

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE BERKELANJUTAN (SuDS) TERINTEGRASI KOLAM RETENSI: STUDI KASUS KOLAM TAMAN HUTAN MALABAR KOTA MALANG – MRK

Dionisius Adonis Bagus Setiawan¹, Ratih Indri Hapsari²

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang²

Email: adonissetiawan@gmail.com¹, ratih@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Meningkatnya tantangan hidrologi perkotaan seperti limpasan permukaan, banjir, dan pencemaran air, telah menekankan urgensi untuk bertransformasi dari sistem drainase perkotaan konvensional, yang berfokus pada aspek teknis-hidrolik, menuju Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan (SuDS). Dalam penelitian ini, skema integrasi dan *retrofitting* kolam menggunakan pemodelan hidrolik 2D-PCSWMM akan dilakukan untuk menganalisis signifikansi skenario *retrofitting* SuDS terhadap sistem drainase eksisting pada area studi. Permodelan PCSWMM digunakan untuk mengevaluasi kinerja drainase yang ada, serta menilai signifikansi sistem berkelanjutan yang direncanakan dalam mereduksi nilai debit puncak sistem, volume *outflow* sistem, dan luas area yang terdampak genangan hingga banjir. Analisis biaya berupa rencana anggaran dan biaya operasional serta pemeliharaan selama umur rencana juga dilakukan untuk masing-masing skenario. Dalam studi ini, dipilih area perkotaan padat di Kota Malang sebagai objek penelitian. Hasil studi menunjukkan bahwa skenario kolam *retrofitting* dapat debit puncak sistem sekitar 0,08 m³/detik (32,71%) di salah satu dari dua Daerah Aliran Drainase (DAD) pada area studi, dengan volume maksimum sistem turut tereduksi senilai 315 m³ dari skenario drainase konvensional. Hasil dari studi ini diharapkan dapat menjadi rujukan dan referensi awal bagi pemangku kepentingan lokal dalam mempertimbangkan kolam yang secara spasial tersedia untuk dapat difungsikan kembali dengan skema integrasi sistem drainase.

Kata kunci : genangan, limpasan, sistem drainase berkelanjutan

ABSTRACT

The increasing severity of urban hydrological challenges, including surface runoff, flooding, and water pollution, has underscored the need to transition from conventional urban drainage systems, which primarily emphasize hydraulic performance, to Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS). In this study, pond-retrofitting integration scheme with 2D-PCSWMM hydraulic modelling will be conducted to examine the significance of SuDS-retrofitting scenario compared to the existing drainage system in the study area. The PCSWMM used to evaluates the performance of the existing drainge, and assessing signficancy of sustainable proposed-system in reducing system peak outflow, system outflow volume, and areas affected by inundation to flooding. Cost analysis with budget plan and operational and maintenance cost (O&M) during the lifespan years also being conducted for each scenario. A dense urban area in Malang City Indonesia is selected as the case study area. The results show that the rettrofiting pond scenario could reduce the peak maximum system outflow for about 0.08 m³/s (32.71%) in one of two drainage area, 315 m³ of maximum volume compared to the conventional drainage scenario. The findings and methods of this study are expected to serve as a first-outlook and reference for local stakeholder in considering the existing pond to be reintegrated with the drainage system.

Keywords : inundation, runoff, SuDS

1. PENDAHULUAN

Sistem manajemen air hujan (*stormwater management*) kian menjadi fokus utama di kawasan perkotaan akibat meningkatnya luas permukaan kedap air yang mengubah

karakteristik hidrologi secara signifikan. Adanya perubahan tata guna lahan menjadi area berimpermeabilitas tinggi tersebut dapat berimplikasi pada peningkatan limpasan permukaan, penurunan kapasitas infiltrasi tanah serta

peningkatan debit puncak sehingga meningkatkan risiko terjadinya genangan hingga banjir [1]. Kondisi ini semakin diperparah oleh dampak perubahan iklim yang mendorong perlunya pendekatan pengelolaan air perkotaan yang lebih berkelanjutan [2].

