



IMPLIKASI LOW IMPACT DEVELOPMENT (LID) UNTUK MEREDUKSI LIMPASAN PADA RUAS JALAN LINGKAR SELATAN KOTA SUKABUMI

Nurulita Diah Rachmawati Waluyo*, Rakhmat Yusuf*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Corresponding author, email: nurulitadiahr@gmail.com, rakhmatyusuf@upi.edu

ABSTRACTS

The condition of the Drainage Network in the South Ring Road section of Sukabumi City has problems when the rainy season arrives, one of the problems faced is the occurrence of runoff on the road and several sub-catchments. Runoff problems in drainage channels are caused by fill of garbage, sedimentation and vegetation that impact on the capacity of channel. It is necessary to conduct a study related to the condition of the existing channel to provide a solution in handling overflows. Primary data used is direct observation at the study site to obtain channel dimensions and channel elevations in existing conditions. Secondary data in the form of maximum rainfall points at the study site (NASA source) for 42 years. Based on the 5-year return period design rainfall calculation with the Log Pearson III Distribution method (selected method), simulated with the Personal Computer Storm Water Management Models. The results of the analysis show that there is flooding at the junction of 4 points in the conditions of the 5-year return period design rainfall. To reduce flooding, it is necessary to evaluate the drainage system by maximizing the function of existing land in each sub-catchment by installing Low Impact Development (LID) instruments in the form of Rain Barrel, Rain Garden and Bio-Retention at a number of sub-catchment points affected by flooding. The simulation results show that there is a reduction in average runoff of 35% so that the installation of LID instruments can be used to minimize the impact of flooding.

ARTICLE INFO

Article history:

Submitted/Received: 13 Mei 2024

First Revised: 24 Mei 2024

Accepted: 27 Mei 2024

First Available online: 3 Juni 2024

Publication Date: 1 Juli 2024

Keywords:

Channel, Drainage, LID, Runoff, Sub-catchment.

1. PENDAHULUAN

Drainase merupakan salah satu fasilitas penting bagi daerah perkotaan yang berperan dalam mengalirkan air permukaan ke lokasi pembuangan akhir. Sistem Drainase Perkotaan merupakan bagian yang kuat dengan tata ruang. Sebuah sistem drainase yang efektif harus memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung dan mengalirkan air secara optimal, sehingga tidak terjadi genangan air atau banjir ketika hujan turun (Fajri, N., et al. 2022). Permasalahan yang sering kali terjadi dan dihadapi Kota Sukabumi pada saat ini yaitu munculnya genangan air ketika terjadi hujan. Perubahan tata guna lahan dan berkurangnya kawasan resapan air di perkotaan merupakan faktor terjadinya banjir (Rumata, A., et al. 2023). Selain itu, rendahnya kesadaran dan kepedulian masyarakat akan kebersihan lingkungan dalam membuang sampah (Warsari, D., et al. 2023). Akibatnya, terdapat saluran drainase yang terputus karena dipenuhi oleh sedimentasi dan sampah yang menumpuk, sehingga saluran drainase meluap dan menyebabkan genangan air di jalan raya (Lucyana, L. 2020).

Kondisi jaringan drainase akan disimulasikan dengan model yang dikemas dalam paket PCSWMM. Saat ini, lebih mudah untuk mengadopsi model 2D guna membuat dan menganalisis simulasi yang lebih realistis dari aliran gabungan yang mengalir ke pengumpul utama, serta representasi dari aliran permukaan daratan dan dataran banjir yang terjadi selama kejadian ekstrem. Ketersediaan model elevasi digital (DEM) berkualitas tinggi, peningkatan daya komputer desktop, selain kebutuhan akan simulasi banjir yang lebih realistis, semuanya berkontribusi pada adopsi model 2D untuk pemetaan dataran banjir dan analisis aliran permukaan (Leandro, et al. 2011).

