



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Modeling Banjir di DAS Mikro Menggunakan EPA SWMM 5.2 Untuk Mendukung Manajemen Drainase Kota

Imam Suprayogi^{a*}, Nurdin^b, Bochari^c, Safridatul Audah^d, Gussyafri^e, Ermiyati^f, Nuzulul Azmi^g, Mubaraz^h

^{a,b,c,d,e,f,g}Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Riau of University, Pekanbaru 28293, Indonesia

^hDepartment of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 09 Juni 2025

Revisi Akhir: 28 Juni 2025

Diterbitkan 29 Juni 2025

KATA KUNCI

Kata Kunci:

Simulasi banjir,
 Drainase perkotaan,
 EPA SWMM 5.2,
 DAS kecil,
 Kapasitas saluran maksimal

*KORESPONDENSI

Telepon: -

E-mail: drisuprayogi@yahoo.com

ABSTRACT

Permasalahan utama pada saluran drainase di Kota Pekanbaru adalah kurangnya perhatian dari pemerintah dan masyarakat, seperti kebiasaan membuang sampah sembarangan ke dalam saluran drainase serta membiarkan endapan sedimen menumpuk yang berpotensi menyebabkan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi eksisting saluran drainase serta memberikan solusi untuk mengatasi genangan dengan melakukan perubahan dimensi saluran drainase di Jalan Soebrantas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi model EPA-SWMM 5.2 yang menjadi kunci untuk memahami dinamika hidrologi dan hidraulika serta merancang solusi efektif guna meningkatkan kapasitas sistem drainase dan mengurangi risiko banjir. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data curah hujan dan peta topografi yang diperoleh dari BWS Wilayah III, Pekanbaru. Data curah hujan yang digunakan merupakan data selama 10 tahun terakhir, mulai dari tahun 2014 hingga 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa evaluasi saluran drainase di Jalan Soebrantas mampu memberikan solusi melalui proses simulasi model dengan mengubah kedalaman saluran menjadi 1,5 meter sehingga dimensi baru saluran drainase mampu menampung kapasitas aliran.

Permasalahan utama drainase di Kota Pekanbaru meliputi: kurangnya perhatian dan pemeliharaan terhadap saluran drainase, adanya sedimen yang mengisi aliran drainase, serta terjadinya pendangkalan saluran. Terdapat tiga wilayah prioritas yang menjadi fokus perhatian Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Republik Indonesia di Kota Pekanbaru. Ketiga wilayah tersebut berada di Kecamatan Binawidya, Tuah Madani, Rumbai, dan Tenayan Raya. Pendekatan pelaksanaan yang dilakukan adalah normalisasi saluran drainase di wilayah Panam (Binawidya dan Tuah Madani), Rumbai, dan Tenayan Raya guna mengatasi permasalahan banjir yang terjadi setiap kali turun hujan.

Urbanisasi berkontribusi terhadap tingkat pembangunan suatu negara [1]. Urbanisasi yang berlangsung cepat serta peningkatan area permukaan kedap air di wilayah perkotaan dapat meningkatkan

1. PENDAHULUAN

Kota Pekanbaru merupakan ibu kota Provinsi Riau dengan luas wilayah sebesar 632,2 km². Setiap tahunnya, Kota Pekanbaru mengalami banjir saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Pada tanggal 1 Mei 2017, banjir melanda Kota Pekanbaru dengan ketinggian air berkisar antara 10–30 cm. Banjir terjadi di sekitar Jalan Subrantas dan Jalan Soekarno-Hatta yang menyebabkan kemacetan lalu lintas yang parah. Dampak banjir juga dirasakan di sekitar Jalan SM Amin, Jalan Jenderal Sudirman, dan Jalan Riau. Pelaksanaan pembangunan sistem drainase di Kota Pekanbaru masih menghadapi berbagai kendala yang perlu diperhatikan, mengingat pentingnya fungsi saluran drainase dalam lingkungan, terutama untuk mengatasi masalah banjir.

volume limpasan air hujan sebesar dua hingga enam kali lipat dibandingkan dengan limpasan normal [2][3]. Urbanisasi dan pembangunan yang terus berlanjut juga meningkatkan potensi terjadinya banjir serta dapat menyebabkan penurunan kualitas air secara signifikan dengan meningkatnya polutan yang terkait, seperti padatan tersuspensi, partikel halus, logam berat, unsur hara, dan bahan kimia organik [4-8].

Pengelolaan kuantitas dan kualitas limpasan air hujan di wilayah perkotaan merupakan tugas yang kompleks dan telah menjadi isu lingkungan yang semakin penting bagi masyarakat perkotaan [9]. Pengendalian banjir bukanlah hal yang mudah, sehingga analisis terhadap penyebab banjir dan kapasitas drainase menjadi sangat penting [10][11]. Berbagai strategi mitigasi banjir telah diusulkan untuk mengatasi permasalahan tersebut [12]. Perbaikan secara tradisional meliputi perubahan dimensi saluran drainase, pengalihan aliran air, proyek penampungan air, peningkatan kemampuan pencegahan banjir, serta pelaksanaan pemeliharaan saluran drainase. Namun demikian, perbaikan-perbaikan ini umumnya membutuhkan biaya besar dan dapat menyebabkan aliran drainase yang berlebihan di wilayah hilir.

Program simulasi perangkat lunak Environmental Protection Agency - Storm Water Management Model (EPA-SWMM) merupakan kunci untuk memahami dinamika hidrologi dan hidraulika serta merancang solusi yang efektif guna meningkatkan kapasitas sistem drainase dan mengurangi risiko banjir. EPA-SWMM diklasifikasikan sebagai model aliran dinamis berbasis curah hujan yang digunakan untuk mensimulasikan rentang waktu kontinu maupun kejadian banjir sesaat. Model ini telah banyak dikembangkan untuk mensimulasikan proses hidrologi dan hidraulika di wilayah perkotaan. Keunggulan utama dari program EPA-SWMM adalah kemampuannya dalam mengakomodasi parameter kunci dalam perencanaan saluran drainase, yaitu tingkat ketahanan terhadap peresapan (*imperviousness*) yang menentukan jumlah air yang menjadi limpasan (*run off*).

