

Mengukur Langkah Surabaya: *Positioning Level Smart City* Partisipatif dalam Manajemen Bencana Banjir Kota Surabaya

Muhammad Ifaldy Amrila Zulkarnain^{✉ 1}, Adjie Pamungkas²

¹Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

²Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Diunggah: 15/06/2025 | Direview: 04/07/2025 | Diterima: 09/07/2025

✉ ifaldyaz@gmail.com

Abstrak: Kota Surabaya merupakan salah satu wilayah perkotaan di Indonesia yang menghadapi risiko banjir cukup tinggi, meskipun telah mengadopsi pendekatan smart city dalam penanggulangan bencana. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana penerapan konsep smart city partisipatif telah diimplementasikan dalam manajemen bencana banjir. Fokus analisis diarahkan pada dua aspek utama, yaitu kematangan teknologi dan tingkat keterlibatan masyarakat. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kualitatif melalui wawancara mendalam kepada pemangku kepentingan yang dipilih berdasarkan kerangka Pentahelix. Data dianalisis menggunakan metode content analysis dan pemetaan posisi berdasarkan model Smart Sustainable City Maturity dan Ladder of Participation. Temuan penelitian menunjukkan bahwa dari sisi teknologi, Surabaya baru mencapai tahap awal pengembangan, ditandai dengan pemanfaatan infrastruktur digital yang belum terintegrasi dan keterbatasan sistem peringatan dini berbasis aplikasi. Beberapa perangkat seperti pompa otomatis dan sensor ketinggian air telah digunakan, namun belum didukung oleh sistem informasi yang dapat diakses publik secara luas. Di sisi lain, partisipasi masyarakat menunjukkan dinamika yang cukup progresif, terutama dalam pemeliharaan infrastruktur dan edukasi bencana, meskipun pelibatan dalam proses perencanaan formal masih bersifat konsultatif. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat ketimpangan antara kemajuan teknologi dan pemberdayaan masyarakat dalam sistem manajemen banjir berbasis smart city di Surabaya. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi yang menyelaraskan inovasi digital dengan peningkatan kapasitas dan peran aktif masyarakat. Penguatan sistem informasi yang terintegrasi serta pelibatan komunitas secara lebih inklusif merupakan langkah krusial menuju tata kelola risiko banjir yang adaptif dan kolaboratif.

Kata Kunci: Smart City; Partisipasi Masyarakat; Manajemen Banjir; Ketahanan Bencana; Kota Surabaya.

Measuring Surabaya's Progress: Positioning the Participatory Smart City Level in Urban Flood Disaster Management

Abstract: Surabaya is one of the major urban areas in Indonesia that faces a significant risk of flooding, despite having adopted a smart city approach to disaster management. This study aims to assess the extent to which the participatory smart city concept has been implemented in flood disaster governance. The analysis focuses on two main dimensions: technological maturity and the level of community involvement. Employing a qualitative approach, the research was conducted through in-depth interviews with key stakeholders selected based on the Pentahelix framework. Data were analyzed using content analysis techniques and spatial positioning models derived from the Smart Sustainable City Maturity framework and the Ladder of Participation. The findings reveal that, in terms of technological integration, Surabaya remains at an early development stage. Although digital infrastructure such as automated pumps and water level sensors has been deployed, the systems are not yet fully integrated and lack accessible, application-based early warning systems. Conversely, community participation exhibits more promising progress, especially in infrastructure maintenance and disaster education initiatives. However,

public engagement in formal planning processes remains largely consultative in nature. These findings indicate a disparity between technological advancement and community empowerment within Surabaya's smart flood management system. Therefore, a more balanced strategy is needed—one that aligns digital innovation with enhanced community capacity and active participation. Strengthening integrated information systems and promoting more inclusive community engagement are essential steps toward achieving adaptive and collaborative urban flood risk governance.

Keywords: Smart City; Community Participation; Flood Management; Disaster Resilience; Surabaya City.

1. Latar Belakang

Dalam dekade terakhir, paradigma manajemen risiko bencana telah mengalami pergeseran fundamental dari pendekatan reaktif menuju kerangka kerja proaktif yang mengintegrasikan teknologi *smart city* dengan partisipasi publik untuk meningkatkan resiliensi perkotaan terhadap banjir (McLaughlin, 2019; Marana et al., 2019). Pengurangan risiko melalui pendekatan *smart city* telah terbukti di Shanghai, China, yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan signifikan dalam ketahanan bencana banjir yang difasilitasi oleh teknologi modern (Zhu et al., 2024). Namun, teknologi bukanlah solusi tunggal. Para ahli menekankan bahwa keberhasilan *smart city* sangat bergantung pada partisipasi aktif dari berbagai pemangku kepentingan (multi-stakeholder), terutama masyarakat (Ceng, 2019; Hedelin, 2017; Minucci et al., 2020). Pengintegrasian manajemen banjir cerdas dan partisipasi masyarakat tersebut dapat memainkan peran sentral dalam meningkatkan ketahanan masyarakat dan mereduksi risiko terhadap bencana banjir (Park et al., 2024).

Data empiris nasional mengonfirmasi bahwa, banjir secara konsisten mendominasi statistik bencana hidrometeorologi dengan proporsi 43,1% dari total kejadian bencana nasional (BNPB, 2022). Provinsi Jawa Timur sebagai salah satu episentrum utamanya (Annur, 2023). Sebagai salah satu kota besar di Indonesia dengan risiko banjir yang tinggi (Zakina & Pamungkas, 2018). Pemerintah Kota telah mengadopsi berbagai strategi *smart city* untuk manajemen banjir melalui sejumlah teknologi seperti *smart water level* yang memicu pompa air otomatis, serta *mechanical screen* untuk penyaringan sampah di saluran air, yang telah diterapkan di belasan lokasi. Di sisi perencanaan, komitmen ini tertuang dalam dokumen strategis seperti Surabaya Drainage Master Plan (SDMP) 2018–2038 serta RPJMD Kota Surabaya Tahun 2016-2021. Namun, berbagai strategi *smart* yang telah diimplementasikan tersebut berbanding terbalik dengan kondisi eksisting. Hingga tahun 2022 masih terdapat 118 titik banjir di Kota Surabaya (Ginjar, 2022).

