

EVALUASI KINERJA PENGENDALIAN BANJIR EMBUNG SEMPAJA DAN ARAH PENGEMBANGAN BERBASIS KONSTRUKSI HIJAU

Ian Karunia Perkasa¹⁾, Ratri Bodromulatsih²⁾, Lidwina Putri Astani³⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75242, Email: iankarunia@ft.unmul.ac.id

²⁾ Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75242, Email: ratrimulatsih@ft.unmul.ac.id

³⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75242, Email: winaastani@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Banjir di Kawasan Sempaja, Samarinda, menjadi tantangan yang semakin kompleks akibat perubahan iklim dan ketergantungan pada infrastruktur pengendali konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja Embung Sempaja dan merumuskan strategi pengembangan berbasis konstruksi hijau sebagai solusi adaptif. Analisis dilakukan melalui pemodelan hidrologi (HEC-HMS) dan hidrolik (HEC-RAS) terintegrasi, menggunakan data curah hujan terkini (hingga 2024) dan topografi DEMNAS. Hasil utama menunjukkan adanya peningkatan ancaman hidrologis serta kondisi Embung Sempaja saat ini memiliki volume tampungan efektif hanya sekitar 5.3% dari volume rekomendasi desain, yang berimplikasi pada risiko genangan signifikan di area permukiman. Temuan ini membuktikan bahwa pendekatan infrastruktur tunggal tidak lagi memadai untuk menjawab tantangan di kota tropis. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa transformasi menuju strategi konstruksi hijau yang komprehensif mengintegrasikan solusi makro seperti pembangunan *long storage* tambahan dengan infrastruktur mikro berbasis alam yang terdistribusi merupakan sebuah keharusan untuk meningkatkan resiliensi banjir perkotaan secara efektif dan berkelanjutan.

Kata kunci: Embung Sempaja, HEC-RAS, Konstruksi Hijau, Pengendalian Banjir, Resiliensi Banjir

ABSTRACT

Flooding in the Sempaja area of Samarinda has become an increasingly complex challenge due to climate change and reliance on conventional control infrastructure. This study aims to evaluate the performance of the Sempaja Retention Pond and formulate a green construction-based development strategy as an adaptive solution. The analysis was carried out through integrated hydrological (HEC-HMS) and hydraulic (HEC-RAS) modeling, using the latest rainfall data (up to 2024) and DEMNAS topography. The main findings indicate an increase in hydrological threats, while the current effective storage volume of the Sempaja Retention Pond is only about 5.3% of the recommended design volume, which implies a significant inundation risk in residential areas. These results demonstrate that a single-infrastructure approach is no longer sufficient to address challenges in tropical cities. Therefore, based on the research findings, it is concluded that the transformation toward a comprehensive green construction strategy—integrating macro solutions such as the development of additional long storage with distributed nature-based micro-infrastructure—is essential to effectively and sustainably enhance urban flood resilience.

Keywords: Sempaja Retention Pond, HEC-RAS, Green Construction, Flood Control, Flood Resilience.

1. PENDAHULUAN

Kota Samarinda saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat, namun di tengah perkembangan ini Kota Samarinda masih selalu didera dengan permasalahan banjir. Fenomena banjir yang terjadi di Kota Samarinda terjadi pada

saat musim penghujan, bahkan dengan durasi hujan 2-3 jam saja sudah dapat mengakibatkan banjir, seperti yang terjadi pada Jl. Pramuka, Simpang Empat Sempaja Selatan, Jl. PM. Noor, Jl. Antasari, Jl. Lambung Mangkurat, Jl. Panjaitan 1, kondisi tersebut sangat memprihatinkan warga

Kota Samarinda sehingga mengganggu aktivitas masyarakat (Asmara, 2023).

Penerapan infrastruktur hijau secara intensif dapat mengurangi permasalahan banjir di wilayah tangkapan terutama pada peristiwa banjir yang ekstrem. Infrastruktur hijau (*green infrastructure*) didefinisikan sebagai jaringan ruang terbuka, vegetasi, dan sistem alami maupun semi-alami yang dirancang untuk mengelola limpasan air hujan secara berkelanjutan. Contohnya meliputi taman hujan (*rain garden*), atap hijau (*green roof*), kolam retensi, sumur resapan, hingga *bioswale* (Webber dkk., 2020).

