



Analisis Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Permodelan SWMM pada Jalan Pembangunan Kota Batam

^{1*}Frank Lurich, ²Ade Jaya Saputra, ³Jody Martin Ginting

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam
corresponding author: ^{1*}ade.jaya@uib.ac.id, ²franklurichsss@gmail.com, ³jody.martin@uib.ac.id

Abstract

Drainage systems play a crucial role in managing stormwater and preventing flooding. Developing countries, such as Indonesia, continue to face significant drainage challenges, particularly in urban areas prone to flooding. Major cities such as Jakarta, Semarang, and Surabaya regularly experience flood threats during the rainy season. Kecamatan Lubuk Baja is one of the areas in Batam City that is prone to flooding due to moderate to high-intensity rainfall. Jalan Pembangunan is one of the flood-prone points in Kecamatan Lubuk Baja. Indonesian government has implemented various strategies to prevent flood, including planning and designing drainage infrastructure based on rainfall data over a specific period. However, flooding generally still occurs due to the drainage system's insufficient capacity to accommodate stormwater discharge. This study aims to analyze the drainage system using the Storm Water Management Model (SWMM) software and identify potential improvement opportunities. This study consist of primary and secondary data, with rainfall data as the key parameter in assessing drainage system performance. Based on frequency analysis, the log normal distribution is applied to calculate rainfall intensity. A two-year return period is used, as the study site is located in an urban area with a watershed covering 1.89 km². The results indicate that the rainfall intensity at the study site reaches 107.74 mm/hour, with a peak discharge of 48.75 m³/s. The SWMM simulation of the existing drainage system shows that the current infrastructure on Jalan Pembangunan is inadequate to manage high-intensity rainfall. Therefore, improve drainage system's capacity and ensuring regular maintenance are essential to effectively mitigate flood risks.

Keywords: capacity analysis, drainage, SWMM, rainfall, flood

Abstrak

Sistem drainase memiliki peran krusial dalam mengelola air hujan dan mencegah banjir, terutama di negara berkembang. Negara berkembang, termasuk Indonesia, masih menghadapi tantangan drainase yang signifikan, terutama di daerah perkotaan rawan banjir. Kota-kota besar seperti Jakarta, Semarang, dan Surabaya mengalami ancaman banjir secara teratur selama musim hujan. Kecamatan Lubuk Baja adalah salah satu wilayah di Kota Batam yang rentan terhadap banjir akibat curah hujan dengan intensitas sedang hingga tinggi. Jalan Pembangunan merupakan salah satu titik rawan banjir di wilayah Kecamatan Lubuk Baja. Pemerintah Indonesia telah menerapkan berbagai strategi untuk mengatasi tantangan pengelolaan banjir, melibatkan perencanaan dan desain infrastruktur drainase menggunakan data curah hujan selama periode tertentu. Namun, umumnya banjir tetap terjadi akibat kapasitas saluran drainase yang tidak mampu menampung debit air hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem drainase menggunakan perangkat lunak Storm Water Management Model (SWMM) serta mengidentifikasi peluang perbaikan yang dapat diterapkan. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder, dengan curah hujan sebagai parameter utama dalam analisis kinerja sistem drainase. Penelitian ini menggunakan periode ulang 2 tahun, karena lokasi penelitian berada di kawasan perkotaan dengan luas daerah aliran mencapai 1,89 km². Berdasarkan analisis frekuensi, distribusi log normal digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa intensitas hujan di lokasi penelitian mencapai 107,74 mm/jam dengan debit puncak sebesar 48,75 m³/s. Hasil simulasi SWMM terhadap kapasitas saluran drainase menunjukkan bahwa saluran drainase eksisting di Jalan Pembangunan tidak mampu menampung debit air hujan dengan intensitas tinggi. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kapasitas saluran drainase serta pemeliharaan yang berkelanjutan guna mengurangi risiko banjir di wilayah tersebut.

Kata kunci : analisis kapasitas, saluran drainase, SWMM, curah hujan, banjir

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

1. Pendahuluan

Sistem drainase memainkan peran penting dalam mengelola air hujan dan mencegah banjir di kota berkembang maupun kota maju [1], [2]. Sistem drainase di suatu perkotaan terus menerus menghadapi tantangan akibat urbanisasi dan perubahan iklim, sehingga diperlukan solusi yang berkelanjutan dan tangguh [3], [4], [5]. Telah muncul pendekatan-pendekatan seperti Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) dan Natural Flood Management (NFM) sebagai solusi yang efektif untuk mengelola banjir perkotaan [6], [7]. Pengembangan masterplan sistem drainase yang efektif dan tepat dapat membantu mengatasi tantangan akibat urbanisasi [8], [9]. Pengelolaan banjir, yang mencakup perencanaan dan pemeliharaan sistem drainase, sangat penting untuk memitigasi dampak kejadian cuaca ekstrem dan memastikan ketahanan wilayah perkotaan [10], [11].

