

Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

Analisis Efektivitas Skenario Green Roof, Rain Garden, dan Permeable Pavement Menggunakan Model SWMM

Nurhamidah Nurhamidah^{*}), Ahmad Junaidi, Tasya Gusnita Putri .

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

*Koresponden: nurhamidah@eng.unand.ac.id

Diterima: 30 Juni 2026

Diperbaiki: 29 Juli 2026

Disetujui: 30 Juli 2026

ABSTRACT

Urban development in Padang City has increased the impervious surface area, reduced soil infiltration capacity, and increased surface runoff. These conditions cause the existing drainage system to frequently exceed its capacity, leading to inundation, particularly during high-intensity rainfall events. This study was conducted in a subcatchment within the Pelangi Indah Housing Complex, Korong Gadang Village, Kuranji District, Padang City, aiming to analyze and optimize the application of green infrastructure—specifically green roofs, rain gardens, and permeable pavements—using the EPA SWMM model. The data used consists of primary data from measurements of channel dimensions and drainage elevations using a waterpass, as well as secondary data from NASA Giovanni GPM IMERG satellite rainfall data, which provides satellite-based hydrometeorological information. The rainfall data used corresponds to 27 November 2025, as it was recorded as the highest rainfall intensity event in 2025. In addition to rainfall data, land-use data and soil parameters were also used. Simulations were conducted for the existing conditions and several Low Impact Development (LID) implementation scenarios—namely Green Roofs, Rain Gardens, and Permeable Pavements—to evaluate the effectiveness of each green infrastructure technology in reducing surface runoff and increasing infiltration. The simulation results indicate that under existing conditions, the study area still generates a fairly high volume of surface runoff due to the dominance of built-up areas and limited recharge zones. Following the implementation of green roofs, rain gardens, and permeable pavements, there was a reduction in surface runoff volume, a decrease in peak runoff discharge, and an increase in rainwater infiltration into the soil. The combination of these three LID technologies provided superior hydrological performance compared to the existing condition. This study is expected to serve as a reference for the development of sustainable urban drainage systems based on green infrastructure in Padang City and other urban regions.

Keywords: Low Impact Development, runoff, SWMM, green infrastructure, urban drainage

ABSTRAK

Perkembangan kawasan perkotaan di Kota Padang meningkatkan luas permukaan kedap air sehingga mengurangi infiltrasi dan meningkatkan limpasan permukaan yang menyebabkan sistem drainase sering mengalami genangan saat hujan berintensitas tinggi. Penelitian ini dilakukan di subcatchment Kompleks Pelangi Indah, Kelurahan Korong Gadang, Kecamatan Kuranji, Kota Padang, untuk menganalisis efektivitas penerapan infrastruktur hijau berupa *green roof*, *rain garden*, dan *permeable pavement* menggunakan model EPA SWMM.

Data yang digunakan meliputi pengukuran dimensi saluran dan elevasi drainase, data curah hujan satelit NASA Giovanni GPM IMERG, tata guna lahan, serta parameter tanah. Curah hujan tanggal 27 November 2025 dipilih sebagai input simulasi karena memiliki intensitas tertinggi pada tahun 2025. Simulasi dilakukan pada kondisi eksisting dan beberapa skenario penerapan *Low Impact Development* (LID).

Hasil menunjukkan bahwa kondisi eksisting menghasilkan limpasan permukaan yang tinggi akibat dominasi area terbangun dan terbatasnya daerah resapan. Penerapan kombinasi *green roof*, *rain garden*, dan *permeable pavement* mampu menurunkan volume limpasan permukaan dan debit puncak aliran serta meningkatkan infiltrasi air hujan. Kombinasi ketiga teknologi LID memberikan kinerja hidrologi yang lebih baik dibandingkan kondisi eksisting. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan sistem drainase perkotaan berkelanjutan berbasis infrastruktur hijau di Kota Padang maupun kawasan perkotaan lainnya.

Kata Kunci: *Low Impact Development*, limpasan permukaan, SWMM, infrastruktur hijau, drainase perkotaan

1. PENDAHULUAN

Kota Padang merupakan salah satu kota berkembang di Indonesia yang mengalami peningkatan pembangunan kawasan permukiman dan infrastruktur perkotaan. Perubahan tata guna lahan dari area terbuka menjadi kawasan terbangun menyebabkan meningkatnya luas permukaan yang kedap air (impervious surface). Kondisi ini berdampak pada berkurangnya kemampuan infiltrasi tanah dan meningkatnya limpasan permukaan saat hujan. Akibatnya, sistem drainase perkotaan sering mengalami kelebihan kapasitas dan memicu genangan maupun banjir.