Kondisi tersebut selaras dengan pernyataan Ichwan Hariadi selaku Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) Danau, Situ dan Embung Balai Wilayah Sungai (BWS) Kalimantan IV, dimana Embung Sempaja memiliki volume tampungan sebesar 18.974 m³. Kapasitas ini hanya mampu mereduksi sekitar 3,76% debit banjir di Simpang Sempaja (Prokal.co, 2021).



Gambar 1. Kondisi Eksisting Embung Sempaja
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja Konstruksi Hijau Pengendali Banjir Embung Sempaja dengan tujuan mengetahui sejauh mana bangunan pengendali banjir tersebut berfungsi secara optimal dalam mengatasi permasalahan banjir, khususnya di kawasan perempatan Sempaja. Evaluasi dilakukan melalui analisis curah hujan, analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana menggunakan model *Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS), serta analisis hidraulika dengan simulasi model *Hydrologic Engineering Center's River Analysis System* (HEC-RAS) berdasarkan data sekunder yang digunakan

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yaitu menggambarkan kondisi banjir berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rencana dengan simulasi model HEC-HMS, serta analisis hidraulika dengan simulasi model HEC-RAS. Hasil perhitungan tersebut digunakan

untuk memberikan gambaran mengenai kondisi eksisting dalam mensimulasikan banjir pada wilayah Sempaja.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode pengumpulan data sekunder berupa Laporan Review Desain Embung Sempaja tahun 2016, data hidrologi-hidraulika dari website Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) sebagai data topografi, serta hasil penelitian-penelitian terdahulu.

2.2 Metode Analisis Data

Berikut adalah tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini:

- 1) **Pengumpulan Data Sekunder:** Tahap awal berfokus pada pengumpulan data pendukung seperti curah hujan, peta DAS (DEMNAS), data sungai, kapasitas Embung Sempaja, dan laporan perencanaan untuk membangun basis data input hidrologi dan hidraulika.
- 2) **Analisis Hidrologi (HEC-HMS):** Data curah hujan diolah untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan metode HSS. Output yang dihasilkan adalah hidrograf banjir rencana untuk berbagai periode ulang (mulai dari Q2 hingga Q1000).
- 3) **Analisis Hidraulika (HEC-RAS):** Debit banjir rencana yang telah dihitung dimasukkan ke dalam model hidraulika untuk memprediksi profil muka air sungai pada berbagai skenario.
- 4) **Analisis Perbandingan:** Dilakukan komparasi hasil simulasi antara kondisi eksisting, kondisi setelah pembangunan embung, dan kondisi gabungan (embung, kolam, dan normalisasi) untuk mengetahui efektivitas reduksi debit puncak dan muka air.
- 5) **Kesimpulan:** Tahap akhir berupa penyimpulan kinerja Embung Sempaja dalam pengendalian banjir serta pemberian rekomendasi intervensi tambahan yang diperlukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data

1) Analisa Curah Hujan

Stasiun hujan terdekat dengan lokasi Daerah Aliran Sungai (DAS) Karang Mumus adalah stasiun pencatat data hujan yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Aji

Pangeran Tumenggung Kota Samarinda. Data hujan tercatat di ambil mulai tahun 2000 sampai tahun 2024. Hujan harian maksimum yang pernah tercatat adalah 233,00 mm terjadi pada Tahun 2018. Berikut data hujan tercatat stasiun Aji Pangeran Tumenggung pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Data Curah Hujan Tahun 2000 – 2024

No	Tahun	Stasiun Aji Pangeran Tumenggung (mm)
1	2000	83.80
2	2001	60.90
3	2002	66.30
4	2003	76.00
5	2004	118.20
6	2005	108.00
7	2006	132.10
8	2007	94.40
9	2008	132.00
10	2009	74.20
11	2010	86.50
12	2011	105.50
13	2012	98.90
14	2013	84.30
15	2014	102.50
16	2015	78.80
17	2016	120.10
18	2017	102.30
19	2018	233.00
20	2019	99.70
21	2020	94.10
22	2021	87.20
23	2022	102.50
24	2023	92.70
25	2024	135.50

Sumber : (Badan Meteorologi, 2024)

Berdasarkan Uji Outlier, nilai ambang atas (X_H) = 193,52 mm sedangkan nilai ambang bawah adalah 50,46 mm. Sehingga curah hujan pada tahun 2018 ($X_{max} = 233,00$ mm) dihilangkan.