Negara-negara maju telah berhasil menerapkan Sustainable Drainage Systems (SUDS) dan Sustainable Flood Risk Management (SFRM) untuk mengatasi tantangan pada saluran drainase. Inisiatif “Making Space for Water” di Inggris dan “Room for the River” di Belanda mengintegrasikan pertimbangan sosial, ekologi, dan ekonomi ke dalam praktik manajemen risiko banjir [12]. Jepang telah mengembangkan sistem peringatan banjir yang canggih, sementara Amerika Serikat membentuk Program Asuransi Banjir Nasional [12]. Singapura mempromosikan adopsi drainase berkelanjutan melalui program sertifikasi dan keterlibatan

industri [13]. Belanda telah beralih dari drainase konvensional ke sistem adaptasi iklim dan subirigasi untuk mengatasi kelangkaan air dan peristiwa cuaca ekstrem [14]. Pendekatan-pendekatan ini berbeda dengan negara-negara berkembang, yang sering mengandalkan solusi rekayasa teknis tradisional [12].

Sementara negara berkembang seperti Indonesia telah menangani masalah drainase melalui berbagai pendekatan. Di daerah perkotaan, strategi yang dilakukan termasuk mengevaluasi sistem drainase yang ada [15], [16], menerapkan teknik pembangunan berdampak rendah seperti tong hujan dan perkerasan permeabel [17], dan memanfaatkan sistem polder dengan pompa [18]. Konsep drainase ramah lingkungan, seperti kolam retensi, dimasukkan ke dalam perencanaan jaringan drainase untuk mengurangi banjir [19]. Di daerah pemukiman, kombinasi dari normalisasi saluran dan sistem sumur penampungan digunakan untuk mengatasi masalah genangan [20]. Meskipun demikian, Indonesia masih menghadapi tantangan drainase yang signifikan, terutama di daerah perkotaan yang rawan banjir. Kota-kota besar seperti Jakarta, Semarang, dan Surabaya mengalami ancaman banjir secara teratur selama musim hujan [21]. Infrastruktur drainase yang buruk, dikombinasikan dengan faktor-faktor seperti curah hujan yang tinggi, topografi dataran rendah, dan berkurangnya ruang terbuka hijau, berkontribusi pada seringnya terjadi genangan [16], [22]. Keberhasilan implementasi solusi drainase membutuhkan pertimbangan faktor-faktor spesifik lokasi, peraturan yang jelas, pendanaan yang terjamin, dan keterlibatan masyarakat [17], [18].

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

Pemerintah Indonesia telah menerapkan berbagai strategi untuk mengatasi tantangan pengelolaan banjir, termasuk pengelolaan daerah aliran sungai terpadu [23], perbaikan sistem drainase [24], dan reformasi tata kelola [25], [26]. Upaya-upaya ini melibatkan perencanaan dan desain infrastruktur drainase berdasarkan data curah hujan selama periode antara 5 hingga 15 tahun [18], [27], [28]. Batam, sebagai contoh, telah memasukkan data curah hujan historis, persyaratan peraturan, dan standar desain ke dalam perencanaannya. Namun, banjir masih terus terjadi di beberapa daerah tertentu, termasuk Batu Ampar, Batam Kota, Bengkong, Lubuk Baja, dan Panbil, terlepas dari berbagai pertimbangan tersebut. Oleh karena itu, penelitian menggarisbawahi pentingnya untuk terus memperbarui standar desain berdasarkan data pengamatan terbaru untuk memperhitungkan perubahan iklim dan meningkatnya frekuensi kejadian banjir [29], [30].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi peluang-peluang perbaikan pada drainase di lokasi penelitian. Penelitian ini menganalisis sistem drainase dengan menggunakan software Storm Water Management Model (SWMM). Ruang lingkup penelitian ini mencakup evaluasi mendalam terhadap sistem drainase saat ini di Batam Kota, dengan fokus pada kinerja, tantangan, dan potensi perbaikan. Studi ini sangat penting karena menjawab kebutuhan akan infrastruktur drainase perkotaan yang tangguh dan berkelanjutan dalam menghadapi peningkatan risiko banjir yang disebabkan oleh perubahan pola curah hujan dan pertumbuhan kota yang cepat.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian



Gambar 1. Segmen Jalan Pembangunan yang diteliti

Penelitian ini dilakukan di kawasan pemukiman yang padat penduduk dan terdapat banyak area komersial. Lokasi penelitian dilakukan di Jalan Pembangunan, Kecamatan Lubuk Baja, Kota Batam (Gambar 1). Jalan Pembangunan merupakan salah satu lokasi yang rawan terkena banjir apabila dihadapi dengan hujan intensitas sedang hingga tinggi. Penelitian tidak dilakukan di sepanjang Jalan Pembangunan, tapi dipilih segmen jalan dengan elevasi terendah. Titik lokasi yang ditinjau, sepanjang 300 m, mulai dari Titik A ($1^{\circ} 8'22.39''\text{N}$, $104^{\circ} 0'35.91''\text{E}$) hingga Titik B ($1^{\circ} 8'29.88''\text{N}$, $104^{\circ} 0'41.79''\text{E}$).

