

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/357749067>

PEMANENAN AIR HUJAN SEBAGAI UPAYA PENGURANGAN LIMPASAN PERMUKAAN PADA KAWASAN PERKOTAAN

Conference Paper · January 2022

CITATIONS

0

READS

177

3 authors, including:



Entin Hidayah

Universitas Jember

54 PUBLICATIONS 31 CITATIONS

SEE PROFILE

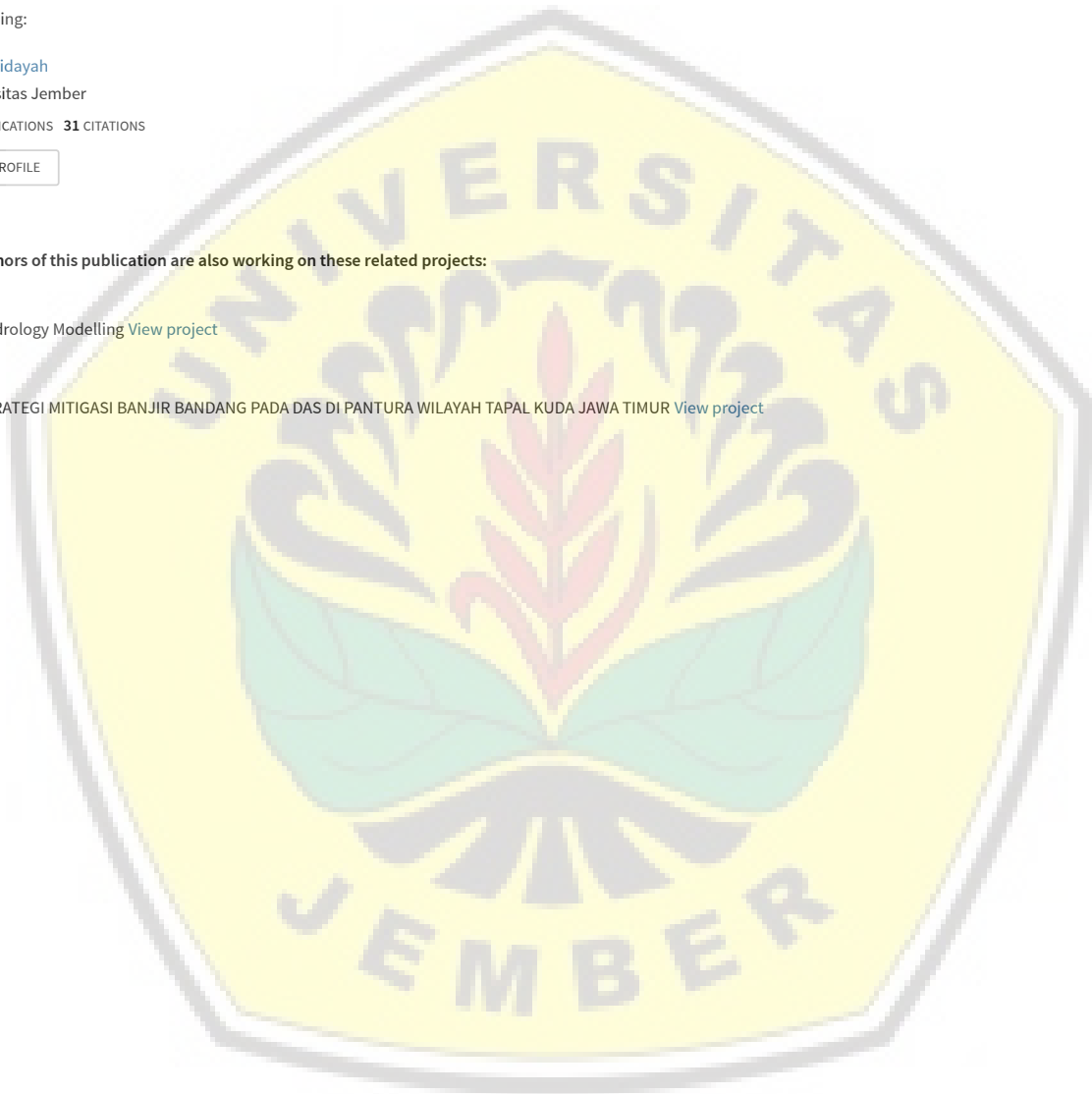
Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Hydrology Modelling [View project](#)



STRATEGI MITIGASI BANJIR BANDANG PADA DAS DI PANTURA WILAYAH TAPAL KUDA JAWA TIMUR [View project](#)