Analisis curah hujan rencana dilakukan dengan mengolah data hujan historis menggunakan empat metode distribusi statistik: Normal, Log-Normal, Log Pearson Tipe III, dan Gumbel. Pemilihan metode terbaik didasarkan pada hasil uji kesesuaian Chi-Kuadrat (χ^2) dan Smirnov-Kolmogorov, di mana metode dengan simpangan terkecil dianggap paling representatif. Perbandingan hasil perhitungan curah hujan rencana dari keempat metode tersebut untuk berbagai

periode ulang dan hasil uji kesesuaian dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Analisis Curah Hujan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Normal (mm)	Log Normal (mm)	Log pearson III (mm)	Gumbel (mm)
1000	154.64	161.93	182.83	181.56
200	146.44	150.60	163.62	163.15
100	143.17	146.30	155.58	155.20
50	139.08	141.10	147.59	147.22
25	134.30	135.26	139.58	139.19
10	126.81	126.59	128.75	128.35
5	120.95	120.20	120.12	119.78
2	109.23	108.36	106.86	106.83

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Uji Kesesuaian Metode Distribus

Jenis Distro busi Hujan	Uji Kecocokan Jenis Distribusi Hujan			
	Uji Smirnov Kolmogorov	Uji Chi Square		
	$D_n < D_{kritis}$	Analisis	$X^2_{hitungan} < X^2_{tabel}$	Analisis
1 Normal	0.05 < 0.28	OK	8.00 < 7.81	NOT OK
2 Log Normal	0.06 < 0.28	OK	5.82 < 7.81	OK
3 Log Pearson III	0.05 < 0.28	OK	5.82 < 7.81	OK
4 Gumbel	0.08 < 0.28	OK	6.36 < 7.81	OK

Berdasarkan hasil uji kesesuaian yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa Metode Distribusi Gumbel memberikan nilai simpangan terkecil, menjadikannya model yang paling representatif secara statistik. Namun, perlu dicatat bahwa Metode Log Pearson Tipe III juga memenuhi kriteria penerimaan uji secara statistik. Mengingat tujuan penelitian ini adalah untuk evaluasi desain pengendali banir yang menyangkut keselamatan publik, maka pendekatan konservatif dianggap lebih relevan. Metode Log Pearson Tipe III menghasilkan nilai curah hujan rencana yang sedikit lebih tinggi dibandingkan Metode Gumbel, sehingga akan memberikan faktor keamanan yang

lebih baik dalam desain. Oleh karena itu, dengan pertimbangan rekayasa (*engineering judgment*), penelitian ini akan menggunakan hasil perhitungan dari Metode Log Pearson Tipe III untuk analisis debit banjir selanjutnya. Setelah besaran curah hujan rencana harian (R24) untuk kala ulang terpilih ditentukan, langkah selanjutnya adalah mendistribusikan curah hujan tersebut ke dalam durasi yang lebih singkat untuk analisis hidrograf. Hal ini penting karena model HEC-HMS memerlukan input berupa data hujan seri waktu (*time series*), bukan nilai tunggal. Untuk keperluan ini, digunakan Metode Mononobe, yang merupakan salah satu pendekatan empiris yang umum digunakan di Indonesia untuk menyusun distribusi hujan jam-jaman dari data hujan harian. Hasil perhitungan intensitas hujan untuk setiap interval waktu yang membentuk *hyetograph* hujan rencana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Curah Hujan Rencana Per Jam
(Metode Mononobe)

Jam ke	%	Hujan Rencana pada Periode Ulang (tahun)			
		2	5	10	25
		106.86	120.11	128.75	139.58
R1	55	58.80	66.10	70.86	76.81
R2	14	15.28	17.18	18.43	19.97
R3	10	10.72	12.05	12.92	14.00
R4	8	8.54	9.59	10.28	11.15
R5	7	7.20	8.10	8.68	9.42
R6	6	6.30	7.08	7.60	8.23