Program EPA-SWMM merupakan model yang mampu menganalisis permasalahan kuantitas dan kualitas air yang berkaitan dengan limpasan air hujan di wilayah perkotaan. Studi mengenai penggunaan EPA-SWMM untuk analisis banjir telah dipublikasikan sepanjang periode 1987–2014, namun sebagian besar publikasi muncul sejak tahun 2013 seiring meningkatnya minat terhadap dampak perubahan iklim [13-15] (Dasgupta et al., 2013; Gersonius et al., 2013; Kirshen et al., 2014).

Penggunaan simulasi kontinu untuk estimasi banjir rencana pada daerah tangkapan air perkotaan telah dilakukan sejak tahun 1960-an dan 1970-an, sebagaimana ditinjau oleh [16]. Analisis banjir akibat perubahan tata guna lahan juga menjadi perhatian penting [17][18]. Dalam literatur, analisis banjir sering dilakukan dalam skala besar,

termasuk pada tingkat daerah aliran sungai, negara [19], provinsi, dan kota metropolitan [13][20]. Sejumlah studi berskala lebih kecil juga telah dilakukan oleh pemerintah kota dan negara bagian di Amerika Serikat, serta di provinsi atau distrik di berbagai negara. Namun, karena keterbatasan cakupan dalam tinjauan ini, publikasi-publikasi tersebut tidak disertakan. Meski demikian, pencarian data melalui prosiding konferensi (ASCE Library) dengan kata kunci flooding dan SWMM menghasilkan 261 dokumen terkait.

Pemanfaatan EPA SWMM merupakan solusi menarik untuk mengatasi permasalahan yang ada [21-24]. Program ini merupakan alat pemodelan yang canggih untuk mensimulasikan aliran air permukaan, sistem drainase, dan pengelolaan air hujan baik di lingkungan perkotaan maupun pedesaan [25-27]. Dengan program ini, analisis mendalam terhadap kinerja sistem drainase yang ada dapat dilakukan, titik-titik rawan banjir dapat diidentifikasi, serta strategi mitigasi yang efektif dapat dikembangkan. Berdasarkan keunggulan khusus terkait penerapan model EPA SWMM tersebut, tujuan penelitian ini adalah menganalisis kondisi eksisting saluran drainase serta memberikan solusi untuk mengatasi daerah genangan dengan melakukan perubahan dimensi saluran drainase di Jalan Soebrantas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

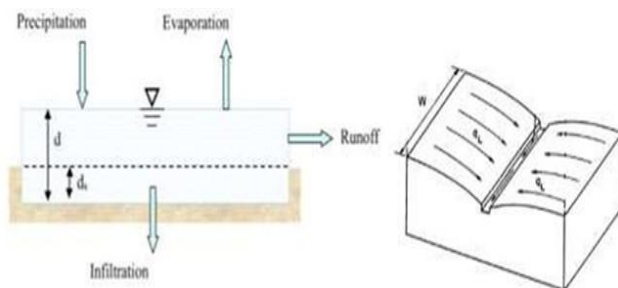
2.1 EPA -SWMM Model

Perangkat lunak simulasi Storm Water Management Model (SWMM) digunakan untuk memodelkan curah hujan dan limpasan air. EPA SWMM dapat digunakan untuk melakukan tugas-tugas berikut:

1. Perencanaan sistem drainase untuk pengendalian banjir;
2. Pemetaan daerah genangan banjir;
3. Perencanaan kolam retensi untuk pengendalian banjir dan perlindungan kualitas air;
4. Merancang strategi pengendalian untuk meminimalkan limpasan berlebih pada sistem saluran pembuangan; dan
5. Mengevaluasi dampak aliran masuk (*inflow*) dan infiltrasi.

Model hidrologi SWMM mengubah curah hujan efektif (curah hujan dikurangi evaporasi, infiltrasi, dan abstraksi awal) menjadi aliran permukaan pada setiap daerah tangkapan air yang dibagi menjadi beberapa sub-wilayah dengan mempertimbangkan topografi regional, saluran drainase, tutupan lahan, dan karakteristik tanah. Pada setiap sub-wilayah tangkapan hujan, SWMM mengubah hujan menjadi aliran permukaan dengan menggunakan konsep reservoir nonlinier. Aliran permukaan di sub-wilayah tangkapan hujan dimodelkan sebagai aliran pada area persegi panjang dengan lebar W

dan kemiringan S yang mengalir ke saluran. Dengan konsep pemodelan seperti ini, sub-wilayah tangkapan hujan menerima curah hujan. Sebagian hujan hilang melalui evaporasi dan infiltrasi. Curah hujan yang efektif akan menggenangi di atas sub-wilayah tangkapan hujan hingga kedalaman d . Genangan yang lebih tebal dari penyimpanan depresi (*depression storage*) d_s akan berubah menjadi limpasan langsung q . Penyimpanan depresi mencakup abstraksi hujan seperti genangan permukaan, intersepsi oleh atap dan vegetasi, serta kelembaban tanah. Gambar 2 menunjukkan representasi sub-wilayah tangkapan hujan dan responsnya terhadap curah hujan.



Gambar 1. Representasi sub-wilayah tangkapan hujan sebagai model reservoir non-linier dalam SWMM (gambar sebelah kiri) dan sub-wilayah tangkapan hujan yang diidealkan (gambar sebelah kanan) [28].

Berdasarkan prinsip konservasi massa, perubahan kedalaman genangan d terhadap waktu t merupakan selisih antara laju aliran keluar (*outflow*) dan aliran masuk (*inflow*) di seluruh sub-wilayah tangkapan hujan, yang dinyatakan dalam persamaan matematis berikut:

$$\frac{\partial d}{\partial t} = i - e - f - q \quad \dots\dots\dots 1$$

Dimana: i adalah curah hujan, e adalah evaporasi, f adalah infiltrasi, q adalah laju aliran

Semua variabel dihitung per lebar satu unit dan dinyatakan dalam meter per detik (m/s). Aliran permukaan di sub-area tangkapan hujan diidealkan sebagai aliran dalam saluran persegi panjang dengan lebar W , kedalaman $(d - d_s)$, dan kemiringan S . Debit aliran permukaan dihitung menggunakan persamaan Manning:

$$Q = \frac{1}{n} R_x^{2/3} S^{1/2} A_x \quad \dots\dots\dots 2$$

Di mana: n adalah koefisien kekasaran permukaan dari sub-area penampung air hujan (surface roughness coefficient), S adalah kemiringan (slope) dari sub-area penampung air hujan dan A_x adalah luas persegi panjang dengan lebar W dan kedalaman $(d - d_s)$.