Permasalahan genangan perkotaan juga terjadi di kawasan Kompleks Pelangi Indah, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Kawasan ini didominasi oleh permukiman padat, jalan lingkungan, dan minimnya area resapan, sehingga limpasan permukaan meningkat secara signifikan saat hujan intensitas tinggi. Selain itu, kapasitas saluran drainase eksisting yang terbatas menyebabkan aliran air tidak dapat didistribusikan secara optimal.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penerapan Low Impact Development (LID) berbasis infrastruktur hijau (Green Infrastructure). Konsep ini bertujuan untuk mengelola air hujan sedekat mungkin dengan sumbernya melalui proses infiltrasi, retensi, dan evapotranspirasi. Teknologi LID yang umum digunakan meliputi green roof, rain garden, dan permeable pavement. Green Roof merupakan salah satu teknologi infrastruktur hijau yang berfungsi sebagai sistem vegetasi pada atap bangunan. Rain Garden atau taman hujan secara spesifik merujuk pada suatu depresi (cekungan) yang telah direvegetasi, dengan fungsi utama untuk menampung dan mengelola limpasan air hujan berlebih yang berasal dari bangunan. Permeable Pavement atau perkerasan berpori merupakan suatu jenis permukaan jalan yang dirancang khusus agar mampu melakukan infiltrasi atau menampung air hujan yang jatuh di atasnya.

Permukaan Berpori (Permeable Pavement). SWMM (Storm Water Management Model) merupakan model untuk mensimulasikan hubungan antara hujan dan limpasan permukaan (rainfall-runoff simulation) akibat satu atau beberapa kejadian hujan di kawasan perkotaan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan kombinasi green roof, rain garden, dan permeable pavement dalam mengurangi limpasan permukaan menggunakan model EPA SWMM (Storm Water Management Model). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif pengelolaan drainase perkotaan yang lebih berkelanjutan di Kota Padang.

2. METODOLOGI

Penerapan Green Roof bertujuan untuk menahan sebagian air hujan pada lapisan vegetasi dan media tanam, sehingga dapat mengurangi debit puncak dan volume limpasan permukaan yang masuk ke sistem drainase. Skenario ini merupakan modifikasi dari kondisi eksisting dengan memasukkan komponen Low Impact Development (LID) pada subcatchment yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini, penerapan LID dilakukan pada Subcatchment 63. Dengan luas area yang diterapkan 5% dari area Subcatchment 63 (5200 m²), 5% dari area Subcatchment 63 adalah 260 m².

Dalam upaya lebih lanjut untuk menganalisis efektivitas infrastruktur hijau dalam mengurangi limpasan permukaan, simulasi EPA SWMM dilakukan dengan menerapkan LID jenis Rain Garden pada Subcatchment 73.

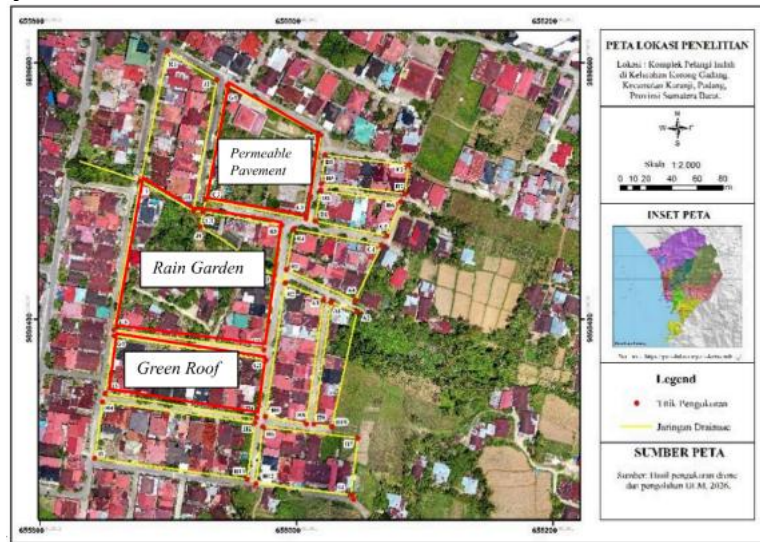
Pada penelitian ini, penerapan LID jenis Rain Garden dilakukan pada Subcatchment 73 dengan luasan sebesar 5% dari total luas Subcatchment, yaitu sekitar 580 m². Pemilihan Subcatchment 62 sebagai lokasi penerapan didasarkan pada kondisi eksisting kawasan yang menunjukkan nilai limpasan permukaan yang relatif tinggi, sehingga diperlukan intervensi berupa LID untuk menurunkan besaran debit aliran air yang mengalir ke sistem drainase.

Penerapan Infrastruktur Hijau menggunakan Low Impact Development (LID) jenis Permeable Pavement pada penelitian ini dimodelkan menggunakan aplikasi SWMM EPA. Permeable Pavement merupakan perkerasan berpori yang dirancang untuk memungkinkan air hujan meresap melalui permukaan perkerasan ke lapisan tanah di bawahnya sebelum dialirkan menuju sistem drainase. Dengan adanya proses infiltrasi tersebut, volume limpasan permukaan dapat dikurangi sehingga beban saluran drainase menjadi lebih kecil.

