

VOCATECH

VOCATIONAL EDUCATION AND TECHNOLOGY JOURNAL

Biannual



P-ISSN : 2716-5183

E-ISSN : 2686-4770

Published By:
Unit Penelitian, Pengabdian Masyarakat dan Penjaminan Mutu
Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat

ABOUT JOURNAL

- **E-ISSN** : 2716-5183 (online)
- **P-ISSN** : 2686-4770 (print)
- **Accreditation Number** : 105/E/KPT/2022 (SINTA 5)
- **Frequency** : Biannual (April and October)
- **Citation Analysis** : Dimensions, Google Scholar
- **Publisher** : LPPM AKN Aceh Barat dan ADGVI (View MoU)
- **DOI Prefiks** : <https://doi.org/10.38038>

Editorial Team

Editor-in-Chief

Dr. Tanzir Masykar, Scopus ID: 57222708900; Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat, Indonesia

Editorial Board

Febri Nurrahmi, Scopus ID: 57200338989; Universitas Syiah Kuala, Indonesia

Dr. Eng. Zulfhazli Abdullah, Scopus ID: 58243464300; Universitas Malikussaleh, Indonesia

Roni Agusmaniza, Universitas Teuku Umar, Indonesia

Nica Astrianda, Universitas Teuku Umar, Indonesia

Jagodang Harahap, Politkenik Negeri Lhoksumawe, Indonesia

Hery Wiharja. MS, Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat, Indonesia

Mr. Kusmira Agustian, Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat, Indonesia

Vol 6, No 2 (2025): April

Table of Contents

Articles

Pengaruh Kecepatan Kendaraan Akibat Pemasangan Speed Bump: Model Greenberg 10.38038/vocatech.v6i2.198 <i>Cut Meutia Faradilla, Zulfhazli Abdullah, Mukhlis Mukhlis, Nura Usrina, Herman Fithra, Muhammad Fikry</i>	PDF 1-9
Analisis Konseptual Model Pengaruh Perilaku dan Kepedulian Konsumen Terhadap Daur Ulang Sampah Elektronik 10.38038/vocatech.v6i2.201 <i>Nabila Yudisha, Bayun Matsaany, Marwah Masruroh, Intan Wulan Sari</i>	PDF 10-20
Penentuan Jalur Kritis Dalam Manajemen Proyek Pada Pembangunan Gedung Convention Hall And Exhibition Center UPI 10.38038/vocatech.v6i2.200 <i>Putri Dzydzykry Siti Labaika, Sri Rahayu, Diana Rahayu</i>	PDF 21-34
Implementasi Low Impact Development (LID) Untuk Optimalisasi Drainase Perkotaan Dan Mitigasi Banjir 10.38038/vocatech.v6i2.204 <i>Rais Amin, Astri Rinanti, Endah Kurniyaningrum, Dina Paramita Anggraini, Muhammad Luthfi Assidik</i>	PDF 35-47

IMPLEMENTASI *LOW IMPACT DEVELOPMENT* (LID) UNTUK OPTIMALISASI DRAINASE PERKOTAAN DAN MITIGASI BANJIR

Rais Amin

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti
Jalan Kyai Tapa No. 1 Grogol, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11440
Program Studi Teknologi Rekayasa dan Pemeliharaan Bangunan Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri
Malang, Jalan Semarang No. 5 Malang, Kota Malang, Jawa Timur 65145

Astri Rinanti

Endah Kurniyaningrum*

Dina Paramita Anggraini

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti
Jalan Kyai Tapa No. 1 Grogol, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11440

Muhammad Luthfi Assidik

Magister of Water Resources Engineering, Faculty of Bioscience Engineering, KU Leuven University
Leuven, 1425, Belgium.

Abstract

The frequent problems of flooding and waterlogging in Serang City are triggered by unpredictable rainfall patterns and the limited capacity of the drainage system. The increasing land-use changes and rapid development put additional pressure on the existing drainage channels, leading to excessive runoff and exacerbating the flood risks in several urban areas. This study aims to evaluate the implementation of Low Impact Development (LID) approaches to improve the performance of urban drainage systems in Serang City to reduce water runoff and enhance the capacity of the drainage system to handle the frequent flooding risks. Unpredictable rainfall patterns, combined with the limited capacity of drainage channels, have caused waterlogging and flooding in some areas of the city. Simulations using the Storm Water Management Model (SWMM) software indicate that the implementation of LID techniques, such as bioretention and permeable pavement, is effective in reducing runoff volume flowing into the drainage system and improving water flow efficiency. The simulation results show a reduction in the continuity error value of surface runoff from -0.62% to -0.38%, which is still within an acceptable limit. However, one channel still experiences waterlogging due to limited channel capacity and suboptimal slope. These findings suggest that LID implementation can be a long-term solution to address drainage and flooding issues in urban areas. This study also contributes significantly to designing more environmentally friendly drainage systems, taking into account the impacts of climate change and rapid urbanization.

Keywords:

LID; drainage system; flood control

Abstrak

Masalah genangan dan banjir yang sering terjadi di Kota Serang, dengan dipicunya perubahan pola curah hujan yang tidak menentu dan kapasitas sistem drainase yang terbatas. Meningkatnya perubahan tata guna lahan dan pembangunan yang pesat menambah tekanan pada saluran drainase yang ada, sehingga menyebabkan terjadinya limpasan air yang berlebihan dan memperburuk risiko banjir di beberapa kawasan kota. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan pendekatan *Low Impact Development* (LID) dalam meningkatkan kinerja sistem drainase perkotaan di Kota Serang guna mengurangi limpasan air dan meningkatkan daya tampung sistem drainase terhadap potensi banjir yang sering terjadi. Perubahan pola curah hujan yang tak terduga, ditambah dengan kapasitas saluran drainase yang terbatas, menyebabkan terjadinya genangan dan banjir di beberapa area kota. Simulasi menggunakan perangkat lunak *Storm Water Management Model* (SWMM) menunjukkan bahwa penerapan LID, seperti bioretensi dan perkerasan berpori, efektif mengurangi volume limpasan yang mengalir ke dalam sistem drainase dan meningkatkan efisiensi aliran air. Hasil simulasi menunjukkan penurunan nilai *continuity error* pada *surface runoff* dari -0,62% menjadi -0,38%, yang masih berada di bawah batas yang dapat diterima. Meskipun demikian, terdapat satu saluran yang masih mengalami genangan karena kapasitas saluran terbatas dan kemiringan yang tidak optimal. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan LID dapat menjadi solusi jangka panjang untuk mengatasi masalah drainase dan banjir di perkotaan. Penelitian ini juga

memberikan kontribusi penting dalam merancang sistem drainase yang lebih ramah lingkungan, dengan mempertimbangkan dampak perubahan iklim dan urbanisasi yang cepat.

Kata Kunci:

LID; sistem drainase; pengendalian banjir

DOI : <https://doi.org/10.38038/vocatech.v6i2.204>

Received: 23 Maret 2025; Accepted: 21 April 2025; Published: 23 April 2025

***Corresponding author:**

Endah Kurniyaningrum, Program Studi Megister Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti, Jalan Kyai Tapa No. 1 Grogol, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11440

Email: kurniyaningrum@trisakti.ac.id

1. PENDAHULUAN

Banjir di area perkotaan merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh banyak kota besar di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Terutama di wilayah pusat perkotaan, masalah genangan banjir menjadi sorotan utama karena dampak yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar. Kerugian tersebut mencakup kerusakan pada pemukiman, gangguan aktivitas sehari-hari, kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, hingga potensi hilangnya nyawa manusia (Yuono et al., 2024). Salah satu masalah utama adalah tingginya curah hujan yang memberikan beban berat pada sistem drainase yang ada di kawasan perkotaan. Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan yang tidak hanya menyelesaikan masalah drainase dalam jangka pendek, tetapi juga dapat mengatasi masalah drainase secara menyeluruh dan berkelanjutan (Raharjo, 2024), terutama pada musim hujan dengan curah hujan yang sangat tinggi.

Pertumbuhan pembangunan infrastruktur di banyak kota besar, termasuk Kota Serang Provinsi Banten membawa dampak signifikan terhadap tata guna lahan. Wilayah yang awalnya merupakan area resapan air kini berubah menjadi kawasan terbangun, baik untuk pemukiman, infrastruktur, dan industri. Perubahan ini menjadikan penurunan luasan area hijau dan memengaruhi peningkatan fluktuasi debit aliran, pola curah hujan, serta teknik pengelolaan lahan (Fadhil et al., 2021). Proses tersebut tidak diiringi dengan perencanaan yang matang terkait sistem pengelolaan air hujan sehingga menimbulkan daya serap air yang menurun drastis dan menambah beban sistem drainase yang sudah ada.

Sistem drainase perkotaan umumnya dirancang berdasarkan data historis yang mengasumsikan stabilitas variabel hidrologi. Namun, dengan adanya perubahan iklim, pola curah hujan dan intensitas hujan menjadi tidak terduga. Perubahan ini menetapkan salah satunya pada suatu bangunan baru seperti bangunan hunian, perkantoran, ataupun infrastruktur yang harus dipertimbangkan seminimal mungkin perubahan limpasan permukaan dan memiliki sistem drainase yang cukup (Deliana & Utomo, 2017).

Perubahan iklim memiliki dampak yang luas terhadap berbagai aspek lingkungan, termasuk dalam bidang hidrologi. Beberapa indikator perubahan iklim seperti curah hujan dan suhu permukaan tanah memiliki potensi besar mempengaruhi keseimbangan siklus hidrologi (Kurniyaningrum, 2024). Masalah ini menyebabkan perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu, kenaikan permukaan air laut, serta peningkatan frekuensi dan intensitas peristiwa cuaca ekstrem, yang semuanya merupakan akibat dari perubahan iklim secara keseluruhan (Nuraisah et al., 2019). Kondisi ini secara langsung memengaruhi sistem drainase perkotaan, karena sistem tersebut awalnya dirancang berdasarkan asumsi kondisi iklim yang stabil. Beberapa faktor lain yang berkontribusi terhadap frekuensi dan intensitas banjir antara lain topografi yang bervariasi, perubahan penggunaan lahan, kondisi cuaca, dan dampak dari perubahan iklim (Aprianto et al., 2024).

Perilaku masyarakat juga memainkan peranan penting untuk menjaga keberlanjutan kualitas air. Kualitas air kini kian menurun disebabkan tercemarnya dalam pembuangan limbah domestik langsung ke drainase bahkan ke badan sungai tanpa pengelolaan terlebih dahulu (Shaskia & Yunita, 2021). Pendekatan LID ini dapat juga dimanfaatkan sebagai alat monitoring kualitas air berbasis IoT yang dikembangkan dalam pemantauan kondisi air secara *real-time* (Setiawan & Handayani, 2021). Hal ini menegaskan pentingnya peran serta masyarakat dalam upaya mitigasi banjir dan pengelolaan air berkelanjutan.

Kota Serang sebagai Ibu Kota Provinsi Banten, mengalami perkembangan yang pesat dalam beberapa dekade akhir ini. Perkembangan ini membawa berbagai dampak, salah satunya adalah peningkatan masalah banjir di berbagai wilayah kota. Drainase yang tidak mampu menampung limpasan air dari curah hujan yang tinggi, terutama di kawasan pemukiman padat penduduk. Maka dari itu, daerah rawan banjir

dapat membantu merancang sistem drainase yang lebih baik dan membangun infrastruktur yang lebih tahan terhadap banjir melalui informasi pemetaan daerah rawan banjir (Fattah et al., 2023).

Maka dari itu penting untuk mencari solusi yang berkelanjutan dalam pengelolaan limpasan air di perkotaan. Salah satunya dengan pendekatan yang mulai diadopsi dengan berfokus pada pengurangan dampak aliran permukaan air hujan melalui pendekatan ekosistem alamiah yaitu pembangunan berdampak rendah/*low impact development* (LID). Pendekatan ini merupakan pendekatan yang mengutamakan teknologi hijau dan pengelolaan air berbasis ekosistem. Pendekatan penggunaan sistem LID ini salah satu bentuk pembangunan infrastruktur yang bertujuan untuk memperlambat aliran limpasan dengan cara meningkatkan laju infiltrasi dan/atau evapotranspirasi (S Hanastasia & Sudradjat, 2016). Pendekatan ini terbukti efektif dalam mengendalikan puncak debit air serta meningkatkan kualitas air dari limpasan permukaan, sekaligus mengurangi dampak negatif yang timbul akibat pembangunan (Cristobal et al., 2024).

LID berkontribusi pada kualitas air yang lebih baik dan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Untuk perencanaan dan optimalisasi sistem drainase, aplikasi *Storm Water Management* (SWMM) yang dikembangkan oleh EPA, menjadi alat penting untuk mensimulasikan aliran permukaan dan pengelolaan air hujan, termasuk analisis skenario perubahan iklim, guna meningkatkan efisiensi sistem drainase dan mitigasi risiko banjir di lingkungan perkotaan (Grace et al., 2022) serta dapat mensimulasikan aliran akibat perubahan tutupan lahan (Firmansyah et al., 2024).