PEMANENAN AIR HUJAN SEBAGAI UPAYA PENGURANGAN LIMPASAN PERMUKAAN PADA KAWASAN PERKOTAAN

Azizatun Nafiah¹, Entin Hidayah^{1*}, dan Retno Utami Wahyono¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember

*entin.teknik@unej.ac.id

Intisari

Banjir perkotaan di perumahan Muktisari biasanya terjadi secara berkala selama musim hujan. Topografi wilayah yang datar menjadi tantangan untuk mengurangi debit puncak pada saat terjadi hujan ekstrem. Solusi dengan membuang air secepatnya ke sungai merupakan paradigma lama yang bertentangan dengan konsep drainase berkelanjutan. Sistem pemanenan air hujan merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi debit puncak dan terjadinya banjir. Studi ini mengkaji kelayakan sistem RWH pada skala terdistribusi di wilayah perkotaan yang tepatnya di perumahan Muktisari salah satu perumahan yang sering terjadi genangan banjir di kota Jember. Untuk pemodelan banjir, model pengelolaan air hujan (SWMM) digunakan dengan pembangunan *low-impact development* (LID) yaitu *rain barrel* sebagai tindakan pengurangan banjir. Evaluasi pemodelan banjir dengan membandingkan respon debit puncak sebelum dan sesudah menggunakan sistem pemanen hujan dengan menggunakan Storm Water Management Model (SWMM). Kinerja model dievaluasi dengan mengukur kedalaman genangan di dua lokasi saluran saat hujan terhadap hasil model dengan hujan sesaat. Koefisien korelasi masing-masing ditemukan 0,60 dan 0,80. Akhirnya, dengan menggunakan pemanenan air hujan, pengurangan luas banjir diperoleh sebesar 23,9%. Selain itu, studi menunjukkan bahwa 32,2%-95% daerah kedap air dapat menghasilkan potensi RWH tahunan sebesar 0,525 m³ dari luas atap meter persegi. Model tersebut dapat digunakan untuk pengambilan keputusan yang diperlukan untuk pengurangan banjir dan untuk membangun sistem RWH terdistribusi di wilayah studi.

Kata Kunci: pengendalian banjir, pemanenan air hujan, LID, SWMM

Latar Belakang

Banjir perkotaan di perumahan Muktisari sering terjadi selama musim hujan. Dengan curah hujan rerata 87,1 mm, hampir seluruh area perumahan tergenang. Topografi wilayah yang datar menjadi tantangan untuk mengurangi tinggi muka air pada saat terjadi hujan ekstrem. Akan tetapi sistem drainase yang ada dengan membuang air ke sungai, maka hal tersebut gagal memberikan pengelolaan yang baik. Dalam hal ini, salah satu teknik untuk menurunkan debit puncak yaitu menggunakan pemanenan air hujan untuk daerah perkotaan. Penggunaan metode ini tidak hanya di daerah kering tetapi juga bisa di lahan basah, yang memiliki manfaat yaitu sebagai penahan banjir dan pengendalian volume banjir (Freni dan Liuzzo, 2019).

Penelitian yang berbeda menunjukkan bahwa, daerah tangkapan air perkotaan, pemasangan tangki untuk sistem pemanenan air hujan dapat menjadi dukungan yang efektif untuk mengurangi frekuensi dan puncak banjir air hujan (Freni dan Liuzzo, 2019). Untuk tangki pemanenan air hujan ini di pasang di wilayah perumahan Nanjing (Hu dkk., 2019). Studi yang lain menemukan bahwa sistem pemanenan air ini memiliki kinerja yang baik dalam mengurangi masalah genangan air di perkotaan, yaitu mengurangi volume banjir masing-masing 13,9%, 30.2%, dan 57.7% pada curah hujan harian maksimum, surah hujan rata-rata tahunan dan curah hujan kritis (Petrucci dkk., 2012). Untuk pemodelan banjir menggunakan SWMM digunakan dengan metode LID-*rain barrel*. Pemodelan genangan HEC-RAS dibandingkan dengan simulasi banjir SWMM untuk mengamati secara rinci berapa pengurangan banjir. Simulasi kedalaman genangan menggunakan data HEC-RAS menunjukkan kecocokan yang wajar, akhirnya dengan menggunakan LID yaitu *rain barrel* didapatkan pengurangan sebesar 28.66% dapat dicapai untuk mengurangi luapan banjir (Akter dkk., 2020). Sedangkan hasil simulasi yang lain menunjukkan bahwa dengan hujan rancangan kala ulang 5 tahun menghasilkan 26 titik genangan. Prosentase reduksi debit aliran pada setiap saluran akibat penerapan pemanenan air hujan pada sistem drainase di lokasi studi sangat bervariasi mulai dari 1.01% hingga 63.57% (Ajitama, 2017).