Pada penelitian ini, penerapan Permeable Pavement dilakukan pada Subcatchment 62 dengan luas penerapan sebesar 5% dari total luas subcatchment, yaitu sekitar 305 m². Pemilihan Subcatchment 62 didasarkan pada kondisi eksisting yang menunjukkan nilai limpasan permukaan (run-off) relatif tinggi dibandingkan dengan area lainnya. Oleh karena itu, penerapan LID pada area tersebut diharapkan dapat meningkatkan infiltrasi air hujan dan mengurangi debit aliran yang masuk ke sistem drainase (**Gambar 2.1**)

Tahapan penelitian yang dilakukan dimulai dari pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder. Data primer pertama kali dikumpulkan dengan mengukur elevasi di kawasan penelitian. Sedangkan data sekunder diperoleh dari satelit GPM IMERG. Data-data ini akan digunakan untuk menganalisis kondisi hidrologi dan sistem drainase eksisting pada wilayah penelitian. Penyusunan model drainase eksisting menggunakan EPA SWMM 5.2 berdasarkan jaringan drainase, subcatchment, dan parameter hidrologi Kawasan selanjutnya dapat diuraikan dalam Langkah-langkah berikut ini:

1. Simulasi kondisi eksisting untuk mengetahui besarnya limpasan permukaan, debit aliran, dan potensi genangan di kawasan penelitian.
2. Penerapan skenario Low Impact Development (LID) berupa Green Roof, Rain Garden, dan Permeable Pavement pada beberapa subcatchment terpilih.
3. Penentuan parameter LID berdasarkan pedoman EPA SWMM dan penelitian terdahulu yang meliputi surface layer, soil layer, storage layer, pavement layer, dan drain layer.
4. Simulasi penerapan LID menggunakan EPA SWMM 5.2 untuk menganalisis perubahan runoff, infiltrasi, dan debit puncak aliran setelah penerapan infrastruktur hijau.
5. Perbandingan hasil simulasi kondisi eksisting dan kondisi setelah penerapan LID untuk mengevaluasi efektivitas Green Roof, Rain Garden, dan Permeable Pavement dalam mengurangi limpasan permukaan serta meningkatkan kinerja sistem drainase.



Gambar 2. 1 Lokasi Penelitian

Dalam penerapan model SWMM (Storm Water Management Model), integrasi data hidrologi dan hidrolika berperan penting untuk analisis yang komprehensif. Model integrasi data ini dapat direpresentasikan melalui input berbagai elemen parameter penentu dalam sistem. Proses simulasi diawali dengan mengonfigurasi Rain Gage sebagai sumber data curah hujan historis maupun rancangan yang menjadi penggerak utama siklus hidrologi pada model. Potensi limpasan permukaan kemudian dihitung pada elemen Subcatchment (daerah tangkapan air), di mana karakteristik fisik lahan didefinisikan secara detail, termasuk penentuan Infiltration Parameter menggunakan metode seperti Horton, Green-Ampt, atau Curve Number untuk menyaring volume air yang meresap ke dalam tanah.

Guna mewujudkan konsep manajemen air berbasis lingkungan yang berkelanjutan, model ini juga mengintegrasikan parameter LID (Low Impact Development) Control dan LID Usage untuk mensimulasi penerapan infrastruktur hijau seperti sumur resapan, biopori, atau taman dan dinding hijau yang berfungsi untuk mereduksi serta memperlambat debit banjir langsung di subcatchment. Selanjutnya, sisa limpasan permukaan yang tidak meresap akan dialirkan menuju sistem drainase buatan melalui titik pertemuan jaringan yang disebut Junction. Dari titik-titik simpul ini, air bergerak secara hidrolis melalui saluran terbuka maupun tertutup yang dimodelkan sebagai Conduit, hingga akhirnya seluruh akumulasi debit air di dalam sistem dialirkan menuju titik pembuangan akhir atau badan air penerima yang direpresentasikan oleh elemen Outfall. Hasil simulasi kemudian dianalisis berdasarkan nilai total runoff, debit puncak aliran, infiltrasi, serta profil muka air saluran untuk menentukan efektivitas penerapan infrastruktur hijau di kawasan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Eksisting Kawasan Penelitian

Kawasan Komplek Pelangi Indah, Kelurahan Korong Gadang, Kecamatan Kuranji, Kota Padang merupakan kawasan permukiman yang didominasi oleh permukaan kedap air seperti atap bangunan, jalan beton, dan area perkerasan lainnya. Kondisi tersebut menyebabkan kemampuan infiltrasi tanah berkurang, sehingga limpasan permukaan meningkat saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Berdasarkan hasil observasi lapangan, beberapa saluran drainase mengalami sedimentasi dan penyempitan penampang sehingga kapasitas drainase menjadi kurang optimal dalam mengalirkan air hujan.

Pengukuran dimensi dan elevasi drainase dilakukan menggunakan waterpass untuk memperoleh kondisi topografi dan arah aliran pada jaringan drainase yang sudah ada. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa aliran air bergerak

dari elevasi yang lebih tinggi menuju elevasi yang lebih rendah sesuai dengan kondisi topografi kawasan penelitian. Selain itu, penggunaan drone dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi tata guna lahan serta distribusi area terbangun di wilayah penelitian.

3.2. Analisis Hidrologi

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari satelit NASA Giovanni GPM IMERG. Data curah hujan digunakan sebagai input simulasi pada EPA SWMM 5.2 untuk mengetahui respons hidrologi kawasan penelitian terhadap kejadian hujan. Berdasarkan hasil analisis, curah hujan yang tinggi di wilayah Kota Padang menyebabkan sistem drainase menerima debit limpasan yang cukup besar, terutama di area dengan dominasi permukaan yang kedap air.