Penelitian ini berfokus pada efektivitas desain sistem drainase dengan memperhitungkan kapasitas drainase eksisting dan setelah menggunakan skema LID dengan aplikasi SWMM, dalam membantu pengambilan keputusan untuk mitigasi risiko banjir dan peningkatan efisiensi sistem drainase di lingkungan perkotaan. Sehingga desain drainase dapat disesuaikan untuk menghadapi tantangan jika terjadi hujan yang tidak menentu.

2. STUDI PUSTAKA

1.1. *Low Impact Development* (LID) dalam Drainase Perkotaan

Low Impact Development (LID) merupakan pendekatan perencanaan yang bertujuan untuk mengurangi dampak pembangunan terhadap lingkungan dengan meniru pola hidrologi alami. LID berfokus pada pengelolaan limpasan air hujan, meminimalkan aliran permukaan, dan meningkatkan infiltrasi untuk mengurangi dampak negatif urbanisasi terhadap kualitas air dan mitigasi banjir. Pendekatan ini semakin relevan di tengah perubahan iklim dan urbanisasi pesat, mengingat sistem drainase tradisional seringkali tidak dapat mengatasi curah hujan ekstrem. Beberapa prinsip utama LID termasuk pengelolaan limpasan di dekat sumbernya, penggunaan teknologi ramah lingkungan, dan infrastruktur hijau. Teknik-teknik seperti atap hijau, perkerasan berpori, bioswales, dan taman hujan membantu mengatur limpasan dan meningkatkan kualitas air, serta mengurangi volume air yang masuk ke dalam sistem drainase utama, membuat LID menjadi solusi berkelanjutan dalam perencanaan kota (Ahiablame et al., 2012; Miller & Hutchins, 2017; Pour et al., 2020).

1.2. Metode Optimasi dalam Sistem Drainase

Sistem drainase memiliki peran penting dalam pengelolaan air, khususnya dalam mencegah banjir di daerah perkotaan, dan berbagai metode optimasi telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi serta efektivitasnya. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah metode analitik, di mana pemrograman linier diterapkan untuk menentukan dimensi optimal saluran drainase dengan mempertimbangkan biaya dan kapasitas aliran. Beberapa penelitian menggunakan teori optimasi, seperti algoritma genetik, untuk menentukan ukuran dan kapasitas saluran drainase yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini dapat mengurangi biaya konstruksi sekaligus meningkatkan efisiensi aliran air (Malamataris et al., 2020).

1.3. Pemodelan Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM

Storm Water Management Model (SWMM) adalah model simulasi dinamis yang dikembangkan oleh U.S. *Environmental Protection Agency* (EPA) untuk menganalisis hubungan antara curah hujan dan limpasan air permukaan. Model ini memperhitungkan berbagai proses hidrologi seperti curah hujan, penguapan, infiltrasi air, serta interaksi dengan sistem drainase yang ada, memungkinkan analisis masalah kuantitas limpasan di area perkotaan. SWMM membantu merencanakan sistem drainase yang lebih efektif dengan mengidentifikasi titik-titik kritis yang rentan terhadap banjir dan genangan (Belladonna et al., 2023; Fransiska et al., 2020).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di kawasan Alun-Alun Kota Serang, Provinsi Banten, dengan fokus pada analisis sistem drainase perkotaan dan penerapan *Low Impact Development* (LID). Lokasi penelitian ini dipilih karena kawasan tersebut mengalami masalah banjir akibat meningkatnya limpasan air hujan yang tidak tertampung oleh sistem drainase yang ada. Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data seperti studi lapangan, peta topografi, dan data curah hujan. Data tersebut kemudian diproses untuk menentukan area tangkapan dan analisis curah hujan menggunakan metode Triangle dan Weibull. Selanjutnya, perangkat lunak SWMM digunakan untuk simulasi sistem drainase. Pendekatan LID diterapkan melalui *bio-retentioncell* dan *permeable pavement* untuk mengurangi limpasan dan meningkatkan infiltrasi. Evaluasi efektivitas LID dilakukan untuk merancang kapasitas saluran drainase yang lebih efisien dan mengurangi risiko banjir di Kota Serang. Area penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

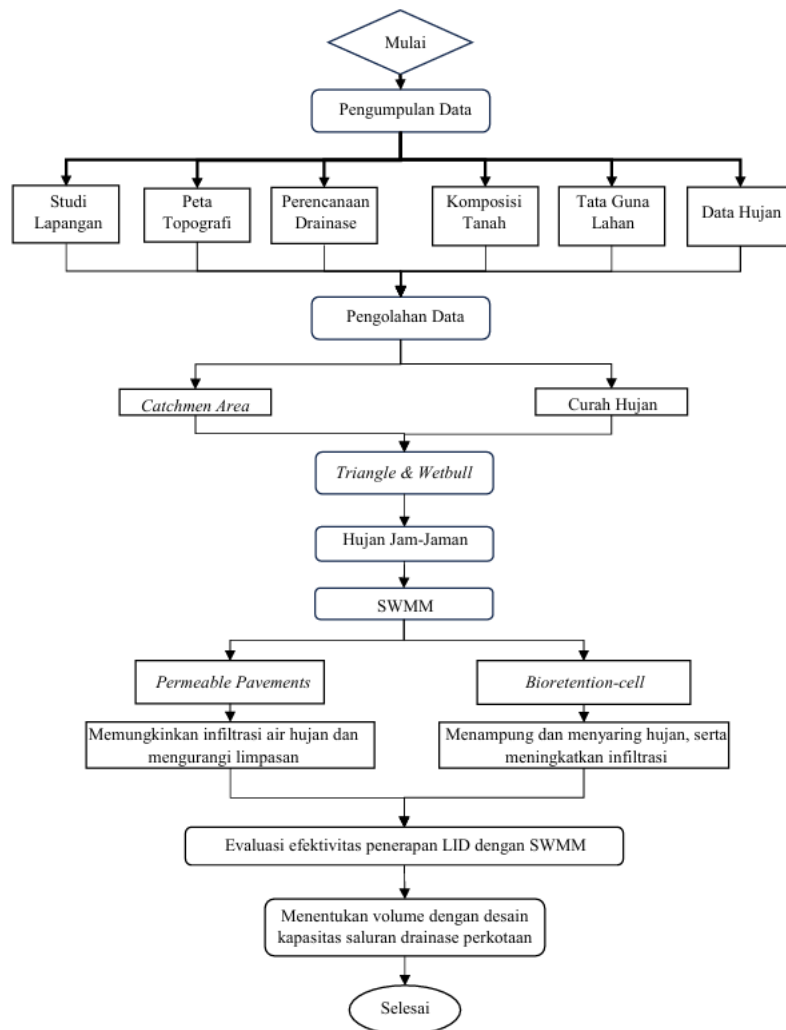


Gambar 1. Peta lokasi penelitian alun-alun kota serang banten

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data curah hujan historis 15 tahun dari 2010 sampai 2024 yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Serang, serta data topografi, jaringan drainase eksisting, dan data penggunaan lahan yang tersedia di wilayah Kota Serang. Selain itu, data permeabilitas tanah juga digunakan untuk menentukan kapasitas tanah dalam menyerap air hujan, yang mendukung penerapan kontrol LID seperti bioretensi dan perkerasan berpori.

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi dengan *Storm Water Management Model* (SWMM) untuk mensimulasikan skenario LID dan dampaknya terhadap sistem drainase. Variabel yang dianalisis meliputi skenario LID berupa Perkerasan Berpori (*permeable pavement*) dan Bioretensi (*Bio-Retention Cell*) untuk mengurangi limpasan air hujan. Penelitian ini menggunakan model SWMM untuk menghitung volume limpasan air, debit aliran, dan kedalaman aliran di saluran drainase, baik dalam kondisi eksisting maupun setelah penerapan LID.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Hydrognomon* 4.0.3 untuk menghitung metode frekuensi curah hujan (Gumbel, Log Person III, Distribusi Normal, dan Log Normal) untuk memperkirakan curah hujan maksimum di masa medatang. Evaluasi efektivitas LID dilakukan dengan membandingkan kondisi sistem drainase sebelum dan setelah penerapan LID untuk mengukur perubahan volume limpasan dan kapasitas drainase. Seperti diagram alir penelitian yang direncanakan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.4. Hasil Penelitian

1.4.1. Analisis Debit Rencana Menggunakan Aplikasi *Hydrognomon* 4.0.3

Langkah utama pada analisa Debit banjir dihitung dengan mengumpulkan data curah hujan dari alat pengukur hujan yang terletak di sekitar lokasi penelitian. Stasiun hujan yang digunakan untuk analisis adalah Stasiun Hujan Meteorologi Maritim Serang. Data curah hujan yang dianalisis diambil dari satu stasiun tersebut, dengan fokus pada mencari nilai tertinggi setiap tahunnya. Rekapitulasi curah hujan yang diperoleh dari data BMKG selama periode 2010 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi curah hujan stasiun meteorologi maritim serang

No.	Tahun	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Spt	Okt	Nov	Des
1	2010	52,00	50,00	30,00	27,00	59,00	59,00	70,00	46,00	52,00	44,10	44,00	33,00
2	2011	68,00	22,00	38,00	43,00	28,00	16,00	34,00	0,00	29,00	18,00	53,00	49,00
3	2012	54,00	58,00	25,00	54,00	51,00	14,00	15,00	0,00	7,00	46,00	22,00	25,80
4	2013	64,00	34,80	101,00	35,60	85,00	14,00	64,00	46,00	9,00	0,00	6,00	130,00
5	2014	44,00	37,50	48,10	12,80	48,60	22,00	61,00	9,20	16,40	20,40	37,80	29,50
6	2015	60,80	37,10	35,20	32,00	26,00	36,10	4,20	7,50	0,20	28,50	26,50	40,90
7	2016	33,80	89,60	44,60	27,70	54,20	33,80	37,50	30,20	40,00	45,80	49,80	44,10

No.	Tahun	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Spt	Okt	Nov	Des
8	2017	51,10	54,80	38,00	24,60	46,00	40,00	41,20	15,10	19,20	37,40	39,80	78,50
9	2018	40,40	25,40	68,80	57,40	17,00	59,50	3,00	0,00	13,50	37,00	39,20	29,80
10	2019	64,90	55,60	41,00	26,20	44,20	3,60	6,00	1,00	0,00	11,20	22,60	31,60
11	2020	66,60	48,40	54,40	48,20	53,20	17,40	15,50	24,30	27,20	16,00	38,90	94,00
12	2021	34,50	59,10	25,50	77,80	8,20	61,60	38,00	12,20	105,80	52,60	77,40	52,50
13	2022	28,80	20,50	180,40	99,80	46,00	26,50	26,70	40,60	19,60	68,50	40,00	36,50
14	2023	55,80	81,90	68,50	61,70	48,30	84,20	51,90	0,00	0,00	0,00	63,60	18,90
15	2024	60,70	56,10	43,40	51,00	65,10	58,70	36,60	3,90	30,70	59,70	46,70	61,30

Sumber: Website BMKG

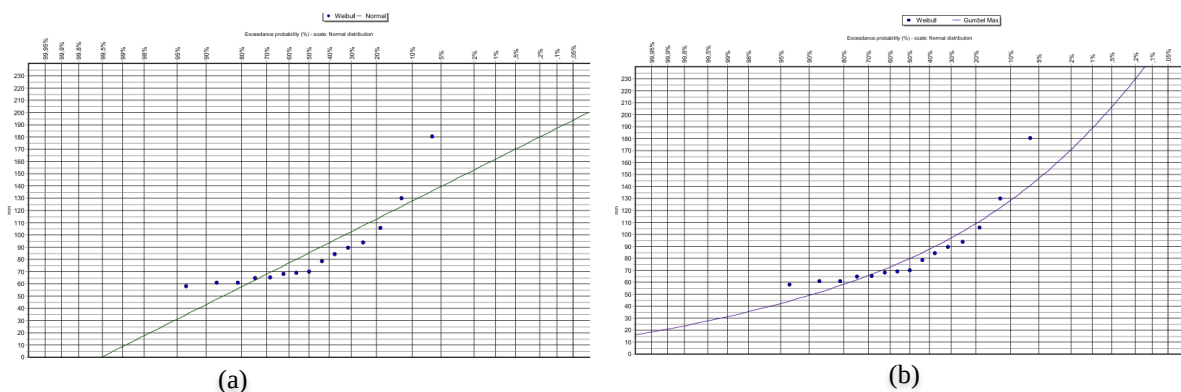
Curah hujan rencana maksimum dengan periode ulang tertentu dihitung berdasarkan analisis data curah hujan harian maksimum. Data curah hujan rencana ini selanjutnya digunakan untuk menghitung debit rencana dengan periode ulang yang sesuai dengan kondisi aktual. Perhitungan curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode nilai maksimum tahunan, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