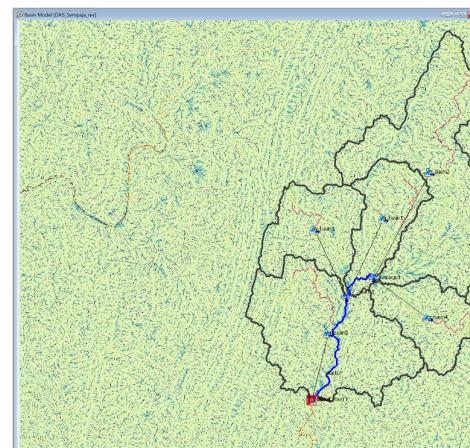
Jam ke	%	Hujan Rencana pada Periode Ulang (tahun)			
		50	100	200	1000
		147.59	155.58	163.62	182.82
R1	55	81.22	85.62	90.04	100.61
R2	14	21.11	22.25	23.40	26.15
R3	10	14.81	15.61	16.42	18.35
R4	8	11.79	12.43	13.07	14.60
R5	7	9.96	10.49	11.04	12.33
R6	6	8.70	9.17	9.65	10.78

Embung pengendali banjir berfungsi dengan cara menampung sementara (retensi) sebagian aliran air saat terjadi puncak banjir. Aliran ini masuk ke kolam tampungan melalui bangunan inlet, dan

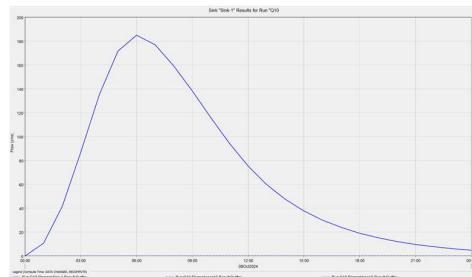
fungsi peredaman banjir akan berhenti saat kapasitas tampungan maksimum tercapai. Berdasarkan simulasi penelusuran banjir dari desain rencana pada Review Desain Embung Tahun 2016, fungsi ideal Embung Sempaja adalah untuk meredam puncak banjir kala ulang 10 tahun. Simulasi tersebut menunjukkan bahwa dengan kapasitas tampungan sebesar 354.000,00 m³, debit puncak banjir dapat diredam sebesar 20.80%, yaitu dari 123,46 m³/s menjadi 97,83 m³/s. Kinerja ideal inilah yang menjadi acuan untuk mengevaluasi kesenjangan fungsional akibat kapasitas riil embung saat ini yang hanya sebesar 18.97 m³, yang menyebabkan fungsi attenuasi tersebut tidak dapat tercapai.

2) Analisa Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dianalisis menggunakan model hidrologi yang dibangun dalam perangkat lunak HEC-HMS. Struktur skematis model DAS Sempaja yang merepresentasikan kondisi fisik lapangan disajikan pada Gambar 2, dengan rincian parameter hidrologis untuk setiap sub-DAS pada Tabel 6. Model ini kemudian disimulasikan menggunakan input hyetograph hujan rencana untuk menghasilkan hidrograf banjir pada Gambar 3. Hasil utama dari simulasi ini dirangkum sebagai berikut.



Gambar 2. Skematic Model Basin DAS Sempaja



Gambar 3. Hidrograf Banjir Di Titik Embung Sempaja Kala Ulang 10 Tahunan (Durasi Hujan 6 Jam)

Tabel 5. Hidrograf Banjir Di Titik Rencana Embung Sempaja

No	Kala Ulang (Tahun)	Debit Puncak (m ³ /dt)
1	Q2	147,00
2	Q5	170,00
3	Q10	185,00
4	Q25	203,80
5	Q50	217,70
6	Q100	231,60
7	Q200	245,60
8	Q1000	279,00

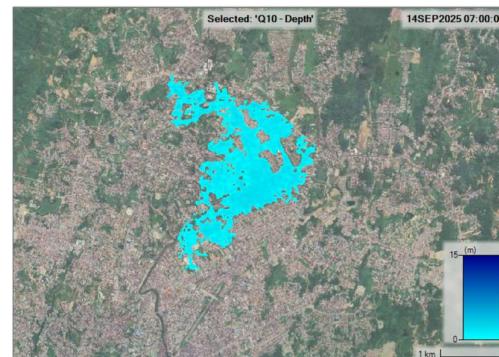
Berdasarkan Tabel 6 hasil simulasi debit puncak banjir untuk rentang kala ulang 2 tahun (Q2) hingga 1000 tahun (Q1000). Mempertimbangkan fungsinya sebagai infrastruktur drainase perkotaan, maka debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q10) sebesar 185,00 m³/dt ditetapkan sebagai acuan desain. Selanjutnya, hidrograf banjir Q10 ini akan digunakan sebagai kondisi batas hulu (*upstream boundary condition*) untuk pemodelan hidraulik di HEC-RAS.