Kontradiksi ini bersumber dari dua kesenjangan utama. Pertama, kegagalan teknologi, di mana otomatisasi infrastruktur vital seperti rumah pompa belum komprehensif dan sebagian besar masih dioperasikan secara manual, sehingga memperlambat respons (Widiyana, 2023). Kedua, kesenjangan partisipasi, di mana perilaku sebagian masyarakat—seperti mendirikan bangunan liar yang mempersempit saluran air—secara langsung menghambat efektivitas sistem drainase yang telah dibangun dan dirawat oleh pemerintah (Widiyana, 2023). Terdapat permasalahan pendukung lainnya, bahwa sistem penanganan bencana banjir di Kota Surabaya memiliki kelemahan dan menuai berbagai kritik dari pemangku kepentingan, seperti berfokus pada *output* jangka pendek dan situasi darurat (Pamungkas et al., 2019).

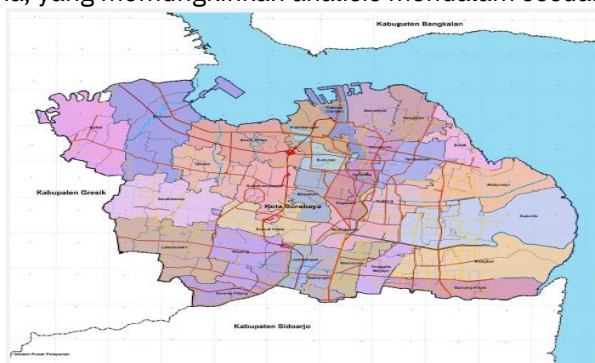
Adanya paradoks antara implementasi teknologi canggih yang faktual namun parsial dan persistensi masalah banjir yang diperburuk oleh rendahnya partisipasi publik menciptakan sebuah kesenjangan penelitian yang jelas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur secara objektif dan memetakan posisi (*positioning*) level *smart city* partisipatif dalam manajemen bencana banjir Kota Surabaya. Analisis ini esensial untuk memahami pencapaian aktual, mengidentifikasi titik-titik lemah, dan merumuskan strategi yang lebih efektif untuk menjembatani jurang antara perencanaan dan implementasi di lapangan.

2. Metode

2.1. Wilayah Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kota Surabaya, sebuah kota di Provinsi Jawa Timur yang terdiri dari lima kawasan administratif. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada dua pertimbangan utama: pertama, persebaran

masalah banjir yang merata di seluruh wilayah, dan kedua, adanya penerapan infrastruktur berbasis smart city untuk penanggulangan bencana, yang memungkinkan analisis mendalam sesuai tujuan penelitian.



Gambar 1. Ruang Lingkup Wilayah
 Sumber: RTRW Kota Surabaya 2024 -2044

2.2. Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan delapan indikator dan 28 variabel utama hasil dari penelaahan literatur untuk dapat relevan dan sesuai konteks dengan konsep smart city partisipatif dalam manajemen bencana banjir. Variabel-variabel tersebut akan dijadikan dasar dalam penyusunan teks wawancara untuk mengevaluasi implementasi smart city partisipatif dalam manajemen bencana banjir di Kota Surabaya.

Tabel 1. Indikator dan Variabel Penelitian

Indikator	Kode	Variabel	Sumber
Pemanfaatan teknologi digital (IoT)	A.1.1	Penggunaan jaringan sensor	(Anbarasan et al., 2020; Ibrahim & Mishra, 2021; Josipovic & Viegutz, 2023; Munawar et al., 2021; Sood et al., 2018)
	A.2.1	Penggunaan big data	
	A.3.1	Penggunaan digital twin	
	A.4.1	Penggunaan penginderaan jarak jauh	
	A.5.1	Artificial Intelligence/kecerdasan buatan (AI)	
	A.6.1	Aplikasi/website	
Pemanfaatan real time monitoring	B.1.1	Ketepatan penyampaian informasi data hidrologi	(Fairuz et al., 2020; Jan et al., 2022; Jang & Jung, 2023; Kim et al., 2022; Şensoy et al., 2018)
	B.2.1	Pengaturan otomatisasi penampungan air	
Efektivitas peringatan dini	C.1.1	Jangkauan informasi peringatan	(Hammood et al., 2020; Hasan & Islam, 2024; Kuller et al., 2021; Perera et al., 2019; Rana et al., 2021)
	C.2.1	Keakuratan informasi peringatan dini	
	C.3.1	Kualitas muatan Informasi	
	C.4.1	Kemampuan respon masyarakat	
Kemampuan prediksi kejadian bencana	D.1.1	Ketersediaan Kelengkapan inputan data	(Cha & Lee, 2021; Hossain Anni et al., 2020; Starzec & Kordana-Obuch, 2024; Xing et al., 2021; Ma et al. (2021)
	D.2.1	Kualitas pemodelan prediksi	
	D.3.1	Kinerja infrastruktur drainase	
Kemudahan aksesibilitas sumber daya	E.1.1	Aplikasi informasi dan pelaporan kebencanaan	(Cools et al., 2023; Das et al., 2024; Henriksen et al., 2018; Jiang et al., 2024; McCallum et al., 2016)
	E.2.1	Pelatihan simulasi kebencanaan	
	E.3.1	Fasilitator kebencanaan	
	E.4.1	Fasilitas penampungan/evakuasi	
	E.5.1	Fasilitas medis	
Kolaborasi antar pihak	F.1.1	Kejelasan pembagian tugas dan tanggung jawab	(Cools et al., 2023; Puzyreva et al., 2022; Thaler & Levin-Keitel, 2016; Watkins & Collins, 2024)
	F.2.1	Perencanaan visi/misi & solusi bersama	
	F.3.1	Pelibatan perencanaan secara bottom up	
	F.4.1	Kebijakan yang bersifat proaktif	