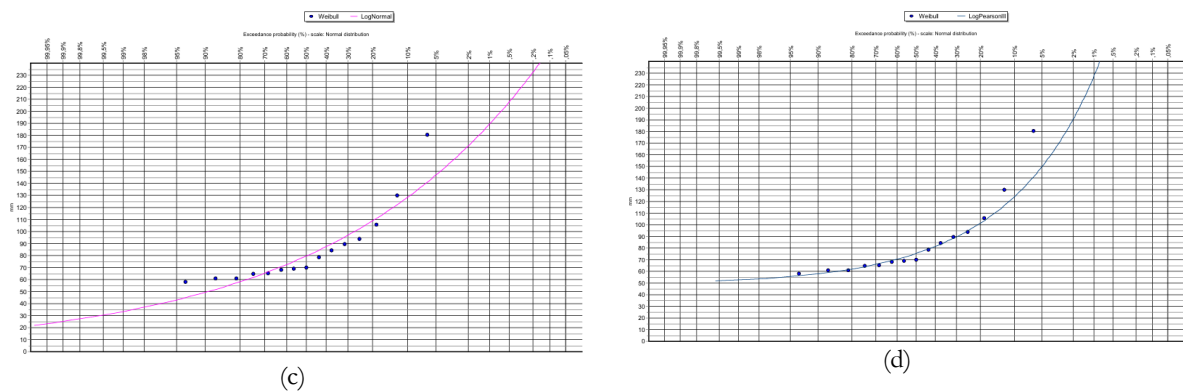
Tabel 2. Curah hujan maksimum tahun 2010-2024

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
1	2010	70,00
2	2011	68,00
3	2012	58,00
4	2013	130,00
5	2014	61,00
6	2015	60,80
7	2016	89,60
8	2017	78,50
9	2018	68,80
10	2019	64,90
11	2020	94,00
12	2021	105,80
13	2022	180,40
14	2023	84,20
15	2024	65,10

Sumber: Perhitungan

Pemodelan kala ulang menggunakan perangkat lunak *Hydrognomon* 4.0.3 bertujuan untuk menentukan distribusi yang dapat diterima dan tidak diterima, kemudian memengaruhi pemilihan metode uji distribusi yang digunakan dalam perhitungan debit rencana pada penelitian ini. Maka, hasil analisis *time series* menggunakan aplikasi *Hydrognomon* 4.0.3 pada Gambar 3.





Gambar 3. Grafik distribusi probabilitas (a) normal, (b) gumbel, (c) log normal, dan (d) log pearson type III

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dari aplikasi *Hydrognomon*, curah hujan rencana yang dipilih adalah distribusi Probabilitas Gumbel, karena memiliki debit terkecil dan diterima dalam kedua uji kesesuaian, yaitu *Chi-Kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorov*. Hal ini sesuai dengan grafik pada Gambar 4 yang menunjukkan kecocokan antara data observasi dengan distribusi Probabilitas Gumbel, yang mengindikasikan bahwa distribusi tersebut adalah model yang paling tepat untuk menghitung debit rencana pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil uji distribusi probabilitas dengan kala ulang menggunakan aplikasi *Hydrognomon*

No	Periode Ulang (tahun)	Distribusi Probabilitas			
		Normal	Gumbel	Log Normal	Log Pearson Tipe III
1	2	85,27	79,86	79,55	75,38
2	5	112,98	108,96	108,86	101,38
3	10	127,46	128,06	128,26	123,79
4	20	139,42	146,72	146,86	149,64
5	25	142,90	152,58	152,76	158,82
6	50	152,88	170,64	171,03	190,46
7	100	161,85	188,56	189,32	227,46

Tabel 4. Hasil uji distribusi *Chi-kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorov* yang diterima menggunakan *Hydrognomon* (5%)

No	Distribusi	<i>Chi-Kuadrat</i>	<i>Smirnov-Kolmogorov</i>
1	Normal	REJECT	ACCEPT
2	Gumbel	ACCEPT	ACCEPT
3	Log Normal	ACCEPT	ACCEPT
4	Log Pearson Type III	-	ACCEPT

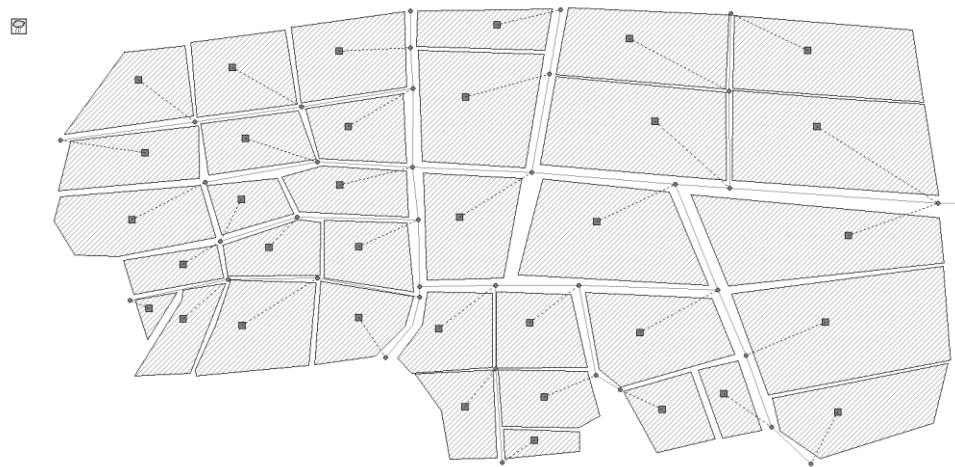
Dari hasil uji distribusi probabilitas, *chi-kuadrat*, serta *smirnov-kolmogorov* menggunakan presentase yaitu 5% dan diambil nilai tertinggi pada periode ulang 5 tahunan yaitu pada distribusi Gumbel, sebesar $Reff = 108,96$.

4.1.2 Analisa EPA SWMM pada Kondisi Eksisting

Perencanaan simulasi kondisi eksisting, menggunakan tanggal 3 Maret 2025 sebagai data hujan curah hujan untuk informasi kejadian. Dalam proses input, curah hujan tersebut diasumsikan terjadi setiap jam pada hari tersebut, yang dapat dilihat pada Tabel 5 serta Gambar 4..

Setelah menentukan curah hujan yang akan digunakan dalam pemodelan, langkah berikutnya adalah menginput data curah hujan tersebut ke dalam *Time Series* pada pemodelan SWMM. Mengasumsikan hujan terjadi setiap jam pada hari itu memiliki jumlah yang sama dengan total hujan tercatat pada hari kejadian. Setelah waktu selesai dimasukkan, pada menu *rain gage* data akan disesuaikan *time series* yang telah

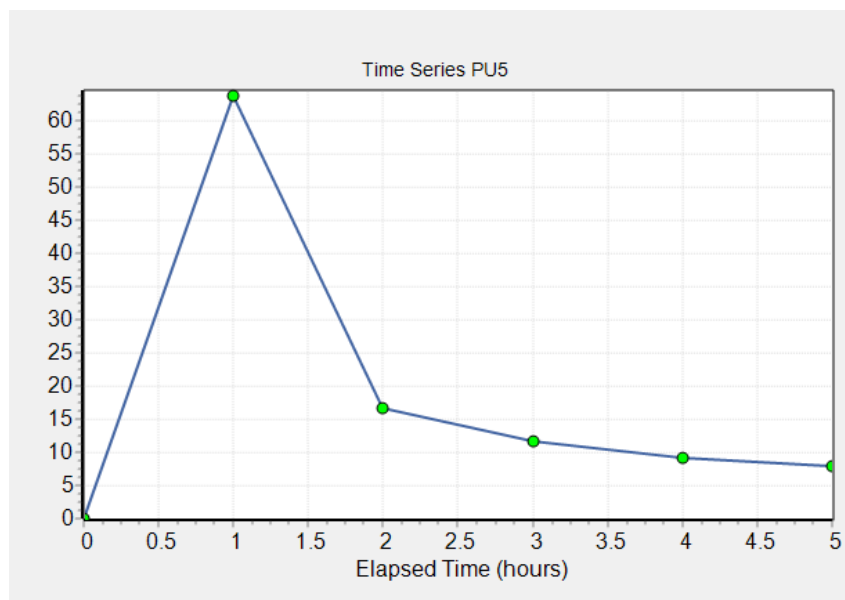
dibuat. Selanjutnya, parameter-parameter pada *Subcatchment*, *Junction*, dan *Conduit* diatur sesuai dengan data yang diperoleh dari wilayah setempat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4..



Gambar 4. Digitasi parameter pada SWMM

Tabel 5. Rekap perhitungan *time series* hujan jam-jaman periode ulang 5 tahunan

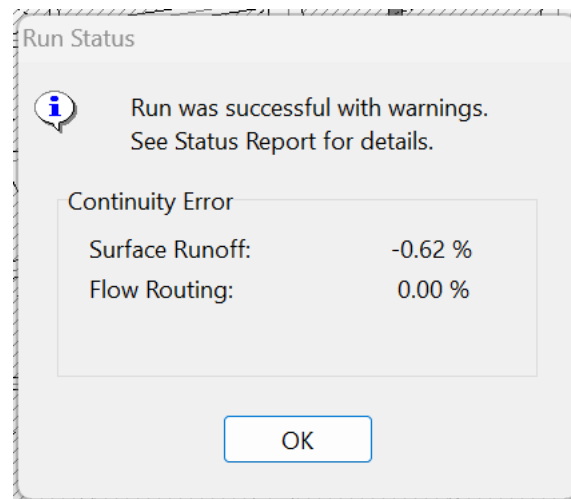
Reff (mm)	R' pada jam ke-				
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
	0,58 Reff	0,15 Reff	0,11 Reff	0,08 Reff	0,07 Reff
108,96	63,72 mm	16,60 mm	11,62 mm	9,25 mm	7,81 mm



Gambar 4. Proses input *time series* periode ulang 5 tahunan

4.1.3 Hasil Simulasi pada Kondisi Eksisting

Simulasi yang telah dilakukan pada kondisi eksisting, menghasilkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -0,62% dan *flow routing* sebesar 0,00%. Sehingga dimunculkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai hasil running kondisi eksisting SWMM

Pada Tabel 6, terlihat bahwa *junction* dan *conduit* tidak dapat menampung debit aliran yang masuk, maka menyebabkan terjadinya limpasan. Hal ini terlihat pada nilai maksimum yang tercatat, yang menunjukkan bahwa kapasitas saluran tersebut telah terlampaui.

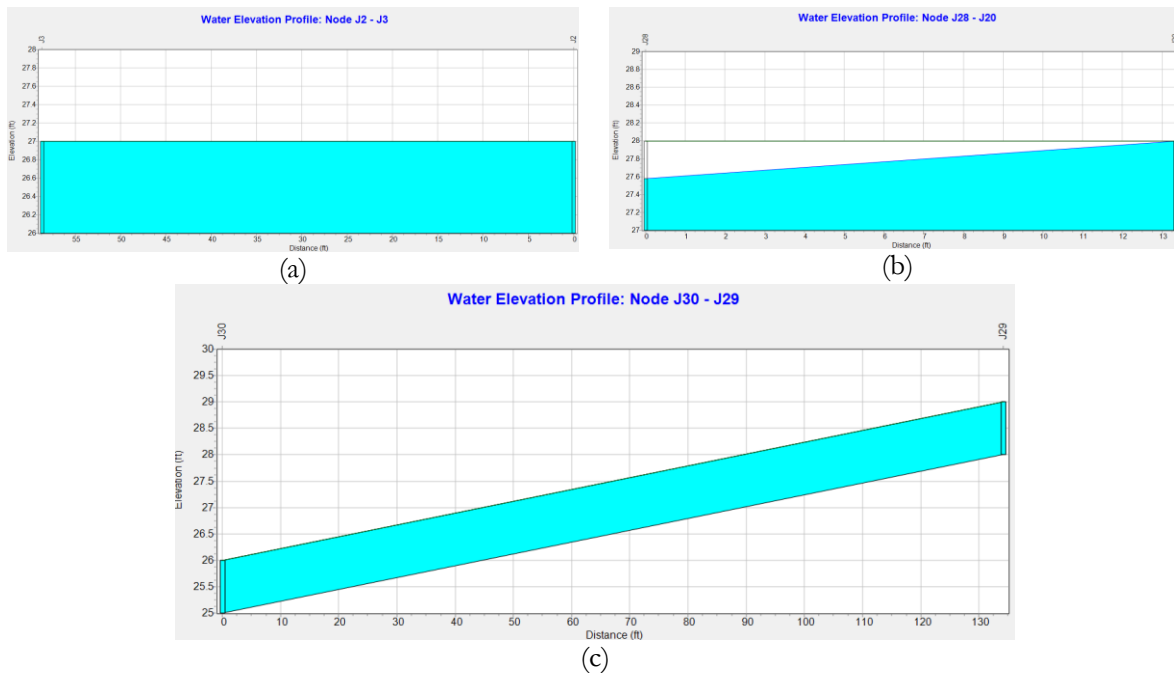
Tabel 6. Rakapitulasi hasil *running* SWMM pada kondisi limpasan eksisting