Di Jawa Timur, peningkatan frekuensi dan intensitas hujan ekstrem telah dilaporkan oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur melalui Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Jawa Timur (2023) [3]. Sementara itu, Badan Pusat Statistik Kota Malang juga mencatat adanya kenaikan intensitas curah hujan sebesar 66,78% pada tahun 2025 dibandingkan tahun sebelumnya [4]. Selain potensi peningkatan limpasan, segmen DAS Brantas di Kota Malang juga menghadapi ancaman peningkatan beban pencemar domestik (*greywater*) yang didominasi sektor perhotelan, rumah tangga, rumah makan, dan rumah sakit [3]. Hal ini mengindikasikan bahwa permasalahan hidrologi perkotaan tidak hanya mencakup aspek kuantitas saja, tetapi juga kualitas air.

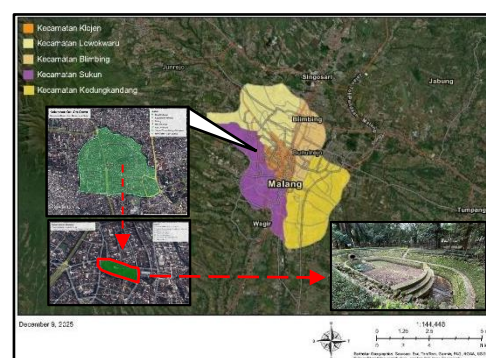
Pada skala lokal, Kecamatan Klojen menjadi kawasan dengan kepadatan penduduk tertinggi di Kota Malang (11.419 jiwa/km²) serta memiliki proporsi permukaan kedap air yang tinggi [4]. Kajian lain juga mengklasifikasikan Kelurahan Oro-Oro Dowo sebagai wilayah dengan tingkat bahaya genangan "sangat berisiko", yang mengindikasikan keterbatasan kinerja sistem drainase eksisting [5].

Keterbatasan sistem drainase konvensional dalam merespons tantangan hidrologi perkotaan telah mendorong penerapan *Sustainable Urban Drainage Systems* (SuDS) yang mengintegrasikan aspek hidrologi-, lingkungan, dan sosial [6][7]. Namun, implementasi SuDS di kawasan perkotaan padat masih terkendala keterbatasan lahan dan biaya, yang menjadi tantangan utama di negara berkembang [8]. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada implementasi konsep *retrofitting* dengan memanfaatkan kembali kolam retensi eksisting di Taman Hutan Malabar yang saat ini diketahui tidak beroperasi dan belum terintegrasi dengan jaringan drainase.

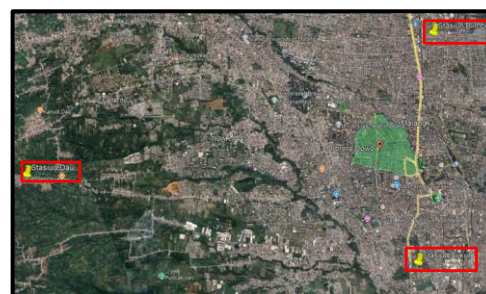
Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi dari reaktivasi kolam retensi sebagai bagian dari peningkatan kinerja sistem drainase di Kelurahan Oro-Oro Dowo, Kota Malang. Analisis dilakukan melalui pemodelan hidrologi- menggunakan PCSWMM untuk membandingkan kinerja sistem drainase eksisting dengan skenario reaktivasi kolam retensi, sehingga dapat memberikan alternatif pengelolaan limpasan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Oro-Oro Dowo, Kecamatan Klojen, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur, Indonesia (112,6243346 BT dan -7,9682479 LS), dengan objek utama berupa sistem drainase dan kolam retensi eksisting di Taman Hutan Kota Malabar. Kelurahan Oro-Oro Dowo sendiri merupakan kelurahan terluas di Kecamatan Klojen dengan luas wilayah 1,349 km² dan jumlah penduduk sebanyak 10.051 jiwa pada tahun 2025 [4]. Secara administratif wilayah ini berbatasan dengan Kelurahan Penanggungan di sebelah utara, Kelurahan Samaan dan Klojen di sebelah timur, Kelurahan Gading Kasri dan Kauman di sebelah selatan, serta Kecamatan Lowokwaru di sebelah barat laut.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Daerah Studi. (b) Lokasi Stasiun Hujan
Sumber: Olah Data Peneliti; Dinas PU-SDA Jawa Timur