Data curah hujan realtime GPM IMERG diperoleh melalui website NASA GIOVANNI, yang memungkinkan akses mudah terhadap data penginderaan jarak jauh. Dalam penelitian ini, data curah hujan diperoleh melalui platform NASA Giovanni yang menyediakan informasi hidrometeorologi berbasis satelit. Data yang digunakan adalah curah hujan pada tanggal 27 November 2025, karena pada hari tersebut tercatat sebagai kejadian dengan intensitas hujan tertinggi pada tahun 2025. Rincian data curah hujan tersebut disajikan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Data Curah Hujan Realtime

Jam	Curah Hujan (mm)	Jam	Curah Hujan (mm)	Jam	Curah Hujan (mm)	Jam	Curah Hujan (mm)
00:00:00	7.28	06:00:00	3.83	12:00:00	0.31	18:00:00	2.65
00:30:00	7.02	06:30:00	3.96	12:30:00	0.95	18:30:00	2.73
01:00:00	5.75	07:00:00	4.75	13:00:00	1.29	19:00:00	2.76
01:30:00	5.08	07:30:00	4.44	13:30:00	2.13	19:30:00	2.89
02:00:00	2.79	08:00:00	2.16	14:00:00	2.30	20:00:00	2.47
02:30:00	2.50	08:30:00	2.16	14:30:00	2.30	20:30:00	3.76
03:00:00	1.59	09:00:00	1.50	15:00:00	2.61	21:00:00	4.64
03:30:00	1.48	09:30:00	1.54	15:30:00	2.19	21:30:00	4.66
04:00:00	3.32	10:00:00	0.56	16:00:00	5.51	22:00:00	3.43
04:30:00	1.02	10:30:00	0.93	16:30:00	8.28	22:30:00	2.25
05:00:00	1.89	11:00:00	0.45	17:00:00	4.21	23:00:00	1.48
05:30:00	3.23	11:30:00	0.31	17:30:00	2.65	23:30:00	2.38

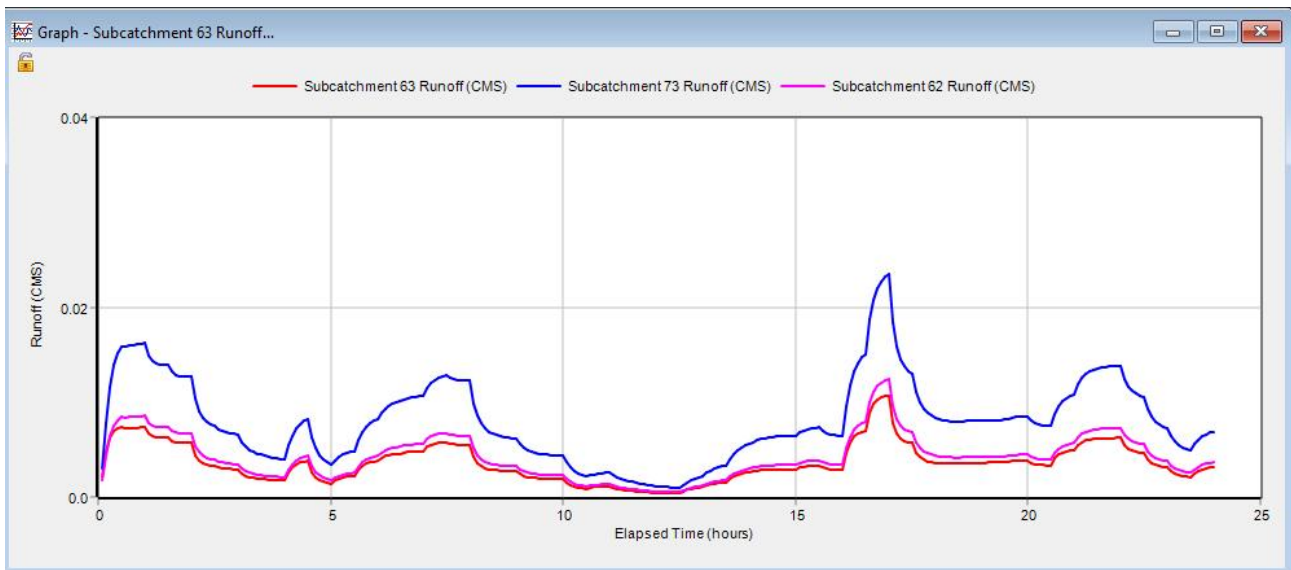
3.3. Hasil Simulasi Kondisi Eksisting EPA SWMM 5.2

Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting menggunakan EPA SWMM 5.2, diketahui bahwa Subcatchment 73, Subcatchment 63, dan Subcatchment 62 menghasilkan limpasan permukaan yang cukup tinggi akibat dominasi area terbangun dan keterbatasan daerah resapan. Grafik runoff menunjukkan bahwa debit limpasan meningkat seiring intensitas hujan hingga mencapai debit puncak, kemudian menurun secara bertahap setelah intensitas hujan berkurang.