No Saluran	Debit Luapan (m ³ /s)	Waktu Luapan (jam)	Kondisi	No Saluran	Debit Luapan (m ³ /s)	Waktu Luapan (jam)	Kondisi
1	4,22	1,00	Meluap	20	6,16	1,00	Meluap
2	22,69	1,00	Meluap	21	2,85	1,00	Meluap
3	5,06	1,00	Meluap	22	8,66	1,00	Meluap
4	5,63	1,00	Meluap	23	1,16	1,00	Meluap
5	3,51	1,00	Meluap	24	0,61	1,00	Meluap
6	2,61	1,00	Meluap	25	5,70	1,00	Meluap
7	7,84	1,00	Meluap	26	6,23	1,00	Meluap
8	0,57	1,00	Meluap	27	3,31	1,00	Meluap
9	6,91	1,00	Meluap	28	9,64	1,00	Meluap
10	7,50	1,00	Meluap	29	9,07	1,00	Meluap
11	0,39	1,00	Meluap	30	7,27	0,82	Meluap
12	2,12	1,00	Meluap	31	10,92	0,82	Meluap
13	3,60	1,00	Meluap	32	4,24	0,82	Meluap
14	6,14	1,00	Meluap	33	6,27	1,00	Meluap
15	0,51	1,00	Meluap	34	5,71	1,00	Meluap
16	7,32	1,00	Meluap	35	6,13	1,00	Meluap
17	8,86	1,00	Meluap	36	2,95	1,00	Meluap
18	6,88	1,00	Meluap	37	4,44	0,89	Meluap
19	1,26	1,00	Meluap				

Sumber : Hasil Simulasi

Pada tabel tersebut, simulasi dilakukan dengan menggunakan gambar penampang yang menunjukkan saluran belum mampu menampung kecepatan aliran, timbulnya limpasan pada aspal. Situasi ini terlihat dari garis atas yang merupakan muka air berwarna biru muda yang berada di garis saluran. Semua saluran yang dianalisis tidak dapat menampung limpasan yang ada. Tiga saluran dengan debit tertinggi

yang dipilih adalah saluran 2 dengan debit 22,69 m³/jam, saluran 31 dengan debit 10,92 m³/jam, dan saluran 28 dengan debit 9,46 m³/jam. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Simulasi muka air debit aliran pada (a) saluran 2, (b) saluran 31, dan (c) saluran 28

4.1.4 Kalibrasi Pemodelan

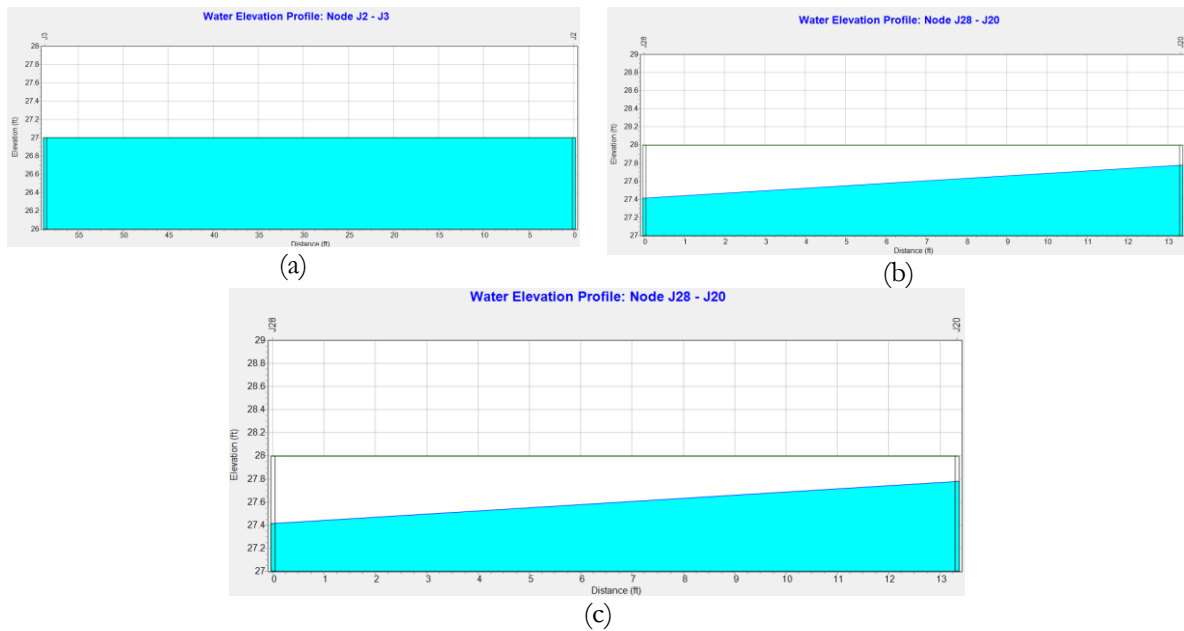
Pemodelan eksisting menunjukkan genangan yang masuk ke wilayah Alun-Alun Kota Serang (Tabel 6 dan Gambar 6). Berdasarkan berita *website* DPUPR Kota Serang tanggal 3 Maret 2025, terjadi banjir di 18 titik salah satunya Alun-Alun Kota Serang, sehingga pemodelan eksisting mencerminkan kondisi lapangan. Hujan yang digunakan dalam pemodelan merupakan data curah hujan yang tercatat pada hari tersebut. Berdasarkan hasil simulasi, nilai *continuity error* pada aliran permukaan (*surface runoff*) tercatat sebesar -0,62%, sementara *flow routing* menunjukkan nilai 0,00%. Menurut panduan yang tercantum dalam SWMM Users Manual Versi 5.1 pada halaman 135, jika nilai *continuity error* berada di bawah 10%, pemodelan dapat diterima. Oleh karena itu, pemodelan ini dapat dianggap *valid*.

4.1.5 Penanganan Banjir Menggunakan LID pada Dua Alternatif

Analisa kondisi eksisting yang telah dimodelkan, langkah selanjutnya adalah menerapkan *tools* LID sebagai evaluasi pengurangan, yang terjadi akibat penerapan LID. Simulasi ini, lokasi yang dipilih meliputi *Subcatchment* 7, *Subcatchment* 8, *Subcatchment* 24, *Subcatchment* 23, dan *Subcatchment* 28, yang melalui tiga saluran dengan debit tertinggi, untuk diberikan input *LID Control*.

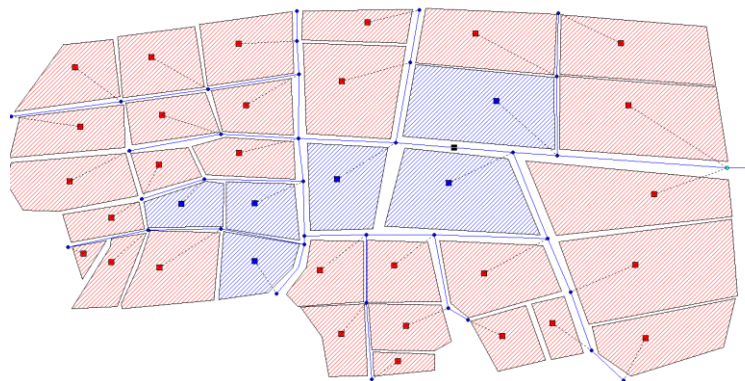
4.1.6 Hasil Simulasi Menggunakan Penerapan Metode *LID Control*

Hasil simulasi menunjukkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -0,38% dan *flow routing* 0,00%, yang mengalami penurunan dan tetap berada di bawah batas 10%. Hal ini menunjukkan bahwa model dapat diterima. Gambar 7 menggambarkan kondisi setelah penerapan skenario, baik melalui penambahan LID maupun desain penyesuaian saluran. Meskipun demikian, masih terjadi genangan pada saluran 2 yang menampung *Subcatchment* 8 dan area di belakangnya. Saluran ini memiliki kemiringan yang datar dan membentuk cekungan, sehingga tetap mengalami limpasan yang mencapai garis muka saluran.



Gambar 7. Simulasi muka air debit aliran pada saluran (a) saluran 2, (b) saluran 31, dan (c) saluran 28

Sehingga dapat digambarkan juga *subcatchment* yang dipilih pada penelitian ini dengan menggunakan skema LID baik *Bio-retentioncell* maupun *Permeable Pavement* terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Subcatchment* yang diterapkan LID

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan pendekatan *Low Impact Development* (LID) dalam meningkatkan kinerja sistem drainase perkotaan di Kota Serang, yang sering mengalami banjir akibat sistem drainase yang tidak dapat menampung curah hujan tinggi. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *Storm Water Management Model* (SWMM), kondisi eksisting menunjukkan bahwa beberapa saluran, terutama saluran 2, tidak mampu menampung debit aliran yang besar, dengan nilai limpasan mencapai $22,69 \text{ m}^3/\text{s}$. Keterbatasan kapasitas saluran dan topografi yang datar menjadi penyebab utama terjadinya genangan.

Namun, setelah penerapan LID seperti bioretensi dan perkerasan berpori, volume limpasan mengalami penurunan signifikan. Hal ini terlihat dari perbaikan nilai continuity error pada surface runoff, yang turun dari $-0,62\%$ menjadi $-0,38\%$, tetap berada di bawah ambang batas yang disarankan. Meskipun terjadi pengurangan limpasan, saluran 2 masih mengalami genangan, yang kemungkinan besar disebabkan oleh kemiringan saluran yang kurang optimal dan kapasitas saluran yang terbatas.

Untuk mengatasi masalah ini, beberapa solusi yang dapat diterapkan antara lain dengan memperbesar dimensi saluran atau menambah saluran drainase tambahan. Perbaikan kemiringan saluran juga perlu dipertimbangkan untuk mempercepat aliran air. Selain itu, penambahan elemen drainase seperti rain gardens atau bioswales di sekitar saluran 2 bisa membantu meningkatkan penyerapan air dan mengurangi limpasan.

Secara keseluruhan, penerapan LID terbukti efektif dalam mengurangi potensi banjir dengan meningkatkan infiltrasi dan memperlambat aliran permukaan. Sistem drainase yang lebih berkelanjutan dan efisien dapat mengurangi tekanan pada saluran drainase eksisting dan memberikan solusi jangka panjang terhadap masalah banjir di perkotaan. Hasil penelitian ini memberikan gambaran penting bagi perencanaan sistem drainase perkotaan yang lebih ramah lingkungan dan mampu mengatasi dampak perubahan iklim serta urbanisasi yang semakin pesat.

5. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi efektivitas penerapan LID untuk mengoptimalkan sistem drainase perkotaan di Kota Serang, yang selama ini menghadapi masalah banjir akibat kapasitas drainase yang terbatas. Hasil simulasi menggunakan Storm Water Management Model (SWMM) menunjukkan bahwa penerapan LID, seperti bioretensi dan perkerasan berpori, dapat mengurangi volume limpasan dan meningkatkan kinerja sistem drainase, dengan nilai *continuity error* pada *surface runoff* yang masih di bawah ambang batas dan diterima. Meskipun demikian, beberapa saluran, seperti saluran 2, masih mengalami genangan akibat kemiringan yang kurang optimal dan kapasitas saluran yang terbatas. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan solusi lebih lanjut, seperti memperbesar kapasitas saluran dan menambah elemen drainase terintegrasi, guna mencapai pengelolaan air hujan yang lebih efektif dan berkelanjutan. Temuan ini memberikan panduan bagi perencanaan sistem drainase yang lebih ramah lingkungan dan adaptif terhadap perubahan iklim, serta melanjutkan penelitian lebih lanjut yang serupa memperkaya pemahaman tentang pengelolaan air hujan perkotaan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahiablame, L. M., Engel, B. A., & Chaubey, I. (2012). Effectiveness of low impact development practices: Literature review and suggestions for future research. *Water, Air, and Soil Pollution*, 223(7), 4253–4273. <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1189-2>
- Aprianto, R., Ayu Dwi Puspitasari, P., Fitriyanto, S., & Tawaqqal, A. (2024). Analisis potensi bencana banjir berdasarkan hasil prediksi curah hujan di Kabupaten Sumbawa. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 16(2), 124–133. <https://doi.org/10.30599/jti.v16i2.3436>
- Belladonna, M., Ningrum, W., Wisnuwardhani, F., & Surapati, A. (2023). Pemodelan sistem drainase menggunakan EPA SWMM 5.1 untuk mengatasi genangan di Kelurahan Kebun Tebeng Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–7. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- Cristobal, J., Riyanto, B. A., & Sanjaya, S. (2024). Penerapan low impact development dalam perencanaan drainase perkotaan di kawasan ibu kota baru Negara Indonesia. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 22(1), 7–16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j2579-891X.v22i1.14280>
- Deliana, D., & Utomo, C. (2017). Tingkat kepedulian pada implementasi sistem drainase sesuai dengan Zero Delta Q dan faktor keberhasilannya pada pengembangan apartemen di Surabaya. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 15(2), 53–60. <https://doi.org/10.12962/j2579-891X.v15i2.2559>
- Fadhil, M. Y., Hidayat, Y., & Baskoro, D. P. T. (2021). Identifikasi perubahan penggunaan lahan dan karakteristik hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 213–220. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.213>
- Fattah, M. A., Ningsi, F. S., Samsie, I., & Alam, S. (2023). Pemetaan daerah rawan banjir di Kota Makassar berbasis Google Maps Api. *Jurnal Dipanegara Komputer Teknik Informatika*, 16(1), 60–68.
- Firmansyah, A., Kurniyaningrum, E., Herlina, L., Wihdah Misshuari, I., & Amin, R. (2024). Analisis pengaruh perubahan tata guna lahan menggunakan EPA-SWMM di DAS Krukut. *Indonesian Journal on Construction Engineering and Sustainable Development*, 7(2), 55–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.25105/10.25105/cesd.v7i2.21759>
- Fransiska, Y., Junaidi, J., & Istijono, B. (2020). Simulasi dengan program EPA SWMM Versi 5.1 untuk mengendalikan banjir pada jaringan drainase Kawasan Jati. *Jurnal Civronlit Unbari*, 5(1), 38. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v5i1.56>

- Grace, A., Yudianto, D., & Fitriana, F. (2022). Optimasi perencanaan sistem drainase kawasan industri di Cikarang, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. *JURNAL TEKNIK HIDRAULIK*, 13(2), 103–112. <https://doi.org/10.32679/jth.v13i2.712>
- Hanastasia, Y., & Sudradjat, A. (2016). Kajian awal penetapan teknologi low impact development/green infrastructure pada pengelolaan limpasan hujan menggunakan sistem informasi geografi (studi kasus:DAS Citarum Hulu bukan kota). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(2), 92–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/j.tl.2016.22.2.10>
- Malamataris, D., Kolokytha, E., & Loukas, A. (2020). Integrated hydrological modelling of surface water and groundwater under climate change: The case of the mygdonia basin in Greece. *Journal of Water and Climate Change*, 11(4), 1429–1454. <https://doi.org/10.2166/wcc.2019.011>
- Miller, J. D., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. In *Journal of Hydrology: Regional Studies* (Vol. 12, pp. 345–362). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.06.006>
- Nuraisah, G., Andriani, R., & Kusumo, B. (2019). Dampak perubahan iklim terhadap usahatani padi di Desa Wanguk Kecamatan Anjatan Kabupaten Indramayu. *Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis. Januari*, 5(1), 60–71. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25157/ma.v5i1>
- Pour, S. H., Wahab, A. K. A., Shahid, S., Asaduzzaman, M., & Dewan, A. (2020). Low impact development techniques to mitigate the impacts of climate-change-induced urban floods: Current trends, issues and challenges. In *Sustainable Cities and Society* (Vol. 62). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102373>
- Raharjo, S. (2024). Perencanaan drainase pada perumahan The Palm Residence Siamur dengan pendekatan infrastruktur hijau dan infrastruktur abu-abu. *Jurnal Tera*, 4(1), 33–54.
- Setiawan, H., & Handayani, Z. (2021). Pendeteksi pencemaran air sungai di Desa Ruak berbasis Internet of Things (IoT). *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.38038/vocatech.v3i1.54>
- Shaskia, N., & Yunita, I. (2021). Evaluasi perilaku masyarakat terhadap kualitas air pada Sungai Krueng Daroy dan Krueng Doy. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(2), 86–91. <https://doi.org/10.38038/vocatech.v2i2.57>
- Yuono, A. L., Iryani, S. Y., Alia, F., & Al Amin, M. B. (2024). Simulasi pengendalian limpasan permukaan dengan penerapan low impact development di kawasan perumahan. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 13(2), 113–128. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v13i2.400>

204-1530-1-RV.2.pdf

by chintyaparamita27@gmail.com 1

Submission date: 15-Apr-2025 05:50PM (UTC+0700)

Submission ID: 2646788126

File name: 204-1530-1-RV.2.pdf (1.09M)

Word count: 5215

Character count: 29847

IMPLEMENTASI *LOW IMPACT DEVELOPMENT* (LID) UNTUK OPTIMALISASI DRAINASE PERKOTAAN DAN MITIGASI BANJIR

Rais Amin

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti
 Jalan Kyai Tapa No. 1 Grogol, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11440
 Program Studi Teknologi Rekayasa dan Pemeliharaan Bangunan Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri
 Malang, Jalan Semarang No. 5 Malang, Kota Malang, Jawa Timur 65145

Astri Rinanti

Endah Kurniyaningrum*

Di Paramita Anggraini

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti
 Jalan Kyai Tapa No. 1 Grogol, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11440

Muhammad Luthfi Assidik

Magister of Water Resources Engineering, Faculty of Bioscience Engineering, KU Leuven University
 Leuven, 1425, Belgium.

Abstract

The frequent problems of flooding and waterlogging in Serang City are triggered by unpredictable rainfall patterns and the limited capacity of the drainage system. The increasing land-use changes and rapid development put additional pressure on the existing drainage channels, leading to excessive runoff and exacerbate the flood risks in several urban areas. This study aims to evaluate the implementation of *Low Impact Development* (LID) approaches to improve the performance of urban drainage systems in Serang City to reduce water runoff and enhance the capacity of the drainage system to handle the frequent flooding risks. Unpredictable rainfall patterns, combined with the limited capacity of drainage channels, have caused waterlogging and flooding in some areas of the city. Simulations using the *Storm Water Management Model* (SWMM) software indicate that the implementation of LID techniques, such as bioretention and permeable pavement, is effective in reducing runoff volume flowing into the drainage system and improving water flow efficiency. The simulation results show a reduction in the continuity error value of surface runoff from -0.62% to -0.38%, which is still within an acceptable limit. However, one channel still experiences waterlogging due to limited channel capacity and suboptimal slope. These findings suggest that LID implementation can be a long-term solution to address drainage and flooding issues in urban areas. This study also contributes significantly to designing more environmentally friendly drainage systems, taking into account the impacts of climate change and rapid urbanization.

Keywords:

LID; drainage system; flood control

Abstrak

Masalah genangan dan banjir yang sering terjadi di Kota Serang, dengan dipicunya perubahan pola curah hujan yang tidak menentu dan kapasitas sistem drainase yang terbatas. Meningkatnya perubahan tata guna lahan dan pembangunan yang pesat menambah tekanan pada saluran drainase yang ada, sehingga menyebabkan terjadinya limpasan air yang berlebihan dan memperburuk risiko banjir di beberapa kawasan kota. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan pendekatan *Low Impact Development* (LID) dalam meningkatkan kinerja sistem drainase perkotaan di Kota Serang guna mengurangi limpasan air dan meningkatkan daya tampung sistem drainase terhadap potensi banjir yang sering terjadi. Perubahan pola curah hujan yang tak terduga, ditambah dengan kapasitas saluran drainase yang terbatas, menyebabkan terjadinya genangan dan banjir di beberapa area kota. Simulasi menggunakan perangkat lunak *Storm Water Management Model* (SWMM) menunjukkan bahwa penerapan LID, seperti bioretensi dan perkerasan berpori, efektif mengurangi volume limpasan yang mengalir ke dalam sistem drainase dan meningkatkan efisiensi aliran air. Hasil simulasi menunjukkan penurunan nilai *continuity error* pada *surface runoff* dari -0,62% menjadi -0,38%, yang masih berada di bawah batas yang dapat diterima. Meskipun demikian, terdapat satu saluran yang masih mengalami genangan karena kapasitas saluran terbatas dan kemiringan yang tidak optimal. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan LID dapat menjadi solusi jangka panjang untuk mengatasi masalah drainase dan banjir di perkotaan. Penelitian ini juga memberikan kontribusi penting dalam merancang sistem drainase yang lebih ramah lingkungan, dengan mempertimbangkan dampak perubahan iklim dan urbanisasi yang cepat.

Kata Kunci:

LID; sistem drainase; pengendalian banjir

DOI: 10.38038/vocatech.v4i2.114

*Corresponding author:

1. PENDAHULUAN

Banjir di area perkotaan merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh banyak kota besar di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Terutama di wilayah pusat perkotaan, masalah genangan banjir menjadi sorotan utama karena dampak yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar. Kerugian tersebut mencakup kerusakan pada pemukiman, gangguan aktivitas sehari-hari, kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, hingga potensi hilangnya nyawa manusia (Yuono et al., 2024). Salah satu masalah utama adalah tingginya curah hujan yang memberikan beban berat pada sistem drainase yang ada di kawasan perkotaan. Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan yang tidak hanya menyelesaikan masalah drainase dalam jangka pendek, tetapi juga dapat mengatasi masalah drainase secara menyeluruh dan berkelanjutan (Raharjo, 2024), terutama pada musim hujan dengan curah hujan yang sangat tinggi.

Pertumbuhan pembangunan infrastruktur di banyak kota besar, termasuk Kota Serang Provinsi Banten membawa dampak signifikan terhadap tata guna lahan. Wilayah yang awalnya merupakan area resapan air kini berubah menjadi kawasan terbangun, baik untuk pemukiman, infrastruktur, dan industri. Perubahan ini menjadikan penurunan luasan area hijau dan memengaruhi peningkatan fluktuasi debit aliran, pola curah hujan, serta teknik pengelolaan lahan (Fadhil et al., 2021). Proses tersebut tidak diiringi dengan perencanaan yang matang terkait sistem pengelolaan air hujan sehingga menimbulkan daya serap air yang menurun drastis dan menambah beban sistem drainase yang sudah ada.

Sistem drainase perkotaan umumnya dirancang berdasarkan data historis yang mengasumsikan stabilitas variabel hidrologi. Namun, dengan adanya perubahan iklim, pola curah hujan dan intensitas hujan menjadi tidak terduga. Perubahan ini menetapkan salah satunya pada suatu bangunan baru seperti bangunan hunian, perkantoran, ataupun infrastruktur yang harus dipertimbangkan seminimal mungkin perubahan limpasan permukaan dan memiliki sistem drainase yang cukup (Deliana & Utomo, 2017).

Perubahan iklim memiliki dampak yang luas terhadap berbagai aspek lingkungan, termasuk dalam bidang hidrologi. Beberapa indikator perubahan iklim seperti curah hujan dan suhu permukaan tanah memiliki potensi besar mempengaruhi keseimbangan siklus hidrologi (Kurniyaningrum, 2024). Masalah ini menyebabkan perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu, kenaikan permukaan air laut, serta peningkatan frekuensi dan intensitas peristiwa cuaca ekstrem, yang semuanya merupakan akibat dari perubahan iklim secara keseluruhan (Nuraisah et al., 2019). Kondisi ini secara langsung mempengaruhi sistem drainase perkotaan, karena sistem tersebut awalnya dirancang berdasarkan asumsi kondisi iklim yang stabil. Beberapa faktor lain yang berkontribusi terhadap frekuensi dan intensitas banjir antara lain topografi yang bervariasi, perubahan penggunaan lahan, kondisi cuaca, dan dampak dari perubahan iklim (Aprianto et al., 2024).

Kota Serang sebagai Ibu Kota Provinsi Banten, mengalami perkembangan yang pesat dalam beberapa dekade akhir ini. Perkembangan ini membawa berbagai dampak, salah satunya adalah peningkatan masalah banjir di berbagai wilayah kota. Drainase yang tidak mampu menampung limpasan air dari curah hujan yang tinggi, terutama di kawasan permukiman padat penduduk. Maka dari itu, daerah rawan banjir dapat membantu merancang sistem drainase yang lebih baik dan membangun infrastruktur yang lebih tahan terhadap banjir melalui informasi pemetaan daerah rawan banjir (Fattah et al., 2023).