Sistem drainase pada wilayah penelitian terbagi menjadi dua daerah aliran drainase (DAD), yaitu DAD Bareng di bagian barat dan DAD Oro-Oro Dowo di bagian timur. Kedua DAD tersebut memiliki badan air penerima yang berbeda, yaitu saluran irigasi yang berasal dari Bendung Sengkaling dan Bendung Kadalpang.

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil survei lapangan terhadap dimensi kolam retensi eksisting yang selanjutnya dimodelkan menggunakan AutoCAD. Sementara itu, data sekunder meliputi data curah hujan harian maksimum selama periode 2015–2025 dari Stasiun Hujan Dau, Sukun, dan Blimbing

yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur serta BMKG. Selain itu digunakan pula data jaringan drainase eksisting dari Dinas PUPR Kota Malang yang terdiri atas dimensi saluran, arah aliran, dan inventarisasi saluran tertutup dengan panjang total sekitar 19.955 m. Seluruh data tersebut digunakan sebagai dasar analisis hidrologi, pemodelan, serta penyusunan skenario peningkatan sistem drainase.

Analisis hidrologi diawali dengan pengujian konsistensi data curah hujan menggunakan metode *Double Mass Curve* guna melakukan koreksi data menggunakan analisis regresi linear. Selanjutnya, curah hujan wilayah dihitung menggunakan metode rerata aljabar, sedangkan analisis frekuensi dilakukan dengan distribusi Normal, Gumbel Tipe I, dan Log-Pearson Tipe III. Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik, diperoleh nilai rata-rata curah hujan sebesar 67,015 mm, standar deviasi 14,128 mm, koefisien skewness (C_s) senilai -0,138, dan koefisien kurtosis (C_k) senilai -0,549, sehingga distribusi Log-Pearson Tipe III dipilih sebagai distribusi yang paling sesuai.

Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan distribusi Log Pearson III, dilakukan dengan menghitung nilai rerata Log hujan menggunakan perhitungan (1), standar deviasi (2), koefisien kepengcengan (C_s) (3), interpolasi nilai faktor frekuensi (4) serta logaritma hujan rencana periode ulang “T” tahun (5) secara berurutan [9].

$$\log \log \underline{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(x_i)}{n} \quad (1)$$

$$Sd = \frac{\sum_{i=1}^n \{ \log(x_i) - \log \log(\underline{x}) \}^2}{n-1} \quad (2)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n \{ \log(x_i) - \log \log(\underline{x}) \}^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (3)$$

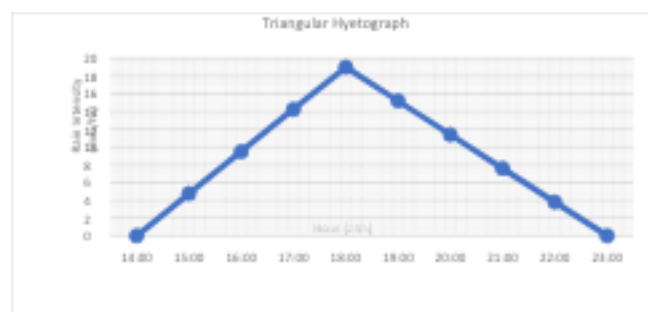
$$G = G_1 + \frac{(C_s - C_{s1})}{(C_{s2} - C_{s1})} (G_2 - G_1) \quad (4)$$

$$\log Y = \log \log \underline{x} + k \cdot Sd \quad (5)$$

$$X_T = 10^{(\log \log Y)}$$

Dimana untuk variabel X_i merupakan nilai curah hujan rerata dari perhitungan curah hujan daerah, X_r sebagai harga rata-rata, dan Sd sebagai Standar Deviasi. Sedangkan variabel G dalam perhitungan faktor frekuensi, diperoleh dari nilai distribusi Log-Pearson III.