3) Permodelan Hidrolik Sungai

Penting untuk dicatat bahwa analisis hidrolik dalam penelitian ini menggunakan data topografi yang diekstrak dari Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) dengan resolusi spasial. Keterbatasan utama dari penggunaan data DEMNAS adalah resolusi tersebut mungkin belum dapat menangkap detail mikrotopografi secara akurat, seperti dimensi alur sungai, tanggul, atau bangunan air kecil di lapangan. Oleh karena itu, peta genangan yang dihasilkan dalam penelitian ini bersifat makro dan paling sesuai

digunakan untuk identifikasi awal area-area yang berisiko tergenang. Untuk perencanaan detail dan desain teknis bangunan pengendali banjir, sangat direkomendasikan untuk melakukan penelitian lanjutan yang didukung oleh survei topografi lapangan (terestris atau LiDAR) guna mendapatkan geometri sungai dan dataran banjir yang lebih akur dan representatif (Badan Informasi Geospasial, 2025)

Setelah mendapatkan Hidrograf debit banjir rencana dari analisis hidrologi, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi hidrolik untuk memodelkan perilaku aliran dan mengidentifikasi area genangan. Simulasi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 2D dengan memanfaatkan data geometri sungai yang diekstrak dari DEMNAS. Debit banjir kala ulang 10 tahun (Q10) digunakan sebagai input batas hulu (*upstream boundary condition*). Hasil utama dari simulasi ini, berupa peta prediksi genangan banjir, disajikan pada Gambar 4



Gambar 4. Permodelan Hidrolik sungai Sempaja pada tampilan HEC-RAS

disimulasikan dengan input hidrograf banjir Q10. Peta ini menampilkan prediksi spasial dari luas dan kedalaman genangan yang terjadi pada saat puncak banjir. Hasil pemetaan ini untuk memahami perilaku aliran di dataran banjir Sempaja dan mengidentifikasi area-area berisiko yang memerlukan intervensi dalam perencanaan drainase.

3.2 PEMBAHASAN

Studi literatur sebelumnya yang sudah pernah dilakukan oleh Rachmawati. Penelitian dilakukan dengan metode wawancara kepada *stakeholder* yang berpengaruh selaku pelaku pembangunan infrastruktur dengan menggunakan 4 variabel

penilaian (Rachmawati & Jordan, 2022). Berikut ini adalah tabel kesimpulan hasil wawancara kepada *stakeholder* :

Tabel 7. Kesimpulan Hasil Wawancara kepada *Stakeholder*

Variabel	Kesimpulan
Kinerja Ekosistem Lingkungan	Embong Sempaja dan pelebaran drainase sudah cukup optimal dalam mengurangi lama genangan banjir, namun belum sepenuhnya menghilangkan banjir. Infrastruktur tetap harus memperhatikan dampak lingkungan agar manfaat tidak menimbulkan kerugian ekosistem.
Ekonomi	Pembangunan Embong Sempaja dinilai ekonomis karena perencanaan biaya dilakukan secara detail berdasarkan kebutuhan dimensi infrastruktur, sehingga efisien dan sesuai kebutuhan lapangan.
Kesesuaian Lokasi	Lokasi pembangunan embong sesuai dengan <i>Masterplan Banjir Kota Samarinda</i> dan memperhatikan tata ruang. Studi pendahuluan telah dilakukan untuk memastikan efektivitas lokasi terhadap penanganan banjir.
Pengelolaan & Pemantauan Efektif	Sudah terdapat tim pengelola untuk <i>maintenance</i> , namun perawatan belum optimal karena keterbatasan SDM, luasnya wilayah, dan tingginya sedimen. Pengelolaan masih memerlukan keterlibatan masyarakat serta peningkatan kapasitas teknis.