Maka dari itu penting untuk mencari solusi yang berkelanjutan dalam pengelolaan limpasan air di perkotaan. Salah satunya dengan pendekatan yang mulai diadopsi dengan berfokus pada pengurangan dampak aliran permukaan air hujan melalui pendekatan ekosistem alamiah yaitu pembangunan berdampak rendah/ *low impact development* (LID). Pendekatan ini merupakan pendekatan yang mengutamakan teknologi hijau dan pengelolaan air berbasis ekosistem. Pendekatan penggunaan sistem LID ini salah satu bentuk pembangunan infrastruktur yang bertujuan untuk memperlambat aliran limpasan dengan cara meningkatkan laju infiltrasi dan/atau evapotranspirasi (S Hanastasia & Sudradjat, 2016). Pendekatan ini terbukti efektif dalam mengendalikan puncak debit air serta meningkatkan kualitas air dari limpasan permukaan, sekaligus mengurangi dampak negatif yang timbul akibat pembangunan (Cristobal et al., 2024).

LID berkontribusi pada kualitas air yang lebih baik dan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Untuk perencanaan dan optimalisasi sistem drainase, aplikasi *Storm Water Management* (SWMM) yang dikembangkan oleh EPA, menjadi alat penting untuk mensimulasikan aliran permukaan dan pengelolaan air hujan, termasuk analisis skenario perubahan iklim, guna meningkatkan efisiensi sistem drainase dan mitigasi risiko banjir di lingkungan perkotaan (Grace et al., 2022) serta dapat mensimulasikan aliran akibat perubahan tutupan lahan (Firmansyah et al., 2024).

Penelitian ini berfokus pada efektivitas desain sistem drainase dengan memperhitungkan kapasitas drainase eksisting dan setelah menggunakan skema LID dengan aplikasi SWMM, dalam membantu

pengambilan keputusan untuk mitigasi risiko banjir dan peningkatan efisiensi sistem drainase di lingkungan perkotaan. Sehingga desain drainase dapat disesuaikan untuk menghadapi tantangan jika terjadi hujan yang tidak menentu.

2. STUDI PUSTAKA

2.1. *Low Impact Development* (LID) dalam Drainase Perkotaan

Low Impact Development (LID) merupakan pendekatan perencanaan yang bertujuan untuk mengurangi dampak pembangunan terhadap lingkungan dengan meniru pola hidrologi alami. LID berfokus pada pengelolaan limpasan air hujan, meminimalkan aliran permukaan, dan meningkatkan infiltrasi untuk mengurangi dampak negatif urbanisasi terhadap kualitas air dan mitigasi banjir. Pendekatan ini semakin relevan di tengah perubahan iklim dan urbanisasi pesat, mengingat sistem drainase tradisional seringkali tidak dapat mengatasi curah hujan ekstrem. Beberapa prinsip utama LID termasuk pengelolaan limpasan di dekat sumbernya, penggunaan teknologi ramah lingkungan, dan infrastruktur hijau. Teknik-teknik seperti atap hijau, perkerasan berpori, bioswales, dan taman hujan membantu mengatur limpasan dan meningkatkan kualitas air, serta mengurangi volume air yang masuk ke dalam sistem drainase utama, membuat LID menjadi solusi berkelanjutan dalam perencanaan kota (Ahiablame et al., 2012)(Miller & Hutchins, 2017)(Pour et al., 2020).

2.2. Metode Optimasi dalam Sistem Drainase

Sistem drainase memiliki peran penting dalam pengelolaan air, khususnya dalam mencegah banjir di daerah perkotaan, dan berbagai metode optimasi telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi serta efektivitasnya. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah metode analitik, di mana pemrograman linier diterapkan untuk menentukan dimensi optimal saluran drainase dengan mempertimbangkan biaya dan kapasitas aliran. Beberapa penelitian menggunakan teori optimasi seperti algoritma genetik, untuk menentukan ukuran dan kapasitas saluran drainase yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini dapat mengurangi biaya konstruksi sekaligus meningkatkan efisiensi aliran air (Malamataris et al., 2020).

2.3. Pemodelan Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM

Storm Water Management Model (SWMM) adalah model simulasi dinamis yang dikembangkan oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA) untuk menganalisis hubungan antara curah hujan dan limpasan air permukaan. Model ini memperhitungkan berbagai proses hidrologi seperti curah hujan, penguapan, infiltrasi air, serta interaksi dengan sistem drainase yang ada, memungkinkan analisis masalah kuantitas limpasan di area perkotaan. SWMM membantu merencanakan sistem drainase yang lebih efektif dengan mengidentifikasi titik-titik kritis yang rentan terhadap banjir dan genangan (Belladonna et al., 2023)(Fransiska et al., 2020).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di kawasan Alun-Alun Kota Serang, Provinsi Banten, dengan fokus pada analisis sistem drainase perkotaan dan penerapan *Low Impact Development* (LID). Lokasi penelitian dipilih karena kawasan tersebut mengalami masalah banjir akibat meningkatnya limpasan air hujan yang tidak tertampung oleh sistem drainase yang ada. Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data seperti studi lapangan, peta topografi, dan data curah hujan. Data tersebut kemudian diproses untuk menentukan area tangkapan dan analisis curah hujan menggunakan metode Triangle dan Weibull. Selanjutnya, perangkat lunak SWMM digunakan untuk simulasi sistem drainase. Pendekatan LID diterapkan melalui *bio-retention cell* dan *permeable pavement* untuk mengurangi limpasan dan meningkatkan infiltrasi. Evaluasi efektivitas LID dilakukan untuk menjangkau kapasitas saluran drainase yang lebih efisien dan mengurangi risiko banjir di Kota Serang. Area penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



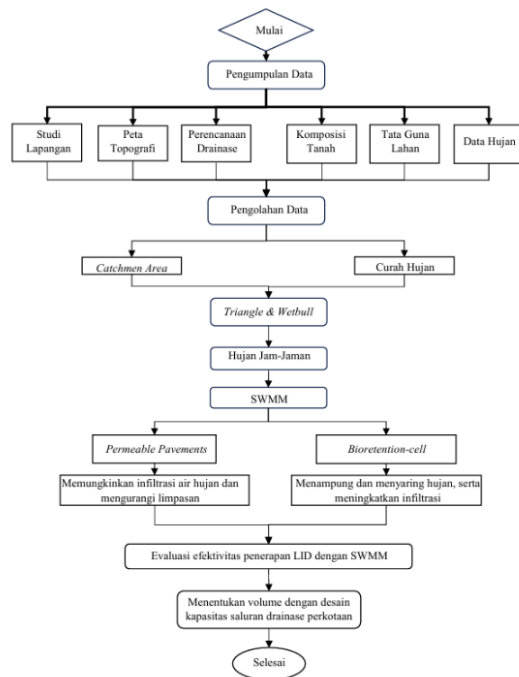
Gambar 1. Peta lokasi penelitian alun-alun kota serang banten

21

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data curah hujan historis 15 tahun dari 2010 sampai 2024 yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Serang, serta data topografi, jaringan drainase eksisting, dan data penggunaan lahan yang tersedia di wilayah Kota Serang. Selain itu, data permeabilitas tanah juga digunakan untuk menentukan kapasitas tanah dalam menyerap air hujan, yang mendukung penerapan kontrol LID seperti bioretensi dan perkerasan berpori.

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi dengan *Storm Water Management Model* (SWMM) untuk mensimulasikan skenario LID dan dampaknya terhadap sistem drainase. Variabel yang dianalisis meliputi skenario LID berupa Perkerasan Berpori (*permeable pavement*) dan Bioretensi (*Bio-Retention Cell*) untuk mengurangi limpasan air hujan. Penelitian ini menggunakan model SWMM untuk menghitung volume limpasan air, debit aliran, dan kedalaman aliran di saluran drainase, baik dalam kondisi eksisting maupun setelah penerapan LID.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Hydrognomon* 4.0.3 untuk menghitung metode frekuensi curah hujan (Gumbel, Log Person III, Distribusi Normal, dan Log Normal) untuk memperkirakan curah hujan maksimum di masa medatang. Evaluasi efektivitas LID dilakukan dengan membandingkan kondisi sistem drainase sebelum dan setelah penerapan LID untuk mengukur perubahan volume limpasan dan kapasitas drainase. Seperti diagram alir penelitian yang direncanakan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Analisis Debit Rencana Menggunakan Aplikasi *Hydrognomon* 4.0.3

Langkah utama pada analisa Debit banjir dihitung dengan mengumpulkan data curah hujan dari alat pengukur hujan yang terletak di sekitar lokasi penelitian. Stasiun hujan yang digunakan untuk analisis adalah Stasiun Hujan Meteorologi Maritim Serang. Data curah hujan yang dianalisis diambil dari satu stasiun tersebut, dengan fokus pada mencari nilai tertinggi 25 up tahunnya. Rekapitulasi curah hujan yang diperoleh dari data BMKG selama periode 2010 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi curah hujan stasiun meteorologi maritim serang

No.	Tahun	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Spt	Okt	Nov	Des
1	2010	52,00	50,00	30,00	27,00	59,00	59,00	70,00	46,00	52,00	44,10	44,00	33,00
2	2011	68,00	22,00	38,00	43,00	28,00	16,00	34,00	0,00	29,00	18,00	53,00	49,00
3	2012	54,00	58,00	25,00	54,00	51,00	14,00	15,00	0,00	7,00	46,00	22,00	25,80
4	2013	64,00	34,80	101,00	35,60	85,00	14,00	64,00	46,00	9,00	0,00	6,00	130,00
5	2014	44,00	37,50	48,10	12,80	48,60	22,00	61,00	9,20	16,40	20,40	37,80	29,50
6	2015	60,80	37,10	35,20	32,00	26,00	36,10	4,20	7,50	0,20	28,50	26,50	40,90
7	2016	33,80	89,60	44,60	27,70	54,20	33,80	37,50	30,20	40,00	45,80	49,80	44,10

No.	Tahun	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Spt	Okt	Nov	Des
8	2017	51,10	54,80	38,00	24,60	46,00	40,00	41,20	15,10	19,20	37,40	39,80	78,50
9	2018	40,40	25,40	68,80	57,40	17,00	59,50	3,00	0,00	13,50	37,00	39,20	29,80
10	2019	64,90	55,60	41,00	26,20	44,20	3,60	6,00	1,00	0,00	11,20	22,60	31,60
11	2020	66,60	48,40	54,40	48,20	53,20	17,40	15,50	24,30	27,20	16,00	38,90	94,00
12	2021	34,50	59,10	25,50	77,80	8,20	61,60	38,00	12,20	105,80	52,60	77,40	52,50
13	2022	28,80	20,50	180,40	99,80	46,00	26,50	26,70	40,60	19,60	68,50	40,00	36,50
14	2023	55,80	81,90	68,50	61,70	48,30	84,20	51,90	0,00	0,00	0,00	63,60	18,90
15	2024	60,70	56,10	43,40	51,00	65,10	58,70	36,60	3,90	30,70	59,70	46,70	61,30

Sumber: Website BMKG

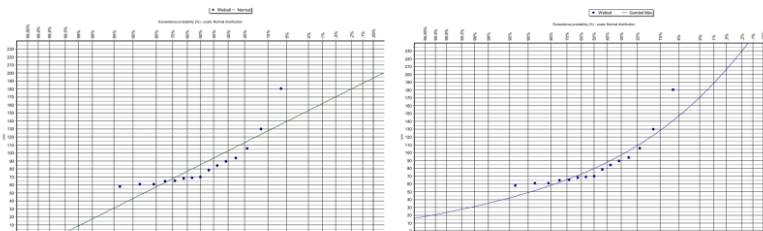
Curah hujan rencana maksimum dengan periode ulang tertentu dihitung berdasarkan at 20 is data curah hujan harian maksimum. Data curah hujan rencana ini selanjutnya digunakan untuk menghitung debit rencana dengan periode ulang yang sesuai dengan kor 22 aktual. Perhitungan curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode nilai maksimum tahunan, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

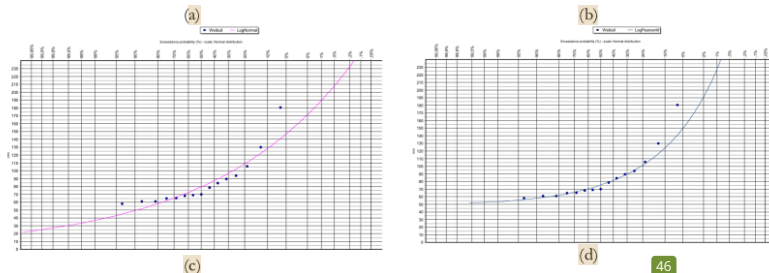
Tabel 2. Curah hujan maksimum tahun 2010-2024

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
1	2010	70,00
2	2011	68,00
3	2012	58,00
4	2013	130,00
5	2014	61,00
6	2015	60,80
7	2016	89,60
8	2017	78,50
9	2018	68,80
10	2019	64,90
11	2020	94,00
12	2021	105,80
13	2022	180,40
14	2023	84,20
15	2024	65,10

Sumber: Perhitungan

Pemodelan kala ulang menggunakan perangkat lunak *Hydrognomon* 4.0.3 bertujuan untuk menentukan distribusi yang dapat diterima dan tidak diterima, kemudian memengaruhi pemilihan metode uji distribusi yang digunakan dalam perhitungan debit rencana pada penelitian ini. Maka, hasil analisis *time series* menggunakan aplikasi *Hydrognomon* 4.0.3 pada Gambar 3.