Penelitian tentang evaluasi sistem drainase di kawasan perumahan Muktisari kecamatan kaliwates telah dilakukan oleh Yanuar Rahman Ferdiansyah (2021). Penelitian ini menggunakan analisis hidrologi untuk mencari debit curah hujan dan intensitas hujan. Kala ulang tahunan yang digunakan adalah 5 tahun. Dalam penelitian ini pemodelan menggunakan software EPA SWMM 5.1. Berdasarkan hasil pemodelan dengan kala ulang 1 tahun didapatkan 2 titik banjir, 2 dan 3 tahun 9 titik banjir, dan 5 tahun 12 titik banjir. Dalam penelitian tersebut di rencanakan ulang sistem drainase dan membuang air ke sungai jika muka air tinggi maka hal tersebut tidak memberikan solusi. Untuk mencapai tujuan utama dari penelitian ini yaitu mencoba untuk mengurangi volume limpasan permukaan dengan menerapkan pemanenan air hujan yang belum pernah diteliti di lokasi penelitian. *Rainwater harvesting* atau pemanenan air hujan adalah kegiatan mengumpulkan air hujan secara lokal dan menyimpannya dengan berbagai teknologi, kemudian air hujan tersebut akan digunakan dari permukaan yang relatif bersih (seperti atap, tanah). Sistem pengumpulan air hujan memanfaatkan sumber daya air di lokasi, mengurangi limpasan perkotaan dan menghemat biaya air.

Metodologi Studi

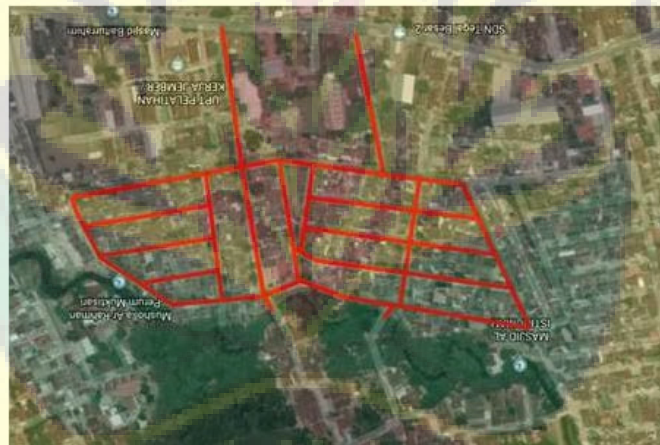
Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di perumahan Muktisari, Tegal Besar, Kabupaten Jember terlihat pada gambar 1. Dengan luas kurang lebih 15 ha didominasi bangunan rumah berkisar 80% dan selebihnya fasilitas umum serta lahan terbuka hijau. Dalam pengerjaan studi ini data yang digunakan yaitu peta topografi, peta tata guna lahan dan data hujan yang berasal dari 4 stasiun penakar hujan terdekat di lokasi penelitian bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum dan Cipta Karya Pemerintahan Jember. Perhitungan analisis curah hujan dilakukan dengan menggunakan data

dalam 10 tahun terakhir dari tahun 2010 hingga 2019. Data curah hujan tahunan terbesar pada tahun 2014 yaitu 151.25 mm, dan curah hujan terendah 70.00 mm yaitu pada tahun 2010. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Curah Hujan

NO	Tahun	DATA CURAH HUJAN				Curah hujan max mm/bulan
		Jember (mm)	Rennes (mm)	Dam Talang (mm)	Wirolegi (mm)	
1	2010	63,31	85	86	58	73,08
2	2011	87	125	124	72	102,00
3	2012	70	121	98	117	101,50
4	2013	107	105	97	80	97,25
5	2014	107	117	208	173	151,25
6	2015	115	72	130	67	96,00
7	2016	67	68	69	76	70,00
8	2017	80	37	68	98	70,75
9	2018	69	91	174	83	104,25
10	2019	69	91	175	83	104,50



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (google maps, 2020)

Analisis Frekuensi

Frekuensi hujan perlu dilakukan dengan tujuan agar drainase yang direncanakan dapat menampung debit air pada saat terjadinya debit maksimum, untuk itu diperlukan adanya analisa statistik frekuensi hujan untuk waktu yang akan datang. Berdasarkan tabel tipologi kota lokasi studi termasuk kota sedang dengan daerah tangkapan air 10-100 ha maka digunakan kala ulang 5 tahun. Dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	<10	10 – 100	101 – 500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25Th
Kota Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah untuk menghubungkan besarnya suatu kejadian ekstrem dengan frekuensi kemunculannya melalui penerapan distribusi probabilitas (Suripin, 2004).