Indikator	Kode	Variabel	Sumber
Kesadaran masyarakat	G.1.1	Pengetahuan risiko bencana banjir masyarakat	(Huang et al., 2020); Modul KRB Banjir BNPB; Wu et al., 202
	G.2.1	Aksi penanggulangan bencana banjir	
Keterlibatan aktif masyarakat	H.1.1	Partisipasi dalam pemeliharaan dan pembersihan infrastruktur banjir	(Begg et al., 2018; Hendra & Kismartini, 2018; Rewah, 2022)
	H.2.1	Keterlibatan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan	

Sumber: Sintesa Pustaka, 2025

2.3. Metode Pengumpulan Data

Penelitian kualitatif mengandalkan teknik wawancara untuk menjangkau data empiris serta memahami komprehensif, pengalaman, dan persepsi para aktor yang relevan dengan isu yang diteliti. Penentuan sampel narasumber dilakukan menggunakan pendekatan purposive sampling yang merupakan suatu metode non-probabilistik di mana sampel dipilih berdasarkan kriteria spesifik yang telah ditetapkan oleh peneliti sesuai dengan kebutuhan penelitian (Sugiyono, 2013). Untuk menjamin kelengkapan perspektif, kerangka kerja Pentahelix digunakan sebagai panduan dalam menentukan kriteria tersebut, sehingga mencakup keterwakilan dari pemerintah, akademisi, sektor swasta, komunitas, dan media. Model kolaborasi ini dipilih karena signifikansinya dalam konteks penanggulangan bencana di Indonesia (Pasaribu et al., 2023).

Tabel 2. Kriteria Informan

Key Informan	Kriteria	Stakeholder Terpilih	Justifikasi
Pemerintah	1. Penanggung jawab pengendalian banjir Kota Surabaya 2. Penyelesaian masalah sistem drainase dan penanggulangan banjir di wilayah kota serta koordinasi dengan Daerah sekitarnya	Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga	Perda 3 /2021
		Kecamatan	Perwali 94/2021
		Kelurahan	
Swasta	1. Dalam bidang smart system atau pengembang kawasan 2. Mengimplementasikan manajemen banjir (pengembang kawasan)*	Pakuwon Grup/Sier Grup dsb.	Perda 7 /2010
Komunitas/ Masyarakat	1. Warga di masing-masing wilayah keleurahan persebaran infrastruktur smart flood risk management 2. Terlibat pengelolaan bencana banjir di Kota Surabaya 3. Berada pada lokasi persebaran sistem smart city	Kepala Rukun Warga (RW)	Perwali 112/2022
		Kepala Rukun Tetangga (RT)	
		Warga	

Sumber: Penulis, 2025

2.4. Metode Analisis Data

Dalam proses analisis data, penelitian ini menggunakan pendekatan metode *content analysis* hasil dari proses wawancara mendalam (*indepth interview*) dengan stakeholder terkait. Krippendorff (2019) menjelaskan terdapat beberapa langkah dalam mengimplementasikan *content analysis*. Pada tahap awal (*unitizing*) penentuan unit observasi melalui transkrip wawancara dan unit analisisnya adalah jawaban dari responden/masyarakat. Selanjutnya, pada tahap *sampling* terkait batasan jumlah *stakeholder*, penelitian ini menggunakan pendekatan *porposive sampling*. Setelah kedua tahapan tersebut (*unitizing* dan *sampling*), pada tahap selanjutnya dilakukan penentuan kode pada informan dan variabel dengan bantuan software Nvivo. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengetahui persepsi masyarakat terhadap nilai tingkat implementasi smart flood risk management partisipatif di Kota Surabaya. Untuk dapat mengetahui *positioning level smart city* partisipatif Kota Surabaya dari hasil evaluasi, maka dilakukan proses analisis deskriptif dari hasil *content analysis* sebelumnya dengan pendekatan pemetaan silang antara *maturity level (smart city)* dan level tangga partisipasi (partisipatif), seperti pada tabel di bawah.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Hasil

3.1.1. Evaluasi Implementasi Smart City Partisipatif dalam Manajemen Bencana Banjir

Untuk mengevaluasi implementasi *smart flood risk management*, studi ini menganalisis data wawancara melalui *content analysis*. Pengumpulan data primer dilakukan melalui *indepth interview* dengan informan kunci

yang merepresentasikan pemerintah kota, komunitas, akademisi, dan praktisi teknologi. Seluruh data kualitatif diolah dengan bantuan perangkat lunak NVivo 12 untuk mengekstraksi tema-tema krusial, mengidentifikasi pola partisipasi, dan memahami elemen *smart city* yang telah diterapkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi smart city partisipatif khususnya pada bagian infrastruktur smart masih parsial. Hal tersebut terbukti bahwa alat-alat otomatis masih memerlukan operator serta sistem informasi kebencanaan masih tergolong manual dan mengandalkan pengurus kampung dan tingkat atasnya. Dari sisi partisipasi, masyarakat Surabaya menunjukkan arah positif dengan dibuktikan vokal dalam proses perencanaan, terdapat beberapa kelompok tanggap bencana (fasilitator), dan kegiatan pemeliharaan infrastruktur banjir. Berikut merupakan detail hasil evaluasi implementasi smart city partisipatif dalam manajemen bencana banjir di Kota Surabaya berdasarkan variabel yang telah diadopsi pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Implementasi Smart City Partisipatif dalam Manajemen Bencana Banjir Kota Surabaya