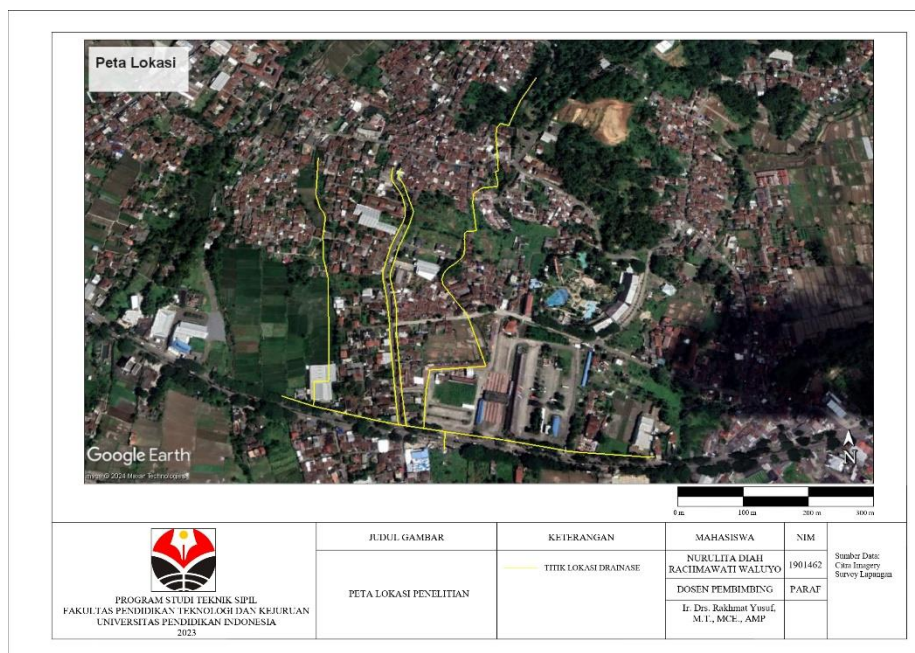
Model satu dimensi-dua dimensi (1D-2D) menghubungkan perhitungan aliran tidak stabil 1D yang mensimulasikan aliran linier di jaringan bawah permukaan dengan perhitungan 2D yang alirannya dua dimensi. Model 1D menggunakan sistem *link-node*, sedangkan domain 2D ditentukan oleh kisi-kisi sel yang membawa atribut kemiringan dan kekasaran. Selama badai ekstrem, air mengalir keluar dari sistem bawah permukaan dan mungkin tertarik ke arah saluran masuk yang berdekatan, atau menggenang karena tidak adanya saluran masuk yang berdekatan. Hambatan atau kapasitas yang tidak memadai pada jaringan drainase dapat menyebabkan aliran berbalik arah (Syme, et al. 2009).

Program PCSWMM (oleh CHI) digunakan untuk mensimulasikan aliran 1D-2D. PCSWMM menggunakan paket SWMM dari Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (USEPA) untuk menyelesaikan simulasi 1D secara numerik (Shrestha, et al. 2014). PCSWMM 2D memperluas pendekatan 1D yang sepenuhnya dinamis dalam PCSWMM-USEPA SWMM5 untuk memodelkan aliran permukaan bebas 2D (James, et al. 2012). Pendekatan ini menggunakan persamaan Saint-Venant untuk menyelesaikan setiap komponen sel komputasi, di sepanjang jaringan persimpangan dan saluran terbuka yang merepresentasikan permasalahan.

2. METODE

2.1 Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam kajian upaya mereduksi limpasan ini adalah deskriptif analisis, mulai dari pengumpulan data primer yang terjun langsung ke lapangan untuk mendapatkan data dimensi saluran eksisting berupa lebar saluran, kedalaman saluran, material saluran, dan kondisi morfologi saluran. Sedangkan data sekunder berupa data hujan dan peta DEM (*Digital Elevation Model*) diperoleh secara online pada situs-situs yang menyediakan data relevan dengan lokasi kajian (Amin, L.A., et al. 2023). Data-data dianalisa sesuai dengan peruntukannya dan input ke model untuk simulasi kondisi eksisting sesuai perolehan data. Tahap berikutnya dilakukan penilaian terhadap beberapa ruas saluran dan *sub-catchment* yang mengalami limpasan, kemudian dilakukan rekayasa terhadap lahan yang masih tersedia untuk menurunkan limpasan tersebut (Lisenbee, W. A., et al. 2021). Berikut lokasi kajian yang dilakukan di Jalan Lingkar Selatan, Kecamatan Baros, Kota Sukabumi.