Berdasarkan grafik runoff pada Subcatchment 63, Subcatchment 73, dan Subcatchment 62, terlihat bahwa Subcatchment 73 memiliki debit limpasan permukaan (runoff) paling tinggi dibandingkan dengan dua subcatchment lainnya. Puncak runoff pada Subcatchment 73 mencapai sekitar 0,023 m³/s pada jam ke-16, sedangkan Subcatchment 62 hanya mencapai sekitar 0,011 m³/s dan Subcatchment 63 mencapai sekitar 0,009 m³/s. Hal ini menunjukkan bahwa Subcatchment 73 menghasilkan limpasan permukaan yang hampir dua kali lebih besar dibandingkan Subcatchment 63.

Selain itu, pola grafik menunjukkan bahwa ketiga subcatchment mengalami kenaikan runoff pada waktu yang hampir bersamaan, terutama pada awal simulasi dan sekitar jam ke-15 hingga ke-17 akibat peningkatan intensitas hujan. Namun, Subcatchment 73 memiliki durasi limpasan yang lebih panjang dan fluktuasi debit yang lebih besar dibandingkan dengan Subcatchment 62 dan Subcatchment 63.

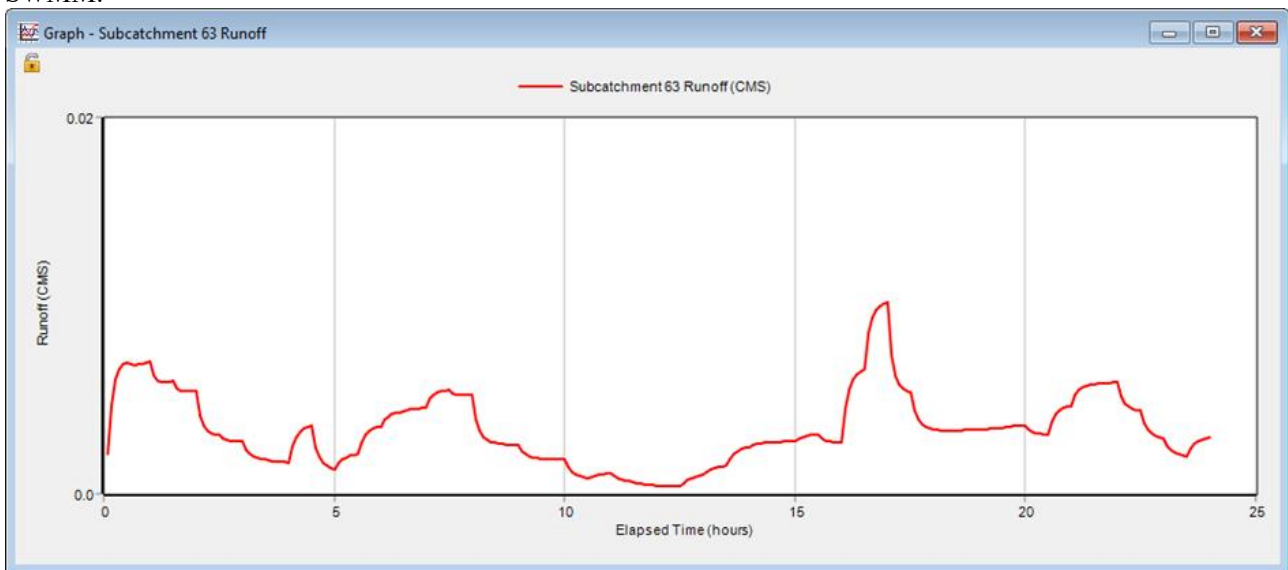
Secara keseluruhan, Subcatchment 73 merupakan area dengan kontribusi limpasan terbesar terhadap sistem drainase kawasan penelitian, sehingga menjadi lokasi yang paling membutuhkan penerapan infrastruktur hijau untuk mengurangi debit puncak dan meningkatkan infiltrasi air hujan. Sementara itu, Subcatchment 62 dan Subcatchment 63 menunjukkan debit runoff yang lebih rendah dan relatif lebih stabil selama periode simulasi.



Gambar 3. 1 Grafik *Runoff* Kondisi Eksisting

3.3.1 Simulasi Penerapan Green Roof

Penerapan Green Roof dilakukan pada area atap bangunan yang berada dalam subcatchment penelitian. Green Roof dimodelkan menggunakan parameter surface layer, soil layer, dan drainage mat layer sesuai dengan pedoman EPA SWMM.



Gambar 3. 2 Grafik *Runoff* Setelah Penerapan LID *Green Roof*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan Green Roof pada Subcatchment 63 dengan luas penerapan sebesar 5% area subcatchment (305 m²) mampu menurunkan limpasan permukaan (runoff) sebesar 5,07% dibandingkan kondisi eksisting. Hasil ini menunjukkan bahwa Green Roof cukup efektif dalam menahan limpasan awal dari area atap bangunan dan membantu memperlambat aliran air menuju sistem drainase.