EPA-SWMM juga menyediakan metode perhitungan limpasan langsung yang berbeda dari metode sebelumnya, yaitu: Metode koefisien limpasan langsung (Metode Rational), Metode SCS Curve Number dan Metode Unit Hydrograph. Metode Rational umum digunakan untuk

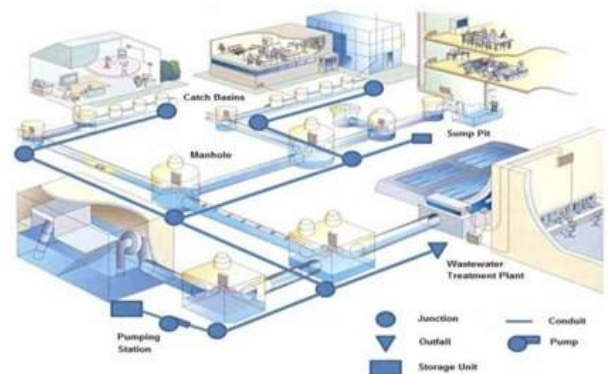
menghitung debit limpasan langsung pada area kecil, karena debitnya merupakan fungsi dari intensitas hujan, luas daerah, dan koefisien limpasan (C) yang tergantung pada penggunaan lahan

$$Q = CIA \quad \dots\dots\dots 3$$

Dimana: I adalah intensitas hujan (mm/s), C adalah koefisien limpasan langsung dan A adalah luas daerah tangkapan (hektar, ha).

Persamaan ini dapat digunakan untuk menghitung limpasan langsung pada area kecil. Tabel 4 menyajikan beberapa nilai koefisien limpasan langsung (C).

Model hidrolika SWMM memodelkan jaringan drainase sebagai jaringan simpul dan sambungan (*nodes-and-links*). Gambar 3 menunjukkan representasi jaringan *nodes-and-links* dalam SWMM. Beban aliran dimasukkan pada simpul tertentu yang kemudian dialirkan melalui sambungan oleh SWMM, bertemu atau bercabang di simpul internal sambil mengisi dan mengosongkan reservoir di simpul tersebut, lalu keluar dari sistem jaringan drainase pada simpul terminal. Terdapat berbagai jenis simpul (*nodes*) dan sambungan (*links*), yang masing-masing merepresentasikan saluran terbuka, pipa, percabangan, reservoir, gorong-gorong, bendung (*weirs*), muara (*outfalls*), dan sebagainya.



Gambar 2. Contoh representasi sistem drainase di suatu area dalam perangkat lunak SWMM

Storm Water Management Model (SWMM) menelusuri aliran dalam jaringan drainase dengan memodelkan propagasi gelombang banjir secara dinamis (analisis gelombang dinamis). SWMM menyelesaikan persamaan aliran satu dimensi dalam saluran terbuka, yang dikenal sebagai persamaan Saint Venant, secara numerik. Persamaan Saint Venant terdiri dari persamaan konservasi massa dan konservasi momentum yang ditulis dalam bentuk persamaan diferensial parsial sebagai berikut:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots 4$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x} + gA \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad \dots\dots\dots 5$$

Dimana : x adalah jarak (m), t adalah waktu (dt), A adalah penampang basah saluran (m²), Q adalah debit (m³/s) dan $H = Y + Z$ adalah tinggi hidrolis (m). Kemiringan garis energi S_f berkaitan dengan persamaan Manning untuk aliran seragam dan tetap.

$$S_f = \frac{n^2 Q |U|}{AR^{\frac{2}{3}}} \dots\dots\dots 6$$

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) bergantung pada kondisi permukaan area yang bersentuhan dengan aliran (bagian basah). Tabel 1 menyajikan berbagai nilai koefisien kekasaran Manning untuk berbagai jenis permukaan saluran kanal.

Tabel 1. Koefisien Kekasaran Manning untuk Berbagai Jenis Permukaan Saluran

Channel surface area	Roughness coefficient, n
Concrete lined channel	0.011-0.010
Asphalt-lined channels	0.013-0.017
Rubble, riprap	0.017-0.30
Soil channel, sandy-silt	0.020
Clay	0.020
Soft sandstone	0.020
Clean gravelly soil	0.025
Soil channel, vegetated	0.030-0.150

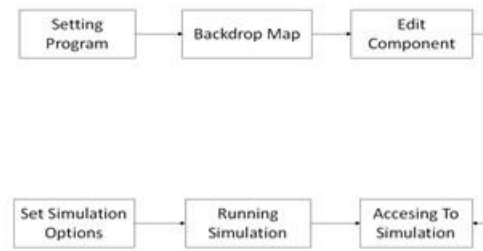
3.2 Analisis Data

Analisis menggunakan Microsoft Excel

1. Persiapan data curah hujan berdasarkan Stasiun Hujan Pekanbaru
2. Perhitungan analisis frekuensi dan curah hujan rencana menggunakan distribusi Normal, Log-normal, dan Log Pearson III
3. Penentuan batas sub-daerah aliran (*sub-watershed*)
4. Penentuan waktu konsentrasi menggunakan rumus Kirpich
5. Menghitung intensitas hujan menggunakan metode Mononobe
6. Menghitung koefisien limpasan permukaan (C)
7. Menghitung limpasan hujan menggunakan metode Rational
8. Menghitung kapasitas saluran
9. Simulasi aliran saluran

3.3 Analisis menggunakan Program SWMM

Alur kerja analisis menggunakan SWMM, lihat Gambar 3.

