

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada garis khatulistiwa dengan geografis diantara benua Australia dengan benua Asia serta samudra Pasifik dengan Samudra Hindia sehingga menyebabkan sebagian besar wilayahnya beriklim tropis[1]. Menurut data observasi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Iklim tropis di Indonesia ditandai dengan curah hujan yang tinggi setiap tahunnya, di mana laju perubahannya selama 1981 - 2024 tercatat mengalami peningkatan tertinggi sebesar 5.742 mm/44 tahun dan penurunan terendah sebesar 2.003 mm/44 tahun[2]. Kondisi ini memberikan dampak negatif seperti terjadinya berbagai macam bencana alam salah satunya ialah banjir. Berdasarkan Geoportal Data Bencana Indonesia pembaruan 4 November 2025, jumlah banjir mencapai 1.340 kejadian di Indonesia[3]. Data tersebut mendukung laporan *World Risk Index* tahun 2025 yang menempatkan Indonesia diurutan ke-3 dari 193 negara setelah Filipina dan India dengan tingkat risiko banjir tertinggi yaitu sebesar 39,80%[4]. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor.

Menurut *World Resource Institute* (WRI) Indonesia, terdapat 3 faktor utama penyebab terjadinya banjir, pertama hilangnya tutupan pohon (*forest cover loss*) yang menyebabkan berkurangnya kapasitas serapan air dan terganggunya keseimbangan hidrolisis. Kedua, cuaca ekstrem dan intensitas curah hujan yang tinggi sehingga memicu limpasan permukaan secara cepat dan meluapnya sungai atau saluran drainase. Ketiga, topografi yang curam atau kombinasi lereng dan cekungan dalam sistem aliran sungai daerah sehingga mempercepat aliran air yang menyebabkan risiko banjir bandang atau banjir sungai[5]. Dampak yang ditimbulkan dari bencana banjir meliputi kerusakan infrastruktur dan gangguan terhadap kehidupan sosial masyarakat[6]. Sebagai salah satu pusat perkotaan besar di Indonesia, Kota Surabaya menghadapi kerentanan banjir akibat kombinasi faktor hidrologis, perubahan penggunaan lahan, serta kondisi geografis sebagai wilayah hilir.

Berdasarkan data dari Pemerintah Kota Surabaya Tahun 2024, terdapat sekitar 245 titik banjir yang masih menjadi prioritas Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga (DSDABM) untuk segera dituntaskan. Beberapa wilayah Kota Surabaya yang sering mengalami banjir meliputi kawasan Jalan Jemursari, Jalan Sidosermo, Jalan Ahmad Yani, Jalan Tidar, Jalan Embong Malang, Jalan Pacuan Kuda, Jalan Tanjungsari, Kecamatan Sukomanunggal, wilayah Kecamatan Asemrowo dan sejumlah kawasan lainnya[7], [8]. Hal tersebut diakibatkan tingginya kepadatan penduduk sehingga terjadi peningkatan pembangunan yang membuat area resapan berkurang serta sistem drainase yang buruk[9].

Selain banjir diakibatkan curah hujan yang tinggi, terdapat banjir rob yang terjadi akibat pasang surut air laut dan diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim global[10]. Kerentanan tersebut semakin meningkat karena secara geografis Kota Surabaya terletak di hilir sebuah daerah aliran sungai (DAS) Brantas yang bermuara di Selat Madura. Terdapat beberapa sungai besar lainnya yang berasal dari hulu mengalir melintasi Kota Surabaya yaitu Kali Surabaya, Kali Mas, Kali Jagir, dan Kali Lamong. Sebagai daerah hilir, Kota Surabaya menerima limpahan debit air dari sungai yang melintas sehingga rawan terjadi banjir pada musim penghujan[11].

Kota Surabaya tidak lepas dari penyebab utama masalah banjir lainnya yaitu timbunan sampah. Berdasarkan publikasi dari Pemerintah Kota Surabaya, terdapat berbagai macam varian sampah seperti helm, sofa, kasur, dan lainnya yang ditemukan disaluran air sehingga menyebabkan penyumbatan dan genangan ketika hujan datang[12]. Walaupun Kota Surabaya sudah menerapkan program nasional yang berasal dari pemerintah khususnya Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia yaitu program Bank Sampah, namun pelaksanaan 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) masih belum optimal karena terkendala partisipasi masyarakat[13]. Dalam menganalisis dan merumuskan strategi mitigasi banjir di Kota Surabaya, penelitian ini menggunakan pendekatan Sistem Dinamik.

Sistem Dinamik merupakan pendekatan yang mampu memodelkan sistem yang melibatkan banyak variabel dan perubahan kondisi dari waktu ke waktu melalui persamaan diferensial[14]. Dengan pendekatan ini, analisis dapat dilakukan melalui simulasi berbasis skenario sesuai dengan variabel yang telah ditentukan