Gambar 3. Grafik distribusi probabilitas (a) normal, (b) gumbel, (c) log normal, dan (d) log pearson type III

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dari aplikasi *Hydrognomon*, curah hujan rencana yang dipilih adalah distribusi Probabilitas Gumbel, karena memiliki debit terkecil dan diterima dalam kedua uji kesesuaian, yaitu *Chi-Kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorov*. Hal ini sesuai dengan grafik pada Gambar 4 yang menunjukkan kecocokan antara data observasi dengan distribusi Probabilitas Gumbel, yang mengindikasikan bahwa distribusi tersebut adalah model yang paling tepat untuk menghitung debit rencana pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil uji distribusi probabilitas dengan kala ulang menggunakan aplikasi *Hydrognomon*

No	Periode Ulang (tahun)	Distribusi Probabilitas			
		Normal	Gumbel	Log Normal	Log Pearson Tipe III
1	2	85,27	79,86	79,55	75,38
2	5	112,98	108,96	108,86	101,38
3	10	127,46	128,06	128,26	123,79
4	20	139,42	146,72	146,86	149,64
5	25	142,90	152,58	152,76	158,82
6	50	152,88	170,64	171,03	190,46
7	100	161,85	188,56	189,32	227,46

Tabel 4. Hasil uji distribusi *Chi-kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorov* yang diterima menggunakan *Hydrognomon* (5%)

No	Distribusi	<i>Chi-Kuadrat</i>	<i>Smirnov-Kolmogorov</i>
1	Normal	REJECT	ACCEPT
2	Gumbel	ACCEPT	ACCEPT
3	Log Normal	ACCEPT	ACCEPT
4	Log Pearson Type III	-	ACCEPT

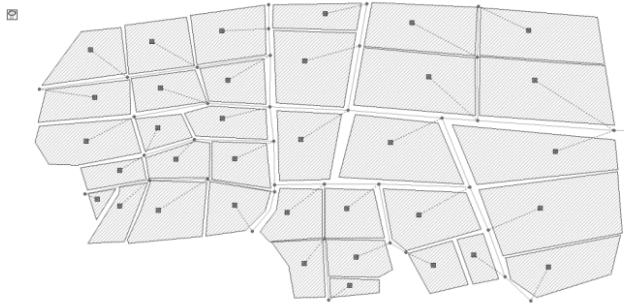
Dari hasil uji distribusi probabilitas, *chi-kuadrat*, serta *smirnov-kolmogorov* menggunakan presentase yaitu 5% dan diambil nilai tertinggi pada periode ulang 5 tahunan yaitu pada distribusi Gumbel, sebesar $Reff = 108,96$.

4.1.2 Analisa EPA SWMM pada Kondisi Eksisting

Perencanaan simulasi kondisi eksisting, menggunakan tanggal 3 Maret 2025 sebagai data hujan curah hujan untuk informasi kejadian. Dalam proses input, curah hujan tersebut diasumsikan terjadi setiap jam pada hari tersebut, yang dapat dilihat pada Tabel 5 serta Gambar 4..

Setelah menentukan curah hujan yang akan digunakan dalam pemodelan, langkah berikutnya adalah menginput data curah hujan tersebut ke dalam *Time Series* pada pemodelan SWMM. Mengasumsikan hujan terjadi setiap jam pada hari itu memiliki jumlah yang sama dengan total hujan tercatat pada hari kejadian. Setelah waktu selesai dimasukkan, pada menu *rain gage* data akan disesuaikan *time series* yang telah

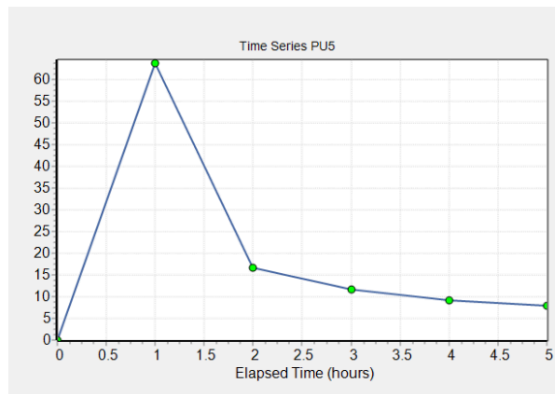
dibuat. Selanjutnya, parameter-param⁴² pada *Subcatchment*, *Junction*, dan *Conduit* diatur sesuai dengan data yang diperoleh dari wilayah setempat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4..



Gambar 4. Digitasi parameter pada SWMM

Tabel 5. Rekap perhitungan *time series* hujan jam-jaman periode ulang 5 tahunan

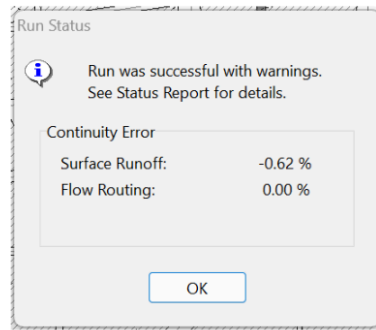
Reff (mm)	R' pada jam ke-				
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
	0,58 Reff	0,15 Reff	0,11 Reff	0,08 Reff	0,07 Reff
108,96	63,72 mm	16,60 mm	11,62 mm	9,25 mm	7,81 mm



Gambar 4. Proses input *time series* periode ulang 5 tahunan

4.1.3 Hasil Simulasi pada Kondisi Eksisting

Simulasi yang telah dilakukan pada kondisi eksisting, menghasilkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -0,62% dan *flow routing* sebesar 0,00%. Sehingga dimunculkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai hasil running kondisi eksisting SWMM

Pada Tabel 6, terlihat bahwa *junction* dan *conduit* tidak dapat menampung debit aliran yang masuk, maka menyebabkan terjadinya limpasan. Hal ini terlihat pada nilai maksimum yang tercatat, yang menunjukkan bahwa kapasitas saluran tersebut telah terlampaui.

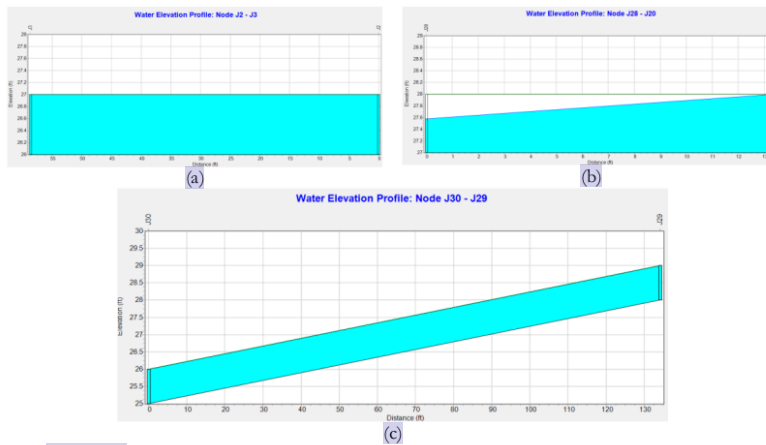
Tabel 6. Rakapitulasi hasil *running* SWMM pada kondisi limpasan eksisting

No Saluran	Debit Luapan (m ³ /s)	Waktu Luapan (jam)	Kondisi	No Saluran	Debit Luapan (m ³ /s)	Waktu Luapan (jam)	Kondisi
1	4,22	1,00	Meluap	20	6,16	1,00	Meluap
2	22,69	1,00	Meluap	21	2,85	1,00	Meluap
3	5,06	1,00	Meluap	22	8,66	1,00	Meluap
4	5,63	1,00	Meluap	23	1,16	1,00	Meluap
5	3,51	1,00	Meluap	24	0,61	1,00	Meluap
6	2,61	1,00	Meluap	25	5,70	1,00	Meluap
7	7,84	1,00	Meluap	26	6,23	1,00	Meluap
8	0,57	1,00	Meluap	27	3,31	1,00	Meluap
9	6,91	1,00	Meluap	28	9,64	1,00	Meluap
10	7,50	1,00	Meluap	29	9,07	1,00	Meluap
11	0,39	1,00	Meluap	30	7,27	0,82	Meluap
12	2,12	1,00	Meluap	31	10,92	0,82	Meluap
13	3,60	1,00	Meluap	32	4,24	0,82	Meluap
14	6,14	1,00	Meluap	33	6,27	1,00	Meluap
15	0,51	1,00	Meluap	34	5,71	1,00	Meluap
16	7,32	1,00	Meluap	35	6,13	1,00	Meluap
17	8,86	1,00	Meluap	36	2,95	1,00	Meluap
18	6,88	1,00	Meluap	37	4,44	0,89	Meluap
19	1,26	1,00	Meluap				

Sumber : Hasil Simulasi

Pada tabel tersebut, simulasi dilakukan dengan menggunakan gambar penampang yang menunjukkan saluran belum mampu menampung kecepatan aliran, timbulnya limpasan pada aspal. Situasi ini terlihat dari garis atas yang merupakan muka air berwarna biru muda yang berada di garis saluran. Semua saluran yang dianalisis tidak dapat menampung limpasan yang ada. Tiga saluran dengan debit tertinggi

yang dipilih adalah saluran 2 dengan debit $22,69 \text{ m}^3/\text{jam}$, saluran 31 dengan debit $10,92 \text{ m}^3/\text{jam}$, dan saluran 28 dengan debit $9,46 \text{ m}^3/\text{jam}$. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Simulasi muka air debit aliran pada (a) saluran 2, (b) saluran 31, dan (c) saluran 28

4.1.4 Kalibrasi Pemodelan

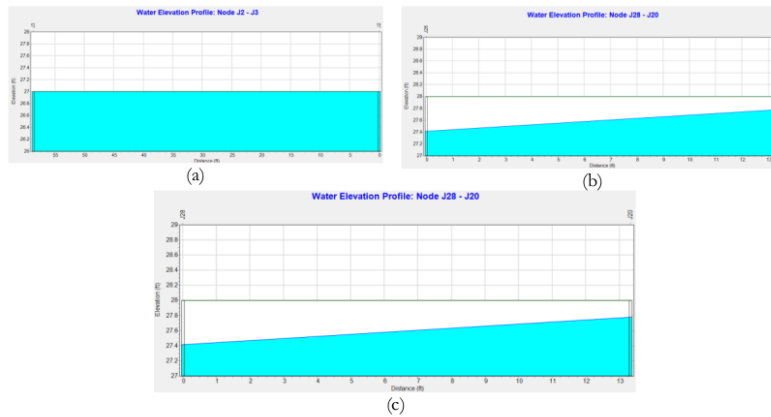
Pemodelan eksisting menunjukkan genangan yang masuk ke wilayah Alun-Alun Kota Serang (Tabel 6 dan Gambar 6). Berdasarkan berita *website* DPUPR Kota Serang tanggal 3 Maret 2025, terjadi banjir di 18 titik salah satunya Alun-Alun Kota Serang, sehingga pemodelan eksisting mencerminkan kondisi lapangan. Hujan yang digunakan dalam pemodelan merupakan data curah hujan yang tercatat pada hari tersebut. Berdasarkan hasil simulasi, nilai *continuity error* pada aliran permukaan (*surface runoff*) tercatat sebesar $-0,62\%$, sementara *flow routing* menunjukkan nilai $0,00\%$. Menurut panduan yang tercantum dalam SWMM Users Manual Versi 5.1 pada halaman 135, jika nilai *continuity error* berada di bawah 10% , pemodelan dapat diterima. Oleh karena itu, pemodelan ini dapat dianggap *valid*.

4.1.5 Penanganan Banjir Menggunakan LID pada Dua Alternatif

Analisa kondisi eksisting yang telah dimodelkan, langkah selanjutnya adalah menerapkan *tools* LID sebagai evaluasi pengurangan, yang terjadi akibat penerapan LID. Simulasi ini, lokasi yang dipilih meliputi *Subcatchment* 7, *Subcatchment* 8, *Subcatchment* 24, *Subcatchment* 23, dan *Subcatchment* 28, yang melalui tiga saluran dengan debit tertinggi, untuk diberikan input LID *Control*.