Diasumsikan bahwa karakteristik statistik kejadian hujan dimasa depan selalu sama dengan kejadian hujan masa lalu. Adapun distribusi yang biasa digunakan di Indonesia antara lain: distribusi log Pearson III, distribusi gumbel, dan distribusi normal, distribusi Log Normal.

Diperlukan 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).

Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalam air hujan per satuan waktu. Untuk memperoleh grafik IDF dari data curah hujan harian menggunakan metode mononobe. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus *Mononobe*. (Suripin, 2004)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(1)$$

dimana I adalah intensitas hujan dengan satuan (mm/jam), T adalah lamanya hujan (jam), dan R₂₄ adalah curah hujan maksimum harian (mm) (selama 24 jam).

Pemodelan SWMM

Storm water management (SWMM) merupakan model simulasi hujan aliran (rainfall-runoff) yang digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan dari daerah perkotaan. Limpasan permukaan dihasilkan dari daerah tangkapan hujan. Beban limpasan permukaan tersebut kemudian dialirkan melalui sistem saluran pipa, saluran terbuka, tampungan pipa dan sebagainya. SWMM menghitung kuantitas dan kualitas limpasan permukaan dari setiap daerah tangkapan hujan, dan debit aliran, kedalaman aliran, dan kualitas air di setiap pipa dan saluran selama periode simulasi.

Pemanenan Air Hujan (PAH)

Dalam model ini, sistem pengumpulan air hujan memanfaatkan sumber daya air di lokasi, mengurangi limpasan perkotaan dengan memanfaatkan atap bangunan. Metode yang digunakan yaitu memperhitungkan harga infiltrasi dalam simulasi menggunakan metode SCS_Curve Number. Metode ini mengasumsikan bahwa infiltrasi tanah yang terjadi didapatkan melalui pemilihan jenis tata guna lahan dan di publikasikan oleh *USDA Natural Resources Conservation Service* berdasarkan Tabel Pengelompokan Jenis Tanah perumahan Muktisari termasuk dalam golongan B dimana Transmisi air melalui tanah tidak terhalang. Tanah kelompok B biasanya memiliki antara 10 persen dan 20 persen lempung dan 50 persen sampai 90 persen pasir dan memiliki tekstur lempung atau lempung berpasir dengan nilai 3.6 cm/jam (Fadillah, 2015).

Berdasarkan buku panduan *Storm water management model user's manual version 5.1* untuk menghitung debit outflow underdrain pada *rain barrel*, persamaan (2) yang digunakan untuk menghitung laju aliran digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = C(h - Hd)^n \dots\dots\dots(2)$$

dengan keterangan:

- Q : debit outfalow (mm/jam)
- C : koefisien drainase
- N : eksponen drainase (0.5 untuk lubang)
- Hd : tinggi kran dari alas rain barrel (mm)
- H : tinggi rain barrel (mm).

Hasil Dan Pembahasan

Analisis Hidrologi

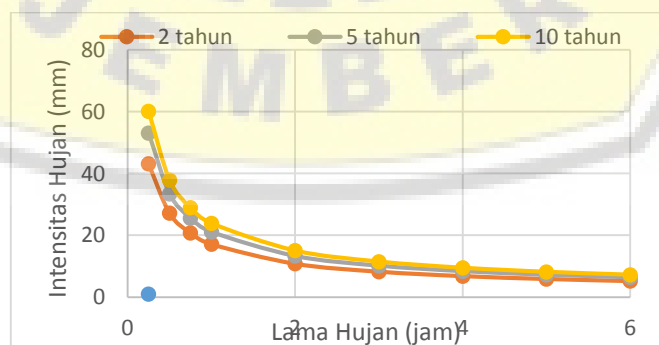
Hasil perbandingan kedua uji probabilitas dalam tabel 1 diperoleh nilai log normal untuk chi kuadrat 5.991 dan smirnov-kolmogorof 0.161. Dari nilai yang didapatkan pada tabel 3, dapat disimpulkan bahwa semua distribusi diterima. Distribusi dapat dikatakan diterima jika nilai $X^2 < X^2_{cr}$ dan $\Delta P < \Delta P_{Kritis}$. Distribusi yang digunakan adalah distribusi Log Normal karena memiliki nilai simpangan maksimal terkecil.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Uji Chi Kuadrat dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Distribusi probabilitas	Chi Kuadrat		<i>Smirnov-Kolmogorov</i>			
	X ²	X ² cr	Diterima	ΔP	ΔP kritis	
Normal	2	5.991	Diterima	0.195	0.41	Diterima
Log Normal	2	5.991	Diterima	0.161	0.41	Diterima
Gumbel	3	7.815	Diterima	0.188	0.41	Diterima
Log Pearson III	3	7.815	Diterima	0.187	0.41	Diterima