2.2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan diklasifikasikan menjadi data primer dan data sekunder. Metode pengumpulan data primer adalah tinjau lapangan dan dokumentasi visual [31]. Kegiatan tinjau lapangan dilakukan dengan observasi kondisi lingkungan dan pengukuran saluran drainase eksisting. Sedangkan data sekunder berupa historis curah hujan dan kontur topografi. Historis curah hujan diperoleh melalui BMKG wilayah Batam. Sedangkan kontur topografi diperoleh melalui analisis

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

menggunakan GIS [32]. Data sekunder dikumpulkan untuk analisis hidrologis [33].

2.3. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan dilakukan untuk mengevaluasi konsistensi data, menentukan curah hujan rencana, serta menghitung intensitas curah hujan berdasarkan data yang tersedia [34]. Analisis curah hujan menggunakan metode statistik untuk melakukan pengujian distribusi frekuensi curah hujan berdasarkan parameter statistik yang ada [35], [36]. Parameter statistik yang digunakan untuk menentukan distribusi frekuensi antara lain koefisien skewness (Cs), koefisien kurtosis (Ck), koefisien variasi (Cv), dan simpangan baku (S). Koefisien skewness (Cs) mengukur derajat asimetri dari distribusi data [37]. Koefisien kurtosis (Ck) mengukur "puncak" dari distribusi data, yaitu seberapa tajam atau datar distribusi tersebut dibandingkan dengan distribusi normal [37]. Koefisien variasi (Cv) adalah ukuran relatif dari variabilitas yang dinyatakan sebagai rasio antara simpangan baku dan rata-rata [38]. Simpangan baku (S) adalah ukuran sebaran data di sekitar rata-rata. Penelitian ini menggunakan distribusi log normal dalam proses analisis curah hujan. Curah hujan maksimum pada periode ulang hujan rencana 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dihitung menggunakan nilai-nilai dari analisis distribusi log normal.

Intensitas hujan merupakan jumlah curah hujan yang turun dalam periode waktu tertentu. Perhitungan intensitas hujan digunakan untuk menentukan volume aliran air hujan yang masuk ke sistem drainase serta berperan dalam perencanaan kapasitas saluran [39], [40]. Intensitas hujan dihitung menggunakan

curah hujan maksimum yang diperoleh dari periode ulang hujan rencana (rumus 1).

$$I_t = \frac{R_t}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

$$t = 0,00195 \times \left(\frac{L}{S}\right)^{0,77} \quad (2)$$

dengan I_t adalah intensitas hujan (mm/jam), R_t adalah hujan rencana kata ulang 2 tahun (mm/hari), t adalah waktu konsentrasi (menit) (rumus 2), L adalah panjang saluran (m), dan S adalah kemiringan daerah saluran.

Debit puncak adalah jumlah maksimum aliran air yang terjadi dalam suatu periode waktu akibat hujan pada daerah tangkapan air. Debit puncak mempertimbangkan intensitas hujan, luas daerah tangkapan, dan koefisien limpasan (Tabel 1) dalam perhitungannya (rumus 3) [41].

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (3)$$

dengan Q adalah debit aliran (m^3/s), C adalah koefisien limpasan, I adalah intensitas hujan (mm/jam), dan A adalah luas daerah tangkapan (Km^2).

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

Tabel 1. Koefisien Limpasan

No	Jenis Daerah	Koefisien C
1	Daerah perdagangan	
	Perkotaan (downtown)	0,70 – 0,90
	Pinggiran	0,50 – 0,70
2	Permukiman	
	Perumahan satu keluarga	0,30 – 0,50
	Perumahan berkelompok, terpisah-pisah	0,30 – 0,60
	Perumahan berkelompok, bersambungan	0,60 – 0,75
	Suburban	0,25 – 0,40
	Daerah apartemen	0,50 – 0,70
3	Industri	
	Daerah industri ringan	0,50 – 0,80
	Daerah industri berat	0,60 – 0,90
4	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
5	Tempat bermain	0,20 – 0,35
6	Daerah stasiun kereta api	0,20 – 0,40
7	Daerah belum diperbaiki	0,20 – 0,40
8	Jalan	
	Jalan, hamparan	0,75 – 0,85
	Atap	0,75 – 0,95

Debit puncak menjadi parameter penting dalam perancangan sistem drainase untuk memastikan kapasitas saluran mampu menampung aliran air tanpa menyebabkan genangan atau banjir [42].

2.4. Analisis Daerah Aliran (*Catchment Area*)

Analisis daerah aliran (*catchment area*) dilakukan menggunakan data topografi lokasi penelitian dan pola curah hujan. Perubahan pola curah hujan mempengaruhi karakteristik aliran air, termasuk volume dan kecepatan aliran, yang dapat mempengaruhi pengelolaan sumber daya air dan perencanaan infrastruktur [43]. Mempertimbangkan periode ulang curah hujan sangat penting untuk memitigasi resiko

banjir yang diakibatkan oleh perubahan pola curah hujan. Tabel 1 menunjukkan bahwa luas daerah tangkapan air dan jenis kota merupakan kriteria dalam menentukan periode ulang.