Indikator	Visualisasi Hasil	Deskripsi Hasil
<p>Pemanfaatan Teknologi Digital</p>	<pre> graph TD A[Pemanfaatan Teknologi Digital (IT)] --> B[Penggunaan Penginderaan Jarak Jauh] A --> C[Penggunaan Jangjian Sensor] A --> D[Penggunaan Digital Twin] A --> E[Penggunaan Big Data] A --> F[Artificial Intelligence (AI)] A --> G[Aplikasi-Webbase] B --> B1[Tidak] B --> B2[Ada] B2 --> B2a[Pola Hujan (User)] B2 --> B2b[Penanganan Segera] C --> C1[Tidak] C --> C2[Ada] C2 --> C2a[Pompa Air, Pintu Air, Mechanical Screen, dan CCTV] D --> D1[Tidak] E --> E1[Tidak] E --> E2[Ada] E2 --> E2a[Tahap Awal (Pengumpulan & Informasi Internal Saja)] F --> F1[Tidak] G --> G1[Tidak (WA Grup)] </pre>	<p>Pemanfaatan teknologi digital dalam pengelolaan risiko banjir di Surabaya masih dalam tahap awal dan belum merata. Sebagian elemen seperti sensor, penginderaan jarak jauh, & big data sudah digunakan, namun teknologi lain seperti, digital twin, AI, dan sistem aplikasi formal belum diterapkan secara optimal</p>
<p>Pemanfaatan Real Time Monitoring</p>	<pre> graph TD A[Pemanfaatan Real Time Monitoring] --> B[Pengaturan Otomatisasi Penempungan Air] A --> C[Kecepatan Penyampian Informasi Data Hidrologi] B --> B1[Tidak] B --> B2[Ada] B2 --> B2a[Mechanical Screen, Pompa Air, dan Pintu Air (Tidak Sepenuhnya Otomatis)] C --> C1[Tidak] C --> C2[Ada] C2 --> C2a[WA Grup dengan Persebaran GPD (Tidak Ada Sistem)] C2 --> C2b[Tinggi Muka Air (Internal Tidak Ke Masyarakat Luas)] C2 --> C2c[Pintu Air yang Terbuka] C2 --> C2d[Pantauan Manual Lapangan] </pre>	<p>Pemanfaatan real-time monitoring dalam pengelolaan banjir di Surabaya belum optimal. Otomatisasi masih terbatas pada alat seperti pompa, pintu air, & mechanical screen. Koordinasi antar lembaga belum didukung sistem terpadu, serta data hidrologi tidak tersedia untuk publik secara luas.</p>
<p>Efektivitas Peringatan Dini</p>	<pre> graph TD A[Efektivitas Peringatan Dini] --> B[Kualitas Muatan Informasi] A --> C[Kemampuan Respon Masyarakat] A --> D[Keakuratan Informasi] A --> E[Jangkauan Informasi] B --> B1[Tidak] B --> B2[Ada] B2 --> B2a[Kondisi Riil, Instruksi, Titik Lokasi] C --> C1[Tidak] C --> C2[Ada] C2 --> C2a[Mengelajahi Langkah-Langkah] C2 --> C2b[Membantu Memantau Saluran] D --> D1[Tidak] D --> D2[Ada] D2 --> D2a[Akurat (Perwakilan GPD kelas)] D2 --> D2b[Akurat (Pemerataan Hari-hari Laporan Kinerja)] E --> E1[Tidak] E --> E2[Ada] E2 --> E2a[WA Grup masing-masing wilayah, wilayah admin (Tidak Ada Teknologi)] </pre>	<p>Efektivitas peringatan dini banjir di Surabaya dinilai cukup baik dari segi isi informasi dan respons masyarakat, namun masih terbatas melalui proses perantara yang cukup banyak dan tidak ada dukungan sistem yang terintegrasi.</p>

Indikator	Visualisasi Hasil	Deskripsi Hasil
Kemampuan Prediksi Kejadian Bencana		<p>Kemampuan prediksi bencana di Surabaya masih belum optimal akibat keterbatasan pada kualitas model dan data pendukung, meskipun pengelolaan infrastruktur drainase telah berjalan cukup baik dengan dukungan pompa dan mechanical screen.</p>
Kemudahan Aksesibilitas Sumber Daya		<p>Aksesibilitas sumber daya dalam kesiapsiagaan bencana di Surabaya sudah cukup tersedia melalui pelatihan, fasilitator, fasilitas medis, dan lokasi evakuasi, namun masih terbatas dalam jangkauan masyarakat dan belum didukung oleh sistem koordinasi serta teknologi aplikasi yang terintegrasi.</p>
Kolaborasi Antar Pihak		<p>Kolaborasi antar pihak dalam perencanaan penanggulangan banjir di Surabaya telah berjalan cukup terstruktur melalui mekanisme bottom-up, pelibatan RT/RW, pembagian tugas yang jelas, serta dukungan kebijakan proaktif seperti program "Surabaya Bergerak"</p>
Kesadaran Masyarakat		<p>Kesadaran masyarakat terhadap risiko banjir sudah mulai terbentuk, ditunjukkan dengan pemahaman terhadap penyebab, dampak, dan mitigasi, serta keterlibatan dalam aksi seperti kerja bakti, meskipun partisipasi masih terdapat yang kurang antusias</p>
Keterlibatan Aktif Masyarakat		<p>Keterlibatan aktif masyarakat dalam pemeliharaan menunjukkan adanya partisipasi yang bervariasi, dari yang rutin kerja bakti hingga yang pasif, sedangkan dalam perencanaan masyarakat cukup vokal dalam mengusulkan ide, namun tidak terlibat langsung dalam pengambilan keputusan karena proses tersebut ditentukan oleh verifikasi dinas dan dokumen perencanaan</p>