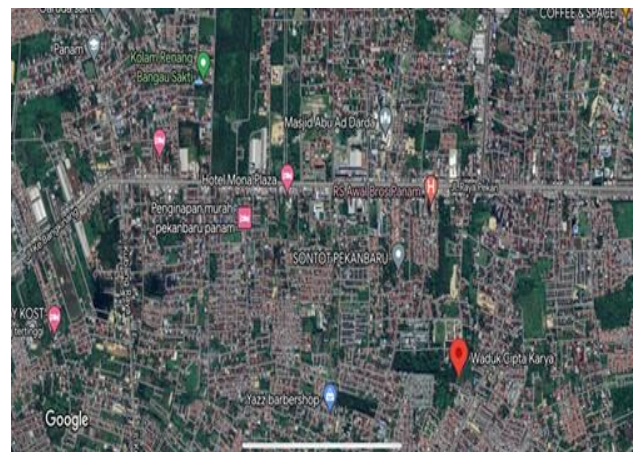


Gambar 3. Diagram Alir Analisis Program SWMM

3. METODOLOGI

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di area sistem drainase Jalan Soebrantas yang terletak di Kecamatan Tampan, Kota Pekanbaru. Ruang lingkup penelitian dimulai dari Sta 0 + 000 (Traffic Light Garuda Sakti) hingga Sta 2 + 800 (Traffic Light Tabek Gadang) di mana saluran drainase berada di sisi kiri Jalan Soebrantas.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

Data primer dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari survei lapangan di lokasi penelitian. Survei lapangan dilakukan dengan mengamati kondisi drainase yang ada, arah aliran limpasan di daerah tersebut, serta mengamati tata guna lahan di wilayah penelitian. Data yang diperoleh meliputi:

1. Pola aliran ditentukan melalui pengamatan langsung saluran drainase di lapangan dan disesuaikan dengan kontur yang diperoleh dari peta topografi;
2. Data dimensi saluran drainase dengan mengukur ukuran saluran drainase di lapangan;
3. Penentuan elevasi di lapangan menggunakan alat geodetik karena lebih praktis. Sistem Global Positioning System (GPS) geodetik adalah jenis GPS dengan akurasi tinggi hingga mencapai

milimeter yang digunakan untuk menentukan posisi satelit;

- Luas daerah tangkapan air (catchment area) adalah wilayah berupa cekungan yang dibatasi oleh penghalang topografi berupa punggung bukit yang mengandung jaringan sungai, di mana air hujan yang jatuh di daerah ini dialirkan melalui satu titik keluar daerah tangkapan tersebut;
- Data tata guna lahan dilakukan untuk menentukan jenis tutupan lahan di Sub Daerah Tangkapan (Sub Catchment) sehingga dapat menentukan parameter untuk masing-masing Sub Catchment. Parameter tersebut meliputi persentase tutupan kedap air (% impervious), N-Impervious, N-pervious, dan infiltrasi.

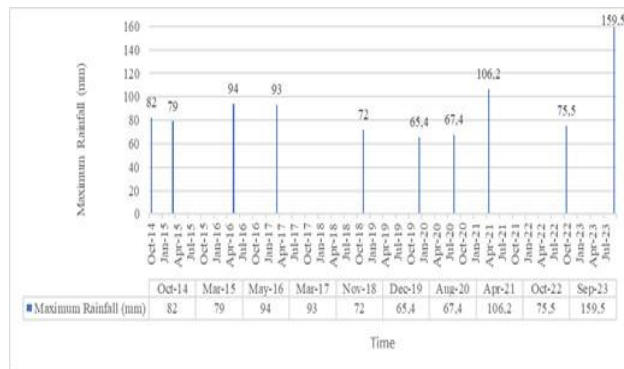
Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data curah hujan dan peta topografi. Data tersebut diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Sumatera III, Pekanbaru, Provinsi Riau. Curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan selama 10 tahun terakhir, mulai dari tahun 2014 hingga 2023.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

4.1.1 Data Curah Hujan

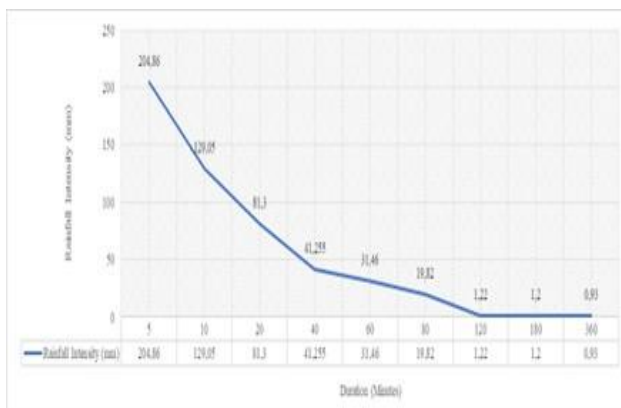
Analisis hidrologi memerlukan data curah hujan harian maksimum dari tahun 2014 hingga 2023 yang diperoleh dari BWS III Sumatera, Pekanbaru. Data curah hujan maksimum diambil dari Stasiun Hujan Pekanbaru selama periode sepuluh tahun (2014–2023) dan disajikan pada Gambar 4.



sebesar 0,141. Namun, distribusi Log Pearson III memiliki nilai probabilitas uji terkecil yaitu 0,059 dibandingkan dengan jenis distribusi lainnya, sehingga jenis distribusi yang dipilih adalah Log Pearson III.

4.1.3 Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe pada Persamaan 8. Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Republik Indonesia Tahun 2020, Kota Pekanbaru dikategorikan sebagai kota Metropolitan. Periode ulang yang digunakan untuk mengevaluasi saluran drainase Jalan Subrantas ditetapkan pada periode ulang 2–5 tahun. Untuk penelitian ini, digunakan periode ulang selama 5 tahun. Sebagai ilustrasi analisis dengan durasi 5 menit dan curah hujan maksimum 24 jam sebesar 112,74 mm, diperoleh nilai intensitas curah hujan sebesar 204,86 mm/jam. Hasil lengkap disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva Intensitas Curah Hujan untuk Periode Ulang 5 Tahun

Mengacu pada hasil pengukuran panjang saluran, lebar dasar saluran, dan kekasaran saluran (koefisien Manning), nilai dari masing-masing parameter disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Saluran: Panjang, Bentuk, Kedalaman Maksimum, Lebar Dasar, dan Kekasaran Saluran (Eksisting)

Conduit	Length (m)	Shape	Max Depth	Bottom width	Conduit Roughness
Garuda Street	200	Closed Rectangle	1,44	2,20	0,011
Bank-BRI	200	Closed Rectangle	0,90	1,10	0,011
Merpati Street	200	Closed Rectangle	1,17	1,20	0,011
SPBU	200	Rectangle	1,04	1,85	0,011
Bangau Street	200	Rectangle	1,40	1,30	0,011
Dealer Honda	200	Closed Rectangle	1,05	1,63	0,011
Elang Street	200	Rectangle	1,22	1,64	0,011
Cenderawasih Street	200	Rectangle	1,20	1,55	0,011
RSJ	200	Rectangle	0,93	1,50	0,011
RSJ-OUT	200	Rectangle	0,93	0,62	0,011
MTC	200	Closed Rectangle	0,84	1,05	0,011
Manyar Street	200	Closed Rectangle	0,87	1,20	0,011
Merak Street	200	Rectangle	1,13	2,00	0,011
Bank BTN	200	Rectangle	0,80	1,20	0,011
Hyundai	200	Rectangle	1,20	2,00	0,011
Tabek Gadang	200	Rectangle			

