*)

2.6.1 Defenisi dan Fitur Model Simulasi Medan Aliran

Nays2D Flood merupakan perangkat pemodelan aliran banjir yang menggunakan simulasi aliran bidang dua dimensi tak tunak (*unsteady 2D flow*) dalam sistem koordinat kurvilinear umum yang disesuaikan dengan bentuk batas (*boundary-fitted coordinates*). Perangkat ini mengadaptasi metode simulasi aliran dua dimensi dari *Nays2D Solver*, yang dikembangkan oleh Prof. Yasuyuki Shimizu dari Hokkaido University, khusus untuk analisis aliran banjir (Science, 2013).

Keunggulan utama *Nays2D Flood* adalah kemampuannya dalam mensimulasikan distribusi aliran secara dua dimensi, termasuk:

1. kedalaman aliran,
2. kecepatan aliran,
3. serta sebaran genangan banjir.

2.6.2 Prinsip Dasar Pemodelan

Secara umum, simulasi dalam *Nays2DFlood* didasarkan pada persamaan konservasi massa (kontinuitas) dan momentum. Namun, dalam penelitian ini, persamaan tersebut tidak diselesaikan secara manual, melainkan dihitung secara numerik oleh perangkat lunak iRIC.

2.6.3 Data Input Model

Dalam penelitian ini, data yang digunakan sebagai input model meliputi:

1. Data topografi Digital Elevation Model (DEM)
2. Debit aliran (hasil perhitungan metode Nakayasu)
3. Koefisien kekasaran (Manning)
4. Kondisi batas (*boundary condition*)

2.6.4 Proses Simulasi

Simulasi dilakukan dengan memasukkan debit banjir rencana untuk beberapa kala ulang sebagai input utama ke dalam model iRIC (*Nays2D Flood*). Debit banjir rencana tersebut diperoleh dari hasil analisis hidrologi menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, yang kemudian digunakan sebagai kondisi batas aliran masuk (*inflow boundary condition*) pada model.

Selain itu, model juga menggunakan data topografi dalam bentuk Digital Elevation Model (DEM) untuk merepresentasikan kondisi permukaan lahan dan geometri aliran. Data ini berperan penting dalam menentukan arah aliran, penyebaran genangan, serta distribusi kedalaman air.

Parameter lain yang dimasukkan meliputi koefisien kekasaran permukaan (*Manning's n*), yang menggambarkan hambatan aliran akibat kondisi permukaan seperti vegetasi, permukiman, dan karakteristik tanah. Nilai kekasaran ini mempengaruhi kecepatan aliran dan tinggi muka air yang dihasilkan dalam simulasi.

Setelah seluruh data input dimasukkan, model iRIC melakukan perhitungan numerik berbasis metode elemen hingga/beda hingga untuk menyelesaikan persamaan aliran dua dimensi secara tidak tunak. Proses ini dilakukan secara iteratif terhadap waktu (*time step*), sehingga perubahan kondisi aliran dapat disimulasikan dari awal hingga akhir periode kejadian banjir.

Hasil simulasi yang diperoleh berupa distribusi spasial kedalaman genangan, kecepatan aliran, serta luas wilayah terdampak banjir untuk setiap kala ulang yang dianalisis. Data hasil ini kemudian digunakan untuk mengevaluasi karakteristik banjir dan tingkat kerentanan wilayah penelitian.

2.6.5 Output Model

Hasil dari simulasi Nays2D Flood dalam penelitian ini meliputi:

1. distribusi kedalaman genangan banjir,
2. distribusi kecepatan aliran,
3. serta luas genangan pada kawasan penelitian.

Output tersebut digunakan untuk menganalisis karakteristik banjir pada berbagai kala ulang.



BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian dan Titik Pengamatan Yang Akan Ditinjau

Penelitian ini dilaksanakan di Perumahan De Flamboyan, Kelurahan Tanjung Selamat, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Identifikasi lokasi pengamatan dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting alur sungai dan kawasan sekitarnya yang menjadi objek penelitian. Penentuan titik pengamatan didasarkan pada variasi kondisi lingkungan pada segmen sungai dan kawasan permukiman serta lokasi kejadian penting seperti tanggul jebol dan area terdampak banjir. Data lokasi pengamatan ini digunakan sebagai dasar dalam analisis hidraulik dan interpretasi hasil simulasi.

Tabel 1 Titik pengamatan yang di tinjau

LOKASI	I	J	KETERANGAN
			KONDISI
Point 1	74	21	Sungai
Point 2	60	15	Perumahan
Point 3	56	8	Sungai
Point 4	50	9	Sungai
Point 5	50	16	Perumahan
Point 6	49	16	Perumahan
Point 7	46	11	Sungai
Point 8	43	17	Sungai
Lokasi tanggul rusak 2020 (1)	71	21	Sungai
Lokasi tanggul rusak 2020 (2)	46	18	Sungai
Kerusakan 1	58	15	Perumahan



Gambar 4 Lokasi Penelitian dan Titik Pengamatan Yang Akan Ditinjau

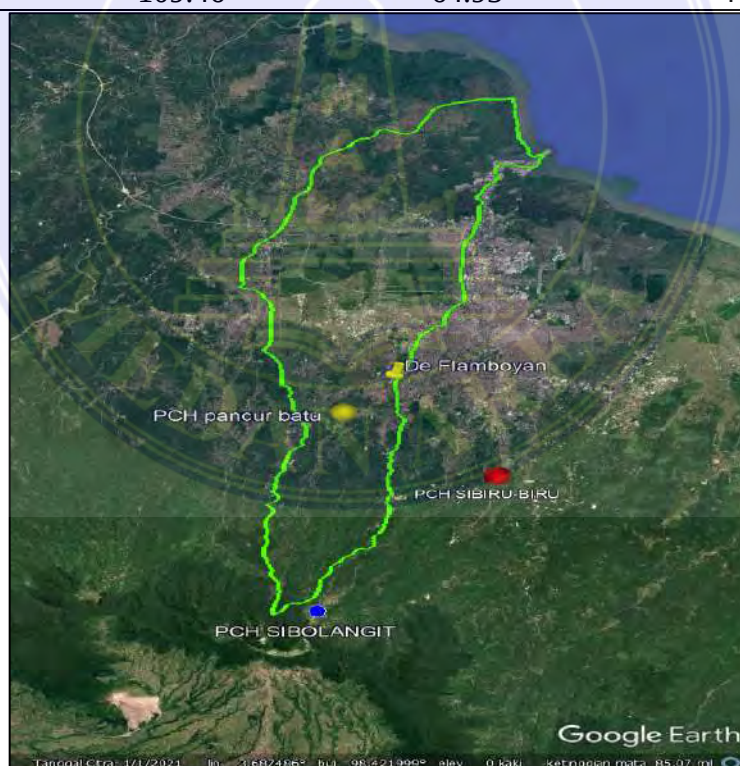
3.2 Data Hujan

Data hujan merupakan salah satu data hidrologi yang sangat penting dalam analisis banjir karena berfungsi sebagai masukan utama dalam perhitungan debit banjir rencana. Pada penelitian ini, data curah hujan diperoleh dari tiga pos pengamatan hujan yang berada di sekitar wilayah studi, yaitu Pos Curah Hujan (PCH) Sibolangit, PCH Pancur Batu, dan PCH Sibiru-Biru. Data yang digunakan merupakan data curah hujan maksimum harian tahunan selama periode tahun 2010–2024. Pemilihan ketiga stasiun hujan tersebut didasarkan pada kedekatan lokasi terhadap daerah penelitian serta ketersediaan data pengamatan yang relatif lengkap selama periode analisis.

Data hasil pengamatan curah hujan maksimum harian tahunan pada masing-masing stasiun pengamatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Hasil Pengamatan Curah Hujan Pada Setiap Pos Pengamatan

Tahun	PCH Sibolangit 98.713592° BT, 3.308588° LU (mm)	PCH Pancur Batu 8.566889°BT 3.500111°LU (mm)	PCH Sibiru-Biru 3.400000°LU, 98.666889°BT (mm)
2010	79.93	57.60	45.42
2011	48.00	91.00	67.19
2012	37.00	108.00	51.43
2013	49.00	134.00	65.70
2014	40.00	115.00	87.50
2015	29.00	121.00	116.50
2016	40.00	170.00	87.75
2017	146.00	105.00	58.00
2018	150.00	106.00	97.00
2019	215.00	99.00	61.13
2020	172.00	79.00	54.38
2021	117.50	80.50	90.25
2022	240.18	64.38	70.15
2023	114.52	46.13	59.66
2024	109.46	64.93	44.27