Sumber: Analisis Penulis, 2025

3.1.2. Maturity Level & Tangga Partisipasi Kota Surabaya dalam Manajemen Bencana Banjir

Untuk memosisikan implementasi manajemen banjir cerdas, penelitian ini mengintegrasikan dua kerangka analisis. Pertama, Smart Sustainable City Maturity Model (ITU, 2019) diterapkan untuk mengukur tingkat kematangan teknologi. Kedua, Ladder of Participation (Arnstein, 1969) digunakan untuk menilai derajat keterlibatan publik, sebuah pendekatan yang relevan untuk ketahanan banjir (Hendricks et al., 2022). Pendekatan ganda ini, yang sejalan dengan pentingnya integrasi teknologi dan partisipasi (Achmad et al., 2018), menghasilkan pemetaan posisi Surabaya. Hasil pemetaan menunjukkan temuan yang kontras. Dari aspek teknologi, implementasi smart city di Surabaya secara konsisten berada pada Level 2 ditandai oleh sistem yang masih bersifat parsial dan belum terintegrasi. Sebaliknya, aspek partisipasi publik menunjukkan spektrum yang lebih dinamis, terentang dari level Konsultasi pada proses formal hingga mencapai Placation dan Kemitraan (Partnership) pada inisiatif level komunitas. Temuan ini mengindikasikan bahwa modal sosial partisipatif telah menunjukkan perkembangan yang lebih maju dibandingkan adopsi teknologi. Detail penilaian untuk setiap komponen dapat dilihat pada matriks tabel 4.

Tabel 4. Tingkatan Smart City Partisipatif dalam Smart Flood Risk Management Kota Surabaya

Muatan	Maturity Level	Tangga Partisipasi	Keterangan
Pemanfaatan TIK dasar (jaringan sensor) sudah mulai diimplementasikan	Level 2		Pemanfaatan TIK dasar telah dibuktikan dengan mengimplementasikan jaringan sensor dan penggerak otomatis pada pompa air & mechanical screen, serta penginderaan jarak jauh untuk mengamati pola hujan bagi internal dinas (Wawancara, 2025)
Pemanfaatan real time monitoring sudah mulai diimplementasikan	Level 2		Telah diimplementasikan melalui pengaturan otomatis pompa & pintu air, mechanical screen, dan penyampaian data tinggi muka air, namun hanya untuk internal dinas.
Sistem informasi peringatan dini masih dalam tahap rencana	Level 2		Sistem informasi peringatan dini masih menggunakan grup wa serta call center 112. Untuk aplikasi terpadu masih belum tersedia (Wawancara, 2025)
Tidak memiliki kapasitas/kemampuan dalam prediksi kejadian bencana	Level 2		Untuk proses prediksi masih tidak tersedia karena ketersediaan data masih kurang dan masih belum terintegrasi (Wawancara, 2025)
Aksesibilitas sumber daya penunjang kebencanaan masih dalam tahap penyesuaian rencana dengan peta jalan (RPJMD, dll)	Level 2		Aksesibilitas sumber daya kebencanaan di Surabaya masih belum merata dan belum terintegrasi secara optimal, seperti terlihat dari pelatihan yang belum menjangkau semua wilayah, koordinasi medis yang belum maksimal, serta sistem pelaporan yang masih terbatas.
Terdapat pembagian tugas pada level pimpinan (petinggi)	Level 2	Consultation	Pembagian tugas masih bersifat umum (general) tidak ada yang spesifik fokus terhadap penanganan banjir di level bawah (kecamatan, kelurahan) sehingga lebih bersifat pengawasan/pemantauan (Wawancara, 2025)
Perencanaan visi, misi, & solusi telah disusun dan diselaraskan dengan peta jalan (RPJMD, dll)	Level 2	Consultation	Penyusunan visi, misi, & solusi memang telah disusun sesuai dokumen perencanaan sehingga tidak semua saran dan masukan masyarakat terakomodasi karena adanya verifikasi serta prioritasasi dari rujukan dokumen perencanaan (Wawancara, 2025)
Masyarakat dilibatkan hanya melalui pemberian informasi mengenai keputusan yang diambil dalam perencanaan		Consultation	Masyarakat dilibatkan dalam setiap proses perencanaan mulai dari awal hingga akhir. Namun, tidak memiliki kewenangan dalam pengambilan keputusan (Wawancara, 2025)
Mulai muncul inisiatif kesadaran partisipasi masyarakat dalam manajemen bencana namun hanya kelompok tertentu (komunitas)		Placation	Partisipasi masyarakat dalam manajemen bencana telah ditunjukkan adanya komunitas MADAGASKAR di beberapa wilayah kelurahan serta adanya keaktifan pengurus kampung (RT RW) dalam memberikan edukasi serta informasi (Wawancara, 2025).
Masyarakat memiliki pengetahuan kebencanaan, namun diperlukan dorongan kolaborasi dalam memperdalam pengetahuan		Partnership	Masyarakat mayoritas telah memiliki pengetahuan kebencanaan yang baik dengan dukungan dari pengurus kampung yang sering memberikan informasi serta edukasi. Kemudian juga masyarakat juga telah mandiri untuk menambah pengetahuan seperti contoh pada masyarakat wilayah timur KPT mereka sudah paham sendirinya terkait genangan/banjir dengan melakukan pantauan tidak hanya pada ketinggian air sungai saja melainkan juga dari ketinggian air laut agar dapat mengantisipasi genangan/banjir