4.1.4 Debit Banjir Rencana

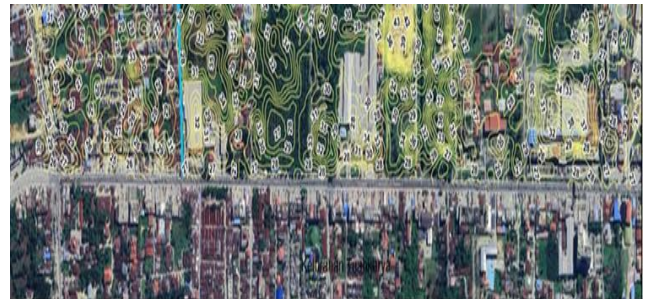
Debit limpasan langsung merupakan fungsi dari intensitas hujan, luas daerah tangkapan air, dan koefisien limpasan langsung yang bergantung pada penggunaan lahan. EPA-SWMM juga menyediakan metode untuk menghitung limpasan langsung pada saluran drainase di Jalan Subrantas menggunakan metode Rasional yang disajikan pada Gambar 8.

Topic: Link Flow Click a column header to sort the column.							
Link	Type	Maximum Flow CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum Velocity m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
COND2	CONDUIT	1.183	0	01:52	1.31	1.89	0.92
COND3	CONDUIT	1.173	0	02:02	0.95	0.74	0.88
COND4	CONDUIT	0.997	0	02:02	0.60	0.86	0.86
COND5	CONDUIT	0.826	0	02:02	0.78	0.38	0.58
COND6	CONDUIT	0.654	0	02:02	0.54	0.80	0.70
COND7	CONDUIT	0.484	0	02:01	0.42	0.34	0.58
COND14	CONDUIT	0.136	0	01:24	0.29	0.18	0.51
COND13	CONDUIT	0.231	0	02:05	0.28	0.14	0.89
COND12	CONDUIT	0.429	0	02:02	0.45	0.81	0.72
COND11	CONDUIT	0.623	0	02:01	0.74	0.89	0.93
COND10	CONDUIT	0.314	0	05:09	0.79	3.88	0.81
COND9	CONDUIT	0.504	0	02:00	0.90	0.43	0.40
COND1	CONDUIT	1.374	0	02:00	1.13	0.79	0.38
COND8	CONDUIT	0.078	0	01:17	0.26	0.11	0.55

Gambar 8. Debit Aliran Saluran Drainase

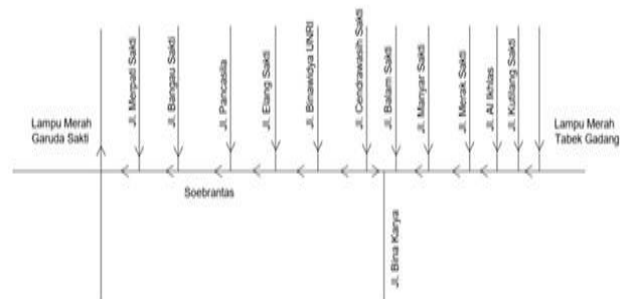
4.2 Analisis Hidraulik

Berdasarkan peta topografi, dapat dilihat bahwa elevasi di Jalan Subrantas, Kecamatan Panam, Pekanbaru memiliki topografi yang tidak rata. Peta topografi Jalan Subrantas ditampilkan pada Gambar 9.



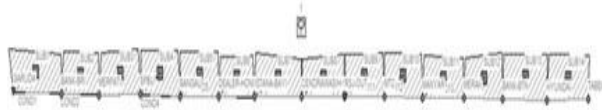
Gambar 9. Peta Topografi Jalan Subrantas

Berdasarkan Tabel 2 di atas, pola arah aliran saluran drainase Jalan Subrantas dapat ditentukan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 10.

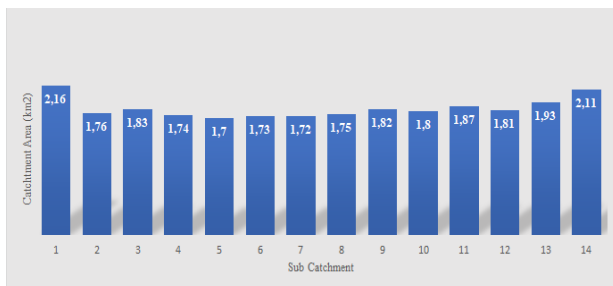


Gambar 10. Skematis Pola Aliran Saluran Drainase di Jalan Subrantas

Langkah selanjutnya adalah tahap digitalisasi untuk menyusun peta penggunaan lahan dengan memasukkan parameter ke dalam program SWMM 5.2. Kawasan Jalan Subrantas yang akan dimodelkan dalam program EPA SWMM 5.2 dibagi menjadi beberapa Subcatchment berdasarkan daerah tangkapan pada saluran drainase sesuai dengan Peta Topografi Jalan Subrantas, yang dibagi menjadi 15 Subcatchment, 14 Junction, 2 Outfall, dan 14 Conduit, yang disajikan pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11. Pembagian Subcatchment



Gambar 12 Pembagian Subcatchment Area di Jalan Subrantas

Global Positioning System (GPS) Geodetik adalah jenis GPS dengan akurasi tinggi yang mencapai tingkat milimeter dan digunakan untuk menentukan posisi berbasis satelit. Hasil pengukuran elevasi dasar saluran (invert elevation) dan kedalaman maksimum saluran di lokasi Jalan Subrantas disajikan seperti pada Tabel 2.