Analisis Intensitas Hujan

Rancangan sistem drainase diperlukan untuk memperkirakan debit puncak dengan menganalisis grafik IDF atau hubungan antara intensitas hujan dengan durasi. Hasil perhitungan intensitas hujan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Intensitas Hujan Periode Ulang 2,5, dan 10 Tahun

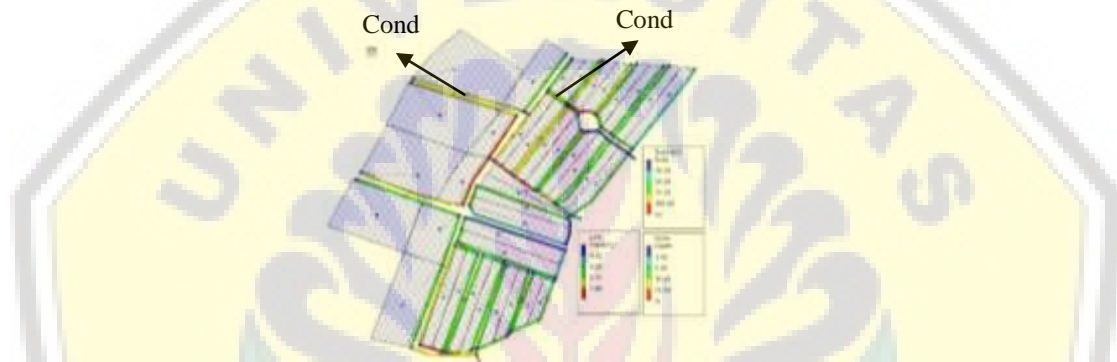
Kabupaten Jember atau Kecamatan Kaliwates dikategorikan dalam kelas kota sedang dan perumahan Muktisari mempunyai luasan daerah yang berpengaruh adalah kurang lebih 15 Ha, maka kala ulang tahunan yang digunakan yaitu 5 tahun.

Kalibrasi model

Kalibrasi merupakan proses verifikasi untuk menentukan dan menyesuaikan kebenaran hasil simulasi software SWMM dengan kondisi sebenarnya di lapangan. (Jenggawah dkk., 2010). Proses kalibrasi menggunakan data tinggi air di saluran hasil pengukuran di lapangan yang dilaksanakan pada tanggal 4 April 2020 dengan data curah hujan 65 mm selama hujan 3 jam. Kemudian setelah dilakukan *running* untuk mendapatkan hasil tinggi muka air di SWMM, dibandingkan dengan tinggi muka air di lokasi. Hasil kalibrasi pemodelan dapat dilihat pada tabel 4.

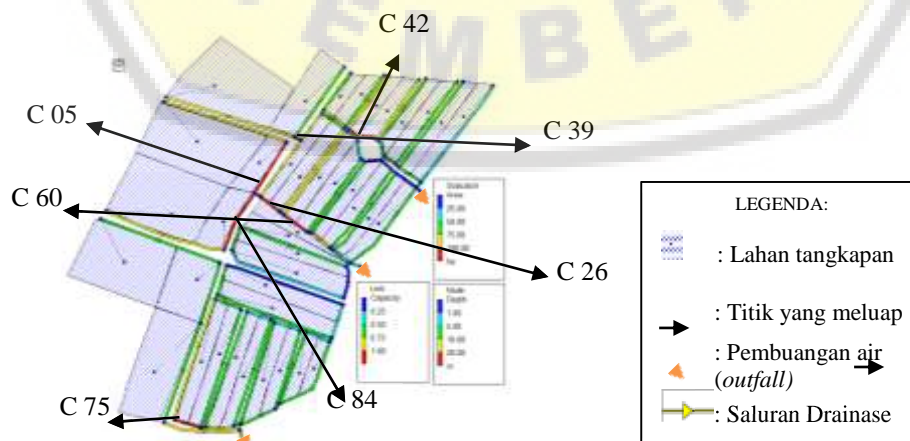
Tabel 4. Rekapitulasi Kalibrasi Pemodelan SWMM