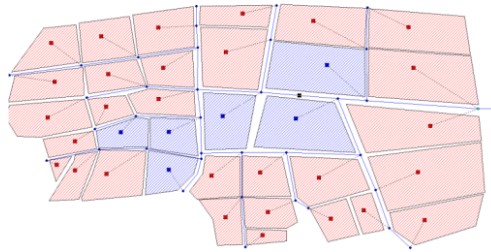
4.1.6 Hasil Simulasi Menggunakan Penerapan Metode LID Control

Hasil simulasi menunjukkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar $-0,38\%$ dan *flow routing* $0,00\%$, yang mengalami penurunan dan tetap berada di bawah batas 10% . Hal ini menunjukkan bahwa model dapat diterima. Gambar 7 menggambarkan kondisi setelah penerapan skenario, baik melalui penambahan LID maupun desain penyesuaian saluran. Meskipun demikian, masih terjadi genangan pada saluran 2 yang menampung *Subcatchment* 8 dan area di belakangnya. Saluran ini memiliki kemiringan yang datar dan membentuk cekungan, sehingga tetap mengalami limpasan yang mencapai garis muka saluran.



Gambar 7. Simulasi muka air debit aliran pada saluran (a) saluran 2, (b) saluran 31, dan (c) saluran 28

Sehingga dapat digambarkan juga *subcatchment* yang dipilih pada penelitian ini dengan menggunakan skema LID baik *Bio-retentioncell* maupun *Permeable Pavement* terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Subcatchment* yang diterapkan LID

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan pendekatan Low Impact Development (LID) dalam meningkatkan kinerja sistem drainase perkotaan di Kota Serang, yang sering mengalami banjir akibat sistem drainase yang tidak dapat menampung curah hujan tinggi. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan Storm Water Management Model (SWMM), kondisi eksisting menunjukkan bahwa beberapa saluran, terutama saluran 2, tidak mampu menampung debit aliran yang besar, dengan nilai limpasan mencapai 22,69 m³/s. Keterbatasan kapasitas saluran dan topografi yang datar menjadi penyebab utama terjadinya genangan.

Namun, setelah penerapan LID seperti bioretensi dan perkerasan berpori, volume limpasan mengalami penurunan signifikan. Hal ini terlihat dari perbaikan nilai continuity error pada surface runoff, yang turun dari -0,62% menjadi -0,38%, tetap berada di bawah ambang batas yang disarankan. Meskipun terjadi pengurangan limpasan, saluran 2 masih mengalami genangan, yang kemungkinan besar disebabkan oleh kemiringan saluran yang kurang optimal dan kapasitas saluran yang terbatas.

Untuk mengatasi masalah ini, beberapa solusi yang dapat diterapkan antara lain dengan memperbesar dimensi saluran atau menambah saluran drainase tambahan. Perbaikan kemiringan saluran juga perlu dipertimbangkan untuk mempercepat aliran air. Selain itu, penambahan elemen drainase seperti rain gardens atau bioswales di sekitar saluran 2 bisa membantu meningkatkan penyerapan air dan mengurangi limpasan.

Secara keseluruhan, penerapan LID terbukti efektif dalam mengurangi potensi banjir dengan meningkatkan infiltrasi dan memperlambat aliran permukaan. Sistem drainase yang lebih berkelanjutan dan efisien dapat mengurangi tekanan pada saluran drainase eksisting dan memberikan solusi jangka panjang terhadap masalah banjir di perkotaan. Hasil penelitian ini memberikan gambaran penting bagi perencanaan sistem drainase perkotaan yang lebih ramah lingkungan dan mampu mengatasi dampak perubahan iklim serta urbanisasi yang semakin pesat.

5. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi efektivitas penerapan LID untuk mengoptimalkan sistem drainase perkotaan di Kota Serang, yang selama ini menghadapi masalah banjir akibat kapasitas drainase yang terbatas. Hasil simulasi menggunakan Storm Water Management Model (SWMM) menunjukkan bahwa penerapan LID, seperti bioretensi dan perkerasan berpori, dapat mengurangi volume limpasan dan meningkatkan kinerja sistem drainase, dengan nilai *continuity error* pada *surface runoff* yang masih di bawah ambang batas dan diterima. Meskipun demikian, beberapa saluran, seperti saluran 2, masih mengalami genangan akibat kemiringan yang kurang optimal dan kapasitas saluran yang terbatas. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan solusi lebih lanjut, seperti memperbesar kapasitas saluran dan menambah elemen drainase terintegrasi, guna mencapai pengelolaan air hujan yang lebih efektif dan berkelanjutan. Temuan ini memberikan panduan bagi perencanaan sistem drainase yang lebih ramah lingkungan dan adaptif terhadap perubahan iklim, serta melanjutkan penelitian lebih lanjut yang serupa memperkaya pemahaman tentang pengelolaan air hujan perkotaan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahiablame, L. M., Engel, B. A., & Chaubey, I. (2012). Effectiveness of low impact development practices: Literature review and suggestions for future research. *Water, Air, and Soil Pollution*, 223(7), 4253–4273. <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1189-2>
- Aprianto, R., Ayu Dwi Puspitasari, P., Fitriyanto, S., & Tawaqqal, A. (2024). Analisis Potensi Bencana Banjir Berdasarkan Hasil Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Sumbawa. *Titan Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 16(2), 124–133. <https://doi.org/10.30599/jti.v16i2.3436>
- Belladonna, M., Ningrum, W., Wisnuwardhani, F., & Surapati, A. (2023). Pemodelan Sistem Drainase Menggunakan EPA SWMM 5.1 Untuk Mengatasi Genangan di Kelurahan Kebun Tebeng Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–7. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- Cristobal, J., Riyanto, B. A., & Sanjaya, S. (2024). Penerapan Low Impact Development Dalam Perencanaan Drainase Perkotaan Di Kawasan Ibu Kota Baru Negara Indonesia. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 22(1), 7–16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j2579-891X.v22i1.14280>
- Deliana, D., & Utomo, C. (2017). Tingkat Kepedulian pada Implementasi Sistem Drainase Sesuai dengan Zero Delta Q dan Faktor Keberhasilannya pada Pengembangan Apartemen Di Surabaya. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 15(2), 53–60. <https://doi.org/10.12962/j2579-891X.v15i2.2559>
- Fadhil, M. Y., Hidayat, Y., & Baskoro, D. P. T. (2021). Identifikasi Perubahan Penggunaan Lahan dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 213–220. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.213>
- Fattah, M. A., Ningsi, F. S., Samsie, I., & Alam, S. (2023). Pemetaan Daerah Rawan Banjir Di Kota Makassar Berbasis Google Maps Api. *Jurnal Dipanegara Komputer Teknik Informatika*, 16(1), 60–68.
- Firmansyah, A., Kurniyaningrum, E., Herlina, L., Wihdah Misshuari, I., & Amin, R. (2024). Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Menggunakan EPA-SWMM di DAS Krukut. *Indonesian Journal on Construction Engineering and Sustainable Development*, 7(2), 55–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.25105/10.25105/cesd.v7i2.21759>
- Fransiska, Y., Junaidi, J., & Istijono, B. (2020). Simulasi Dengan Program EPA SWMM Versi 5.1 Untuk Mengendalikan Banjir pada Jaringan Drainase Kawasan Jati. *Jurnal Civronlit Unbari*, 5(1), 38. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v5i1.56>

- Grace, A., Yudianto, D., & Fitriana, F. (2022). Optimasi Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Industri Di Cikarang, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. *JURNAL TEKNIK HIDRAULIK*, 13(2), 103–112. <https://doi.org/10.32679/jth.v13i2.712>
- Hanastasia, Y., & Sudradjat, A. (2016). Kajian Awal Penetapan Teknologi Low Impact Development/Green Infrastructure Pada Pengelolaan Limpasan Hujan Menggunakan Sistem Informasi Geografi (Studi Kasus:DAS Citarum Hulu Bukan Kota). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(2), 92–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/j.tl.2016.22.2.10>
- Malamataris, D., Kolokytha, E., & Loukas, A. (2020). Integrated hydrological modelling of surface water and groundwater under climate change: The case of the mygdonia basin in Greece. *Journal of Water and Climate Change*, 11(4), 1429–1454. <https://doi.org/10.2166/wcc.2019.011>
- Miller, J. D., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. In *Journal of Hydrology: Regional Studies* (Vol. 12, pp. 345–362). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.06.006>
- Nuraisah, G., Andriani, R., & Kusumo, B. (2019). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Usahatani Padi Di Desa Wanguk Kecamatan Anjatan Kabupaten Indramayu. *Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, Januari, 5(1), 60–71. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25157/ma.v5i1>
- Pour, S. H., Wahab, A. K. A., Shahid, S., Asaduzzaman, M., & Dewan, A. (2020). Low impact development techniques to mitigate the impacts of climate-change-induced urban floods: Current trends, issues and challenges. In *Sustainable Cities and Society* (Vol. 62). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102373>
- Raharjo, S. (2024). Perencanaan Drainase Pada Perumahan The Palm Residence Srimur Dengan Pendekatan Infrastruktur Hijau dan Infrastruktur Abu-Abu. *Jurnal Tera*, 4(1), 33–54.
- Yuono, A. L., Iryani, S. Y., Alia, F., & Al Amin, M. B. (2024). Simulasi Pengendalian Limpasan Permukaan dengan Penerapan Low-Impact Development di Kawasan Perumahan. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 13(2), 113–128. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v13i2.400>

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	2%
2	pt.scribd.com Internet Source	1%
3	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	1%
4	trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id Internet Source	1%
5	Submitted to Miami University of Ohio Student Paper	1%
6	repository.its.ac.id Internet Source	1%
7	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
8	ojs.aknacehbarat.ac.id Internet Source	1%
9	hathi.id Internet Source	1%
10	media.neliti.com Internet Source	1%
11	journal.unuha.ac.id Internet Source	1%
12	pa-kotabumi.go.id Internet Source	1%

13	journal.unika.ac.id Internet Source	<1 %
14	docplayer.info Internet Source	<1 %
15	adoc.pub Internet Source	<1 %
16	ejournal.upbatam.ac.id Internet Source	<1 %
17	jurnal.umj.ac.id Internet Source	<1 %
18	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
19	jgrs.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %
20	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	<1 %
21	osf.io Internet Source	<1 %
22	publikasi.unitri.ac.id Internet Source	<1 %
23	repository.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
24	www.riset.unisma.ac.id Internet Source	<1 %
25	download.garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
26	img1.wsimg.com Internet Source	<1 %

27	core.ac.uk Internet Source	<1 %
28	ia-petabox.archive.org Internet Source	<1 %
29	ppjp.ulm.ac.id Internet Source	<1 %
30	psb.lppm.uns.ac.id Internet Source	<1 %
31	repositories.lib.utexas.edu Internet Source	<1 %
32	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
33	123dok.com Internet Source	<1 %
34	Muchamad Arif Budiyanto, Fajar Purwoko, Muhamad Arifin. "KAJIAN KAPASITAS SUNGAI BUAYA KABUPATEN HALMAHERA TIMUR", CivETech, 2021 Publication	<1 %
35	danceyourfeetoff-maria.blogspot.com Internet Source	<1 %
36	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
37	doaj.org Internet Source	<1 %
38	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
39	gayakeren.id Internet Source	<1 %
40	repositorio.ufc.br Internet Source	<1 %

<1 %

41

repository.lppm.unila.ac.id

Internet Source

<1 %

42

zombiedoc.com

Internet Source

<1 %

43

Samuel Harjanto, Muhammad Arief, Rifki Maulana, Diwi Jelita Fitri, Fanny Aliza Savitri.
"Penerapan Struktur Parapet dan Tanggul Tanah dalam Pengendalian Banjir Kali Jeroan Hilir di Desa Balerojo, Kab. Madiun, Jawa Timur", Seminar Nasional Teknik Sipil, 2024

Publication

<1 %

44

Joni Safaat Adiansyah, Datu Buyung Agusdinata, Aryan Perdana Putra.
"Environmental impacts of solar PV energy systems for small-island communities in Indonesia: A life cycle assessment approach", Energy for Sustainable Development, 2025

Publication

<1 %

45

Lailal Gusri, Suhanta M A, Julius Julius, Hadrah Hadrah, Riyanti Aggrika, MS Zahari M.
"ANALISIS RUAS DRAINASE MENGGUNAKAN STORM WATER MANAGEMENT MODEL DI PERUMAHAN SAFIRA, KOTA JAMBI", Jurnal Teknologi Lingkungan, 2024

Publication

<1 %

46

Novrianti Novrianti. "Studi Sistem Drainase Jalan Garuda XA Kecamatan Jekan Raya Kota Palangka Raya", Media Ilmiah Teknik Sipil, 2016

Publication

<1 %

47

Ratih Nurmala Saridewi, Muchamad Arif
Budyanto. "PEMODELAN SISTEM DRAINASE
PERKOTAAN MENGGUNAKAN EPA SWMM 5.1
DI KABUPATEN TAPIN PROVINSI KALIMANTAN
SELATAN", CivETech, 2024

Publication

<1 %

Exclude quotes Off
Exclude bibliography On

Exclude matches Off