Sumber: Analisis Penulis, 2025

3.2. Diskusi

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa implementasi smart city partisipatif dalam manajemen banjir di Surabaya masih berada pada tahap dasar. Secara teknologi, sebagian besar sistem seperti sensor dan pompa otomatis telah digunakan, namun belum terintegrasi secara menyeluruh, dan penggunaan teknologi lanjutan seperti AI serta digital twin belum optimal. Temuan ini menguatkan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa kota cerdas masih menghadapi tantangan dalam fragmentasi data dan integrasi antar sistem sensor bencana (Hong & Shi, 2023). Di sisi lain, aspek partisipasi menunjukkan kemajuan yang lebih baik. Keterlibatan warga melalui forum RT/RW, komunitas tanggap bencana, serta edukasi lokal mencerminkan adanya modal sosial yang kuat, sebagaimana ditekankan dalam kerangka pemetaan partisipatif smart disaster management (Wiratmaja et al., 2023). Lebih lanjut, permasalahan mendasar lainnya terletak pada belum adanya sistem informasi peringatan dini yang terintegrasi, sehingga masih mengandalkan jalur informal seperti grup WhatsApp dan call center dan berimplikasi pada efektivitas penyebaran informasi saat terjadi potensi banjir. Hal ini dikonfirmasi juga oleh Wessel et al. (2021), yang menekankan bahwa untuk mewujudkan sistem manajemen bencana yang efektif dalam kota cerdas, diperlukan pendekatan berbasis warga (human-centered) yang memanfaatkan data sensor real-time untuk memberikan informasi personal dan lokasi-spesifik kepada masyarakat.

Kesimpulan utama dari studi ini adalah bahwa pendekatan smart city di Surabaya yang cenderung top-down dan kurang fleksibel terhadap kolaborasi antaraktor menjadi penghambat efektivitas manajemen risiko banjir. Sentralisasi otoritas pengambilan keputusan yang membatasi peran komunitas adalah cerminan dari rigiditas ini. Hal tersebut mengonfirmasi analisis Ernawati et al. (2024), yang menyatakan bahwa absennya kerangka kerja kolaboratif yang berkelanjutan akan mengurangi keefektifan manajemen bencana, sekalipun ditopang oleh birokrasi yang efisien. Oleh karena itu, untuk meningkatkan positioning smart city partisipatif dalam manajemen banjir di Surabaya, diperlukan strategi integratif yang menyatukan kecanggihan teknologi dengan pendekatan partisipatoris yang berkelanjutan, serta memperkuat peran komunitas sebagai aktor utama dalam siklus kesiapsiagaan dan respons bencana.

4. Kesimpulan dan Rekomendasi

4.1. Kesimpulan

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan konsep smart city partisipatif dalam penanganan banjir di Kota Surabaya masih berada pada tahap pengembangan awal. Penggunaan teknologi digital seperti sensor dan sistem otomatisasi telah dimulai, namun belum terkoordinasi secara menyeluruh dan masih terbatas dalam cakupan serta efektivitasnya. Di sisi lain, keterlibatan masyarakat menunjukkan perkembangan yang positif, terlihat dari peran aktif warga dalam kegiatan pemeliharaan infrastruktur dan penyampaian informasi terkait banjir, meskipun masih belum banyak dilibatkan dalam pengambilan keputusan formal. Ketimpangan antara perkembangan teknologi dan kapasitas partisipatif masyarakat ini menunjukkan bahwa pembangunan sistem manajemen banjir yang cerdas dan inklusif di Surabaya masih membutuhkan penguatan di kedua aspek tersebut. Dengan kata lain, kota ini masih berada dalam tahap transisi menuju tata kelola bencana yang lebih modern dan kolaboratif.

4.2. Rekomendasi

Berdasarkan temuan tersebut, terdapat beberapa rekomendasi strategis yang perlu dipertimbangkan untuk mendorong peningkatan efektivitas manajemen banjir berbasis smart city partisipatif di Surabaya. Pertama, diperlukan akselerasi integrasi sistem teknologi melalui pengembangan aplikasi terpusat yang mendukung pemantauan, peringatan dini, dan pelaporan kebencanaan secara real time. Kedua, Pemerintah Kota Surabaya perlu memperkuat sistem koordinasi internal antar perangkat daerah dan memperluas distribusi data hidrologi kepada publik guna meningkatkan transparansi dan responsivitas. Ketiga, peningkatan kapasitas masyarakat harus difokuskan pada penguatan literasi kebencanaan dan pelatihan berbasis komunitas secara merata, agar partisipasi tidak hanya berhenti pada tingkat konsultasi, tetapi juga bertransformasi menjadi bentuk kolaborasi yang berkelanjutan. Terakhir, revisi kebijakan perencanaan yang bersifat top-down perlu dilakukan untuk mengakomodasi inisiatif dari tingkat akar rumput, sehingga perencanaan manajemen banjir

benar-benar mencerminkan kebutuhan dan aspirasi masyarakat secara langsung. Dengan penerapan langkah-langkah tersebut secara konsisten dan adaptif, Kota Surabaya berpotensi untuk memperkuat posisinya sebagai kota tangguh bencana yang berbasis teknologi dan masyarakat

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para pihak yang telah berkontribusi dalam kelancaran pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada kalangan akademisi, perwakilan pemerintah daerah, unsur masyarakat, serta media yang telah berpartisipasi dalam penyediaan data dan informasi yang relevan. Ucapan terima kasih juga disampaikan secara khusus kepada Prof. Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., Ph.D selaku pembimbing, atas arahan, masukan, dan dukungan ilmiah yang sangat berarti dalam penyusunan dan penyelesaian artikel ini.