Gambar 1. Peta Lokasi Jalan Lingkar Selatan Kota Sukabumi
Sumber: *Google Earth Pro* (2023)

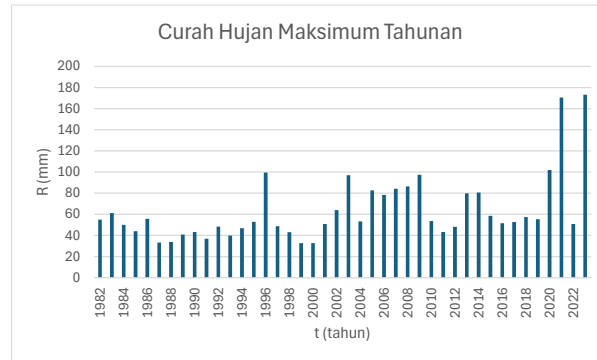
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Analisis frekuensi data hidrologi bertujuan untuk mengkaji peristiwa-peristiwa ekstrim yang terjadi dengan frekuensi tertentu melalui penggunaan distribusi kemungkinan. Dalam analisis tersebut, diasumsikan bahwa data hidrologi yang digunakan bersifat acak, stokastik, dan independen (Suripin, 2004). Ada 4 metode yang digunakan dalam analisis frekuensi yaitu

DOI:

Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log-Pearson III (Triatmojo, B. 2008). Data hujan maksimum yang digunakan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Data Hujan Maksimum Tahunan

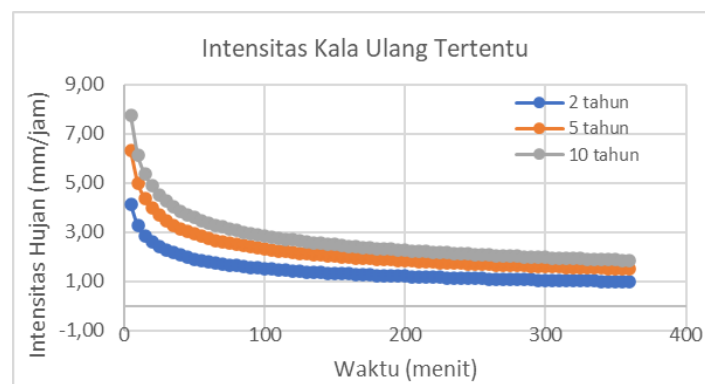
Sumber: Hasil Olah Data (2023)

Pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian Parameter menggunakan Metode Chi-Square Dan Metode Kolmogorov-Smirnov (Suripin, 2004).

Kota Sukabumi merupakan Kota Besar berdasarkan jumlah penduduk yaitu antara 100.000 sampai 1 juta jiwa dengan luas tangkapan air 10 – 100 dengan tipologi kota besar, maka digunakan perencanaan periode kala ulang 2 – 5 tahun. Hasil analisa Hidrologi untuk distribusi hujan rancangan (terpilih Metode Log Person-III) untuk keperluan perencanaan berikutnya dalam menentukan hujan rancangan perioda ulang 5 tahun sebesar 83.18 mm.

Analisis Intensitas Hujan

Intensitas Hujan adalah kedalaman ataupun tinggi air hujan per satuan waktu (Putra, M. A. R., et al., 2022). Analisa diturunkan dari hujan harian, hitungan intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe (Suripin, 2004:67).

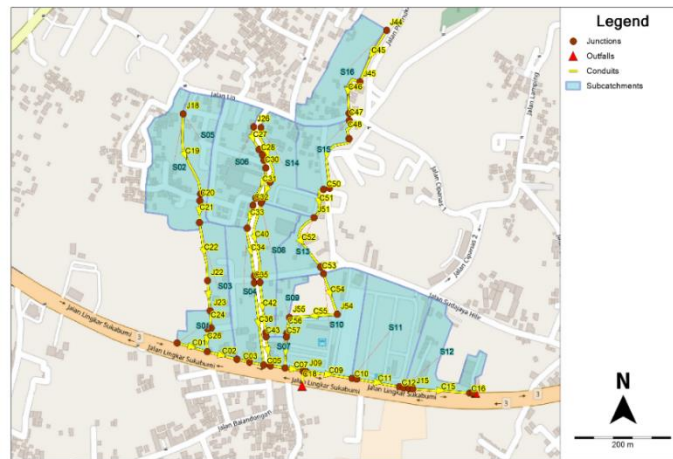


Gambar 3. Kurva Intensitas Hujan

Sumber: Hasil Olah Data (2023)

Analisis Kondisi Saluran Eksisting

Kawasan drainase di Jalan Lingkar Selatan Kota Sukabumi dibuat per *sub-catchment* sesuai dengan sifat pengalirannya pada map PCSWMM menjadi 16 *subcatchment*, 57 *junction* dan 58 *conduits*. Diperoleh formasi system drainase sebagai berikut.