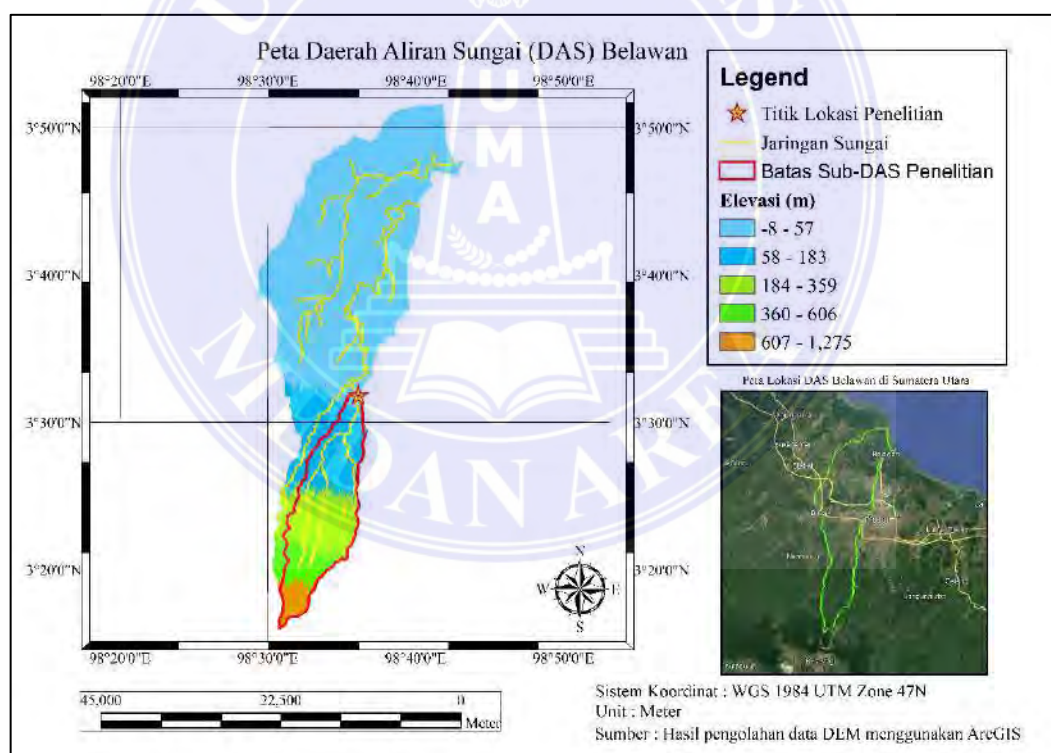


Gambar 5 Titik Tinjau Stasiun Curah Hujan

3.3 Data Daerah Aliran Sungai (DAS)

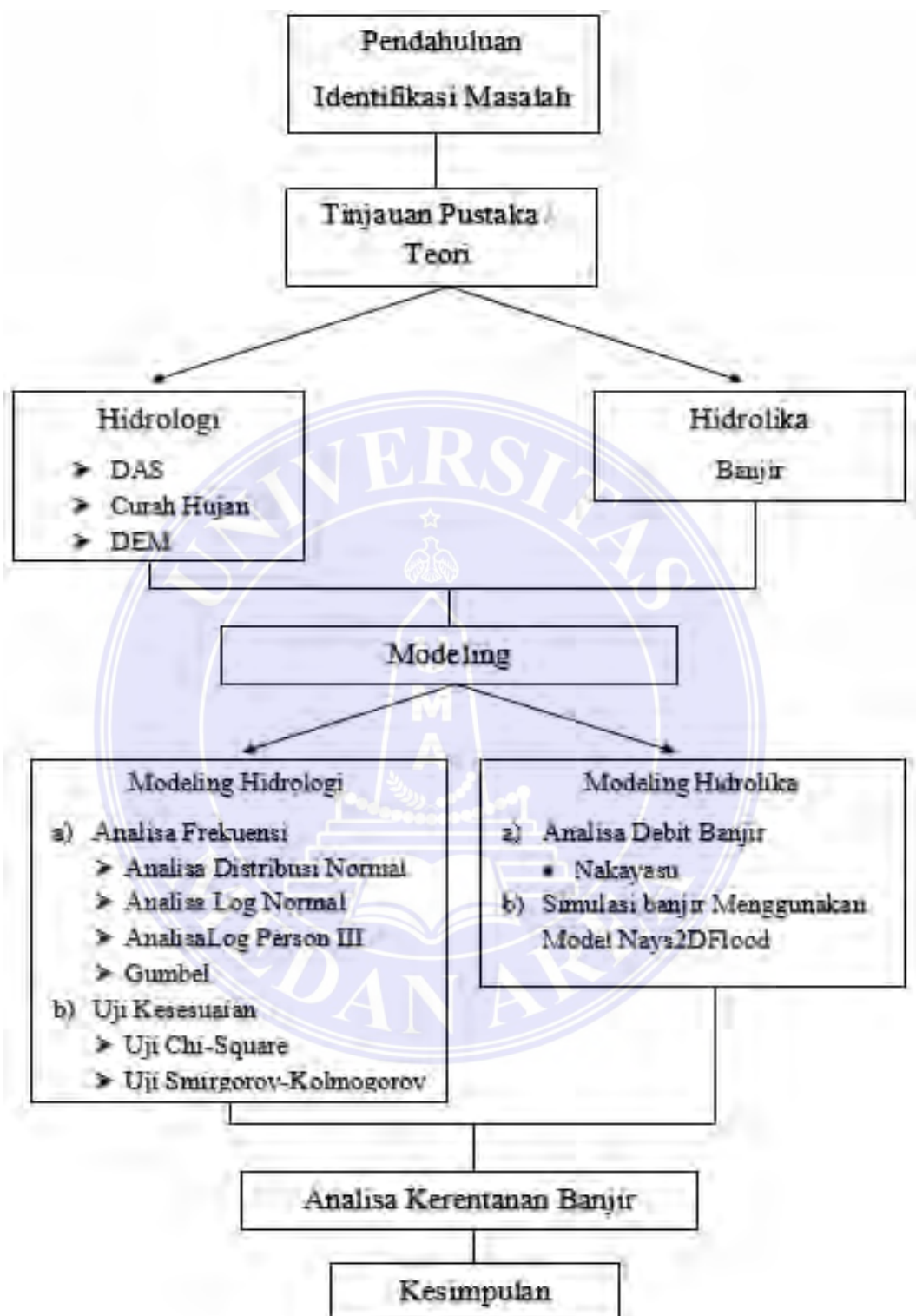
Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan wilayah yang dibatasi oleh kondisi topografi dimana seluruh aliran permukaan mengalir menuju satu titik keluaran (outlet). Dalam penelitian ini, DAS yang dikaji adalah DAS Belawan yang berperan dalam menentukan respon hidrologi terhadap curah hujan serta karakteristik aliran sungai pada lokasi penelitian.

Data DAS diperoleh melalui pengolahan Digital Elevation Model (DEM) untuk menghasilkan batas DAS, jaringan sungai, serta distribusi elevasi, pengolahan dilakukan menggunakan aplikasi ArcGIS. Peta DAS Belawan yang dihasilkan dari pengolahan data DEM ditampilkan pada dibawah ini:



Gambar 6 Peta DAS Belawan hasil pengolahan DEM menggunakan ArcGIS.

3.4 Alur Penelitian



Gambar 7 Alur Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis hidrologi, simulasi hidraulik menggunakan perangkat lunak iRIC (*Nays2Dflood*), validasi dengan kondisi banjir aktual di lapangan, serta analisis kerentanan banjir, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik dan perilaku aliran sungai di wilayah penelitian menunjukkan Curah hujan rencana menunjukkan peningkatan signifikan seiring bertambahnya kala ulang, yang berbanding lurus dengan kenaikan debit puncak banjir. Debit puncak yang dihasilkan melalui metode Nakayasu menunjukkan bahwa aliran Sungai Belawan memiliki potensi banjir yang tinggi bahkan pada kala ulang rendah (Q2–Q5).
2. Hasil simulasi hidraulik menggunakan iRIC (*Nays2Dflood*) menunjukkan bahwa kapasitas penampang Sungai Belawan tidak mampu menampung debit banjir rencana, sehingga terjadi limpasan ke kawasan permukiman Perumahan De Flamboyan. Pada kala ulang 2 tahun (Q2), kedalaman genangan berkisar sekitar $\pm 0,65$ m dan meningkat hingga mencapai ± 3 m pada beberapa titik pengamatan. Luas genangan pada kala ulang Q2 mencapai sekitar 4,5 hektar yang mencakup seluruh kawasan permukiman Perumahan De Flamboyan, sehingga menunjukkan bahwa bahkan pada periode ulang rendah, kapasitas sungai sudah tidak mampu menampung aliran banjir. Selain itu, kecepatan aliran mengalami peningkatan seiring bertambahnya kala ulang, yang berpotensi meningkatkan daya rusak terhadap bangunan dan infrastruktur. Secara keseluruhan, distribusi kedalaman genangan, kecepatan aliran, dan luas

genangan menunjukkan peningkatan yang signifikan pada setiap kenaikan kala ulang, sehingga memperbesar dampak banjir di kawasan permukiman.

3. Tingkat kerentanan banjir di Perumahan De Flamboyan tergolong sedang hingga tinggi. Hal ini disebabkan oleh tingginya frekuensi kejadian banjir pada kala ulang pendek, keterbatasan kapasitas sungai, serta perubahan tata guna lahan yang mengurangi daerah resapan. Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan terpadu untuk mengurangi risiko banjir di kawasan tersebut. Kawasan yang teridentifikasi memiliki tingkat kerawanan banjir tinggi sebaiknya tidak dialokasikan untuk pembangunan perumahan dan permukiman, melainkan diarahkan untuk fungsi yang lebih adaptif terhadap banjir sesuai dengan prinsip mitigasi bencana dan penataan ruang berkelanjutan.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Peninggian Tanggul dan Normalisasi Sungai
 - a. Perlu dilakukan normalisasi Sungai Belawan pada segmen kritis yang berbatasan langsung dengan Perumahan De Flamboyan, meliputi pelebaran penampang dan pengerukan sedimen untuk meningkatkan kapasitas aliran.
 - b. Tanggul pada titik-titik kritis perlu ditinggikan 1,5–2,0 m dari kondisi eksisting, dengan mempertimbangkan *freeboard* 30–50% dari kedalaman genangan maksimum.

- c. Material tanggul disarankan berupa urugan tanah padat dengan lapisan pelindung geotekstil, atau beton bertulang pada segmen yang rawan erosi.

Titik kritis tanggul berdasarkan simulasi hidraulik dan data banjir 2020:

Titik	Koordinat		Kedalaman Genangan Maksimum (m)	Catatan
	Latitude	Longitude		
Tanggul rusak 1	3.537521° N	98.598065° E	3,45 (Q2) – 4,15 (Q100)	Peninggian tanggul 1,5–2 m
Tanggul rusak 2	3.532967° N	98.601080° E	3,45 (Q2) – 6,00 (Q100)	Peninggian tanggul 1,5–2 m

Keterangan: Q2 → genangan sering terjadi, Q100 → debit ekstrem.

2. Peningkatan Kapasitas Sistem Drainase

- Drainase di kawasan Perumahan De Flamboyan perlu ditingkatkan agar mampu mengalirkan debit limpasan lokal secara optimal.
- Mengingat genangan sudah terjadi pada kala ulang rendah (Q2) dengan kedalaman $\pm 0,65$ m, saluran drainase harus mampu menampung genangan minimal 0,5–1,0 m.
- Drainase harus dilengkapi sistem *outlet* ke sungai, serta pintu air atau pompa untuk mencegah aliran balik saat muka air sungai tinggi.

3. Penataan dan Pengelolaan Tata Guna Lahan

- Dibutuhkan pembuatan area retensi atau ruang terbuka hijau minimal 10–15% dari luas kawasan permukiman di titik-titik kritis.
- Fungsi area ini: menahan kecepatan aliran, menurunkan tinggi genangan, dan mengurangi risiko banjir ulang.
- Contoh: taman, kolam retensi, atau saluran terbuka yang difungsikan sebagai penahan limpasan permukaan.

4. Penelitian Lanjutan

Disarankan penelitian selanjutnya mempertimbangkan:

- a. Pengaruh sedimentasi jangka panjang pada kapasitas sungai.
- b. Perubahan tata guna lahan yang dapat meningkatkan risiko banjir.
- c. Skenario perubahan iklim dan potensi peningkatan debit banjir ekstrem (misal Q100).