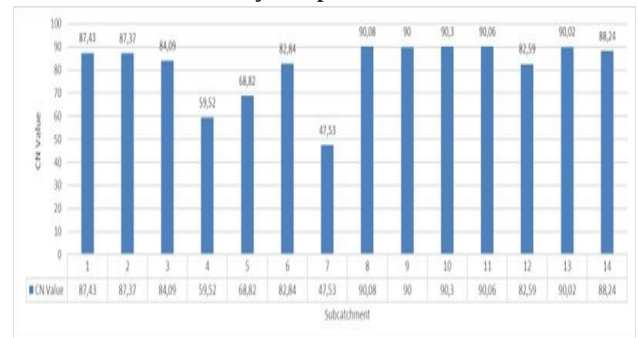
Junction	Out 1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	Out 2	J11	J12	J13	J14	J15
Invert Elevation (m)	25,36	25,44	25,46	26,57	26,16	26,57	26,7	26,8	26,8	26,98	27,0	27,31	27,24	27,50	
Max Depth (m)	1,44	0,90	1,17	1,04	1,05	1,22	1,20	0,93	0,93	0,84	0,87	1,13	0,80	0,80	2,75

Angka Kurva Limpasan (Curve Number/CN) adalah parameter empiris yang digunakan dalam hidrologi untuk memprediksi limpasan langsung atau infiltrasi dari kelebihan curah hujan. Metode CN digunakan dalam berbagai model untuk mensimulasikan limpasan dari kejadian hujan. Metode CN dikembangkan oleh USDA Natural Resources Conservation Service, yang sebelumnya dikenal sebagai Soil Conservation Service (SCS).

Angka CN dikembangkan berdasarkan analisis empiris terhadap limpasan dari plot daerah tangkapan kecil yang dipantau oleh USDA. Metode ini banyak digunakan dan merupakan cara yang efisien untuk menentukan perkiraan jumlah limpasan langsung dari suatu kejadian hujan di suatu wilayah tertentu.

Curve Number (CN) adalah angka kurva yang merupakan fungsi dari karakteristik daerah aliran sungai atau daerah tangkapan air seperti jenis tanah, penutup

lahan, penggunaan lahan, kelembapan, dan cara pengolahan lahan. CN tidak memiliki satuan (dimensionless), dan nilainya berkisar dari 0 (tidak ada limpasan) hingga 100 (seluruh curah hujan menjadi limpasan). Hasil analisis nilai CN untuk saluran drainase di Jalan Subrantas disajikan pada Gambar 14.

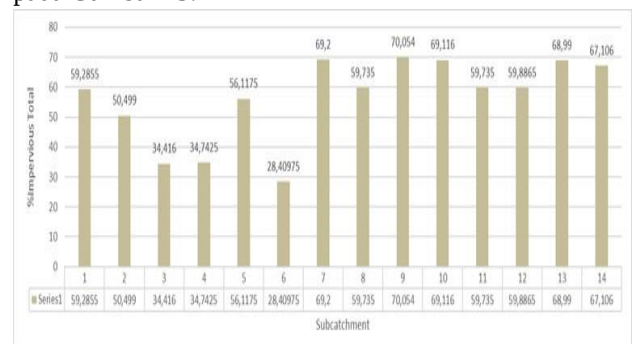


Gambar 14. Nilai CN di Jalan Subrantas

Berdasarkan Gambar 14 di atas, nilai CN terbesar terjadi pada Subcatchment 8 sebesar 90,08 (90,8% curah hujan menjadi limpasan dan 9,2% menjadi infiltrasi), sedangkan nilai CN terkecil terjadi pada Subcatchment 7 sebesar 47,53 (47,53% curah hujan menjadi limpasan dan 52,47% menjadi infiltrasi).

Persentase Permukaan Kedap Air (*Percent Impervious Surface*) adalah ukuran persentase suatu lanskap yang tertutup oleh permukaan keras yang tidak memungkinkan air meresap ke dalam tanah. Permukaan kedap air merupakan salah satu penyumbang utama terhadap banjir dan masalah kualitas air.

Hasil analisis persentase permukaan kedap air merupakan parameter penting sebagai input untuk model EPA-SWMM dalam menganalisis bahwa peningkatan permukaan kedap air menyebabkan peningkatan volume limpasan air hujan. Hal ini menyebabkan puncak banjir yang lebih tinggi, frekuensi banjir yang lebih sering, dan aliran dasar yang lebih rendah pada aliran sungai di Saluran Drainase Jalan Subrantas, yang disajikan secara lengkap pada Gambar 15.



Gambar 15. Persentase Total Permukaan Kedap Air di Jalan Subrantas

Mengacu pada Gambar 15 di atas, persentase permukaan kedap air terbesar terjadi pada Subcatchment 9 sebesar 70,054%, sedangkan yang terkecil terjadi pada Subcatchment 6 sebesar 28,409%.

Parameter subcatchment yang akan dimasukkan ke dalam SWMM meliputi outlet, lebar, % kemiringan, permukaan kedap air, N-pervious, % kedap air nol, dan metode infiltrasi.

Tabel 3. Data Input Subcatchment

Data	Subcatchment						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Area (Ha)	2,16	1,76	1,83	1,74	1,7	1,73	1,72
Width (m)	651	564	582	567	565	573	567
% Slope	0,047	0,054	0,0524	0,0538	0,054	0,0532	0,1613
% Impervious	59,2855	50,50	34,16	34,74	34,16	56,12	28,41
N-Impervious	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
N-Pervious	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
D-Store Impervious	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
D-Store Pervious	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
% Zero Impervious	10	10	10	10	10	10	10
Method Impervious	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN
Curve Number	87,43	87,37	84,09	59,52	68,82	82,84	53,83

Data	Subcatchment						
	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Area (Ha)	1,75	1,82	1,8	1,87	1,81	1,93	2,11
Width (m)	573	582	576	588	575	593	623
% Slope	0,16	0,052	0,1058	0,0518	0,106	0,0514	0,1468
% Impervious	69,2	59,735	70,054	69,116	59,735	59,886	68,99
N-Impervious	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
N-Pervious	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
D-Store Impervious	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
D-Store Pervious	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
% Zero Impervious	10	10	10	10	10	10	10
Method Impervious	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN
Curve Number	90,08	90,0	90,30	90,06	82,59	90,02	88,24

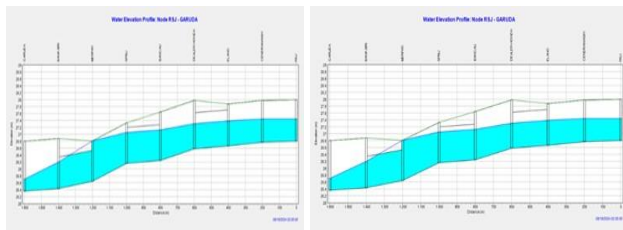
4.3 Analisis Simulasi EPA – SWMM

4.3.1 Simulasi Simulasi Drainase Eksisting (Skema 1)

Hasil jalannya simulasi model untuk periode ulang lima tahun dalam kondisi eksisting menggunakan perangkat lunak EPA SWMM pada saluran drainase di sebelah kanan Jalan Subrantas dari Bangkinang menuju Kota Pekanbaru disajikan dalam Tabel 4, Gambar 16, dan Gambar 17.