Daftar Pustaka

- Anbarasan, M., Muthu, B. A., Sivaparthipan, C. B., Sundarasekar, R., Kadry, S., Krishnamoorthy, S., Samuel, D. J., & Dasel, A. A. (2020). Detection of flood disaster system based on IoT, big data and convolutional deep neural network. *Computer Communications*, 150, 150–157. <https://doi.org/10.1016/J.COMCOM.2019.11.022>
- Annur, C. M. (2023, January 3). *Jawa Tengah, Provinsi Paling Sering Banjir Sepanjang 2022*. Databooks. <https://databoks.katadata.co.id/lingkungan/statistik/afff371590dcdd1/jawa-tengah-provinsi-paling-sering-banjir-sepanjang-2022>
- Begg, C., Callsen, I., Kuhlicke, C., & Kelman, I. (2018). The role of local stakeholder participation in flood defence decisions in the United Kingdom and Germany. *Journal of Flood Risk Management*, 11(2), 180–190. <https://doi.org/10.1111/JFR3.12305>
- Cools, J., Mishra, A., & Verbist, K. (2023). *Best practices on Flood and Drought Risk Management*. <http://www.unesco.org/open-access/terms-use->
- Das, M., Becker, J., & Hudson-Doyle, E. (2024). Fostering civic participation and collective actions for disaster risk reduction: Insights from Aotearoa New Zealand case studies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 104954. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2024.104954>
- Ernawati, D., Istantia, R., & Asropi, A. (2024). The Relevance of Collaborative Governance in Disaster Anticipation in The Cities of Surabaya and Jakarta. *Jurnal Public Policy*, 10(2), 151. <https://doi.org/10.35308/JPP.V10I2.8660>
- Fairuz, M. F. M., Rejab, M. R. A., Farook, R., Hanah, A., Rashid, N., & Rifaat, M. N. M. (2020). Real-Time Flood Monitoring System Using Raspberry PI. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 932(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/932/1/012070>
- Ginanjari, D. (2022, August 19). *Masih Temukan 118 Titik Banjir di Surabaya - Jawa Pos*. JawaPos. <https://www.jawapos.com/surabaya-raya/01403097/masih-temukan-118-titik-banjir-di-surabaya>
- Hammood, W. A., @Asmara, S. M., Arshah, R. A., Hammood, O. A., Halbusi, H. Al, & Al-Sharafi, M. A. (2020). Factors influencing the success of information systems in flood early warning and response systems context. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(6), 2956–2961. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.V18I6.14666>
- Hasan, M. M., & Islam, M. N. (2024). Effectiveness of flood early warning for the Jamuna char-dwellers at Sirajganj District in Bangladesh. *Progress in Disaster Science*, 24, 100373. <https://doi.org/10.1016/J.PDISAS.2024.100373>
- Hendra, W. Z., & Kismartini. (2018). Community Participation in Flood Disaster Management in Sumbawa Regency (case study in Songkar Village). *E3S Web of Conferences*, 73, 08004. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/20187308004>
- Henriksen, H. J., Roberts, M. J., van der Keur, P., Harjanne, A., Egilson, D., & Alfonso, L. (2018). Participatory early warning and monitoring systems: A Nordic framework for web-based flood risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 1295–1306. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2018.01.038>
- Hong, J. H., & Shi, Y. T. (2023). Integration of Heterogeneous Sensor Systems for Disaster Responses in Smart Cities: Flooding as an Example. *ISPRS Int. J. Geo Inf.*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/IJGI12070279>
- Hossain Anni, A., Cohen, S., & Praskiewicz, S. (2020). Sensitivity of urban flood simulations to stormwater infrastructure and soil infiltration. *Journal of Hydrology*, 588. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125028>
- Huang, J., Cao, W., Wang, H., & Wang, Z. (2020). Affect Path to Flood Protective Coping Behaviors Using SEM Based on a Survey in Shenzhen, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol. 17, Page 940, 17(3), 940. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17030940>
- Ibrahim, T., & Mishra, A. (2021). A Conceptual Design of Smart Management System for Flooding Disaster. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021, Vol. 18, Page 8632, 18(16), 8632. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18168632>
- Jan, O. R., Jo, H. S., Jo, R. S., & Kua, J. (2022). Real-Time Flood Monitoring with Computer Vision through Edge Computing-Based Internet of Things. *Future Internet* 2022, Vol. 14, Page 308, 14(11), 308. <https://doi.org/10.3390/FI14110308>
- Jang, B. J., & Jung, I. (2023). Development of High-Precision Urban Flood-Monitoring Technology for Sustainable Smart Cities. *Sensors* 2023, Vol. 23, Page 9167, 23(22), 9167. <https://doi.org/10.3390/S23229167>
- Jiang, H., Wang, Y., Ma, W., Wang, J., & Zhang, M. (2024). Unlocking the nonlinear Nexus: Accessibility of emergency resource and resident participation in flood response. *Journal of Transport Geography*, 118, 103926. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2024.103926>
- Josipovic, N., & Viergutz, K. (2023). Smart Solutions for Municipal Flood Management: Overview of Literature, Trends, and Applications in German Cities. *Smart Cities* 2023, Vol. 6, Pages 944–964, 6(2), 944–964. <https://doi.org/10.3390/SMARTCITIES6020046>
- Kim, S., Park, J., Won, C., & Lee, J. (2022). Development and Application of Urban Flood Prediction System for Smart Cities. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 22(6), 69–77. <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2022.22.6.69>
- Krippendorff, K. (2019). Content Analysis: An Introduction to Its Methodology. *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. <https://doi.org/10.4135/9781071878781>