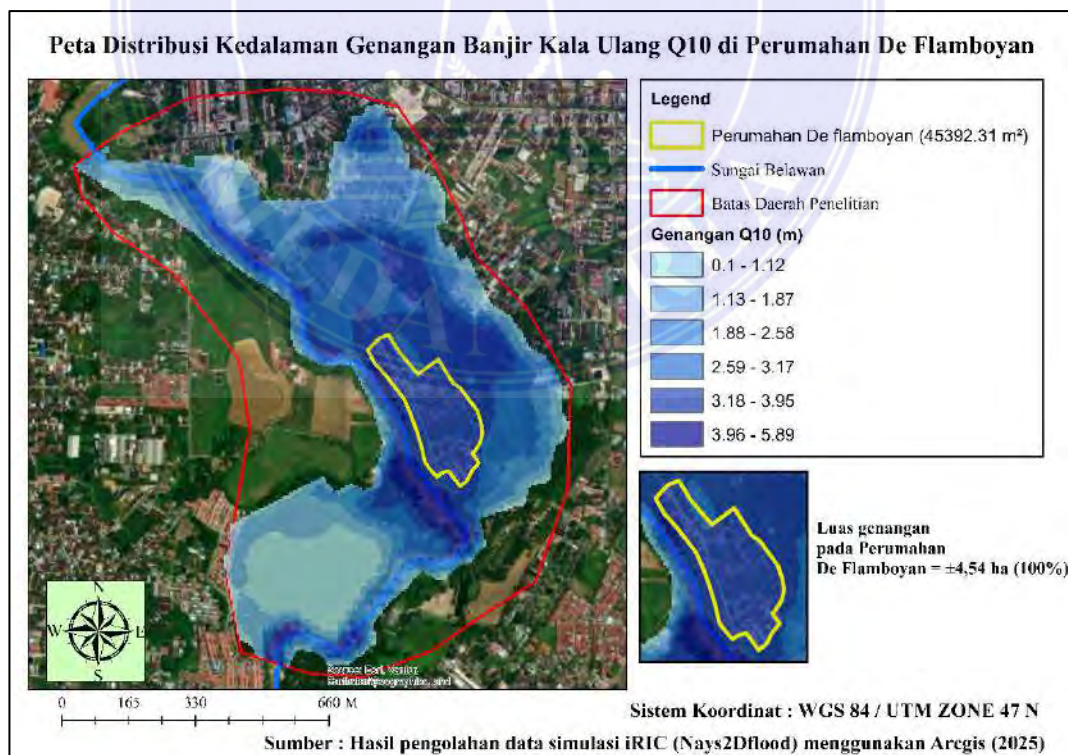
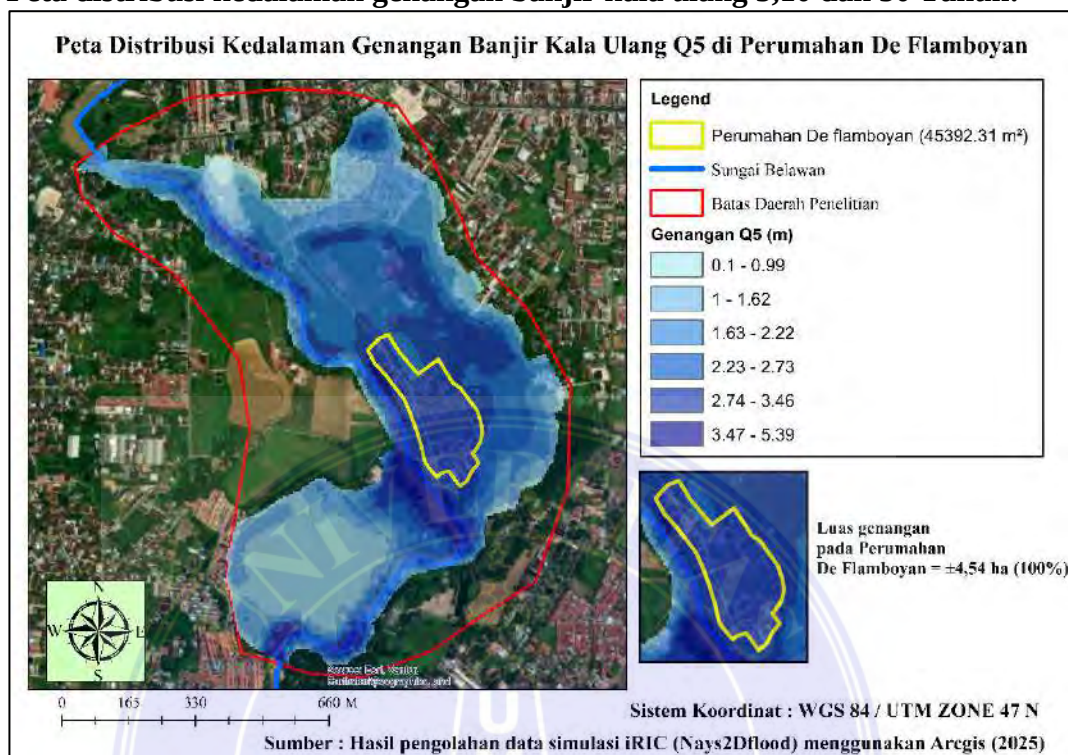
DAFTAR PUSTAKA

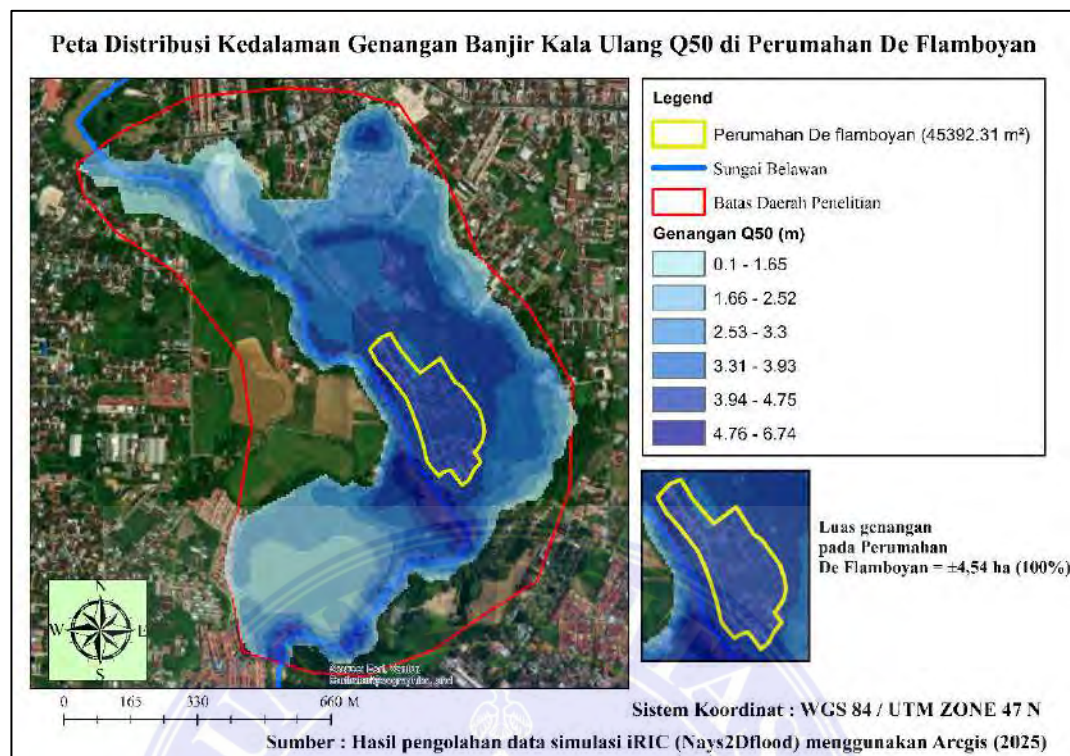
- Analisadaily.com. (2020). *Foto: Dampak Banjir Perumahan De Flamboyan-analisadaily.com*.
https://analisadaily.com/berita/baca/2020/12/04/1012762/foto-dampak-banjir-perumahan-de-flamboyan/#google_vignette
- Blöschl, G. (2022). Three hypotheses on changing river flood hazards. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(19), 5015–5033. <https://doi.org/10.5194/hess-26-5015-2022>
- Di Baldassarre, G., Kooy, M., Kemerink, J. S., & Brandimarte, L. (2013). Towards understanding the dynamic behaviour of floodplains as human-water systems. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(8), 3235–3244. <https://doi.org/10.5194/hess-17-3235-2013>
- Engineers, U. A. C. of. (2000). Hydrologic Modeling System Technical Reference Manual. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*, March, 148.
- Haan, C. T. (2002). Statistical methods in hydrology (2nd ed.). *Statistical Methods in Hydrology*, January. <https://doi.org/10.1201/9780429423116-36>
- Harrison, L. R., Dunne, T., & Fisher, G. B. (2015). Hydraulic and geomorphic processes in an overbank flood along a meandering, gravel-bed river: Implications for chute formation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40(9), 1239–1253. <https://doi.org/10.1002/esp.3717>
- Karamma, R., Badaruddin, S., Mustamin, M. R., & Mukrim, M. I. (2025). Flood Risk Assessment and Mitigation Strategies for the Sinjai and Tangka River Catchments in Indonesia using Hydraulic Modeling and Spatial Analysis. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 15(2), 20623–20634. <https://doi.org/10.48084/etasr.9837>
- Kuswandi. (n.d.). *Rekonstruksi Keruntuhan Bangunan Pelindung Tebing Sungai Idanogawo*.
- Lensamedan.co.id. (2020). *kompleks-de-flamboyan-kembali-kebanjiran @ www.lensamedan.co.id*. https://www.lensamedan.co.id/2020/12/kompleks-de-flamboyan-kembali-kebanjiran.html?utm_source=chatgpt.com
- Li, M., & Li, Y. (2020). On the hydrodynamic behavior of the changed river-lake relationship in a large floodplain system, poyang lake (China). *Water (Switzerland)*, 12(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/w12030626>
- Merz, B., Hall, J., Disse, M., & Schumann, A. (2010). *Fluvial flood risk management in a changing world*. 509–527.
- Neuhold, C., Stanzel, P., & Nachtebel, H. P. (2009). Incorporating river morphological changes to flood risk assessment: Uncertainties, methodology and application. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(3), 789–799. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-789-2009>
- Nowinski, J. D., Cardenas, M. B., & Lightbody, A. F. (2011). Evolution of hydraulic conductivity in the floodplain of a meandering river due to hyporheic transport of fine materials. *Geophysical Research Letters*, 38(1), 2–6. <https://doi.org/10.1029/2010GL045819>
- Prof. Dr. Ir. Bambang Triatmodjo. (2008). Hidrologi Terapan. *Beta Offset Yogyakarta*.