Conduit	Tinggi di SWMM (m)	Tinggi di lapangan (m)	% Error
Cond01	0.19	0.18	5.26
Cond48	0.17	0.186	9.41



Simulasi kondisi drainase

Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas drainase dengan kala ulang 5 tahun di lokasi studi. Sistem jaringan drainase ini menerima limpasan dari saluran jaringan jalan Besuki Rahmat dan sungai yang ada di lokasi studi mengalir menuju ke daerah perumahan Muktisari. Parameter parameter yang diaplikasikan pada program SWMM meliputi: *subcatchment*, *conduit*, *juntion*, *rain*, dan *out fall*. Hasil simulasi sistem drainase dapat disimpulkan bahwa saluran drainase di wilayah studi tidak dapat menampung air hujan dengan kala ulang 5 tahun dan ada 10 titik genangan.



Gambar 3. Hasil *Running* SWMM kala ulang 5 tahun

Debit Limpasan Pada Saluran Drainase

Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3. dimana warna merah menunjukkan kapasitas saluran yang tidak dapat menampung limpasan air hujan yang turun sehingga terjadi genangan. Adapun saluran drainase yang meluap pada simulasi ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Simulasi Debit Limpasan Saluran Drainase

No.	Nama	H saluran (m)	H max (m)	V (m/dt)	Q max (m ³ /dt)	Keterangan
1	COND05	0,3	0,43	0,37	0,037	genangan
2	COND24	0,4	0,43	0,29	0,071	genangan
3	COND26	0,35	0,47	0,43	0,073	genangan
4	COND39	0,4	1,00	0,52	0,119	genangan
5	COND42	0,3	0,5	0,1	0,017	genangan
6	COND60	0,4	0,5	0,42	0,089	genangan
7	COND75	0,3	0,5	0,28	0,032	genangan
8	COND76	0,3	0,5	0,28	0,032	genangan
9	COND84	0,3	0,38	0,08	0,050	genangan
10	COND85	0,4	0,43	0,37	0,061	genangan

Rain barrel direncanakan untuk setiap rumah pada lokasi penelitian yang kemudian akan dihubungkan langsung dengan talang atap rumah. *Rain barrel* yang digunakan berupa drum air berbahan plastik dimana terdapat kran di bagian bawah.

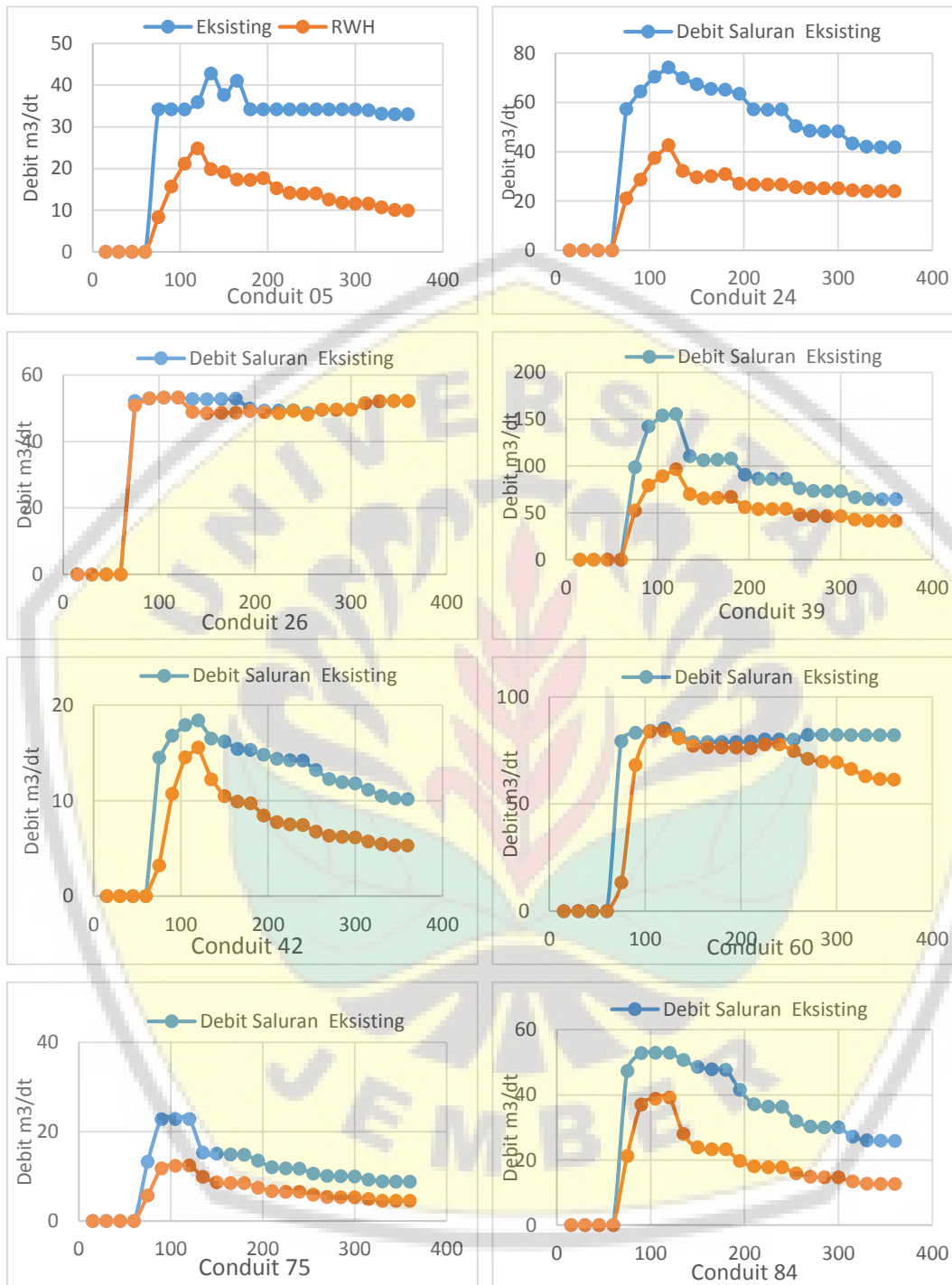
Simulasi Penerapan Pemanenan Air Hujan (PAH)