- Kuller, M., Schoenholzer, K., & Lienert, J. (2021). Creating effective flood warnings: A framework from a critical review. *Journal of Hydrology*, 602, 126708. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2021.126708>
- Marana, P., Eden, C., Eriksson, H., Grimes, C., Hernantes, J., Howick, S., Labaka, L., Latinos, V., Lindner, R., Majchrzak, T. A., Pyrko, I., Radianti, J., Rankin, A., Sakurai, M., Sarriegi, J. M., & Serrano, N. (2019). Towards a resilience management guideline — Cities as a starting point for societal resilience. *Sustainable Cities and Society*, 48, 101531. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101531>
- McCallum, I., Liu, W., See, L., Mechler, R., Keating, A., Hochrainer-Stigler, S., Mochizuki, J., Fritz, S., Dugar, S., Arestegui, M., Szoenyi, M., Bayas, J. C. L., Burek, P., French, A., & Moorthy, I. (2016). Technologies to Support Community Flood Disaster Risk Reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7(2), 198–204. <https://doi.org/10.1007/S13753-016-0086-5/FIGURES/3>
- McLaughlin, M. (2019). Developments in flood maps for flood risk management in Scotland. *Scottish Geographical Journal*, 135(1–2), 5–22. <https://doi.org/10.1080/14702541.2019.1629003>
- Munawar, H. S., Hammad, A. W. A., & Waller, S. T. (2021). A review on flood management technologies related to image processing and machine learning. *Automation in Construction*, 132, 103916. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2021.103916>
- Pamungkas, A., Ciptaningrum, M. U., Jaelani, L. M., & Iranata, D. (2019). *Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies Surabaya Resilience Index for Potential Earthquakes: An Institutional Perspective*.
- Park, S., Kim, J., Kim, Y., & Kang, J. (2024). Participatory Framework for Urban Pluvial Flood Modeling in the Digital Twin Era. *Sustainable Cities and Society*, 108, 105496. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2024.105496>
- Perera, D., Seidou, O., Agnihotri, J., Rasmy, M., Smakhtin, V., Coulibaly, P., & Mehmood, H. (2019). *Flood Early Warning Systems: A Review Of Benefits, Challenges And Prospects*. <https://doi.org/10.53328/MJFQ3791>
- Puzyreva, K., Henning, Z., Schelwald, R., Rassman, H., Borgnino, E., de Beus, P., Casartelli, S., & Leon, D. (2022). Professionalization of community engagement in flood risk management: Insights from four European countries. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 71, 102811. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2022.102811>
- Rana, I. A., Bhatti, S. S., & Jamsheed, A. (2021). Effectiveness of flood early warning system from the perspective of experts and three affected communities in urban areas of Pakistan. *Environmental Hazards*, 20(3), 209–228. <https://doi.org/10.1080/17477891.2020.1751031>
- Rewah, F. (2022). Community Participation in Reducing the Risk of Flood Disaster in Tuminting District Manado City. *SHS Web of Conferences*, 149, 02047. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214902047>
- Şensoy, A., Uysal, G., & Şorman, A. A. (2018). Developing a decision support framework for real-time flood management using integrated models. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S866–S883. <https://doi.org/10.1111/JFR3.12280>
- Sood, S. K., Sandhu, R., Singla, K., & Chang, V. (2018). IoT, big data and HPC based smart flood management framework. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 20, 102–117. <https://doi.org/10.1016/J.SUSCOM.2017.12.001>
- Starzec, M., & Kordana-Obuch, S. (2024). Evaluating the Utility of Selected Machine Learning Models for Predicting Stormwater Levels in Small Streams. *Sustainability 2024, Vol. 16, Page 783, 16(2)*, 783. <https://doi.org/10.3390/SU16020783>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Alfabeta.
- Thaler, T., & Levin-Keitel, M. (2016). Multi-level stakeholder engagement in flood risk management—A question of roles and power: Lessons from England. *Environmental Science & Policy*, 55, 292–301. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2015.04.007>
- Watkins, S., & Collins, A. (2024). From community engagement to community inclusion for socially and procedurally just flood risk governance. *Journal of Flood Risk Management*, e13042. <https://doi.org/10.1111/JFR3.13042>
- Wessel, D., Holtz, J., & Konig, F. (2021). Practice Report “Smart Disaster Management” — Combining Smart City Data and Citizen Participation to Increase Disaster Resilience. *I-Com*, 20(2), 177–193. <https://doi.org/10.1515/ICOM-2021-0016>
- Widiyana, E. (2023, May 30). *Pengamat Tata Kota ITS: Masuk Akal Surabaya Tak Masuk Smart City*. Detikjatim. <https://www.detik.com/jatim/berita/d-6745947/pengamat-tata-kota-its-masuk-akal-surabaya-tak-masuk-smart-city>
- Wiratmaja, I. G., Muzaki, A. J., Savitri, A. K., Junjungan, R. C., Husna, I. N., & Wicaksono, A. A. (2023). Participatory Mapping Framework for Smart Web-GIS Disaster Monitoring in Slawi Urban Area, Tegal Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1264(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1264/1/012004>
- Xing, Y., Shao, D., Ma, X., Zhang, S., & Jiang, G. (2021). Investigation of the importance of different factors of flood inundation modeling applied in urbanized area with variance-based global sensitivity analysis. *Science of The Total Environment*, 772, 145327. <https://doi.org/10.1016/J.SCIOTENV.2021.145327>
- Zakina, N. (Naomi), & Pamungkas, A. (Adjie). (2018). Penilaian Integrasi Manajemen Risiko Bencana ke dalam Proses Penyusunan Rencana Tata Ruang Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 507452. <https://doi.org/10.12962/J23373539.V7I2.33656>
- Zhu, S., Li, D., Chen, M., & Zhang, Y. (2024). Climate change scenario simulations for urban flood resilience with system dynamics approach: A case study of smart city shanghai in Yangtze River Delta region. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 112, 104801. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2024.104801>