- Rodríguez Castro, D., Rafiezadeh Shahi, K., Sairam, N., Fischer, M., Samprogna Mohor, G., Thieken, A., Dewals, B., & Kreibich, H. (2025). Key Drivers of Flash Flood Damage to Private Households. *Journal of Flood Risk Management*, 18(3), 1–22. <https://doi.org/10.1111/jfr3.70088>
- Science, C. R. (2013). *iRIC Software Changing River Science FaSTMECH Tutorial* 6.
- Serra-Llobet, A., Jähnig, S. C., Geist, J., Kondolf, G. M., Damm, C., Scholz, M., Lund, J., Opperman, J. J., Yarnell, S. M., Pawley, A., Shader, E., Cain, J., Zingraff-Hamed, A., Grantham, T. E., Eisenstein, W., & Schmitt, R. (2022). Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction: Experiences in Multi-Benefit Floodplain Management From California and Germany. *Frontiers in Environmental Science*, 9(March), 1–24. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568>
- Sudiyanto et al. (2025). *Evaluating Urban Flood Risk and Mitigation Strategies Using Hydrological and Hydraulic Modelling: A Case Study*. 06(02), 154–171. <https://doi.org/10.37899/journallalifesci.v6i2.2275>
- Tempo.co. (2020). *sedikitnya-enam-orang-meninggal-dunia-akibat-banjir-di-medan-374104* @ www.tempo.co. <https://www.tempo.co/foto/arsip/sedikitnya-enam-orang-meninggal-dunia-akibat-banjir-di-medan-374104>
- Tzu Chi Indonesia. (2020). *Bantuan Bagi Korban Banjir Bandang di Tanjung Selamat - Yayasan Buddha Tzu Chi Indonesia*.
- Vilca-campana, K., Carrasco-valencia, L., Iruri-ramos, C., Cárdenas-pillco, B., Escudero, A., & Chanove-manrique, A. (2025). *Improving Urban Flood Resilience: Urban Flood Risk Mitigation Assessment Using a Geospatial Model in the Urban Section of a River Corridor*.

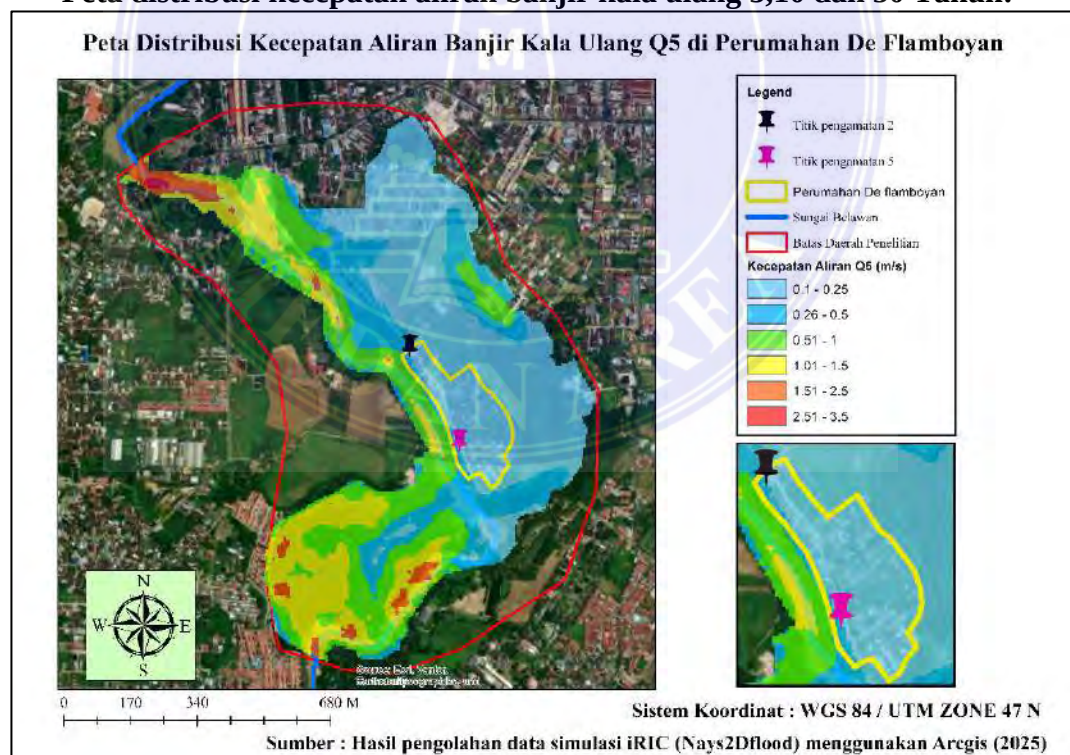
LAMPIRAN

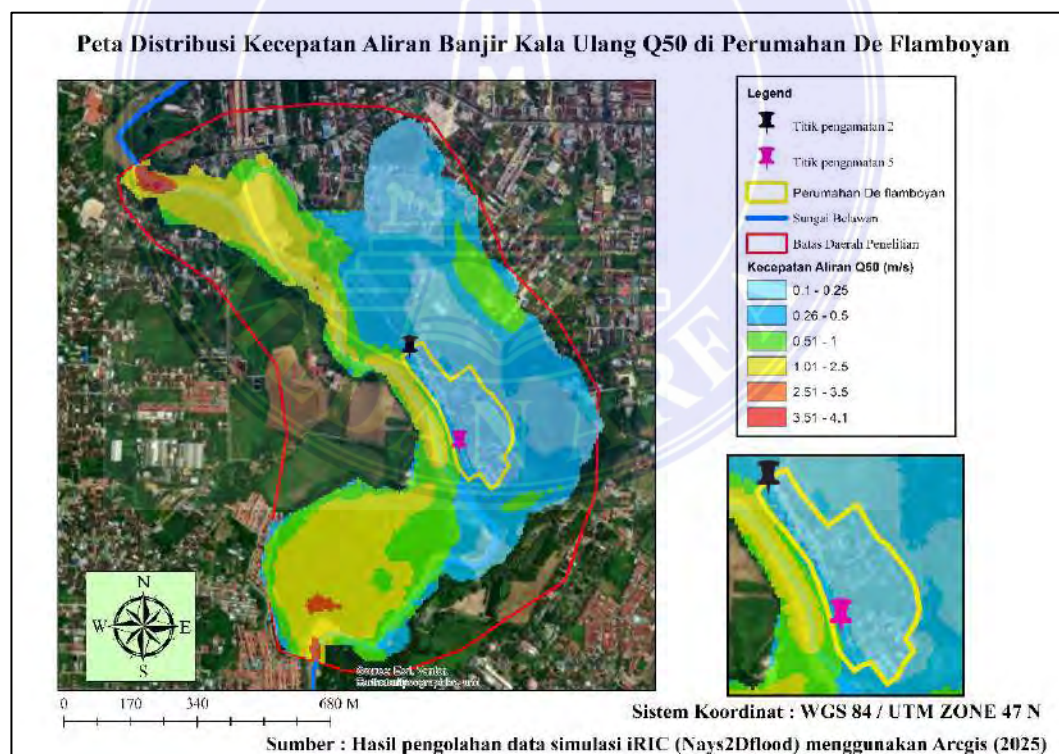
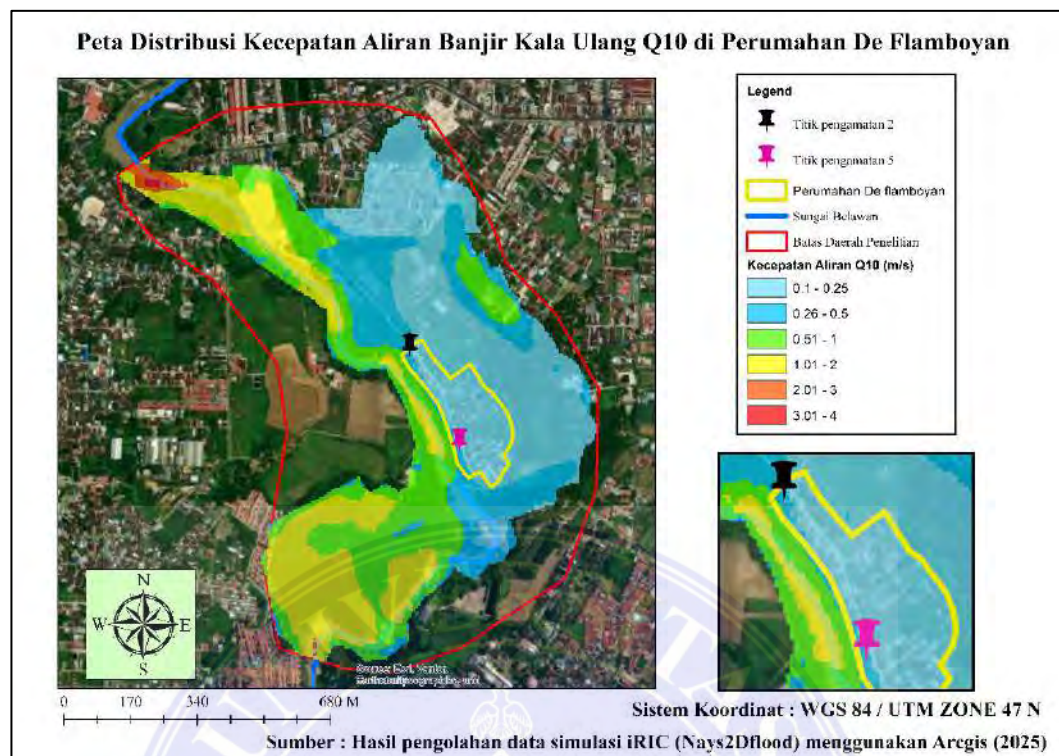
Peta distribusi kedalaman genangan banjir kala ulang 5,10 dan 50 Tahun:





Peta distribusi kecepatan aliran banjir kala ulang 5,10 dan 50 Tahun:





Hasil simulasi iRIC (Nays2DFlood) di beberapa titik pengamatan.
Point 1

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
12600	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
14400	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.11	0.04	0.29	0.07
16200	0.01	0.00	0.09	0.03	0.35	0.07	0.53	0.08	0.80	0.14	0.96	0.14
18000	0.08	0.04	0.62	0.12	0.94	0.15	1.13	0.17	1.41	0.21	1.60	0.24
19800	0.48	0.10	1.10	0.17	1.42	0.21	1.68	0.24	1.93	0.28	2.11	0.32
21600	0.91	0.15	1.54	0.23	1.83	0.26	2.08	0.31	2.43	0.37	2.67	0.42
23400	1.18	0.18	1.83	0.26	2.17	0.33	2.49	0.38	2.83	0.45	3.03	0.51
25200	1.40	0.20	2.05	0.30	2.42	0.36	2.72	0.42	3.01	0.50	3.20	0.55
27000	1.50	0.22	2.15	0.32	2.52	0.38	2.79	0.44	3.08	0.52	3.26	0.57
28800	1.55	0.23	2.18	0.32	2.54	0.38	2.81	0.44	3.09	0.52	3.28	0.57
30600	1.57	0.23	2.18	0.32	2.54	0.38	2.79	0.44	3.08	0.51	3.26	0.57
32400	1.56	0.23	2.16	0.32	2.50	0.37	2.76	0.43	3.04	0.50	3.22	0.56
34200	1.54	0.22	2.13	0.31	2.46	0.37	2.72	0.42	3.00	0.49	3.18	0.54
36000	1.51	0.22	2.09	0.30	2.42	0.36	2.68	0.41	2.95	0.48	3.13	0.53
37800	1.47	0.21	2.05	0.29	2.37	0.35	2.63	0.40	2.90	0.47	3.07	0.51
39600	1.44	0.21	2.00	0.29	2.32	0.34	2.57	0.39	2.85	0.45	3.03	0.50
41400	1.41	0.20	1.96	0.28	2.28	0.33	2.53	0.38	2.81	0.44	2.98	0.49
43200	1.37	0.20	1.92	0.27	2.23	0.33	2.48	0.37	2.76	0.43	2.93	0.47
45000	1.34	0.19	1.88	0.27	2.18	0.32	2.43	0.36	2.71	0.42	2.87	0.46
46800	1.31	0.19	1.84	0.26	2.13	0.31	2.38	0.35	2.66	0.41	2.83	0.45
48600	1.27	0.18	1.80	0.25	2.09	0.30	2.34	0.34	2.60	0.39	2.79	0.44
50400	1.23	0.18	1.76	0.25	2.05	0.29	2.29	0.34	2.56	0.39	2.74	0.43

Sumber : Hasil simulasi iRIC (Nays2DFlood)
Point 3

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
12600	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
14400	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.27	0.15	0.66	0.17	0.80	0.18
16200	0.01	0.00	0.62	0.15	0.91	0.15	1.22	0.13	1.52	0.14	1.69	0.15
18000	0.59	0.14	1.32	0.12	1.64	0.14	1.89	0.15	2.22	0.18	2.44	0.19
19800	1.14	0.11	1.83	0.14	2.19	0.16	2.51	0.18	2.85	0.20	3.10	0.22
21600	1.56	0.12	2.30	0.16	2.70	0.19	3.04	0.20	3.47	0.22	3.75	0.22
23400	1.87	0.13	2.68	0.18	3.13	0.20	3.52	0.21	3.94	0.22	4.22	0.23
25200	2.08	0.14	2.93	0.17	3.40	0.19	3.76	0.20	4.18	0.22	4.47	0.23
27000	2.18	0.13	3.04	0.17	3.51	0.19	3.85	0.20	4.27	0.22	4.56	0.23
28800	2.22	0.13	3.08	0.17	3.53	0.19	3.88	0.20	4.29	0.22	4.57	0.23
30600	2.24	0.13	3.08	0.17	3.52	0.19	3.86	0.20	4.26	0.21	4.54	0.23
32400	2.22	0.12	3.05	0.17	3.48	0.18	3.81	0.19	4.21	0.21	4.48	0.22
34200	2.19	0.12	3.00	0.16	3.43	0.18	3.75	0.19	4.14	0.21	4.41	0.22
36000	2.15	0.12	2.94	0.16	3.37	0.18	3.68	0.19	4.07	0.20	4.33	0.21
37800	2.12	0.12	2.88	0.16	3.31	0.18	3.61	0.18	4.01	0.20	4.26	0.21
39600	2.08	0.12	2.83	0.15	3.26	0.18	3.56	0.19	3.94	0.20	4.19	0.21
41400	2.04	0.12	2.77	0.15	3.19	0.17	3.51	0.18	3.87	0.20	4.11	0.21
43200	2.00	0.12	2.71	0.15	3.13	0.17	3.45	0.18	3.80	0.19	4.05	0.20
45000	1.96	0.11	2.66	0.15	3.06	0.17	3.39	0.18	3.73	0.19	3.98	0.20
46800	1.92	0.11	2.61	0.14	3.00	0.16	3.33	0.18	3.66	0.19	3.91	0.20
48600	1.88	0.11	2.56	0.14	2.94	0.16	3.27	0.18	3.60	0.19	3.84	0.19
50400	1.84	0.11	2.51	0.14	2.88	0.16	3.21	0.17	3.55	0.19	3.77	0.19

Sumber : Hasil simulasi iRIC (*Nays2DFlood*)
Point 4

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
12600	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
14400	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.71	0.09	1.16	0.10	1.31	0.12
16200	0.01	0.00	1.08	0.09	1.33	0.12	1.52	0.13	1.77	0.14	1.95	0.15
18000	1.00	0.07	1.55	0.12	1.85	0.13	2.13	0.15	2.48	0.17	2.71	0.18
19800	1.36	0.10	2.03	0.13	2.43	0.16	2.76	0.18	3.13	0.20	3.39	0.22
21600	1.73	0.11	2.52	0.16	2.95	0.18	3.31	0.20	3.73	0.22	4.01	0.23
23400	2.04	0.12	2.90	0.17	3.37	0.20	3.75	0.21	4.18	0.23	4.47	0.25
25200	2.24	0.12	3.13	0.17	3.61	0.19	3.97	0.21	4.41	0.23	4.71	0.25
27000	2.33	0.12	3.23	0.17	3.71	0.19	4.06	0.21	4.50	0.23	4.80	0.25
28800	2.36	0.12	3.27	0.17	3.73	0.19	4.08	0.21	4.51	0.23	4.81	0.25
30600	2.37	0.12	3.26	0.17	3.71	0.19	4.06	0.21	4.48	0.23	4.77	0.25
32400	2.35	0.12	3.22	0.16	3.67	0.18	4.01	0.20	4.42	0.22	4.71	0.24
34200	2.32	0.11	3.17	0.16	3.61	0.18	3.94	0.20	4.35	0.22	4.63	0.24
36000	2.28	0.11	3.11	0.16	3.56	0.18	3.87	0.19	4.28	0.22	4.55	0.23
37800	2.24	0.11	3.05	0.15	3.50	0.18	3.80	0.19	4.21	0.21	4.47	0.23
39600	2.20	0.10	2.99	0.15	3.44	0.17	3.75	0.19	4.14	0.21	4.40	0.22
41400	2.16	0.10	2.93	0.15	3.37	0.17	3.69	0.19	4.07	0.20	4.32	0.22
43200	2.11	0.10	2.87	0.14	3.30	0.17	3.63	0.18	4.00	0.20	4.25	0.21
45000	2.07	0.10	2.81	0.14	3.24	0.16	3.57	0.18	3.92	0.20	4.18	0.21
46800	2.03	0.10	2.76	0.14	3.17	0.16	3.51	0.18	3.85	0.19	4.11	0.21
48600	1.98	0.09	2.71	0.13	3.11	0.16	3.45	0.17	3.79	0.19	4.04	0.20
50400	1.94	0.09	2.65	0.13	3.04	0.15	3.39	0.17	3.73	0.19	3.96	0.20

Sumber : Hasil simulasi iRIC (*Nays2DFlood*)
Point 6

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
12600	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.17	0.06	0.71	0.09	0.87	0.08
14400	0.01	0.00	0.76	0.08	0.99	0.08	1.17	0.09	1.38	0.10	1.52	0.11
16200	0.78	0.08	1.25	0.09	1.50	0.10	1.69	0.11	1.92	0.12	2.09	0.12
18000	1.11	0.08	1.66	0.10	1.95	0.11	2.20	0.12	2.54	0.14	2.76	0.15
19800	1.44	0.09	2.08	0.11	2.46	0.13	2.78	0.14	3.16	0.16	3.42	0.17
21600	1.75	0.10	2.53	0.13	2.96	0.15	3.32	0.16	3.74	0.18	4.01	0.20
23400	2.02	0.10	2.87	0.13	3.34	0.15	3.72	0.17	4.16	0.20	4.45	0.21
25200	2.17	0.10	3.07	0.14	3.56	0.16	3.92	0.18	4.37	0.20	4.68	0.21
27000	2.24	0.10	3.16	0.13	3.64	0.16	3.99	0.18	4.44	0.20	4.76	0.22
28800	2.27	0.09	3.18	0.13	3.65	0.15	4.01	0.17	4.45	0.20	4.77	0.22
30600	2.26	0.09	3.17	0.13	3.63	0.15	3.98	0.17	4.41	0.19	4.73	0.21
32400	2.24	0.09	3.13	0.13	3.58	0.15	3.93	0.17	4.35	0.19	4.66	0.21
34200	2.20	0.09	3.07	0.12	3.52	0.14	3.86	0.16	4.28	0.19	4.57	0.20
36000	2.16	0.09	3.01	0.12	3.47	0.14	3.78	0.16	4.21	0.18	4.49	0.20
37800	2.12	0.08	2.95	0.12	3.41	0.14	3.71	0.16	4.13	0.18	4.40	0.19
39600	2.08	0.08	2.89	0.12	3.35	0.13	3.67	0.15	4.06	0.17	4.33	0.19
41400	2.04	0.08	2.82	0.11	3.28	0.13	3.60	0.15	3.99	0.17	4.25	0.18
43200	2.00	0.08	2.77	0.11	3.21	0.13	3.54	0.14	3.91	0.17	4.17	0.18
45000	1.95	0.08	2.71	0.11	3.14	0.13	3.49	0.14	3.84	0.16	4.10	0.18
46800	1.91	0.08	2.65	0.11	3.08	0.12	3.43	0.14	3.76	0.16	4.03	0.17
48600	1.86	0.08	2.60	0.10	3.01	0.12	3.36	0.14	3.70	0.15	3.96	0.17
50400	1.82	0.08	2.54	0.10	2.95	0.12	3.29	0.13	3.65	0.15	3.88	0.16