Sumber: (Rachmawati & Jordan, 2022)

Analisis dalam penelitian ini mengidentifikasi adanya perubahan kondisi hidrologis dan tantangan fungisional pada sistem pengendali banjir eksisting di Sempaja. Hasil analisis menunjukkan adanya tren peningkatan curah hujan, di mana curah hujan rencana kala ulang 10 tahun kini mencapai 128,75 mm (berdasarkan data

hingga 2024), atau meningkat sekitar 4% dari nilai 123,69 mm yang digunakan dalam Laporan Review Design Embung Sempaja (2016). Peningkatan beban hidrologis ini menjadi krusial ketika dievaluasi bersama kapasitas infrastruktur terbangun.

Berdasarkan Laporan Review Design (2016) merekomendasikan volume tampungan efektif sebesar 354.000,00 m³. Sementara itu, kapasitas efektif Embung Sempaja yang terbangun pada 2019 adalah 18.974,00 m³. Perbedaan signifikan antara rekomendasi desain yang didasarkan pada data hidrologi sebelumnya dengan kapasitas riil di lapangan, ditambah dengan perubahan tata guna lahan yang meningkatkan koefisien limpasan, menciptakan sebuah tantangan baru bagi efektivitas pengendalian banjir di kawasan tersebut. Kondisi ini bukanlah sebuah evaluasi terhadap perencanaan di masa lalu, melainkan sebuah gambaran dinamika kebutuhan infrastruktur yang terus berkembang seiring waktu. Oleh karena itu, diperlukan strategi adaptif yang lebih komprehensif untuk menjawab tantangan tersebut. (Konsultan SPV BWS Kalimantan III, 2016).

Strategi Komprehensif Berbasis Konstruksi Hijau untuk Peningkatan Resiliensi Banjir Sempaja

Berdasarkan tantangan kapasitas yang teridentifikasi, penelitian ini merumuskan strategi pengembangan konstruksi hijau yang tidak hanya fokus pada penambahan volume tampungan, tetapi juga pada optimalisasi fungsi dan integrasi sistem. Pendekatan ini dapat dibagi menjadi dua strategi utama: manajemen kuantitas air dan peningkatan kualitas serta multifungsi infrastruktur. Seperti pembuatan *Sponge City* guna mengurangi masalah kualitas air dan banjir perkotaan akibat hujan, mengukur dan memperhitungkan sepenuhnya manfaat ekonomi dan lingkungan, menerapkan fleksibilitas regional dan pendekatan yang berorientasi pada hasil (Li dkk., 2017).

Pertama, dari sisi manajemen kuantitas air, pendekatan dua-lapis (*two-pronged approach*) diusulkan. Pada skala makro, pengembangan *long storage* atau embung tambahan di lokasi strategis menjadi solusi realistik mengingat keterbatasan ruang di sekitar embung eksisting. Perencanaan infrastruktur baru ini harus didasarkan pada simulasi hidrologi-hidrolika terkini untuk memastikan kapasitasnya memadai. Untuk mengoptimalkan sistem yang ada, embung eksisting dapat dilengkapi dengan pompa banjir berkapasitas besar yang terintegrasi dengan *smart technology* berbasis *IoT*, teknologi ini dapat membantu merancang sistem manajemen air cerdas untuk penggunaan air yang berkelanjutan dari sumber daya alam (Krishnan dkk., 2022).

Pada saat yang sama, pada skala mikro, beban pada sistem drainase utama harus dikurangi melalui penerapan infrastruktur hijau terdistribusi di kawasan padat penduduk, seperti biopori, sumur resapan, dan taman hujan, untuk mengelola limpasan sejak dari sumbernya

Kedua, infrastruktur pengendali banjir modern harus bergerak melampaui fungsi tunggal dan menjadi aset kota yang multifungsi. Peningkatan kualitas air di Embung Sempaja melalui teknologi *nano bubble* dapat mentransformasi embung dari sekadar penampung air hujan menjadi sumber air bersih alternatif, sebuah inovasi yang didukung oleh penelitian mengenai potensi teknologi *nano bubble* untuk manajemen sumber daya air berkelanjutan. Lebih lanjut, dengan menata *landscape* hijau di sekelilingnya, embung dapat berfungsi sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang rekreatif dan menjadi pusat ekowisata perkotaan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan nilai ekologis dan sosial kawasan, tetapi juga membuka potensi sumber pendanaan alternatif dari aktivitas ekonomi untuk mendukung keberlanjutan biaya operasional dan pemeliharaan, sebagaimana ditegaskan dalam studi mengenai arahan pengembangan RTH berbasis mitigasi bencana.