Hasil analisis menggunakan distribusi Log Pearson III menghasilkan curah hujan rencana kala ulang 10 tahun senilai 85,63 mm/hari. Hasil tersebut kemudian divalidasi menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov ($\Delta_{maks} = 0,132 < \Delta_{kritis} = 0,391$) dan uji Chi-Kuadrat ($\chi^2_{hitung} = 1,727 < \chi^2_{kritis} = 3,841$), sehingga distribusi Log-Pearson Tipe III dinyatakan memenuhi kriteria kesesuaian dan digunakan dalam analisis hidrologi selanjutnya.



Gambar 2. Triangular Hyetograph
Sumber: Hasil Analisis

Curah hujan rencana kemudian didistribusikan menjadi hujan jam-jaman menggunakan metode *Triangular Hyetograph* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Metode ini mengasumsikan intensitas hujan meningkat secara linier sejak awal kejadian hingga mencapai intensitas puncak, kemudian menurun secara linier hingga akhir durasi hujan [10]. Pada metode ini, durasi hujan (T_d) ditetapkan selama 9 jam, sedangkan intensitas hujan puncak (h) sebesar 19 mm/jam dihitung menggunakan persamaan ($h = 2P/T_d$), dengan (P) sebagai curah hujan rencana, serta nilai t_a (*time to peak rain*) melalui perhitungan (3) dan durasi penurunan (4) [11].

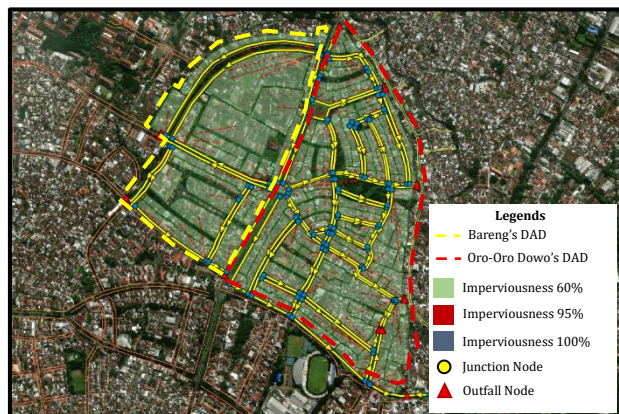
$$t_a = T_d \cdot r \quad (3)$$

$$\text{Durasi penurunan} = T_d - t_a \quad (4)$$

Nilai T_d ditentukan berdasarkan analisis data hujan jam-jaman historis selama periode 2015–2025, yaitu dengan memilih kejadian hujan yang memiliki akumulasi harian sama atau mendekati curah hujan rencana menggunakan data *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP) yang diperoleh dari situs resmi *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA). Distribusi hujan jam-jaman tersebut selanjutnya digunakan sebagai data input pada pemodelan hidrologi- menggunakan PCSWMM.

Pemodelan dilakukan menggunakan integrasi Storm Water Management Model (SWMM) versi 5.2.4 sebagai *hydraulic engine* dengan perangkat lunak Personal Computer Storm Water Management Model (PCSWMM) versi 7.7.3920. Model dibuat menggunakan 115 junction, jaringan *conduit*

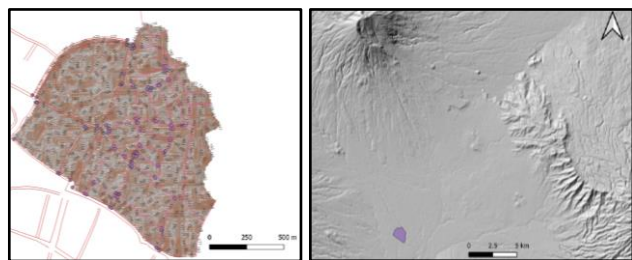
(saluran), 18 outfall, serta 199 subcatchment yang terdiri atas 114 subcatchment kawasan terbangun (permukiman, bangunan komersial, dan fasilitas umum) serta 85 subcatchment berupa ruas jalan.