Sumber : Hasil simulasi iRIC (*Nays2DFlood*)
Point 7

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
12600	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.05	0.02	0.16	0.06
14400	0.01	0.00	0.08	0.03	0.33	0.09	0.54	0.11	0.77	0.13	0.92	0.15
16200	0.10	0.03	0.63	0.11	0.90	0.14	1.09	0.15	1.31	0.17	1.48	0.18
18000	0.48	0.09	1.07	0.15	1.35	0.16	1.61	0.17	1.97	0.19	2.19	0.19
19800	0.86	0.12	1.49	0.16	1.89	0.17	2.22	0.19	2.60	0.20	2.86	0.22
21600	1.17	0.14	1.96	0.17	2.40	0.19	2.76	0.20	3.19	0.22	3.47	0.24
23400	1.45	0.14	2.32	0.17	2.79	0.19	3.18	0.21	3.62	0.23	3.92	0.24
25200	1.62	0.14	2.52	0.17	3.02	0.19	3.38	0.21	3.84	0.23	4.14	0.25
27000	1.69	0.13	2.62	0.17	3.10	0.19	3.46	0.21	3.91	0.23	4.22	0.24
28800	1.72	0.13	2.64	0.16	3.11	0.19	3.47	0.20	3.92	0.23	4.23	0.24
30600	1.72	0.13	2.63	0.16	3.09	0.18	3.45	0.20	3.88	0.22	4.19	0.24
32400	1.69	0.12	2.59	0.16	3.04	0.18	3.39	0.20	3.82	0.22	4.12	0.23
34200	1.66	0.12	2.53	0.16	2.98	0.18	3.32	0.19	3.75	0.21	4.04	0.23
36000	1.61	0.12	2.47	0.15	2.93	0.17	3.25	0.19	3.68	0.21	3.96	0.23
37800	1.57	0.12	2.41	0.15	2.87	0.17	3.18	0.19	3.60	0.21	3.88	0.22
39600	1.53	0.12	2.34	0.15	2.80	0.17	3.13	0.18	3.53	0.20	3.80	0.22
41400	1.49	0.12	2.28	0.14	2.73	0.16	3.07	0.18	3.46	0.20	3.72	0.21
43200	1.45	0.12	2.22	0.14	2.67	0.16	3.00	0.18	3.38	0.20	3.64	0.21
45000	1.40	0.11	2.16	0.14	2.60	0.16	2.94	0.17	3.30	0.19	3.57	0.20
46800	1.36	0.11	2.11	0.14	2.53	0.16	2.89	0.17	3.23	0.19	3.50	0.20
48600	1.31	0.11	2.05	0.14	2.47	0.15	2.82	0.17	3.17	0.19	3.43	0.20
50400	1.27	0.10	2.00	0.13	2.40	0.15	2.75	0.16	3.11	0.18	3.35	0.19

Sumber : Hasil simulasi iRIC (*Nays2DFlood*)

Point 8

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.32	1.28	0.92	0.51	1.33	0.59
12600	0.01	0.00	1.28	0.58	1.80	0.53	2.01	0.52	2.22	0.47	2.32	0.48
14400	1.55	0.45	2.21	0.46	2.40	0.44	2.58	0.41	2.79	0.39	2.93	0.42
16200	2.19	0.45	2.63	0.38	2.89	0.40	3.08	0.38	3.30	0.35	3.47	0.36
18000	2.49	0.37	3.04	0.39	3.31	0.34	3.56	0.33	3.89	0.29	4.11	0.32
19800	2.81	0.38	3.43	0.34	3.80	0.28	4.12	0.31	4.49	0.31	4.75	0.32
21600	3.10	0.35	3.86	0.28	4.28	0.29	4.64	0.30	5.07	0.32	5.35	0.32
23400	3.34	0.33	4.18	0.26	4.65	0.28	5.04	0.29	5.48	0.31	5.78	0.32
25200	3.48	0.32	4.36	0.25	4.85	0.26	5.22	0.28	5.69	0.30	5.99	0.31
27000	3.54	0.28	4.44	0.24	4.93	0.26	5.30	0.27	5.76	0.29	6.07	0.30
28800	3.55	0.27	4.46	0.23	4.94	0.26	5.31	0.27	5.76	0.29	6.08	0.29
30600	3.55	0.26	4.45	0.23	4.92	0.25	5.28	0.26	5.72	0.28	6.04	0.29
32400	3.52	0.27	4.40	0.22	4.86	0.25	5.22	0.26	5.66	0.28	5.97	0.29
34200	3.48	0.30	4.34	0.21	4.80	0.24	5.15	0.25	5.59	0.27	5.88	0.29
36000	3.44	0.30	4.28	0.21	4.75	0.23	5.08	0.25	5.51	0.27	5.80	0.28
37800	3.40	0.30	4.22	0.21	4.69	0.23	5.00	0.25	5.43	0.26	5.71	0.28
39600	3.35	0.30	4.16	0.21	4.62	0.23	4.95	0.25	5.36	0.26	5.63	0.28
41400	3.32	0.30	4.10	0.21	4.55	0.23	4.89	0.25	5.28	0.26	5.55	0.27
43200	3.28	0.30	4.04	0.22	4.48	0.23	4.82	0.24	5.21	0.25	5.48	0.27
45000	3.23	0.32	3.98	0.22	4.42	0.22	4.76	0.23	5.13	0.25	5.40	0.26
46800	3.19	0.32	3.93	0.23	4.35	0.22	4.70	0.23	5.05	0.25	5.33	0.26
48600	3.14	0.33	3.87	0.21	4.28	0.21	4.64	0.23	4.99	0.25	5.25	0.26
50400	3.10	0.32	3.82	0.22	4.22	0.21	4.57	0.23	4.94	0.25	5.17	0.25

Sumber : Hasil simulasi iRIC (*Nays2DFlood*)
Lokasi Tanggul Rusak (2020) 1

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
12600	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
14400	0.01	0.00	0.01	0.00	0.39	0.63	0.66	0.65	0.95	0.69	1.05	0.76
16200	0.01	0.00	0.85	0.64	1.07	0.75	1.21	0.85	1.41	0.86	1.53	0.87
18000	0.76	0.60	1.25	0.83	1.51	0.83	1.71	0.91	2.03	1.03	2.22	1.11
19800	1.12	0.74	1.67	0.88	2.02	1.00	2.29	1.13	2.56	1.28	2.76	1.37
21600	1.47	0.79	2.14	1.03	2.44	1.22	2.73	1.34	3.13	1.51	3.41	1.63
23400	1.74	0.87	2.44	1.20	2.83	1.37	3.19	1.51	3.59	1.69	3.84	1.83
25200	1.96	0.93	2.67	1.28	3.09	1.45	3.45	1.62	3.82	1.80	4.06	1.93
27000	2.07	0.96	2.78	1.32	3.20	1.49	3.53	1.65	3.90	1.84	4.14	1.96
28800	2.13	0.98	2.82	1.33	3.23	1.50	3.55	1.66	3.91	1.85	4.15	1.97
30600	2.15	0.98	2.82	1.33	3.22	1.49	3.54	1.65	3.89	1.84	4.13	1.96
32400	2.14	0.97	2.79	1.32	3.18	1.47	3.50	1.63	3.85	1.81	4.08	1.93
34200	2.11	0.96	2.75	1.30	3.13	1.45	3.45	1.60	3.79	1.78	4.02	1.90
36000	2.08	0.95	2.71	1.27	3.08	1.43	3.39	1.58	3.73	1.75	3.96	1.87
37800	2.03	0.93	2.66	1.25	3.03	1.40	3.34	1.55	3.66	1.71	3.89	1.83
39600	2.00	0.91	2.61	1.23	2.98	1.38	3.26	1.51	3.60	1.68	3.83	1.80
41400	1.96	0.90	2.56	1.21	2.92	1.36	3.21	1.48	3.55	1.65	3.76	1.76
43200	1.93	0.89	2.52	1.19	2.87	1.34	3.15	1.46	3.49	1.62	3.70	1.73
45000	1.89	0.87	2.47	1.17	2.81	1.32	3.10	1.43	3.44	1.60	3.63	1.69
46800	1.85	0.86	2.43	1.15	2.76	1.30	3.04	1.41	3.38	1.57	3.58	1.67
48600	1.81	0.84	2.38	1.13	2.71	1.27	2.99	1.39	3.30	1.52	3.53	1.64
50400	1.77	0.83	2.34	1.11	2.66	1.25	2.94	1.37	3.25	1.50	3.47	1.61

Sumber : Hasil simulasi iRIC (*Nays2DFlood*)
Lokasi Tanggul Rusak (2020) 2

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.18	0.00	0.93	0.17	1.30	0.16
12600	0.01	0.00	0.01	0.00	1.71	0.30	1.93	0.34	2.13	0.33	2.23	0.35
14400	1.46	0.15	1.46	0.15	2.31	0.34	2.50	0.34	2.70	0.43	2.83	0.51
16200	2.10	0.31	2.10	0.31	2.79	0.48	2.98	0.54	3.20	0.55	3.36	0.54
18000	2.40	0.32	2.40	0.32	3.21	0.54	3.45	0.51	3.80	0.42	4.02	0.40
19800	2.71	0.42	2.71	0.42	3.71	0.44	4.03	0.40	4.41	0.38	4.67	0.38
21600	3.00	0.51	3.00	0.51	4.19	0.39	4.56	0.38	4.99	0.40	5.26	0.44
23400	3.24	0.52	3.24	0.52	4.57	0.37	4.95	0.38	5.40	0.43	5.70	0.47
25200	3.37	0.51	3.37	0.51	4.77	0.37	5.14	0.39	5.61	0.45	5.92	0.47
27000	3.43	0.48	3.43	0.48	4.84	0.36	5.21	0.39	5.68	0.45	5.99	0.43
28800	3.45	0.48	3.45	0.48	4.85	0.36	5.22	0.39	5.68	0.44	6.00	0.43
30600	3.45	0.47	3.45	0.47	4.83	0.36	5.19	0.38	5.64	0.43	5.95	0.42
32400	3.42	0.48	3.42	0.48	4.78	0.36	5.14	0.38	5.58	0.42	5.88	0.44
34200	3.38	0.49	3.38	0.49	4.72	0.35	5.06	0.37	5.50	0.42	5.80	0.44
36000	3.34	0.48	3.34	0.48	4.66	0.36	4.99	0.36	5.42	0.41	5.71	0.44
37800	3.29	0.48	3.29	0.48	4.60	0.36	4.91	0.36	5.35	0.40	5.63	0.43
39600	3.25	0.48	3.25	0.48	4.54	0.36	4.87	0.36	5.28	0.39	5.55	0.42
41400	3.22	0.47	3.22	0.47	4.46	0.36	4.80	0.36	5.20	0.38	5.47	0.41
43200	3.18	0.47	3.18	0.47	4.39	0.36	4.74	0.35	5.12	0.37	5.39	0.40
45000	3.13	0.47	3.13	0.47	4.33	0.36	4.68	0.36	5.05	0.37	5.32	0.39
46800	3.08	0.46	3.08	0.46	4.26	0.36	4.62	0.36	4.97	0.36	5.24	0.38
48600	3.04	0.45	3.04	0.45	4.19	0.37	4.55	0.36	4.90	0.36	5.17	0.38
50400	3.00	0.45	3.00	0.45	4.13	0.37	4.48	0.36	4.85	0.35	5.09	0.37