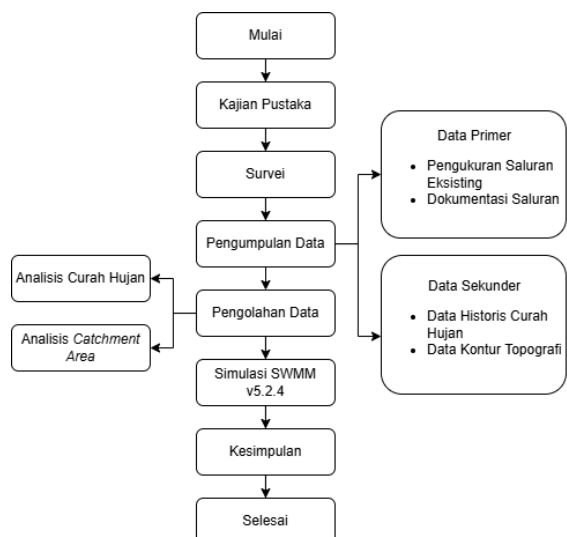
Tabel 2. Kala ulang berdasarkan tipologi kota

Luas Kawasan	Daerah Tangkapan Air (Km ²)			
	<10	10-100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 th	2-5 th	5-10 th	10-25 th
Kota Besar	2 th	2-5 th	2-5 th	5-20 th
Kota Sedang	2 th	2-5 th	2-5 th	5-10 th
Kota Kecil	2 th	2 th	2 th	2-5 th

2.5. Simulasi Storm Water Management Model (SWMM)

Simulasi dengan SWMM dilakukan setelah tahap pengolahan data selesai. Parameter yang digunakan dalam simulasi antara lain intensitas hujan, topografi, dan dimensi saluran drainase eksisting. Simulasi menggunakan periode ulang 2 tahun untuk mengevaluasi kinerja saluran drainase. Hasil simulasi akan menunjukkan apakah kapasitas saluran drainase perlu direncanakan kembali.

2.6. Tahapan Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Eksisting Saluran Drainase



Gambar 3. Dimensi saluran eksisting Jalan Pembangunan



Gambar 4. Inlet saluran

Kondisi eksisting saluran drainase di Jalan Pembangunan diperoleh melalui tinjau lapangan dan *Masterplan Report for Batam Island* yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Sumber Daya Air Satkel Balai Wilayah Sungai Sumatera IV. Jalan Pembangunan menggunakan jenis saluran tertutup *u-ditch* berukuran 1 m x 1 m dengan panjang 300 m (Gambar 3). Inlet saluran berukuran 25 cm dengan jarak antar inlet 660 cm (Gambar 4). Lokasi ini sering mengalami genangan air apabila terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Sampah juga menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir. Kondisi saluran eksisting saat ini dipenuhi dengan sampah dan sedimentasi (Gambar 5).



Gambar 5. Kondisi saluran drainase

3.2. Analisis Curah Hujan

Evaluasi kinerja sistem drainase dilakukan dengan memanfaatkan data curah hujan sebagai parameter utama untuk menilai kapasitas serta efektivitas saluran dalam mengalirkan air hujan. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah menyediakan data curah hujan maksimum yang dapat digunakan untuk analisis curah hujan (Tabel 3).

Tabel 3. Data curah hujan maksimum

Curah Hujan Maksimum	
Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
2014	298,5
2015	218,6
2016	439,1
2017	483,6
2018	360,9
2019	367,8
2020	357
2021	640,3
2022	368,9
2023	567,4
$\bar{X}$	410,2

Analisis frekuensi dilakukan untuk menentukan karakteristik hujan berdasarkan data historis curah hujan, yang kemudian digunakan dalam menentukan distribusi statistic (Tabel 4).

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

Tabel 4. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis Frekuensi Hujan Rata-Rata					
Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2014	298,5	-111,7	12479,1	-1394043,0	155728538,0
2015	218,6	-191,6	36714,4	-7034844,7	1347946587,0
2016	439,1	28,9	834,6	24112,5	696610,7
2017	483,6	73,4	5386,1	395285,3	29009988,1
2018	360,9	-49,3	2431,5	-119896,1	5912076,0
2019	367,8	-42,4	1798,6	-76279,0	3234991,1
2020	357	-53,2	2831,3	-150653,7	8016282,9
2021	640,3	230,1	52941,4	12181288,6	2802792692,0
2022	368,9	-41,3	1706,5	-70496,2	2912197,2
2023	567,4	157,2	24708,7	3883959,9	610519663,0
Σ			141832,2	7638433,8	4966769626,2

Parameter statistik dapat dihitung berdasarkan hasil analisis frekuensi hujan rata-rata (Tabel 4). Tabel 5 menunjukkan nilai koefisien kemiringan/skewness (Cs), koefisien kurtosis (Ck), koefisien variasi (Cv), dan simpangan baku (S). Nilai-nilai tersebut yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan distribusi frekuensi yang akan digunakan.

Tabel 5. Hasil analisis parameter statistik

Hasil Analisis Parameter Statistik	
Parameter	Nilai
Cs	67,3
Ck	2,0
Cv	0,3
S	125,5

Distribusi frekuensi dapat ditentukan apabila hasil analisis parameter statistik (Tabel 5). memenuhi syarat-syarat yang ada. Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai dari parameter statistik memenuhi syarat untuk distribusi log normal. Sehingga penelitian ini akan

menggunakan jenis distribusi log normal untuk perhitungan intensitas hujan.