Gambar 1. Sistem Jaringan Drainase Jalan Lingkar Selatan, Kota Sukabumi

Sumber: Hasil Olah Data (2023)

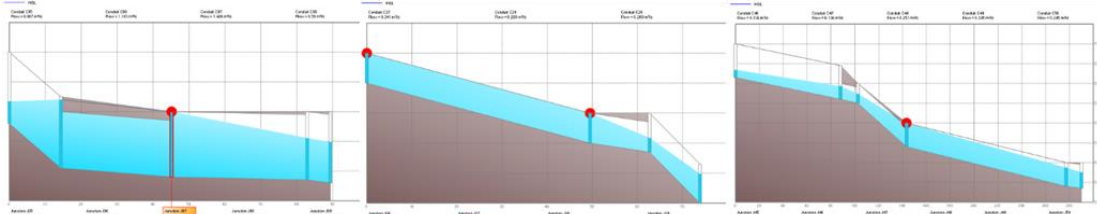
Running PCSWMM 7.6 diperoleh hasil dengan kala ulang rencana 5 tahun adanya *Node Flooding* yang terjadi pada beberapa saluran. Berikut adalah hasil rekapitulasi *Node flooding* yang ada di kawasan Jalan Lingkar Selatan, Kota Sukabumi.

Tabel 1. Rekapitulasi Node Lokasi Banjir

No	Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurence	Total Flood Volume 106 ltr	Total Flood Volume m ³
1	J07	0.38	0.347	02:34	0.291	291
2	J26	0.09	0.024	02:30	0.004	4
3	J27	0.34	0.072	02:30	0.057	57
4	J48	0.08	0.008	02:30	0.002	2

Sumber: Hasil Olah Data (2023)

Hasil dari Running yang berupa data *Node Flooding* disimulasikan dengan aplikasi PCSWMM 7.6 menjadi data penampang memanjang saluran. Dari simulasi yang dilakukan terlihat titik-titik banjir yang meluap dengan ditandai warna merah pada *junction* tersebut. Berikut penampang memanjang hasil simulasi berdasarkan data primer ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Potongan memanjang ruas saluran J05-J09; J26-J29 dan J45-J50 kondisi eksisting.

Sumber: Hasil Olah Data (2023)

Simulasi kondisi eksisting terjadi *flooding* pada beberapa *junction* ruas jalan yang ada di kawasan tersebut. Genangan menyebabkan limpasan permukaan (*Runoff*) pada setiap *sub-catchment*. Kondisi tata guna lahan di Jalan Lingkar Selatan Kota Sukabumi mengalami banyak perubahan. Dengan adanya perubahan tersebut, mengakibatkan banjir di beberapa titik di Jalan Lingkar Selatan Kota Sukabumi (Rizani, M. A., et al., 2023). Besarnya *runoff* dan *runoff coefficient* tiap *sub-catchment* diperlihatkan pada table berikut.

Tabel 2. Nilai *Runoff* pada Kondisi Eksisting

Nama	Total Precip (mm)	Total Runoff (mm)	Runoff Coeff
S01	89.65	88.5	0.987
S02	89.65	77.75	0.867
S03	89.65	84.8	0.946
S04	89.65	86.04	0.96
S05	89.65	86.29	0.963
S06	89.65	88.07	0.982
S07	89.65	84.13	0.938
S08	89.65	74.68	0.833
S09	89.65	76.53	0.854
S10	89.65	84.4	0.941
S11	89.65	87.73	0.979
S12	89.65	85.18	0.95
S13	89.65	86.01	0.959
S14	89.65	64.26	0.717
S15	89.65	65.41	0.73
S16	89.65	47.93	0.535

Sumber: Hasil Olah Data (2023)

Berdasarkan tabel 7 menunjukkan besaran *runoff* dan koefisien *runoff* cukup besar, bermakna kurangnya lahan terbuka hijau/*pervious* pada kawasan tersebut. Semakin tinggi nilai *runoff* dan koefisien *runoff*, maka semakin tinggi pula peluang terjadinya banjir (Stevania, R. T., et al, 2021). Nilai *runoff* tertinggi terdapat pada *subcatchment* 1 yaitu 88.5 mm dengan koefisien *runoff* yaitu 0,99 dan terendah pada *subcatchment* 16 yaitu 47.93 mm dengan koefisien *runoff* yaitu 0,535.