Tabel 4. Dimensi saluran dengan kedalaman dan lebar ditetapkan (Eksisting)

Conduit	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
Width Channel (m)	2,20	1,10	1,20	26,57	26,16	26,57	26,7	26,8	26,8	26,8	26,98	27,0	27,31	27,24
Depth Channel (m)	1,44	1,10	1,20	1,85	1,30	1,63	1,64	1,55	0,62	1,02	1,20	2,00	1,20	2,00

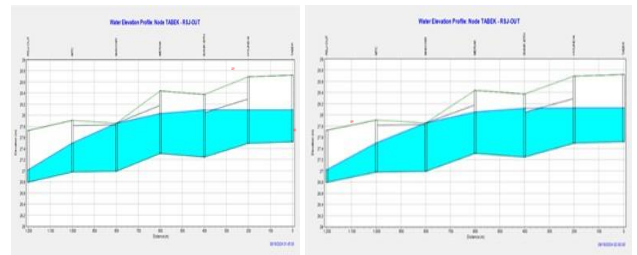


Gambar 16. Profil Ketinggian Permukaan Air pada Node J3 pukul 01.45 (saluran mulai meluap) dan pukul 02.00 (ketinggian air mencapai maksimum)

Berdasarkan Gambar 16 di atas, hasil simulasi EPA SWMM dalam kondisi eksisting membuktikan bahwa terjadi banjir di saluran drainase di Jalan Subrantas.

Saluran-saluran drainase yang meluap banyak terjadi pada conduit C2, C3, C10, C11, C12, dan C13. Setiap saluran tersebut meluap setelah 2 jam hujan.

Deskripsi profil permukaan air untuk semua area terpilih: Tampak bahwa ketinggian air banjir dapat dilihat di persimpangan yang menghubungkan conduit-conduit tersebut. Banjir mulai terjadi pada saat hujan memasuki 1 jam 45 menit. Kondisi saluran drainase menunjukkan bahwa air meluap di Junction J3 karena kapasitas saluran drainase tidak mencukupi. Junction J3 terletak di Jalan Merpati Sakti, dengan kondisi penyebabnya adalah penumpukan sedimentasi yang menghambat aliran air masuk ke saluran drainase. Ini menjadi penyebab terjadinya genangan di area tersebut.



Gambar 16. Profil Elevasi Muka Air pada Node J11 dan J13 pukul 01.45 (kondisi saluran mulai meluap) dan pukul 02.00 (tinggi muka air mencapai maksimum).

Mengacu pada Gambar 16 di atas, juga terdapat limpasan air pada saluran drainase di simpul J11 dan J13. Pada simpul J11 dan J13, profil muka air melebihi tinggi muka air saluran drainase eksisting yang terletak di depan Jalan Manyar dan Bank BTN Cabang Panam, dengan kondisi saluran mengalami penumpukan sedimen di dasar saluran. Profil aliran ini menggambarkan muka air pada saat debit maksimum relatif terhadap tinggi muka air di dalam saluran. Jika profil muka air sama atau lebih tinggi dari muka air saluran, maka saluran tersebut akan mengalami limpasan.

4.3.2 Simulasi Perancangan Ulang Saluran Drainase (Skema 2)

Kapasitas saluran drainase eksisting pada saluran drainase di Jalan Sudirman perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk mengatasi terjadinya genangan banjir. Perancangan ulang diperlukan untuk memastikan bahwa kapasitas saluran drainase mampu menampung debit air hujan yang kemudian dialirkan ke saluran utama (sungai). Skematisasi eksisting ini dilakukan dengan merencanakan kembali dimensi saluran drainase baru yang mampu menampung limpasan air sehingga tidak menimbulkan genangan atau banjir di kawasan Jalan Subrantas.

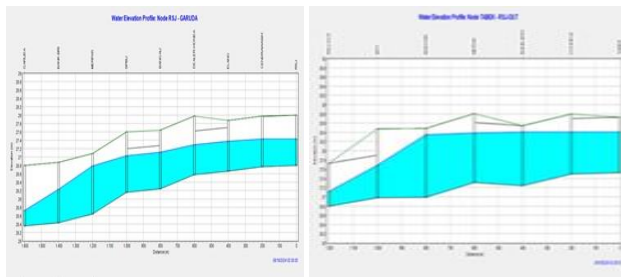
Perancangan ulang dimensi saluran baru berarti melakukan rekayasa variasi terhadap tinggi muka air di saluran drainase, dengan metode coba-coba menggunakan perangkat lunak EPA SWMM hingga diperoleh dimensi

saluran drainase yang efektif, yang dibuktikan dengan luas penampang saluran yang cukup drainase.

Tabel 5. Dimensi saluran baru dengan kedalaman 1,50 m dan lebar ditetapkan

Conduit	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
Width Channel (m)	2,20	1,10	1,20	26,57	26,16	26,57	26,7	26,8	26,8	26,8	26,98	27,0	27,31	27,24
Depth Channel (m)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50

Hasil simulasi menggunakan EPA–SWMM dengan dimensi saluran baru dengan kedalaman saluran 1,50 m dan lebar saluran tetap untuk selanjutnya disajikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Profil Elevasi Muka Air pada Junction Out 1 hingga J15 di Jalan Subrantas.

Hasil simulasi EPA SWMM membuktikan bahwa dengan melakukan normalisasi melalui pendalaman saluran drainase Jalan Subrantas hingga kedalaman 1,5 meter, banjir telah terjadi pada saluran drainase Jalan Subrantas mulai dari saluran C1 hingga C14, serta pada titik pertemuan (Junction) mulai dari Out 1 hingga J15.