Tabel 6. Klasifikasi distribusi frekuensi

Klasifikasi Distribusi Frekuensi		
Distribusi Frekuensi	Syarat	Keterangan
Distribusi Normal	Cs=0 dan Ck=3	Tidak memenuhi syarat
Distribusi Log Normal	Cs>0 dan Ck>3	Memenuhi syarat
Distribusi Gumbel	Cs= 1,139 dan Ck=5,402	Tidak memenuhi syarat
Distribusi Log Person Type III	Cs antara 0-0,9	Tidak memenuhi syarat

Analisis distribusi log normal dilakukan sebelum menghitung intensitas hujan. Hasil analisis distribusi log normal berupa curah hujan rata-rata dan curah hujan rancangan. Tabel 7 menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata sebesar 2,594. Kemudian diperoleh nilai Cs sebesar -0,225, Ck -1,196, dan standar deviasi 0,135 menggunakan hasil perhitungan di Tabel 7. Periode ulang hujan rencana dapat dihitung menggunakan nilai-nilai tersebut.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 25-04-2025

Tabel 7. Distribusi log normal

Distribusi Log Normal				
Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	$\log X$	$(\log X - \log \bar{X})^2$	$(\log X - \log \bar{X})^3$
2014	298,5	2,47494	0,01428	-0,00171
2015	218,6	2,33965	0,06492	-0,01654
2016	439,1	2,64256	0,00231	0,00011
2017	483,6	2,68449	0,00811	0,00073
2018	360,9	2,55739	0,00137	-0,00005
2019	367,8	2,56561	0,00083	-0,00002
2020	357	2,55267	0,00175	-0,00007
2021	640,3	2,80638	0,04492	0,00952
2022	368,9	2,56691	0,00076	-0,00002
2023	567,4	2,75389	0,02542	0,00405
Σ		25,944	0,165	-0,004
Rata-rata		2,594	0,030	-0,040

Tabel 8 menunjukkan periode ulang hujan rencana 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Hasil analisis masih berupa curah hujan maksimum (X_t) dalam periode 24 jam. Berdasarkan kala ulang tipologi kata (Tabel 2) lokasi penelitian menggunakan periode ulang 2 tahun dikarenakan lokasi penelitian merupakan kawasan kota besar dan daerah aliran seluas 1,89 Km². Penelitian ini mengacu pada curah hujan maksimum dengan periode ulang 2 tahun dan waktu konsentrasi selama 1 jam 17 menit. Sehingga, dengan menggunakan rumus 1, diperoleh intensitas hujan di lokasi penelitian sebesar 107,74 mm/jam.

Tabel 8. Periode Ulang Hujan Rencana

Periode Ulang	Kt	Sd	$\bar{X}$	$\log X_t$	X_t
2	-0,22	0,14	2,59	2,56	367,02
5	0,64	0,14	2,59	2,68	479,76
10	1,26	0,14	2,59	2,76	581,95

25	2,10	0,14	2,59	2,88	755,98
50	2,75	0,14	2,59	2,97	925,62
100	3,45	0,14	2,59	3,06	1151,11

3.3. Analisis Daerah Aliran (Catchment Area)



Gambar 6. Catchment area pada lokasi penelitian

Masterplan Report for Batam Island yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Sumber Daya Air Satkel Balai Wilayah Sungai

Informasi Artikel

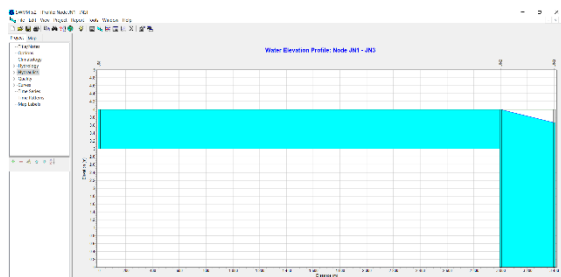
Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

Sumatera IV menyediakan data yang menunjukkan batas area yang berkontribusi terhadap saluran yang akan diteliti. Terdapat 2 batasan area yang berkontribusi terhadap debit air hujan yang masuk ke saluran drainase yang diteliti (Gambar 6). Area LBA01.05 dan LBA01.08 dengan luas masing-masing 30,65 Ha dan 158,59 Ha merupakan *catchment area* yang mempengaruhi debit air hujan di saluran drainase yang diteliti.

3.4. Analisis Debit Puncak

Berdasarkan analisis curah hujan dan analisis daerah aliran diperoleh intensitas hujan sebesar 107,74 mm/jam dan luas daerah aliran seluas 1,89 Km². Koefisien limpasan yang digunakan dalam analisis debit puncak adalah 0,75 (perumahan berkelompok, bersambungan). Dengan menggunakan rumus 3, diperoleh debit puncak sebesar 48,75 m³/s.