Gambar 3. Tampilan Input Model 2D-PCSWMM
Sumber: Hasil Permodelan

Subcatchment diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat *imperviousness*, yaitu 60%, 95%, dan 100%, berdasarkan klasifikasi penggunaan lahan sesuai SNI 2415:2016 [11]. Nilai *imperviousness* sebesar 60% diterapkan pada kawasan permukiman berkepadatan rendah dan bangunan yang masih memiliki ruang terbuka, sedangkan nilai 95% digunakan pada kawasan terbangun padat seperti pertokoan dan permukiman dengan ruang terbuka yang sangat terbatas. Sementara itu, nilai 100% diterapkan pada subcatchment berupa ruas jalan yang dianggap sepenuhnya kedap terhadap infiltrasi. Penentuan klasifikasi tersebut mengacu pada interpretasi tutupan lahan melalui survei lapangan, citra satelit, serta data spasial dari platform Bhumi ATR/BPN.

Parameter elevasi permukaan pada setiap junction menggunakan nilai *RIM Elevation* yang diperoleh dari *Digital Elevation Model* (DEM) milik United States Geological Survey (USGS). Data elevasi tersebut digunakan untuk merepresentasikan kondisi topografi, menentukan arah aliran, serta mendukung proses simulasi jaringan drainase.



Gambar 4. Peta Kontur dan DEM
Sumber: United States Geological Survey (USGS); Olah Data Peneliti

Simulasi hidrologi- pada kondisi eksisting maupun skenario perencanaan dilakukan menggunakan pendekatan unsteady flow dengan metode *Dynamic Wave* satu dimensi yang menyelesaikan Persamaan Saint-Venant, sehingga perubahan debit dan muka air selama kejadian hujan dapat dimodelkan secara dinamis [10],[12].

Dalam perencanaannya, skenario drainase konvensional memiliki komponen pekerjaan utama berupa pembongkaran perkerasan jalan, pembongkaran saluran eksisting, pemasangan saluran baru, pekerjaan galian dan urugan, serta pekerjaan pendukung lainnya. Sementara itu, pada skenario reaktivasi kolam retensi, komponen pekerjaan meliputi pembangunan saluran penghubung (*connecting channel*), pembangunan inlet dan outlet kolam, penyesuaian jaringan drainase eksisting, serta pekerjaan pendukung yang diperlukan untuk mengintegrasikan kolam retensi ke dalam sistem drainase.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi kondisi eksisting menggunakan PCSWMM menunjukkan bahwa sistem drainase di wilayah penelitian masih memiliki keterbatasan dalam mengalirkan limpasan akibat curah hujan rencana kala ulang 10 tahun. Berdasarkan hasil simulasi, utamanya terdapat dua junction yang mengalami node flooding, yaitu pada junction hulu saluran di sisi utara Jalan Pahlawan Trip dan junction hilir pada pertemuan saluran Jalan Rinjani sisi timur dengan saluran Jalan Retawu sisi utara.

Keterbatasan kapasitas pada kedua titik tersebutlah yang kemudian menyebabkan limpasan meluap ke permukaan dengan kedalaman genangan rata-rata sekitar 0,025 m pada ruas Jalan Pahlawan Trip dan 0,03 m pada ruas Jalan Retawu. Luas wilayah yang terdampak genangan mencapai sekitar 2,02 ha. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa limpasan yang tidak dapat ditampung oleh jaringan drainase kemudian melimpas menuju ruas Jalan Ijen, Jalan Rinjani, dan Jalan Retawu sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemetaan Genangan Sistem Drainase Eksisting
Sumber: Hasil Simulasi 2D-PCSWMM