Sumber : Hasil simulasi iRIC (*Nays2DFlood*)
Kerusakan 1

waktu	Kala Ulang Tahun (Q)											
	Q2		Q5		Q10		Q25		Q50		Q100	
	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran (m/s)
10800	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
12600	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.37	0.09	0.85	0.08	0.97	0.09
14400	0.01	0.00	0.88	0.08	0.99	0.09	1.10	0.10	1.25	0.12	1.35	0.13
16200	0.88	0.08	1.16	0.11	1.34	0.12	1.50	0.13	1.70	0.14	1.85	0.15
18000	1.07	0.10	1.50	0.13	1.76	0.14	1.98	0.14	2.29	0.16	2.50	0.16
19800	1.33	0.11	1.90	0.13	2.25	0.15	2.55	0.16	2.89	0.17	3.13	0.18
21600	1.63	0.12	2.33	0.14	2.73	0.16	3.06	0.17	3.47	0.18	3.73	0.17
23400	1.89	0.12	2.69	0.15	3.13	0.17	3.50	0.17	3.92	0.16	4.18	0.17
25200	2.07	0.12	2.91	0.15	3.38	0.16	3.72	0.15	4.14	0.16	4.42	0.16
27000	2.16	0.11	3.02	0.15	3.47	0.15	3.81	0.15	4.22	0.16	4.50	0.16
28800	2.19	0.11	3.05	0.14	3.50	0.15	3.83	0.15	4.24	0.15	4.52	0.16
30600	2.20	0.11	3.04	0.14	3.48	0.15	3.81	0.15	4.21	0.15	4.49	0.16
32400	2.18	0.11	3.01	0.14	3.44	0.15	3.76	0.15	4.15	0.15	4.43	0.16
34200	2.15	0.10	2.96	0.14	3.39	0.15	3.70	0.14	4.09	0.15	4.35	0.16
36000	2.11	0.10	2.90	0.13	3.33	0.15	3.63	0.14	4.02	0.15	4.27	0.15
37800	2.08	0.10	2.84	0.13	3.28	0.15	3.56	0.14	3.96	0.15	4.20	0.15
39600	2.04	0.10	2.79	0.13	3.22	0.15	3.52	0.15	3.89	0.15	4.13	0.15
41400	2.00	0.10	2.73	0.13	3.15	0.14	3.46	0.15	3.82	0.15	4.06	0.15
43200	1.96	0.10	2.67	0.13	3.09	0.14	3.41	0.15	3.75	0.14	3.99	0.15
45000	1.92	0.10	2.62	0.12	3.02	0.14	3.35	0.15	3.68	0.14	3.93	0.15
46800	1.88	0.09	2.57	0.12	2.96	0.14	3.29	0.15	3.61	0.14	3.86	0.15
48600	1.84	0.09	2.52	0.12	2.90	0.13	3.23	0.15	3.56	0.15	3.79	0.15
50400	1.80	0.09	2.47	0.12	2.84	0.13	3.17	0.14	3.51	0.15	3.72	0.14

Sumber : Hasil simulasi iRIC (*Nays2DFlood*)

Uji Kecocokan Distribusi Menggunakan Metode Chi-Square Test Dan Kolmogorov-Smirnov Test

d. Metode Chi-Square Test

n	15 (jumlah data)
K	4.906975
	5
Dk	2
x ² _{cr}	5.991 (tabel harga Chi-Square)

*Perhitungan nilai x² untuk Distribusi Gumbel

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ² /Ei	
1	>	123.29	3.00	3.00	0.00	
2	101.81	123.29	3.00	3.00	0.00	
3	86.73	101.81	3.00	2.00	-1.00	0.33
4	72.03	86.73	3.00	4.00	1.00	0.33
5	<	72.03	3.00	3.00	0.00	0.00
Σ		15.00	15.00	x ²	0.67	

*Perhitungan nilai x² untuk Distribusi Normal

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ² /Ei	
1	>	119.92	3	3	0	0.00
2	104.30	119.92	3	2	-1	0.33
3	91.06	104.30	3	2	-1	0.33
4	75.44	91.06	3	5	2	1.33
5	<	75.44	3	3	0	0.00
Σ		15	15	x ²	2.00	

*Perhitungan nilai x² untuk Distribusi Log Normal

Kelas		Interval	Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ² /Ei
1	>	120.74	3	3	0	0.00
2	104.54	120.74	3	3	0	0.00
3	90.82	104.54	3	2	-1	0.33
4	74.63	90.82	3	5	2	1.33
5	<	74.63	3	3	0	0.00
Σ			15	16	Σ ²	1.67

*Perhitungan nilai x² untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ² /Ei	
1	>	106.59	3	7	4	5.33
2	97.62	106.59	3	1	-2	1.33

3	90.73	97.62	3	2	-1	0.33
4	84.53	90.73	3	0	-3	3.00
5	<	84.53	3	5	2	1.33
Σ			15	15	x^2	11.33

Rekapitulasi Nilai x^2 dan x^2_{cr}

Distribusi Probabilitas	x^2 hitung	x^2_{cr}	Keterangan
Gumbel	0.67	5.991	diterima
Normal	0.67	5.991	diterima
Log Normal	5.33	5.991	diterima
Log Pearson Type III	11.33	5.991	tdk diterima

e. Metode Kolmogorov–Smirnov Test

NO	X (mm)	Log X (mm)	X RERAT A (mm)	S (mm)	K	PROBABILITA S DISTRIBUSI PENGAMATAN Pe (%)	PROBABILITA S DISTRIBUSI TEORITIS Pt (%)	D (Pe-Pt) (%)
1	66.2	1.821	1.976	0.114	-1.356	100.00	-100.00	200.00
2	69.5	1.842	1.976	0.114	-1.169	200.00	-200.00	-400.00
3	70.7	1.849	1.976	0.114	-1.105	300.00	-300.00	600.00
4	89.3	1.951	1.976	0.114	-0.218	400.00	-400.00	800.00
5	79.0	1.898	1.976	0.114	-0.682	500.00	-500.00	1000.00
6	79.9	1.903	1.976	0.114	-0.638	600.00	-600.00	1200.00
7	103.9	2.017	1.976	0.114	0.361	700.00	-700.00	1400.00
8	118.1	2.072	1.976	0.114	0.847	800.00	-800.00	1600.00
9	124.5	2.095	1.976	0.114	1.046	900.00	-900.00	1800.00
10	146.2	2.165	1.976	0.114	1.658	1000.00	-1000.00	2000.00
11	117.4	2.070	1.976	0.114	0.825	1100.00	-1100.00	2200.00
12	97.9	1.991	1.976	0.114	0.132	1200.00	-1200.00	2400.00
13	142.6	2.154	1.976	0.114	1.563	1300.00	-1300.00	2600.00
14	77.7	1.891	1.976	0.114	-0.743	1400.00	-1400.00	2800.00
15	82.4	1.916	1.976	0.114	-0.522	1500.00	-1500.00	3000.00

Rekapitulasi Uji Smirnov - Kolmogorov

uji smirnov kolmogorov test

Data = 15

Signifikan (%) = 5

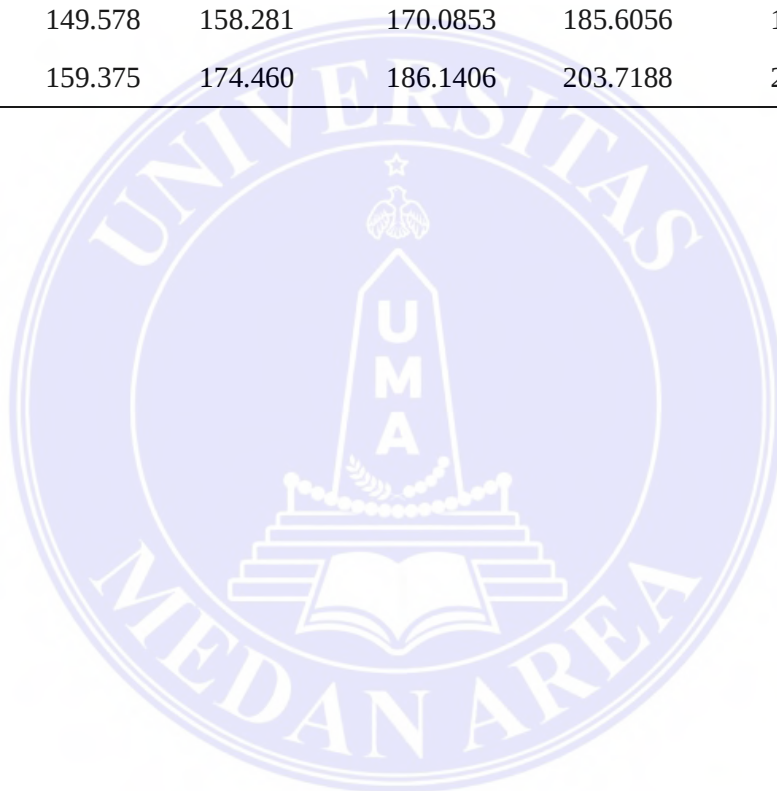
D kritis = 19 %

D maksimum = 3000.00 %

Kesimpulan: Hipotesis Log Pearson ditolak (dikarenakan D maksimum > D kritis)

Berdasarkan kedua uji tersebut maka curah hujan terpilih :