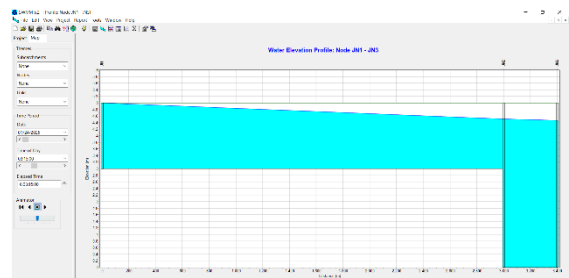
3.5. Simulasi Storm Water Management Model (SWMM)



Gambar 7. Hasil simulasi SWMM saluran eksisting dengan curah hujan periode ulang 2 tahun

Simulasi menggunakan intensitas curah hujan dengan periode ulang 2 tahun dan hanya dilakukan pada satu ruas jalan. Gambar 7 menunjukkan bahwa dimensi saluran eksisting tidak cukup untuk menampung debit air dari curah hujan periode ulang 2 tahun. Membersihkan sedimen dan sampah di dalam saluran dapat menjadi solusi sementara untuk

meningkatkan kapasitas efektif saluran. Namun, diperlukan perbaikan kapasitas saluran untuk mencegah terjadinya banjir.



Gambar 8. Hasil simulasi SWMM saluran rencana dengan curah hujan periode ulang 2 tahun

Berdasarkan hasil analisis, dimensi saluran drainase dapat ditambah menjadi lebar 3.5 m dan kedalaman 2 m untuk menampung air hujan (Gambar 8). Peningkatan dimensi diharapkan dapat mengurangi waktu banjir genangan yang dapat menyebabkan kemacetan. Pemeliharaan secara berkala diperlukan untuk memastikan saluran drainase tidak dipenuhi sampah dan sedimentasi.

4. Kesimpulan

Analisis kapasitas saluran drainase melalui simulasi SWMM menunjukkan bahwa saluran drainase yang ada di Jalan Pembangunan tidak dapat menampung debit air hujan saat terjadi curah hujan dengan intensitas tinggi. Oleh karena itu diperlukan peningkatan kapasitas saluran drainase dengan cara menambah dimensi saluran. Hasil simulasi SWMM pada saluran yang telah ditingkatkan kapasitasnya adalah *full flow* 47.42, *full depth* 0.88, *hour of maximum flow* 1:52, dan *maksimum LPS* 7827.72. Survey lapangan juga menunjukkan bahwa saluran drainase perlu dipelihara secara rutin dikarenakan sedimen dan sampah yang mengakibatkan pengurangan kapasitas efektif saluran.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