Secara keseluruhan, kombinasi strategi ini akan mentransformasi Embung Sempaja dari *single-purpose infrastructure* menjadi infrastruktur hijau perkotaan yang resilien (*resilient urban green infrastructure*). Konsep ini mengintegrasikan aspek teknis (pengendalian banjir), ekologis (kualitas air dan RTH), serta sosial-ekonomi (kesejahteraan masyarakat), menciptakan solusi pengendalian banjir yang lebih tangguh, berkelanjutan, dan adaptif terhadap tantangan di masa depan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan hasil pemodelan HEC-HMS dan HEC-RAS menunjukkan bahwa kapasitas tampungan Embung Sempaja hanya sebesar 5.3% dari volume yang direkomendasikan dalam desain, sementara ancaman banjir meningkat akibat naiknya intensitas curah hujan. Kondisi ini membuktikan bahwa efektivitas Embung Sempaja untuk mengendalikan banjir pada kondisi saat ini Kurang Optimal. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya pembaruan Masterplan Drainase atau review Detail Engineering Design (DED) untuk kawasan Sempaja, agar perencanaan infrastruktur di masa depan selaras dengan kondisi hidrologis terkini. Selanjutnya, penelitian ini merekomendasikan agar perencanaan tersebut mengadopsi pendekatan konstruksi hijau yang komprehensif, seperti pembangunan long storage atau embung tambahan yang diintegrasikan dengan solusi berbasis alam (seperti biopori dan

taman hujan) yang tersebar di seluruh kawasan untuk mengurangi beban banjir secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmara, H. N. (2023). Implementasi Undang-Undang Nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana di Samarinda. Nomos : Jurnal Penelitian Ilmu Hukum, 3(3), 84–91. <https://doi.org/10.56393/nomos.v3i3.1612>
- Badan Informasi Geospacial. (2025). Data Topografi. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/login?page=/unduh/demnas>
- Badan Meteorologi, K. dan G. (2024). DATA ONLINE - DIREKTORAT DATA DAN KOMPUTASI - BMKG. <https://dataonline.bmkg.go.id/dataonline-home>
- Konsultan SPV BWS Kalimantan III. (2016). LAPORAN REVIEW DESIGN SUPERVISI PEMBANGUNAN EMBUNG SERBA GUNA SEMPAJA KOTA SAMARINDA.
- Krishnan, S. R., Nallakaruppan, M. K., Chengoden, R., Koppu, S., Iyapparaja, M., Sadhasivam, J., & Sethuraman, S. (2022). Smart Water Resource Management Using Artificial Intelligence—A Review. Dalam Sustainability (Switzerland) (Vol. 14, Nomor 20). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su142013384>
- Li, H., Ding, L., Ren, M., Li, C., & Wang, H. (2017). Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities. Water (Switzerland), 9(9). <https://doi.org/10.3390/w9090594>
- Prokal.co. (2021, Maret 3). Belum Banyak Berkontribusi, Embung Sempaja Hanya 3 Persen Kurangi Banjir. Prokal.co. <https://www.prokal.co/kalimantan-timur/1773921828/belum-banyak-berkontribusi-embung-sempaja-hanya-3-persen-kurangi-banjir>
- Prokal.co. (2022, Oktober 10). Embung di Samarinda Minim Perawatan dan Alami Pendangkalan. Prokal.co/Kalimantan Timur. <https://www.prokal.co/kalimantan-timur/1773942784/embung-di-samarinda-minim-perawatan-dan-alami-pendangkalan>
- Rachmawati, D., & Jordan, N. (2022). Evaluasi Infrastruktur Hijau Pengendali Banjir berdasarkan Preferensi Stakeholder di Kelurahan Sempaja Selatan.
- Webber, J. L., Fletcher, T. D., Cunningham, L., Fu, G., Butler, D., & Burns, M. J. (2020). Is green infrastructure a viable strategy for managing urban surface water flooding? Urban Water Journal, 17(7), 598–608. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1700286>