DOI:

Perencanaan LID (*Low Impact Development*)

Perlu adanya solusi untuk mengurangi limpasan yang menyebabkan banjir di Kawasan Jalur Lingkar Selatan Kota Sukabumi. Maka dari itu diadakan penanggulangan untuk mengatasi limpasan tersebut, pada simulasi ini menggunakan metode LID (*Low Impact Development*) (Bustiawan, N., et al. 2023).

Hasil akhir dari evaluasi dengan menggunakan kala ulang 5 tahun didapatkan beberapa *junction* saluran drainase yang mengalami limpasan. Pada saluran di Jalan Lingkar Selatan terdapat 4 titik *junction* yang mengalami genangan. Genangan tersebut diatasi dengan menerapkan metode LID (*Low Impact Development*). LID yang diterapkan yaitu *Rain Barrel*, *Rain Garden*, dan Bioretensi. Berikut data jumlah penggunaan LID (*Low Impact Development*) yang diterapkan di *subcatchment*.

Tabel 3. Jumlah Penggunaan LID di Lokasi Penelitian

Sub-catchment	LID									Total Sub-catchment	Presentase
	Bio-retensi			Rain Garden			Rain Barrel				
	Jumlah (Unit)	Luas (m ²)	Luas Total (m ²)	Jumlah (Unit)	Luas (m ²)	Jumlah Luas (m ²)	Jumlah (Unit)	Luas (m ²)	Jumlah Luas (m ²)		
S01	7	20	140	34	12	408	10	1.63	16.3	564.3	14%
S02	65	20	1300	57	12	684	57	1.63	92.91	2077	10%
S03	80	30	2400	15	12	180	28	1.63	45.64	2626	21%
S04	65	30	1950	27	12	324	23	1.63	37.49	2311	16%
S05	27	20	540	55	12	660	55	1.63	89.65	1290	11%
S06	85	30	2550	45	12	540	52	1.63	84.76	3175	14%
S07	8	20	160	12	12	144	8	1.63	13.04	317	14%
S08	40	30	1200	20	12	240	23	1.63	37.49	1477	13%
S09	15	20	300	25	12	300	12	1.63	19.56	619.6	15%
S10	138	30	4140	34	12	408	17	1.63	27.71	4576	19%
S11	110	30	3300	66	12	792	25	1.63	40.75	4133	16%
S12	45	30	1350	43	12	516	19	1.63	30.97	1897	14%
S13	2	20	40	44	12	528	35	1.63	57.05	625.1	9%
S14	67	30	2010	14	12	168	23	1.63	37.49	2215	16%
S15	35	30	1050	20	12	240	24	1.63	39.12	1329	13%
S16	55	30	1650	0	0	0	32	1.63	52.16	1702	10%

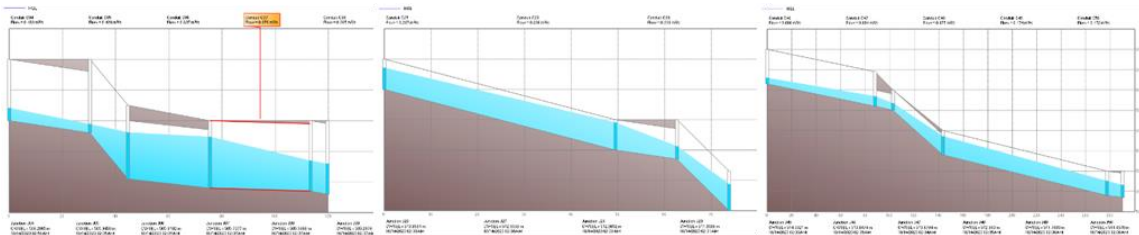
Sumber: Hasil Olah Data (2023)

Install komponen LID (*Low Impact Development*) pada setiap *sub-catchment*, maka volume limpasan dan debit dari setiap saluran berkurang, air hujan yang jatuh pada setiap