Daftar Rujukan

- [1] A. K. B. de Oliveira *et al.*, "Evaluating the Role of Urban Drainage Flaws in Triggering Cascading Effects on Critical Infrastructure, Affecting Urban Resilience," *Infrastructures (Basel)*, vol. 7, no. 11, Nov. 2022, doi: 10.3390/infrastructures7110153.
- [2] L. R. N. P. Rentachintala, M. G. M. Reddy, and P. K. Mohapatra, "Urban Stormwater Management for Sustainable and Resilient Measures and Practices: A Review," *Water Science and Technology*, vol. 85, no. 4, pp. 1120–1140, Feb. 2022, doi: 10.2166/wst.2022.017.
- [3] H. M. Ramos and M. Besharat, "Urban Flood Risk and Economic Viability Analyses of a Smart Sustainable Drainage System," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 24, Dec. 2021, doi: 10.3390/su132413889.
- [4] S. A. Palermo *et al.*, "Nature-Based Solutions for Urban Stormwater Management: An Overview," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1196/1/012027.
- [5] A. I. Adam and A. J. Saputra, "Analysis of the Community's Role in Improving the Performance of Drainage Channels in Urban Areas," *Civil Engineering and Architecture Journal*, vol. 1, no. 4, pp. 3026–622, 2023, doi: 10.37253/leader.v1i4.8950.
- [6] C. R. Ferguson and R. A. Fenner, "The Potential for Natural Flood Management to Maintain Free Discharge at Urban Drainage Outfalls," *J Flood Risk Manag*, vol. 13, no. 3, Sep. 2020, doi: 10.1111/jfr3.12617.
- [7] A. N. Carriquiry, D. Sauri, and H. March, "Community Involvement in the Implementation of Sustainable Urban Drainage Systems (Sudss): The Case of Bon Pastor, Barcelona," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 2, Jan. 2020, doi: 10.3390/su12020510.
- [8] Y. Ma, Y. Cui, H. Tan, and H. Wang, "Case Study: Diagnosing China's Prevailing Urban Flooding—Causes, Challenges, and Solutions," *J Flood Risk Manag*, vol. 15, no. 3, Sep. 2022, doi: 10.1111/jfr3.12822.
- [9] H. F. Abd-Elhamid, M. Zelenáková, Z. Vranayová, and I. Fathy, "Evaluating the Impact of Urban Growth on the Design of Storm Water Drainage Systems," *Water (Switzerland)*, vol. 12, no. 6, Jun. 2020, doi: 10.3390/W12061572.
- [10] P. Tomar *et al.*, "GIS-Based Urban Flood Risk Assessment and Management—A Case Study of Delhi National Capital Territory (NCT), India," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 22, Nov. 2021, doi: 10.3390/su132212850.
- [11] M. Teshome and A. R. Devi, "A Review of Recent Studies on Urban Stormwater Drainage System for Urban Flood Management," *Preprints (Basel)*, Oct. 2020, doi: 10.20944/preprints202010.0295.v1.
- [12] F. K. S. Chan *et al.*, "Comparison of Sustainable Flood Risk Management by Four Countries - The United Kingdom, the Netherlands, the United States, and Japan - And the Implications for Asian Coastal Megacities," *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 22, no. 8, pp. 2567–2588, Aug. 2022, doi: 10.5194/nhess-22-2567-2022.
- [13] J. J. G. Buurman, T. K. Lee, M. S. Iftekhhar, and S. M. Yu, "Strategies to Promote the Adoption of Sustainable Drainage by Private Developers: A Case Study From Singapore," *Urban Water J*, vol. 18, no. 1, pp. 61–67, Jan. 2021, doi: 10.1080/1573062X.2020.1850804.
- [14] J. A. (Janine) de Wit, C. J. (Coen) Ritsema, J. C. (Jos) van Dam, G. A. P. H. (Gé) van den Eertwegh, and R. P. (Ruud) Bartholomeus, "Development of Subsurface Drainage Systems: Discharge – Retention – Recharge," *Agric Water Manag*, vol. 269, p. 107677, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.agwat.2022.107677.
- [15] R. Khamdani, D. Sutjningsih, and E. Anggraheni, "Evaluation of Micro-Scale Drainage Systems in Kelapa Gading, North Jakarta," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Mar. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/426/1/012011.
- [16] Fajri Agma Syahrani and Sih Andayani, "Drainage System Evaluation of Bank Indonesia Housing Pancoran, Jakarta," *International Journal on Livable Space*, vol. 7, no. 2, pp. 44–52, Dec. 2023, doi: 10.25105/livas.v7i2.16800.
- [17] F. K. Putri, E. Hidayah, and M. F. Ma'rif, "Enhancing Stormwater Management With Low Impact Development (LID): A Review of the Rain Barrel, Bioretention, and Permeable Pavement Applicability in Indonesia," *Water Science and Technology*, vol. 87, no. 9, May 2023, doi: 10.2166/wst.2023.095.
- [18] M. Yuswo, S. I. Wahyudi, Soedarsono, F. C. Boogard, and E. Boer, "Drainage System of Tegalsari Polder for Handling Flood and Tide in Tegal City Indonesia," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 955, no. 1, p. 012008, Jan. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/955/1/012008.
- [19] A. Junaidi, H. Putra, B. Istijono, N. Nurhamidah, and M. Utama, "Eco-Drainage System Planning With SWMM Model: A Case Study of Sawah Liat Drainage, Kuranji Watershed in Padang City, Indonesia," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Feb. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/419/1/012159.
- [20] D. Harisuseno, M. Bisri, and T. S. Haji, "Inundation Controlling Practice in Urban Area: Case Study in Residential Area of Malang, Indonesia," *Journal of Water and Land Development*, vol. 46, no. 7–9, pp. 112–120, 2020, doi: 10.24425/jwld.2020.134203.
- [21] A. B. Rimba and P. E. Yastika, "Indonesia: Threats to Physical Urban Water Problems," *E3S Web of Conferences*, vol. 148, p. 06001, Feb. 2020, doi: 10.1051/e3sconf/202014806001.
- [22] F. Koerniawan, M. I. Setiawan, and G. S. Laksito, "A Review of Flood Mitigation Literature: A Case Study of Sidoarjo Regency, Indonesia," *International Journal of Industrial Engineering, Technology & Operations Management*, vol. 1, no. 2, pp. 73–79, Dec. 2023, doi: 10.62157/ijietom.v1i2.30.
- [23] T. M. Basuki *et al.*, "Improvement of Integrated Watershed Management in Indonesia for Mitigation and Adaptation to Climate Change: A Review," *Sustainability*, vol. 14, no. 16, p. 9997, Aug. 2022, doi: 10.3390/su14169997.
- [24] M. Yatsrib, R. Tajri, S. Rifdah, A. Chrysanti, and M. S. B. Kusuma, "Assessment of flood risk reduction in DKI Jakarta: Cengkareng Sub-district," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, Apr. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/737/1/012026.
- [25] K. P. Rahmayanti, "Promote Collaborative Governance? Review of Disaster Risk Reduction Strategy in Jakarta," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 724, no. 1, p. 012044, Apr. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/724/1/012044.
- [26] S. Arum Nuswantari and A. Luthfi, "Flood Mitigation in Urban Areas: Adopting a Governance Approach," *Sustinere Journal of Environment and Sustainability*, vol. 7, pp. 207–219, 2023, doi: 10.22515/sustinerejes.v7i3.343.
- [27] V. Pratiwi and T. Rahajoeningroem, "Perencanaan Prasarana Dan Sarana Sistem Pengendalian Banjir Kota Administrasi Jakarta Pusat Infrastructure Planning and Facilities for Flood Control System of Central Jakarta,"