Periode	Curah Hujan Rencana (RT) dalam mm				
Ulang T	Normal	Log Normal	Log Pearson Type-III	Gumbel	Curah hujan Rencana RT (mm)
Tahun	Terpilih				
2	97.683	94.521	91.1690	93.8874	93.8874
5	119.924	117.892	117.2671	123.2910	123.2910
10	131.627	132.427	133.5003	142.7559	142.7559
25	141.105	145.504	154.3041	161.1856	161.1856
50	149.578	158.281	170.0853	185.6056	185.6056
100	159.375	174.460	186.1406	203.7188	203.7188



Tabel Nilai ordinat hidrograf banjir berbagai kala ulang metode Nakayasu

Jam	QB 2th	QB 5th	QB 10th	QB 25 th	QB 50 th	QB 100th
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.07	0.12	0.16	0.19	0.24	0.27
1.00	0.44	0.79	1.02	1.24	1.53	1.75
1.50	1.49	2.65	3.42	4.16	5.13	5.84
2.00	3.70	6.61	8.53	10.35	12.77	14.56
2.50	7.85	14.02	18.11	21.98	27.10	30.90
3.00	15.74	28.11	36.29	44.04	54.31	61.93
3.50	30.16	53.85	69.53	84.38	104.06	118.65
4.00	51.07	91.18	117.73	142.88	176.19	200.90
4.50	78.12	139.49	180.11	218.58	269.54	307.35
5.00	111.39	198.90	256.83	311.68	384.35	438.26
5.50	150.02	267.86	345.88	419.74	517.62	590.21
6.00	190.28	339.75	438.70	532.39	656.53	748.61
6.50	209.67	374.37	483.41	586.64	723.43	824.89
7.00	212.74	379.86	490.49	595.24	734.03	836.98
7.50	212.03	378.59	488.85	593.25	731.58	834.19
8.00	208.38	372.08	480.44	583.05	719.00	819.84
8.50	202.00	360.69	465.73	565.19	696.98	794.73
9.00	194.72	347.68	448.93	544.81	671.84	766.07
9.50	187.69	335.14	432.74	525.16	647.61	738.44
10.00	180.92	323.05	417.13	506.22	624.25	711.80
10.50	174.40	311.40	402.09	487.96	601.74	686.13
11.00	168.11	300.16	387.59	470.36	580.03	661.38
11.50	162.04	289.34	373.61	453.39	559.11	637.53
12.00	156.20	278.90	360.13	437.04	538.94	614.53
12.50	150.57	268.84	347.14	421.28	519.51	592.37
13.00	145.14	259.15	334.62	406.08	500.77	571.00
13.50	139.90	249.80	322.55	391.43	482.71	550.41
14.00	134.85	240.79	310.92	377.32	465.30	530.55
14.50	129.99	232.10	299.70	363.71	448.51	511.42
15.00	125.30	223.73	288.89	350.59	432.34	492.97
15.50	120.78	215.66	278.47	337.94	416.74	475.19
16.00	116.43	207.88	268.43	325.75	401.71	458.05
16.50	112.23	200.39	258.75	314.01	387.22	441.53
17.00	108.18	193.16	249.42	302.68	373.26	425.61
17.50	104.28	186.19	240.42	291.76	359.79	410.25
18.00	100.52	179.48	231.75	281.24	346.82	395.46
18.50	96.89	173.00	223.39	271.10	334.31	381.19
19.00	93.40	166.76	215.33	261.32	322.25	367.45
19.50	90.03	160.75	207.56	251.89	310.63	354.19
20.00	86.78	154.95	200.08	242.81	299.42	341.42
20.50	83.65	149.36	192.86	234.05	288.62	329.10
21.00	80.69	144.07	186.03	225.76	278.40	317.44
21.50	77.87	139.04	179.53	217.87	268.67	306.35
22.00	75.20	134.27	173.37	210.40	259.45	295.84
22.50	72.69	129.79	167.59	203.38	250.80	285.98
23.00	70.41	125.72	162.33	197.00	242.93	277.00
23.50	68.84	122.91	158.70	192.60	237.51	270.82

24.00	67.11	119.82	154.72	187.76	231.54	264.02
24.50	65.45	116.87	150.91	183.13	225.83	257.51
25.00	63.87	114.04	147.25	178.70	220.37	251.28
25.50	62.35	111.33	143.75	174.45	215.13	245.30
26.00	60.84	108.64	140.28	170.23	209.93	239.37
26.50	59.37	106.01	136.88	166.11	204.85	233.58
27.00	57.93	103.44	133.57	162.10	199.89	227.93
27.50	56.53	100.94	130.34	158.17	195.06	222.41
28.00	55.16	98.50	127.19	154.35	190.34	217.03
28.50	53.83	96.12	124.11	150.61	185.73	211.78
29.00	52.53	93.79	121.11	146.97	181.24	206.66
29.50	51.26	91.52	118.18	143.41	176.85	201.66
30.00	50.02	89.31	115.32	139.94	172.58	196.78
30.50	48.81	87.15	112.53	136.56	168.40	192.02
31.00	47.63	85.04	109.81	133.26	164.33	187.37
31.50	46.47	82.98	107.15	130.03	160.35	182.84
32.00	45.35	80.97	104.56	126.89	156.47	178.42
32.50	44.25	79.01	102.03	123.82	152.69	174.10
33.00	43.18	77.10	99.56	120.82	148.99	169.89
33.50	42.14	75.24	97.15	117.90	145.39	165.78
34.00	41.12	73.42	94.80	115.05	141.87	161.77
34.50	40.12	71.64	92.51	112.26	138.44	157.86
35.00	39.15	69.91	90.27	109.55	135.09	154.04
35.50	38.21	68.22	88.08	106.90	131.82	150.31
36.00	37.28	66.57	85.95	104.31	128.63	146.67
36.50	36.38	64.96	83.87	101.79	125.52	143.12
37.00	35.50	63.39	81.85	99.32	122.48	139.66
37.50	34.64	61.85	79.87	96.92	119.52	136.28
38.00	33.80	60.36	77.93	94.58	116.63	132.99
38.50	32.98	58.90	76.05	92.29	113.81	129.77
39.00	32.19	57.47	74.21	90.06	111.05	126.63
39.50	31.41	56.08	72.41	87.88	108.37	123.57
40.00	30.65	54.72	70.66	85.75	105.75	120.58
40.50	29.91	53.40	68.95	83.68	103.19	117.66
41.00	29.18	52.11	67.28	81.65	100.69	114.81
41.50	28.48	50.85	65.66	79.68	98.26	112.04
42.00	27.79	49.62	64.07	77.75	95.88	109.33
42.50	27.12	48.42	62.52	75.87	93.56	106.68
43.00	26.46	47.25	61.00	74.03	91.30	104.10
43.50	25.82	46.10	59.53	72.24	89.09	101.58
44.00	25.19	44.99	58.09	70.49	86.93	99.12
44.50	24.59	43.90	56.68	68.79	84.83	96.73
45.00	23.99	42.84	55.32	67.13	82.79	94.40
45.50	23.42	41.82	54.00	65.53	80.81	92.15
46.00	22.87	40.83	52.73	63.99	78.91	89.97
46.50	22.34	39.88	51.50	62.50	77.07	87.88
47.00	21.83	38.98	50.34	61.08	75.33	85.89
47.50	21.38	38.18	49.30	59.83	73.79	84.13
48.00	20.97	37.45	48.36	58.68	72.36	82.51
48.50	20.58	36.74	47.44	57.58	71.00	80.96

49.00	20.20	36.06	46.57	56.51	69.69	79.46
49.50	19.83	35.40	45.71	55.48	68.41	78.01
50.00	19.47	34.76	44.88	54.47	67.17	76.59
50.50	19.11	34.13	44.07	53.48	65.94	75.19
51.00	18.76	33.51	43.26	52.50	64.74	73.83
51.50	18.42	32.90	42.48	51.55	63.57	72.48
52.00	18.09	32.30	41.70	50.61	62.41	71.16
52.50	17.76	31.71	40.94	49.69	61.27	69.87
53.00	17.44	31.13	40.20	48.78	60.16	68.60
53.50	17.12	30.57	39.47	47.90	59.06	67.35
54.00	16.81	30.01	38.75	47.02	57.99	66.12
54.50	16.50	29.46	38.04	46.17	56.93	64.92
55.00	16.20	28.93	37.35	45.33	55.90	63.74
55.50	15.91	28.40	36.67	44.50	54.88	62.58
56.00	15.62	27.88	36.00	43.69	53.88	61.44
56.50	15.33	27.38	35.35	42.90	52.90	60.32
57.00	15.05	26.88	34.71	42.12	51.94	59.22
57.50	14.78	26.39	34.07	41.35	50.99	58.14
58.00	14.51	25.91	33.45	40.60	50.06	57.09
58.50	14.25	25.44	32.84	39.86	49.15	56.05
59.00	13.99	24.97	32.25	39.13	48.26	55.03
59.50	13.73	24.52	31.66	38.42	47.38	54.03
60.00	13.48	24.07	31.08	37.72	46.52	53.04
60.50	13.24	23.63	30.52	37.04	45.67	52.08
61.00	13.00	23.20	29.96	36.36	44.84	51.13

Tabel Pendukung***Tabel nilai K_T untuk semua metode analisis frekuensi**

Periode Ulang (T)	K_T (Z)
2	0.00
5	0.84
10	1.28
25	1.64
50	1.96
100	2.33

***Tabel C_S interval kejadian**

Interval Kejadian (<i>recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)								
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100
CS	Persentase peluang terlampaui (<i>percent change of being exceeded</i>)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.469	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6		-0.696	-0.368	0.490	1.238	2.267	3.071	3.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	2.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.330	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.330	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733

***Tabel Hubungan Reduksi Jumlah Data (n), Data Rata-rata ($\bar{Y}_n$) dan Deviasi Standar (S_n)**

n	$\bar{Y}_n$	S_n
11	0.4996	0.9676
12	0.5035	0.9833
13	0.5070	0.9971
14	0.5100	1.0095
15	0.5128	1.0206
16	0.5157	1.0316
17	0.5181	1.0411

***Tabel Nilai reduksi variat (YT)**

Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate
-----------------------	-----------------

2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9606
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001

*Tabel harga Chi-Square

(dk)	0.200	0.100	0.050	0.010	0.001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	7.289	9.236	11.070	15.086	20.517
6	8.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	11.030	13.362	15.507	20.090	26.125
9	12.242	14.987	16.919	21.666	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	19.311	22.307	24.996	30.578	37.697
16	20.465	23.542	26.296	32.000	39.252
17	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	23.900	27.204	30.144	36.191	43.820
20	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315