Terjadinya *node flooding* mengindikasikan bahwa kapasitas saluran eksisting tidak lagi mampu mengakomodasi debit limpasan yang dihasilkan pada kondisi hujan rencana. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh tingginya proporsi permukaan kedap air pada kawasan penelitian sehingga sebagian besar air hujan berubah menjadi limpasan permukaan dan meningkatkan beban pada jaringan drainase. Akibatnya, elevasi muka air pada beberapa saluran meningkat hingga melebihi elevasi permukaan junction, yang kemudian memicu terjadinya luapan (*surcharge*) dan genangan di permukaan.

Meskipun demikian, hasil pemodelan genangan sangat dipengaruhi oleh resolusi dan akurasi *Digital Elevation Model* (DEM) yang digunakan. Ketelitian DEM berpengaruh terhadap representasi kondisi topografi, delineasi arah aliran, serta proses perambatan limpasan, terutama pada kawasan dengan kemiringan lahan yang relatif datar atau memiliki perbedaan elevasi yang kecil [13]. Oleh karena itu, hasil simulasi tersebut kemudian divalidasi melalui terlebih dahulu melalui observasi lapangan, wawancara dengan masyarakat sekitar, serta penelusuran dokumentasi kejadian banjir pada media daring.

Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting, dilakukan dua skenario peningkatan sistem drainase, yaitu skenario drainase konvensional dan skenario reaktivasi kolam retensi. Pada skenario drainase konvensional, peningkatan kapasitas dilakukan dengan memperbesar dimensi saluran yang teridentifikasi mengalami luapan pada simulasi kondisi eksisting. Saluran di ruas Jalan Pahlawan Trip sisi utara ditingkatkan dari saluran pipa berdiameter 0,45 m menjadi saluran persegi berukuran 0,60 m × 0,60 m, sedangkan saluran di ruas Jalan Retawu sisi utara ditingkatkan dari diameter 0,40 m menjadi saluran persegi berukuran 0,60 m ×

0,60 m. Rekapitulasi dimensi saluran eksisting dan dimensi baru yang direncanakan untuk skenario konvensional berdasarkan hasil simulasi PCSWMM, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Perencanaan Saluran Skenario Konvensional

NO	Saluran	Eksisting (m)	Bentuk Saluran	Konvensional (m)	Bentuk Saluran
(1)	Pahlawan Trip (utara)	0,45	Lingkaran (gorong-gorong)	0,6 × 0,6	Persegi
(2)	Retawu (utara)	0,4	Lingkaran (gorong-gorong)	0,6 × 0,6	Persegi

Sumber: Dinas PUPR Kota Malang (2026); Hasil Simulasi 2D-PCSWMM

Sementara itu, skenario reaktivasi kolam retensi dikembangkan melalui pengintegrasian kolam retensi eksisting di Taman Hutan Kota Malabar ke dalam jaringan drainase. Integrasi dilakukan dengan mengubah arah aliran pada saluran Jalan Pahlawan Trip sisi utara dan Jalan Ijen sisi barat menuju kolam retensi melalui saluran Jalan Guntur sisi selatan. Selain peningkatan dimensi pada beberapa saluran eksisting, skenario ini juga mencakup pembangunan saluran penghubung antara Jalan Pahlawan Trip dengan Jalan Ijen serta antara Jalan Ijen dengan Jalan Guntur sehingga sebagian limpasan dapat dialihkan menuju kolam retensi sebelum dialirkan kembali ke sistem drainase.