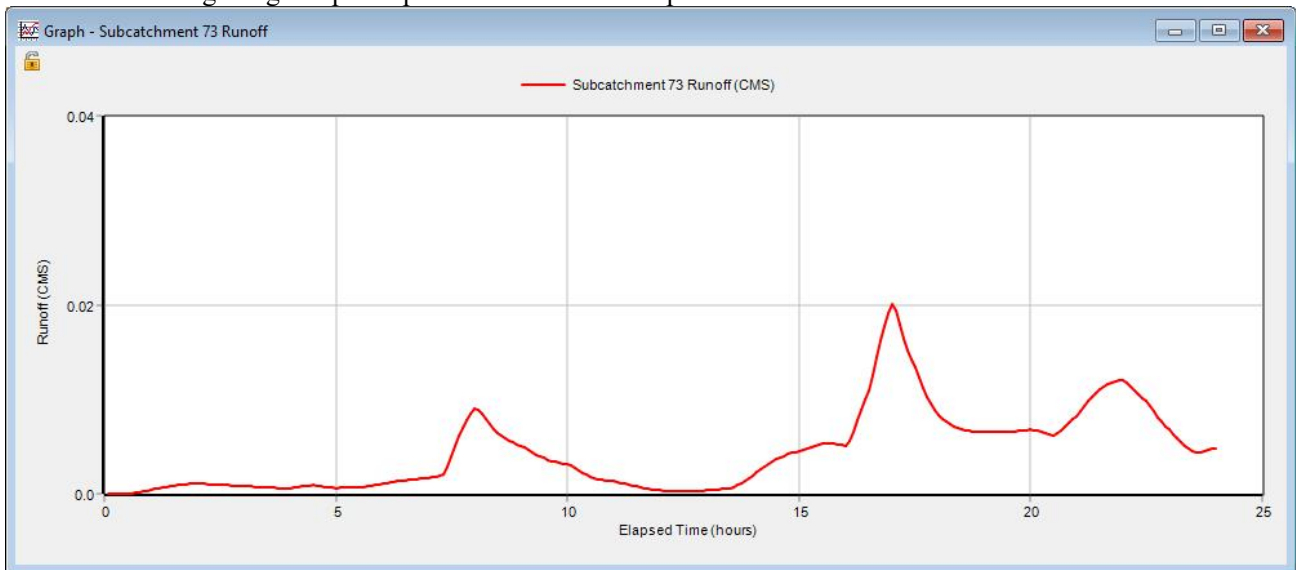
Grafik runoff setelah penerapan Green Roof menunjukkan penurunan debit limpasan pada subcatchment yang diterapkan LID. Kondisi tersebut membuktikan bahwa Green Roof efektif dalam membantu mengurangi beban sistem drainase perkotaan.

3.3.2 Simulasi Penerapan Rain Garden

Rain Garden diterapkan pada area terbuka yang memungkinkan proses infiltrasi berlangsung lebih optimal. Pada simulasi EPA SWMM, Rain Garden dimodelkan menggunakan surface layer, soil layer, dan storage layer.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa di Subcatchment 73, diperoleh peningkatan total infiltrasi dari 10,01 mm menjadi 32,92 mm. Selain itu, total runoff mengalami penurunan dari 60,15 mm menjadi 33,19 mm atau berkurang sebesar 26,96 mm (44,82%). Nilai runoff coefficient juga turun dari 0,857 menjadi 0,473. Hasil tersebut

menunjukkan bahwa Rain Garden merupakan jenis infrastruktur hijau yang paling efektif dalam meningkatkan infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan di kawasan penelitian.