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025

- IComSE (Indonesian Community Service and Empowerment, vol. 1, no. 1, pp. 36–44, 2020. [41]
- [28] M. Gilang, R. Satriya, and F. Saves, "Evaluation of Drainage System in Simorejo Settlement Area, Simomulyo Village, Sukomanunggal Sub-District, Surabaya City," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 23, no. 1, pp. 152–157, 2023, doi: 10.26418/jtsft. [42]
- [29] T. R. Maitsa, A. A. Kuntoro, and D. Septiadi, "Analisis Tren Perubahan Intensitas Hujan (Studi Kasus: Jakarta dan Bogor)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 28, no. 2, pp. 163–172, Sep. 2021, doi: 10.5614/jts.2021.28.2.5.
- [30] V. Kurniawan and W. A. Pranoto, "Assessment of Existing Urban Drainage System Under Contemporary Rainfall in Tangerang, Indonesia," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Dec. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/1007/1/012038. [43]
- [31] Julianstuti, T. K. Wihartono, O. Setyandito, Y. Wljayanti, L. Safitri, and I. S. D. Sebayang, "The assessment of drainage performance in the residential area using SWMM," *Sinergi*, vol. 27, no. 3, pp. 451–466, Jun. 2023, doi: 10.22441/sinergi.2023.3.016.
- [32] D. Libora and A. J. Saputra, "Analysis of Flooding Potential Using ARC-GIS in Ranai Island, Natuna Regency," *Journal of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, vol. 4, pp. 308–318, Dec. 2023.
- [33] R. Harahap, B. Budi, and S. Rahmadani, "Study Of Drainage Analysis As Flood Control In Setia Budi Area Medan City," in *The 4th Annual Conference of Engineering and Implementation on Vocational Education (ACEIVE-2022)*, S. Sriadhi, E. Silitonga, E. Daryanto, M. D. Mendoza, and Z. Matondang, Eds., Medan: European Alliance for Innovation, May 2023. doi: 10.4108/eai.20-10-2022.2328879.
- [34] I. Meliane, A. A. Inung, A. Adnyano, E. Sumarjono, and A. Chandra, "Analisis Curah Hujan Dalam Merancang Saluran Terbuka di Sulawesi Utara," *MINING INSIGHT*, vol. 02, no. 02, pp. 107–114, Sep. 2021.
- [35] P. Irawan, J. Ikhsan, S. Atmaja, and N. Komala Sari, "Analisis dan Pemetaan Isohyet Curah Hujan Berbagai Periode Ulang Tahun (PUH) DAS Citanduy Hulu," *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 2, no. 1, pp. 13–22, Aug. 2020.
- [36] T. P. Ayuni, A. J. Saputra, and J. M. Ginting, "Analisis Banjir Metode Hidrograf Satuan Sintetis SCS dan Nakayasu DAS Pesung, Batam," *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, vol. 20, no. 2, pp. 146–155, Oct. 2023, doi: 10.30630/jirs.v20i2.1031.
- [37] Devianti, D. S. Jayanti, N. Amrida, A. Sitorus, and D. S. Thamren, "Potential Hydroelectric Power Plant for a Remote Area Utilizing Subwatershed Lawe-Simpali," *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, vol. 8, no. 5, pp. 715–720, Oct. 2021, doi: 10.18280/mmep.080505.
- [38] C. S. Chavan, A. Chipade, G. Ghadvir, and M. Deshpande, "Statistical Analysis of Rainfall Data using non-parametric methods of Solapur District, Maharashtra, India," in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Jul. 2023. doi: 10.1051/e3sconf/202340504046.
- [39] B. J. P. Harianja and W. A. Pranoto, "Analisis Penyebab Banjir Kelurahan Jatake - Tangerang," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 303, Feb. 2021, doi: 10.24912/jmts.v0i0.10533.
- [40] I. Yasa, H. Sulistiyono, I. Jayanegara, H. Saidah, and Y. D. Saadi dan Agastya, "Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Kedalaman dan Intensitas Hujan," *REKONSTRUKSI TADULAKO*, vol. 1, no. 2, Feb. 2024, doi: 0.22487/renstra.v5i1.618.
- S. Ginting, "Analisis Frekuensi Regional Untuk Data Hujan Harian Maksimum Menggunakan Metode L-Momen," *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, Aug. 2021, doi: 10.37058/aks.v3i1.3556.
- L. O. Hasrudin, I. Lakawa, C. Sudardjat, and S. Sufrianto, "Analysis of Langkolome River Flood, Wambona Village, Muna Regency (Case Study: Langkolome River, Wambona Village, Muna Regency)," *Sultra Civil Engineering Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 31–42, Apr. 2023, doi: 10.54297/sciej.v4i1.460.
- W. Wang, J. Gao, Z. Liu, and C. Li, "A hybrid rainfall-runoff model: integrating initial loss and LSTM for improved forecasting," *Front Environ Sci*, vol. 11, pp. 01–13, Oct. 2023, doi: 10.3389/fenvs.2023.1261239.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 24-01-2025 | Selesai Revisi: 03-02-2025 | Diterbitkan Online: 26-04-2025