Tabel 2. Data Perencanaan Saluran Skenario Kolam

NO	Saluran	Eksisting (m)	Bentuk Saluran	Konvensional (m)	Bentuk Saluran
(1)	Pahlawan Trip (utara)	0,45	Lingkaran (gorong-gorong)	0,6	Lingkaran (gorong-gorong)
(2)	Retawu (utara)	0,4	Lingkaran (gorong-gorong)	0,6 × 0,6	Persegi
(3)	Pahlawan Trip - Ijen	-	-	0,6	Lingkaran (gorong-gorong)
(4)	Ijen - Guntur	-	-	0,4 × 0,4	Persegi
(5)	Inlet Kolam	-	-	0,6 × 0,6	Persegi
(6)	Outlet Kolam	0,6	Lingkaran (gorong-gorong)	0,6	Lingkaran (gorong-gorong)

Sumber: Dinas PUPR Kota Malang (2026); Hasil Simulasi 2D-PCSWMM

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kedua skenario yang direncanakan mampu menghilangkan potensi genangan yang sebelumnya terjadi pada kondisi eksisting. Namun demikian,

karakteristik yang dihasilkan kedua skenario menunjukkan respons yang berbeda terhadap distribusi limpasan.

Pada skenario drainase konvensional, debit banjir puncak rata-rata yang dihasilkan sebesar 0,253 m³/s pada DAD Bareng dan 0,23 m³/s pada DAD Oro-Oro Dowo. Sementara itu, skenario reaktivasi kolam retensi menghasilkan debit banjir puncak rata-rata sebesar 0,17 m³/s pada DAD Bareng dan 0,25 m³/s pada DAD Oro-Oro Dowo. Hasil tersebut menunjukkan bahwa reaktivasi kolam retensi mampu mereduksi debit puncak pada DAD Bareng secara lebih signifikan dibandingkan skenario drainase konvensional, meskipun terjadi redistribusi debit menuju DAD Oro-Oro Dowo akibat perubahan skema arah aliran yang mengintegrasikan sebagian jaringan drainase dengan kolam retensi.

Tabel 3. Rekapitulasi Debit Puncak Tereduksi

NO.	DAD BARENG		
	Titik Outlet	Skenario Kolam	Skenario Konvensional
(1)	GD.KA	0.024	0.024
(2)	GD.KI	0.08	0.08
(3)	SBY.KA	0.507	0.838
(4)	SBY.KI	0.07	0.07
Rata-Rata (m ³ /s)		0.17025	0.253
Selisih			0.08275
Menahan/Mengurangi Debit Puncak			32.71%

Sumber: Hasil Simulasi 2D-PCSWMM



Gambar 6. Lokasi Titik Outlet dengan Debit Puncak Tereduksi

Sumber: Hasil Simulasi 2D-PCSWMM

Perbedaan karakteristik debit tersebut mengindikasikan bahwa fungsi utama kolam retensi bukan hanya meningkatkan kapasitas pengaliran, tetapi juga mengubah pola pergerakan limpasan melalui mekanisme penyimpanan

sementara (*temporary storage*). Sebagian limpasan yang semula langsung dialirkan menuju saluran hilir terlebih dahulu ditampung di dalam kolam sehingga pelepasan air menjadi sedikit tertunda. Hasilnya, distribusi debit pada masing-masing daerah aliran drainase mengalami perubahan tanpa mengurangi kemampuan sistem dalam mencegah terjadinya luapan maupun genangan pada wilayah studi.

Sebaliknya, skenario drainase konvensional utamanya direncanakan dengan meningkatkan kapasitas penampang saluran sehingga limpasan dapat segera dialirkan menuju badan air penerima. Meskipun rencana tersebut efektif mereduksi genangan sepenuhnya pada kondisi hujan rencana, skenario konvensional tidak menambah nilai kapasitas penyimpanan sistem (*storage*) sehingga peningkatan kapasitas sistem sepenuhnya hanya bergantung pada dimensi jaringan drainase yang diperbesar.