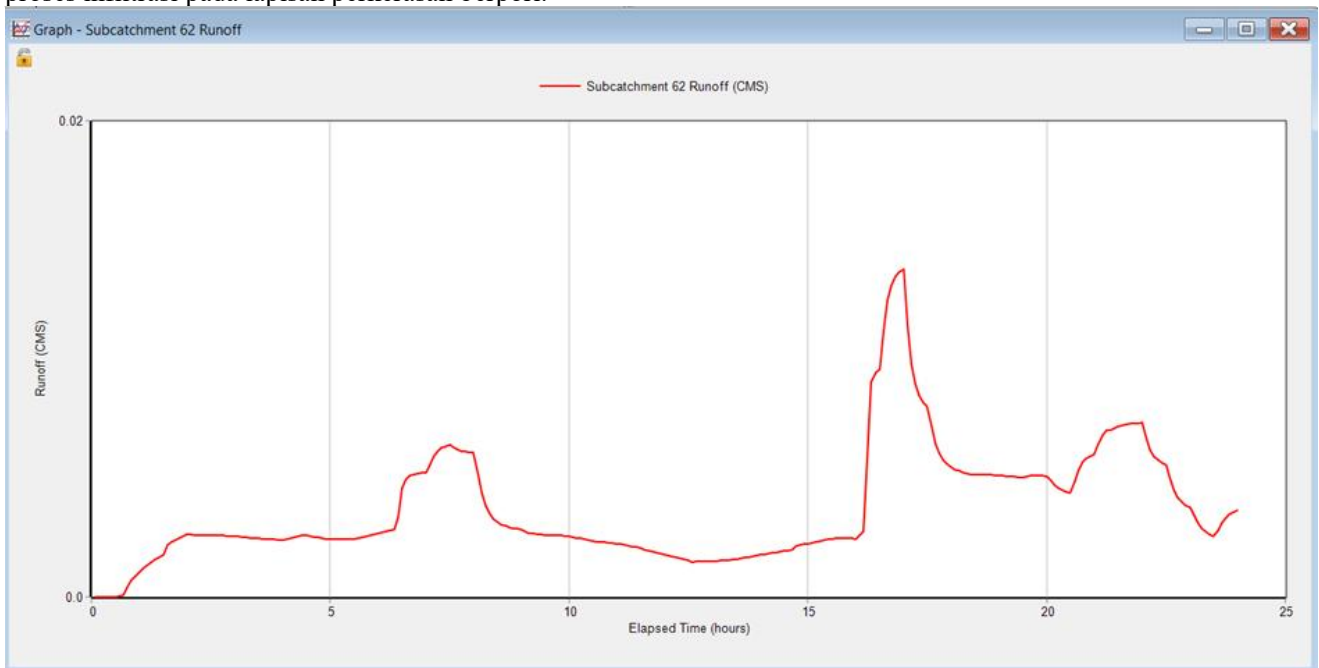


Gambar 3. 3 Grafik Runoff Setelah Penerapan LID Rain Garden

3.3.3 Simulasi Penerapan Permeable Pavement

Permeable Pavement diterapkan pada area perkerasan seperti jalan lingkungan dan area parkir. Sistem ini memungkinkan air hujan meresap melalui permukaan perkerasan menuju lapisan penyimpanan sebelum dialirkan ke tanah dasar atau ke saluran drainase.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan Permeable Pavement pada Subcatchment 62 meningkatkan infiltrasi dari 10,00 mm menjadi 14,37 mm. Nilai total runoff menurun dari 60,17 mm menjadi 52,32 mm atau berkurang sebesar 7,85 mm (13,05%), sedangkan koefisien runoff turun dari 0,857 menjadi 0,745. Hal ini menunjukkan bahwa Permeable Pavement cukup efektif dalam mengurangi limpasan pada area jalan dan permukaan kedap air melalui proses infiltrasi pada lapisan perkerasan berpori.



Gambar 3. 4 Grafik Runoff Setelah Penerapan LID Permeable Pavement

Grafik runoff menunjukkan bahwa setelah penerapan Permeable Pavement terjadi penurunan debit puncak aliran pada subcatchment penelitian. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem perkerasan berpori efektif dalam meningkatkan infiltrasi dan mengurangi aliran permukaan.

3.4 Perbandingan Efektivitas Infrastruktur Hijau

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan EPA SWMM, penerapan infrastruktur hijau berupa Green Roof, Rain Garden, dan Permeable Pavement terbukti mampu meningkatkan kinerja sistem drainase kawasan penelitian melalui pengurangan limpasan permukaan dan peningkatan infiltrasi air hujan. Setiap jenis infrastruktur hijau memiliki tingkat efektivitas yang berbeda sesuai dengan karakteristik dan mekanisme kerjanya masing-masing.

Rain Garden menjadi jenis infrastruktur hijau yang paling efektif dibandingkan dengan metode lain. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan total runoff sebesar 26,96 mm atau 44,82%, serta peningkatan infiltrasi dari 10,01 mm menjadi 32,92 mm. Selain itu, nilai runoff coefficient juga menurun dari 0,857 menjadi 0,473, yang menunjukkan bahwa sebagian besar air hujan berhasil diserap ke dalam tanah sebelum masuk ke sistem drainase..

Permeable Pavement menunjukkan efektivitas sedang dalam mengurangi limpasan permukaan. Penerapan sistem ini mampu menurunkan runoff sebesar 7,85 mm atau 13,05%, serta meningkatkan infiltrasi dari 10,00 mm menjadi 14,37 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perkerasan berpori cukup efektif diterapkan pada area jalan dan permukaan kedap air untuk membantu mengurangi aliran permukaan secara bertahap.