Setelah merencanakan bangunan pemanenan air hujan berupa *rain barrel* maka dapat dilakukan simulasi dengan mengisi properti LID *control for subcatchment*. Simulasi ini dilakukan dengan dua tahapan yaitu pertama disimulasikan tanpa adanya *rain barrel*, kemudian yang kedua disimulasikan dengan penerapan *rain water harvesting* berupa *rain barrel*. Untuk mengetahui efektifitas penerapan metode *rain barrel* terhadap penurunan debit puncak aliran.

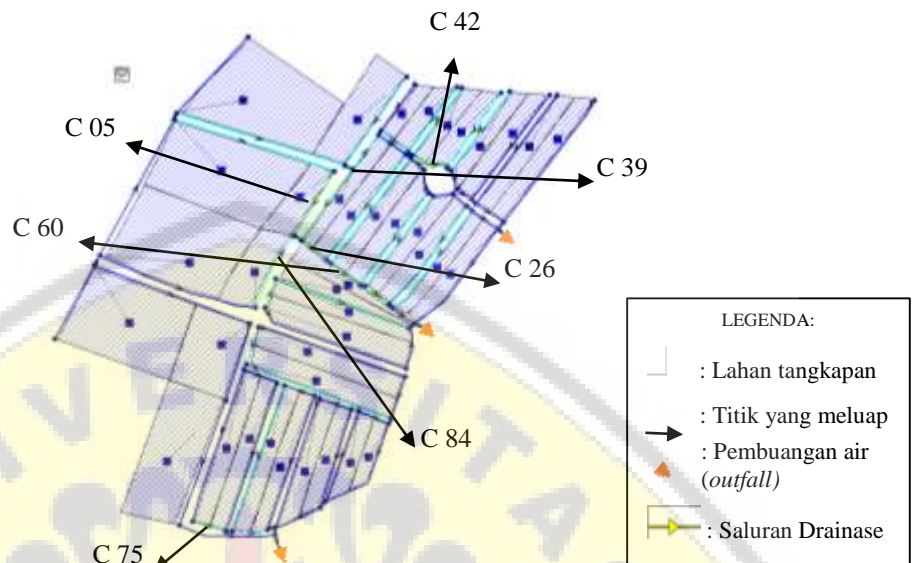
Analisis reduksi debit limpasan

Setelah dilakukan simulasi tanpa adanya struktur pemanenan air hujan maka selanjutnya yaitu dilakukan simulasi dengan kombinasi dua struktur pemanenan air hujan yang telah direncanakan. Untuk mengetahui efektifitas penerapan metode *rain barrel* terhadap penurunan debit puncak aliran Gambar 4.