DOI:

p- ISSN 1412-050X e- ISSN 2828-5778

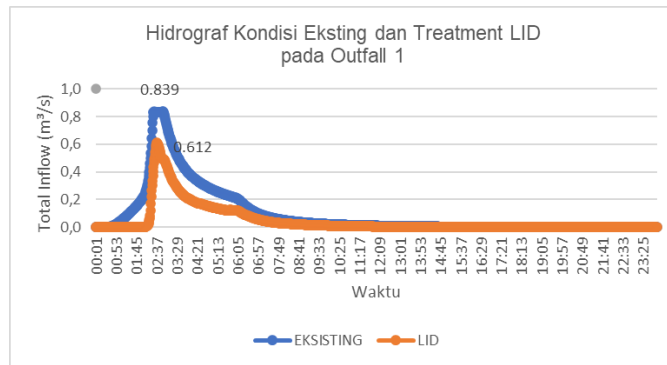
sub-catchment dialirkan dan ditampung terlebih dahulu pada unit-unit LID, sampai akhirnya dilimpahkan kembali ke saluran drainase apabila sudah melebihi kapasitas tampungannya (Savitri, Y. R. 2017).



Gambar 6. Potongan memanjang ruas saluran J05-J09; J26-J29 dan J45-J50 kondisi aplikasi LID.

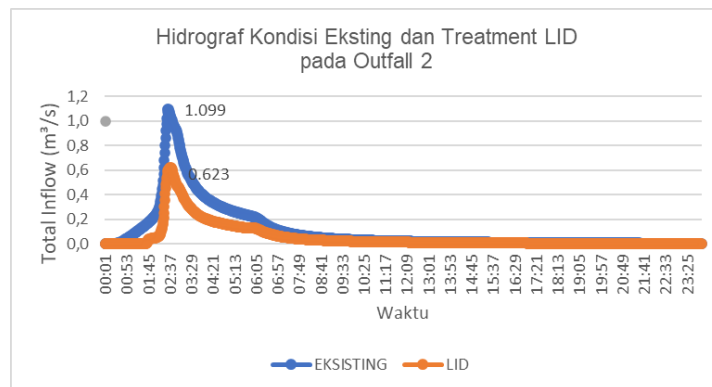
Sumber: Hasil Olah Data (2023)

Indikator menurunnya limpasan dapat diperhatikan hidrograf pada kedua outfall, dalam system drainase kawasan ini terdapat 2 (dua) outfall hasilnya pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7. Hidrograf Kondisi Eksisting dan Treatment LID pada Outfall 1

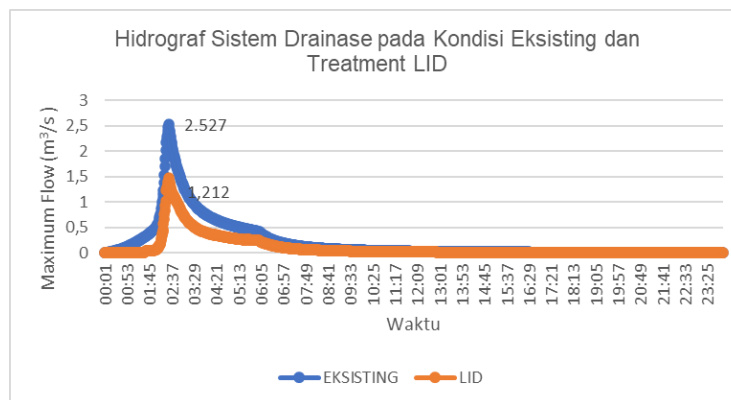
Sumber: Hasil Olah Data (2023)



Gambar 8. Hidrograf Kondisi Eksisting dan Treatment LID pada Outfall 2

Sumber: Hasil Olah Data (2023)

Jika diungkapkan besaran hidrograf yang terjadi pada keseluruhan kawasan jaringan drainase daerah studi atau disebut juga dengan Hidrograf Sistem Drainase Kawasan, hasilnya ditunjukkan dengan Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Hidrograf Sistem Drainase pada Kondisi Eksisting dan Treatment LID

Sumber: Hasil Olah Data (2023)

3.2. Pembahasan

Besaran intensitas hujan yang tinggi dapat mempengaruhi kapasitas saluran, seperti yang diungkapkan dalam penelitian yang sejenis di daerah lain. intensitas hujan jam-jaman yang terjadi pada Kawasan studi untuk kala ulang 5 tahun sebesar 6.30 mm/jam, akan memberikan respon berupa hidrograf banjir untuk saluran drainase. Kemudian nilai total inflow pada kondisi eksting di Outfall 2 yaitu sebesar 1.099 m³/det, sedangkan kondisi setelah treatment LID sebesar 0.621 m³/det. Reduksi yang terjadi antara kedua kondisi tersebut sebesar 43%. Implikasinya bahwa aplikasi konsep LID pada setiap *sub-catchment* dapat menurunkan genangan secara efektif. (Nusumanti, 2023).