5.KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil evaluasi studi drainase yang sedang dilakukan di Jalan Soebrantas, Kota Pekanbaru, dapat disimpulkan bahwa kondisi saluran drainase saat ini belum mampu menampung aliran air yang meluap dari hulu ke hilir. Hasil evaluasi menggunakan Program EPA SWMM 5.0 terbukti mampu mensimulasikan permasalahan drainase tersebut. Solusi yang ditawarkan adalah dengan mengubah kedalaman saluran drainase menjadi 1,5 meter agar dimensi saluran mampu menampung kapasitas aliran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai (BWS) III Sumatera, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Republik Indonesia atas izin penggunaan data curah hujan yang digunakan untuk penelitian, yaitu data curah hujan selama 10 tahun terakhir, mulai dari tahun 2014 hingga 2023. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Kelompok Diskusi Riset (*Research Discussion Group*)

Divisi Hidrologi dan Hidraulika, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, atas bantuan dalam membantu analisis statistik serta pengoperasian program EPA SWMM 5.2 yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Spence, P. C. Annez, and R. M. Buckley, *Urbanization and Growth*. Washington, DC, USA: World Bank Publications, 2009.
- [2] M. Guan, N. Sillanpää, and H. Koivusalo, “Modelling and assessment of hydrological changes in a developing urban catchment,” *Hydrol. Process.*, vol. 29, pp. 2880–2894, 2015
- [3] K. Sowmya, C. John, and N. Shrivasthava, “Urban flood vulnerability zoning of Cochin City, southwest coast of India, using remote sensing and GIS,” *Nat. Hazards*, vol. 75, pp. 1271–1286, 2015
- [4] A. E. Barbosa, J. N. Fernandes, and L. M. David, “Key issues for sustainable urban stormwater management,” *Water Res.*, vol. 46, pp. 6787–6798, 2012.
- [5] A. P. Davis and R. H. McCuen, *Stormwater Management for Smart Growth*. New York, NY, USA: Springer, 2005.
- [6] M. Kayhanian *et al*., “Review of highway runoff characteristics: Comparative analysis and universal implications,” *Water Res.*, vol. 46, pp. 6609–6624, 2012.
- [7] K. Lee *et al*., “Cost-effectiveness analysis of stormwater best management practices (BMPs) in urban watersheds,” *Desalin. Water Treat.*, vol. 19, pp. 92–96, 2010.
- [8] F. Zakizadeh, “Optimal placement of low impact development measures for urban runoff management (case study: the part of District 22 of Tehran),” Ph.D. dissertation, Univ. of Tehran, Karaj, Iran, 2020.
- [9] K. S. Choi and J. E. Ball, “Parameter estimation for urban runoff modelling,” *Urban Water*, vol. 4, pp. 31–41, 2002.
- [10] L. Kartiko, R. Santoso, and B. Wasposito, “Drainage channel capacity analysis using the SWMM 5.1 program in Tasmania Bogor Housing, West Java,” *J. Civ. Environ. Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 133–148, 2018.
- [11] A. Istianah, H. B. Kuncoro, and D. S. Budiningrum, “Capacity analysis of drainage channels for Jagansari Residence, Grobogan Regency,” *J. Civ. Eng. ITP*, vol. 10, no. 1, 2023.
- [12] J. G. Lee *et al*., “A watershed-scale design optimization model for stormwater best management practices,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 37, pp. 6–18, 2012.
- [13] S. Dasgupta, A. K. Gosain, S. Rao, S. Roy, and M. Sarraf, “A megacity in a changing climate: The case

- of Kolkata,” *Clim. Change*, vol. 116, no. 3–4, pp. 747–766, 2013.
- [14] B. Gersonius, R. Ashley, A. Pathirana, and C. Zevenbergen, “Climate change uncertainty: Building flexibility into water and flood risk infrastructure,”
- [15] P. Kirshen *et al*., “Adapting urban infrastructure to climate change: A drainage case study,” *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 2014,
- [16] W. J. Rawls, V. Stricker, and K. Wilson, “Review and evaluation of urban flood flow frequency procedures,” *USDA Sci. Ed. Admin., Agric. Res. Cent. West*, Beltsville, MD, 1980.
- [17] G. Camorani, A. Castellarin, and A. Brath, “Effects of land-use changes on the hydrologic response of reclamation systems,” *Phys. Chem. Earth A/B/C*, vol. 30, no. 8–10, pp. 561–574, 2005.
- [18] H. T. L. Huong and A. Pathirana, “Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam,” *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 17, no. 1, pp. 379–394, 2013.
- [19] A. S. Chen, M. H. Hsu, C. J. Huang, and W. Y. Lien, “Analysis of the Sanchung inundation during Typhoon Aere, 2004,” *Natural Hazards*, vol. 56, no. 1, pp. 59–79, 2011.
- [20] M. H. Hsu, S. H. Chen, and T. J. Chang, “Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system,” *J. Hydrol.*, vol. 234, no. 1, pp. 21–37, 2000.
- [21] F. Piadeh *et al*., “Enhancing urban flood forecasting in drainage systems using dynamic ensemble-based data mining,” *Water Res.*, vol. 247, art. no. 120791, 2023
- [22] N. Wijaya, “Coastal community’s responses to water infrastructure under climate-related disaster in Semarang City, Indonesia,” *ASEAN Eng. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 14–33, 2016.
- [23] G. H. Yunusa and A. Kassim, “Optimizing irrigation and drainage rates in Sri paddy fields,” *J. Technol.*, vol. 78, no. 6–12, pp. 23–29, 2016
- [24] R. Faizal, N. A. Prasetya, Z. Alstony, and A. Rahman, “Evaluation of the drainage system using the Storm Water Management Model (SWMM) in preventing waterlogging in Tarakan City,” *J. Civ. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–12, 2019
- [25] A. Pratama, Sumiharni, and R. Febrina, “Evaluation of drainage systems using the EPA SWMM 5.2 program (case study: Jalan Pramuka, Rajabasa District, Bandar Lampung City),” *J. Sustain. Civ. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 63–69, 2023.
- [26] S. Fauziah, “Evaluation of drainage channel capacity using HEC-RAS 4.10 and EPA SWMM 5.1 software,” *M.S. thesis*, Sultan Agung Islamic Univ., Semarang, Indonesia, 2021.
- [27] E. Efrizal, N. Hidayati, and Y. A. Saputro, “Implementation of HEC-RAS 4.1.0 and EPA-SWMM 5.1.0 software on the effectiveness of drainage channel analysis (case study of Kelet Village, Keling District, Jepara Regency),” *J. Civ. Eng. Stud.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–16, 2022.
- [28] L. A. Rossman and W. C. Hubert, *Storm Water Management Model Reference Manual, Volume I – Hydrology (Revised)*. Cincinnati, OH, USA: Natl. Risk Manage. Lab., U.S. EPA, 2016.