Berdasarkan gambar 4. seluruh conduit mengalami penurunan tinggi puncak banjir serta pengurangan waktu menuju puncak banjir, kecuali pada conduit 26 tidak mengalami penurunan secara signifikan. Besar pengurangan rata-rata 0,5343 m³/dt menjadi 0,3831 m³/dt dari debit awal dan pada conduit 26 debit 0,0729 m³/dt terjadi pengurangan sebesar pengurangan terbesar 0,0613 m³/dt menuju puncak. Hal tersebut dikarenakan pada conduit 26 merupakan pertemuan titik dari beberapa saluran terlihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Rekapitulasi pengaruh penerapan metode rain water harvesting terhadap debit limpasan saluran



Gambar 6. Hasil *Running* SWMM kala ulang 5 tahun setelah adanya PAH

Berdasarkan hasil simulasi EPA SWMM 5.1 dapat dilihat pada gambar bahwa tidak ditemukan saluran yang berwarna merah itu artinya tidak ada saluran yang meluap, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode pemanenan air hujan dengan rain barrel ini dapat membuat perumahan Muktisari bebas dari genangan air pada saat hujan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penanaman air hujan menyebabkan penurunan yang bervariasi hal tersebut berdasarkan jumlah rumah yang ada lokasi studi dan akumulasi dari saluran sebelumnya. Dalam hal ini pengurangan yang terjadi pada jam puncak. Dalam hal ini pengurangan tinggi muka air dan debit di daerah banjir dapat diamati.

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa tangki air berukuran 650 liter dapat digunakan di perumahan Muktisari, dimana tangki diletakkan di halaman rumah dengan masing-masing satu tangki. Hasil ini menunjukkan bahwa pemasangan rain barrel ini cukup untuk memberikan pengurangan terhadap debit banjir yang cukup besar. Dengan pemasangan *rain barrel* untuk periode ulang 5 tahun dapat mengurangi tinggi muka air di lokasi penelitian sehingga tidak terjadi banjir.

Kesimpulan dan Saran

Sesuai tujuan penelitian untuk mengurangi debit puncak banjir dengan pemanenan air hujan menggunakan *rain barrel* adalah salah satu cara yang efektif dalam mengurangi banjir di perkotaan. Hasil analisis perhitungan menunjukkan bahwa debit total pada setiap saluran di lokasi studi mengalami penurunan. Sehingga reduksi debit akibat penerapan pemanenan air hujan (PAH) di Perumahan Muktisari, Tegal Besar terjadi penurunan debit air dari $0,534 \text{ m}^3/\text{dt}$ menjadi $0,383 \text{ m}^3/\text{dt}$ atau berkurang sekitar 23.9% dari debit awal.

Saran

Kajian mengenai potensi pemanfaatan air hujan sekaligus untuk mitigasi banjir selanjutnya dapat diterapkan pada lokasi lain di wilayah Jember. Peneliti yang menggunakan aplikasi EPA SWMM diharapkan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang perencanaan penggunaan ramah lingkungan dengan LID *control* yang lain seperti bioretensi (*bioretension*), perkerasan permeabel (*permeabel pavement*) dan infiltrasi (*infiltration*).

Daftar Pustaka

- Ajitama, A. S. 2017. Analisa Reduksi Debit Saluran Dengan Penerapan Rain Water Harvesting Menggunakan Aplikasi Epa Swmm 5.1 Di Perumahan Sukolilo Regency Kota Surabaya.
- Akter, A. H., & Islam, M. K. 2020. Possibilities of urban flood reduction through distributed-scale rainwater harvesting. *Water Science and Engineering*, 13(2), 95–105.
- Fadillah, E. D. N, 2015. Studi Sumur Resapan di Kawasan Perumahan Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember. *Skripsi*. Jember: Teknik Sipil Universitas Jember.
- Freni, G., & Liuzzo, L. (2019). Effectiveness of rainwater harvesting systems for flood reduction in residential urban areas. *Water (Switzerland)*, 11(7).
- Hu, M., Zhang, X., Li, Y., Yang, H., & Tanaka, K. (2019). Flood mitigation performance of low impact development technologies under different storms for retrofitting an urbanized area. *Journal of Cleaner Production*, 222, 373–380.
- Jenggawah, N., Pada, S., Berpikir, K., Dan, K., & Belajar, M. (2010). *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Jember Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember*. November, 68–74.
- Petrucci, G., Deroubaix, J. F., de Gouvello, B., Deutsch, J. C., Bompard, P., & Tassin, B. (2012). Rainwater harvesting to control stormwater runoff in suburban areas. An experimental case-study. *Urban Water Journal*, 9(1), 45–55.