4. KESIMPULAN

Meskipun kedua skenario yang direncanakan pada kawasan studi terbukti efektif dalam mengatasi limpasan-luapan pada simulasi hujan rencana, skenario reaktivasi kolam retensi menunjukkan karakteristik yang lebih baik karena turut menambah kapasitas penyimpanan sementara limpasan kawasan sebelum dialirkan pada hilir sistem. Dalam hasil simulasi yang telah dilakukan, skenario ini mampu menghasilkan debit banjir puncak rata-rata sebesar 0,17 m³/s pada DAD Bareng dan 0,25 m³/s pada DAD Oro-Oro Dowo, sedangkan skenario drainase konvensional menghasilkan debit puncak sebesar 0,253 m³/s pada DAD Bareng dan 0,23 m³/s pada DAD Oro-Oro Dowo. Hal ini menunjukkan bahwa reaktivasi kolam retensi mampu mereduksi debit puncak sistem dengan mengubah distribusi aliran dalam jaringan drainase melalui pemanfaatan kolam sebagai tampungan sementara.

Reaktivasi kolam retensi eksisting berpotensi menjadi alternatif peningkatan sistem drainase perkotaan yang efektif pada kawasan padat, khususnya pada wilayah yang memiliki keterbatasan ruang untuk pembangunan infrastruktur baru seperti kawasan studi. Hal ini ditengarai karena skema reaktivasi tidak hanya mampu mengatasi permasalahan genangan, tetapi juga mengoptimalkan fungsi infrastruktur eksisting yang secara spasial telah tersedia sebagai strategi pengelolaan air hujan yang lebih adaptif dibandingkan pendekatan konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rezaei AR, Ismail ZB, Niksokhan MH, Ramli AH, Sidek LM, Dayarian MA. *Investigating the effective factors influencing surface runoff generation in urban*

- catchments: a review. *Desalination Water Treat.* 2019;164:276-92. doi:10.5004/dwt.2019.24359.
- [2] Srivastava RK. Disaster studies and management: managing urbanization, climate change and disasters in South Asia. Available from: <http://www.springer.com/series/13839>
- [3] Warmadewanthi I, Kharisma I, Haq B. Dokumen informasi kinerja pengelolaan lingkungan hidup daerah Provinsi Jawa Timur tahun 2023. Surabaya; 2023.
- [4] Badan Pusat Statistik Kota Malang. *Kota Malang dalam angka 2025*. Malang: BPS Kota Malang; 2025.
- [5] Goo YT, Virianti LA, Mirna AP, Endarwati MC. *Perumusan zonasi risiko genangan air: studi kasus Kecamatan Klojen, Kota Malang*. In: Proceedings of the SEMSINA 2023; 2023 Dec 9; Malang, Indonesia.
- [6] Monachese AP, Gómez-Villarino MT, López-Santiago J, Sanz E, Almeida-Ñauñay AF, Zubelzu S. *Challenges and innovations in urban drainage systems: sustainable drainage systems focus*. *Water*. 2025;17(1):76. doi:10.3390/w17010076.
- [7] Pachouri V, Kothari P, Kathuria S, Gehlot A, Singh R, Thakur AK, et al. *Revolutionizing urban water resilience: innovative strategies and advancements in sustainable urban drainage systems (SuDS)*. *Desalination Water Treat.* 2025;323:101407. doi:10.1016/j.dwt.2025.101407.
- [8] Von Sperling M, Chernicharo CAL. *Biological wastewater treatment in warm climate regions*. London: IWA Publishing; 2005.
- [9] Soemarto. (1987). *Teknik, Usaha Nasional*, Surabaya.
- [10] Chow VT, Maidment DR, Mays LW. *Applied hydrology*. New York: McGraw-Hill Book Company; 1988.
- [11] Badan Standardisasi Nasional. *Tata cara perhitungan debit banjir rencana*. SNI 2415:2016. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional; 2016.
- [12] Chow VT, Maidment DR. *Open channel hydraulics*. New York: McGraw-Hill; 1997. *Desalination Water Treat.* 2025;323:101407. doi:10.1016/j.dwt.2025.101407.
- [13] Moges DM, Virro H, Kmoch A, Cibin R, Rohith AN, Martínez-Salvador A, et al. *How does the choice of DEMs affect catchment hydrological modelling?* *Sci Total Environ.* 2023;892:164627. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.164627.