Sistem drainase yang dominan pada wilayah kajiannya merupakan system drainase permukaan, dan sebesar 68.6% pemukiman terkena dampak banjir serta banjir ini memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas hidup penduduk dan lingkungan. Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui bahwa dengan menerapkan konsep LID (*Low Impact Development*) pada setiap *sub-catchment* mampu menurunkan limpasan air hujan. Nilai total inflow pada kondisi eksisting di Outfall 1 sebesar 0.839 m³/det, sedangkan pada kondisi setelah treatment LID sebesar 0.612 m³/det. Reduksi yang terjadi antara kedua kondisi tersebut sebesar 27%. LID dapat membantu mengurangi resiko kerusakan dengan mengurangi jumlah air yang masuk ke system drainase, dengan demikian LID dapat membantu mengurangi resiko kerusakan pada infrastruktur dan property. (Ajayi et al., 2024).

Debit maksimum yang mengalir pada sistem drainase Kawasan sebesar 2.527 m³/det, cukup besar dan menimbulkan limpasan pada titik-titik tertentu, setelah diaplikasikan konsep LID maka debit maksimum pada system drainase menjadi 1.212 m³/det sehingga terjadi reduksi banjir sebesar 42% yang menjadikan Kawasan drainase tidak tergenang banjir.

4. KESIMPULAN

Intensitas hujan yang dihitung dengan kala ulang rencana 2 tahun diperoleh nilai intensitas hujan sebesar 58.74 mm/jam, kemudian pada kala ulang 5 tahun diperoleh nilai intensitas hujan sebesar 89.65 mm/jam, kemudian pada kala ulang 10 tahun diperoleh besaran intensitas hujan sebesar 110.11 mm/jam. Menunjukkan adanya kedalaman hujan yang cukup besar yang jatuh di Kawasan studi.

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan hasil running PCSWMM diperoleh beberapa titik banjir di saluran Ruas Jalan Lingkar Selatan. Penyebab terjadinya luapan yaitu karena terdapat sampah, sedimentasi pada dasar saluran, dan vegetasi pada saluran, sehingga kapasitas saluran tidak memadai menampung limpasan, sebagai alternatif Solusi bisa dengan cara mengeruk sedimen dan membersihkannya dari sampah yang menyumbat saluran.

Dalam menanggulangi limpasan dan genangan air di sekitar Ruas Jalan Lingkar Selatan Kota Sukabumi diperlukan penerapan metode LID (*Low Impact Development*) diantaranya *Rain Barrel* dengan volume 4100 L, *Rain Garden*, dan Bio-Retensi. Komponen LID ini dapat dibuat pada areal yang masih terbuka. Pemasangan LID menunjukkan adanya penurunan limpasan pada kondisi eksisting dan setelah treatment LID pada outfall 1 sebesar 27% dan pada outfall 2 sebesar 43%.

REFERENSI

- Ajayi, A. O., Oladiran, T. A., Oyerinde, I. A., Ajayi, A. O., & Fakanlu, A. B. (2024). *Condition of Drainage System and Its Impact on the Residents of Mowe, Ogun State, Nigeria*. CSID Journal of Infrastructure Development, 7(1). doi: 10.7454/jid. v7. i1.1114.
- Amin, L. A., Arsal, St. F., & Putra, W. D. (2023). Studi Kinerja Drainase pada Kawasan Perumahan Bung Permai Kota Makassar. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(2), 1577-1587.
- Ben-Daoud, A., Ben-Daoud, M., Morosanu, G. A., M'Rabet, S. (2022). The Use of Low Impact Development Technologies in The Attenuation of Flood Flows in an Urban Area: Settat City (Morocco) as a Case. *Environmental Challenges*, 6.
- Bustiawan, N., Purwanto, A. (2023). Penerapan Low Impact Development (LID) dalam Mendukung Kebijakan Zero Delta Q di Kabupaten Karawang. *Jurnal Ilmiah Karawang*, 1(1), 11-25.
- Coffman, Larry. (2000). *Low-Impact Development Design Strategies, An Integrated Design*.
- Fajri, N., Andawayanti, U., & Lufira, R. D. (2022). Kajian Evaluasi Genangan Menggunakan Metode SWMM (Storm Water Management Model) di Daerah Jalan Soekarno Hatta (RS UB Hingga Patung Pesawat), Kota Malang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 261-272.
- James, R., K. Finney, N. Perera, W. James and N. Peyron. (2012). *SWMM5/PCSWMM Integrated 1D-2D Modeling*. In *Fifty Years of Watershed Modelin—Past, Present and*