Sementara itu, Green Roof memberikan pengaruh yang lebih kecil dibandingkan dengan dua metode lainnya, dengan penurunan runoff sebesar 5,07%. Meskipun demikian, Green Roof tetap berperan dalam menahan limpasan awal dari area atap bangunan serta membantu memperlambat debit aliran menuju saluran drainase.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi penerapan infrastruktur hijau mampu memperbaiki kondisi hidrologi kawasan penelitian dibandingkan dengan kondisi eksisting. Infrastruktur hijau tidak hanya membantu mengurangi limpasan permukaan dan beban drainase, tetapi juga meningkatkan kemampuan infiltrasi air hujan sehingga dapat membantu menurunkan potensi genangan di kawasan permukiman perkotaan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimalisasi infrastruktur hijau perkotaan menggunakan Green Roof, Rain Garden, dan Permeable Pavement dengan model EPA SWMM pada subcatchment di kawasan Kompleks Pelangi Indah, Kecamatan Kuranji, Kota Padang, dapat diperoleh beberapa kesimpulan. Kondisi eksisting kawasan penelitian menunjukkan bahwa tingginya persentase permukaan kedap air menyebabkan meningkatnya limpasan permukaan (surface runoff), sehingga sistem drainase menerima beban aliran yang cukup besar saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Hasil simulasi menggunakan EPA SWMM menunjukkan bahwa penerapan Green Infrastructure (GI) mampu mengurangi limpasan permukaan serta meningkatkan infiltrasi air hujan di kawasan penelitian. Penerapan Green Roof pada Subcatchment 63 dengan luas penerapan sebesar 5% dari luas subcatchment mampu menurunkan nilai ketebalan aliran permukaan (Total Runoff) dari 60.18 mm menjadi 57.13 mm atau mengalami penurunan sebesar 3.05 mm (5.07%). Nilai runoff coefficient juga menurun dari 0.858 menjadi 0.814. Penerapan Rain Garden pada Subcatchment 73 dengan luas penerapan sebesar 5% dari luas subcatchment memberikan hasil paling efektif dibandingkan dengan jenis GI lainnya. Nilai total infiltrasi meningkat dari 10.01 mm menjadi 32.92 mm, sedangkan nilai ketebalan aliran permukaan (Total Runoff) menurun dari 60.15 mm menjadi 33.19 mm atau mengalami penurunan sebesar 26.96 mm (44.82%). Nilai runoff coefficient juga mengalami penurunan dari 0.857 menjadi 0.473. Penerapan Permeable Pavement pada Subcatchment 62 dengan luas penerapan sebesar 5% dari luas subcatchment mampu meningkatkan infiltrasi dari 10.00 mm menjadi 14.37 mm serta menurunkan nilai ketebalan aliran permukaan (Total Runoff) dari 60.17 mm menjadi 52.32 mm atau mengalami penurunan sebesar 7.85 mm (13.05%). Nilai runoff coefficient juga menurun dari 0.857 menjadi 0.745. Sehingga, hasil perbandingan efektivitas ketiga jenis Green Infrastructure, Rain Garden menjadi metode yang paling efektif dalam mengurangi limpasan permukaan, diikuti oleh Permeable Pavement, dan Green Roof. Secara keseluruhan, penerapan Green Infrastructure terbukti mampu membantu mengendalikan limpasan permukaan, meningkatkan infiltrasi air hujan, mengurangi beban sistem drainase, serta mendukung konsep pengelolaan air hujan yang berkelanjutan di kawasan perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adresi, M., Yamani, A., Karimaei Tabarestani, M., & Rooholamini, H. (2023). A comprehensive review on pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 407, 133308. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.133308>
- Alves, A., Gersonius, B., Kapelan, Z., Vojinovic, Z., & Sanchez, A. (2019). Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Journal of Environmental Management*, 239, 244–254. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.03.036>
- Andari, R., Nurhamidah, N., Daoed, D., & Marzuki. (2024). Evaluation of bias correction methods for multi-satellite rainfall estimation products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1317(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1317/1/012008>

- Aszharri, A., Susetyo, D. A., & Sulaiman, S. (2024). Kinerja Struktur Perkerasan Aspal Porus Modifikasi dengan Pemodelan Program KENPAVE. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 13(2), 91–102. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v13i2.363>
- Badan Geologi & BIG. (2025). Peta Geologi dan Peta Tanah Provinsi Sumatera Barat.
- Bak, J., & Barjenbruch, M. (2022). Benefits, Inconveniences, and Facilities of the Application of Rain Gardens in Urban Spaces from the Perspective of Climate Change—A Review. *Water (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/w14071153>
- Sabbagh, M., Browne, D., Pickering, L., Lintern, A., & Winfrey, B. (2025). Urban stormwater bioretention reduces runoff and improves water quality: A global meta-analysis of field studies. *Journal of Hydrology*, 663, 134163. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2025.134163>
- Shafique, M., Kim, R., & Kyung-Ho, K. (2018). Green Roof for stormwater management in a highly urbanized area: The case of Seoul, Korea. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/su10030584>
- Skofronick-Jackson, G., Berg, W., Kidd, C., Kirschbaum, D. B., Petersen, W. A., Huffman, G. J., & Takayabu, Y. N. (n.d.). Springer: Advances in RS and Applications 1 1 Global Precipitation Measurement (GPM): Unified Precipitation Estimation From Space.
- Supply, W., & Resources Division, W. (2016). Storm Water Management Model Reference Manual Volume I- Hydrology (Revised) Office of Research and Development Water Supply and Water Resources Division.
- Victor M. Ponce. (2023). *kinematic_and_dynamic_waves*.
- Wang, F., Tian, P., Guo, W., Chen, L., Gong, Y., & Ping, Y. (2024). Effects of rainfall patterns, vegetation cover types and antecedent soil moisture on run-off and soil loss of typical Luvisol in southern China. *Earth Surface Processes and Landforms*, 49(10), 2998–3012. <https://doi.org/10.1002/esp.5871>

NOMENKLATUR

LID: *Low Impact Development*

GI: *Green Infrastructure*

SWMM: *Storm Water Management Model*

EPA: *Environmental Protection Agency*

NASA: *National Aeronautics and Space Administration*

GPM: *Global Precipitation Measurement*

IMERG: *Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM*

DEM: *Digital Elevation Model*

TSS: *Total Suspended Solids*

n: Koefisien kekasaran *Manning*