- Future*, edited by A. S. Donigian, Richard Field and Michael Baker Jr. New York: Engineering Conferences International. ECI Symposium Series. <http://dc.engconfintl.org/watershed/12>.
- Kumar et al. (2020): *Assessment of Rainwater Harvesting and Runoff Reduction Strategies in Urban Areas: A Case Study of Delhi, India*. In: *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 28, pp. 100, 100, 100. DOI: 10.1016/j.ejrh.2020.100100.
- Leandro, J., S. Djordjević, A. S. Chen, D. A. Savić and M. Stanić. (2011). *Calibration of 1D/1D Urban Flood Models with 1D/2D Model Results in the Absence of Real Data*. *Water Science & Technology* 64 (5): 1016–24.
- Lisenbee, W. A., Hathaway, J. M., & Burns, M. J. (2021). Modelling Bioretention Stormwater Systems: Current Models and Future Research Needs. *Environmental Modelling & Software*, 144.
- Lucyana, L. (2020). Analisis Sistem Saluran Drainase Pada Perumahan Baturaja Permain di Kota Baturaja Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Deformasi*, 5(1), 28-42.
- Nisumanti, S., Baniva, R., & Afrizal. (2023). *Analysis of drainage network capacity in Rawa Jaya Area, Ilir Timur I, Palembang*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 1173(1), 012039. doi: 10.1088/1755-1315/1173/1/012039.
- Putra, M. A. R., Andawayanti, U., & Lufira, R. D. (2022). Studi Evaluasi dan Penanganan Genangan Menggunakan Aplikasi SWMM 5.1 pada Sistem Drainase Darmo Kali Kota Surabaya. *JTRES DAL Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 128-141.
- Rizani, M. A., Setiawan, K. P., Sadianoor, S., Jarmani, A., Ramadaniar, H. R., Abida, M. R., & Mahasina, D. A. (2023). Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Ketinggian Banjir di Kota Barabai. *Sebatik*, 27(2), 480-490.
- Rumata, A. R., Syamsuri, A. M., Janna, N. M., & Ilma, N. (2023). Kajian Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Bencana Banjir di Kecamatan Manggala Kota Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 6(1), 100-106.
- Savitri, Y. R. (2017). Penerapan Low Impact Development (LID) Untuk Meminimalisir Genangan. *Jurnal Teknik Hidroteknik*, 2(1), 35-40.
- Shrestha, A., T. Chaosakul, D. P. M. P. Priyankara, L. H. Chuyen, S. S. Myat, N. K. Syne, K. N. Irvine, T. Koottatep and M. S. Babel. (2014). *Application of PCSWMM to Explore Possible Climate Change Impacts on Surface Flooding in a Peri-Urban Area of Pathumthani, Thailand*. *Journal of Water Management Modeling* 22: C377. doi: [10.14796/JWMM.C377](https://doi.org/10.14796/JWMM.C377).

- Stevania, R. T., Wibowo, H., & Danial, W. (2021). Analisis Limpasan Permukaan (Runoff) pada Bagian Hilir DAS Sekayam. *Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 8(2).
- Suripin. (2004). *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Syme, W. J., R. Jones and L. Arneson. (2009). *Two-Dimensional Flow Modeling of Hydraulic Structures in a 2D ADI Scheme*. In *IAHR World Conference Proceedings: 33rd Congress—Vancouver*. International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR).
- Warsari, D., Iswan, J. (2023). Kesadaran Masyarakat Dalam Mengurangi Bencana Banjir Dilihat Dari Aspek Hukum di Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 2(1), 1-7.
- Wijaya, T. (2021). Pengaruh Penerapan Permeable Pavement dan Rain Barrel Terhadap Genangan di Kawasan Nologaten Selatan dengan Menggunakan SWMM 5.1
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.