sehingga dapat melihat gambaran di masa mendatang. Selain itu pendekatan ini dapat menggambarkan umpan balik (Feedback Loop) yang menjadi penyebab perilaku non-linear dalam sistem hidrologi dan sosial sehingga membantu memutuskan strategi mitigasi banjir yang paling efektif dalam batas waktu tertentu[15]. Pendekatan ini diperlukan karena permasalahan banjir tidak hanya dipengaruhi faktor curah hujan dan drainase, tetapi juga dipengaruhi faktor sosial, tata ruang, dan kebijakan pemerintah[16]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Shiyao Zhu, dkk bahwa Sistem Dinamik mampu meningkatkan ketahanan banjir perkotaan dengan menunjukkan skenario. Skenario *coordinated development* efektif mampu menurunkan risiko banjir sehingga dapat mengantisipasi perubahan iklim yang mendadak[17]. Berbagai upaya mitigasi telah dilakukan oleh Pemerintah Kota Surabaya, seperti pembangunan rumah pompa, peningkatan kapasitas saluran, dan pembuatan bozem. Namun, perkembangan kota yang sangat cepat membuat sistem drainase tidak lagi mampu mengimbangi peningkatan debit limpasan[18]. Hal ini diperlukan solusi inovatif dan jangka panjang yang dapat menangani limpasan air dalam skala besar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nabila Rizky dkk., sistem drainase di Kota Surabaya telah mengalami kelebihan beban sehingga kapasitasnya tidak lagi mampu menampung debit limpasan secara optimal. Hal tersebut memerlukan penanganan yang direkomendasikan adalah pelebaran saluran drainase. Namun, implementasi tersebut menghadapi kendala berupa keterbatasan lahan, khususnya pada kawasan perkotaan yang telah berkembang dengan tingkat kepadatan bangunan yang tinggi[19]. Kondisi tersebut juga tercermin pada kejadian banjir di Surabaya pada 22 Juni 2026 yang menggenangi sedikitnya 17 titik. Pemerintah Kota Surabaya menyatakan bahwa genangan terjadi akibat tingginya intensitas hujan yang bersamaan dengan pasang air laut sehingga proses pembuangan air dari sistem drainase menuju laut terhambat. Akibatnya, kapasitas drainase dan rumah pompa tidak dapat bekerja secara optimal dalam mengalirkan kelebihan air[20].

Salah satu pendekatan yang efektif di perkotaan adalah pembangunan *Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel* (MAOUDC) seperti yang diterapkan di Negara Jepang. MAOUDC merupakan sistem terowongan

bawah tanah berdiameter besar yang berfungsi menampung, mengalirkan, dan memompa air berdebit tinggi ke sungai berkapasitas besar. Infrastruktur ini dirancang untuk mengurangi banjir di kawasan perkotaan tanpa mengganggu aktivitas permukaan, sekaligus meningkatkan kapasitas drainase kota[21], [22]. Berdasarkan hasil report oleh Kanto Regional Development Bureau Edogawa River Office, bahwa MAOUDC dapat menurunkan hingga 90% kerusakan akibat banjir dan dapat mengendalikan limpasan serta menurunkan muka air secara cepat di wilayah Tokyo Jepang[23]. Konsep MAOUDC memiliki potensi untuk diterapkan di Kota Surabaya karena karakteristik wilayahnya yang datar, padat penduduk, dan sering mengalami limpasan melebihi kapasitas saluran drainase.

Periode pengumpulan data dalam penelitian ini ditetapkan pada tahun 2015–2024 untuk mengetahui data histori pemetaan pola sebab-akibat banjir di Kota Surabaya. Oleh karena itu, penelitian ini mensimulasikan penerapan Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel (MAOUDC) sebagai skenario utama mitigasi banjir jangka panjang di Kota Surabaya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi Pemerintah Kota Surabaya dalam mendukung keputusan perumusan kebijakan mitigasi banjir yang selaras dengan arah pembangunan jangka panjang daerah serta meningkatkan ketahanan sistem drainase perkotaan terhadap risiko banjir di masa mendatang.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat dirumuskan beberapa permasalahan pada penelitian ini, antara lain :

1. Apa saja faktor-faktor penyebab terjadinya genangan di Kota Surabaya?
2. Bagaimana hasil simulasi model sistem dinamik dengan skenario penerapan MAOUDC, penambahan laju sampah ditangani, dan penerapan teknologi *smart drainage monitoring* dapat membantu percepatan turunnya lama genangan air di Kota Surabaya?

1.3.Batasan Masalah

Pada penelitian ini didapatkan batasan masalah, antara lain :

1. Penelitian difokuskan pada mitigasi banjir di Kota Surabaya.
2. Periode data yang digunakan dari tahun 2015 hingga 2024.

3. Skenario yang disimulasikan berfokus pada pengurangan lama genangan serta timbunan sampah dengan skenario penerapan MAOUDC, peningkatan laju sampah ditangani, dan teknologi *smart drainage monitoring*.
4. Perangkat lunak yang digunakan pemodelan dan simulasi adalah Vensim PLE.

1.4.Tujuan Penelitian

Tujuan Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan maka didapatkan tujuan penelitian ini antara lain :

1. Mengembangkan model sistem dinamik untuk memetakan hubungan sebab-akibat antara faktor-faktor yang memengaruhi lama genangan di Kota Surabaya.
2. Menganalisis dampak penerapan skenario MAOUDC serta penambahan laju sampah ditangani, dan penerapan teknologi *smart drainage monitoring* terhadap pengurangan lama genangan di Kota Surabaya melalui simulasi model sistem dinamik.

1.5.Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah dipaparkan maka didapatkan manfaat penelitian ini antara lain:

1. Menjadi bahan pertimbangan berbasis model dan simulasi bagi Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Surabaya dalam perencanaan kebijakan mitigasi banjir.
2. Menghasilkan model sistem dinamik untuk simulasi dan skenario mitigasi banjir, termasuk penerapan MAOUDC, peningkatan laju sampah ditangani, dan penerapan *smart drainage monitoring*.

1.6.Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini bertujuan untuk memandu penyusunan laporan dan menjadi pedoman dalam mencapai tujuan penulisan skripsi. Berikut merupakan bagian yang digunakan dalam proses penyusunan skripsi:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan gambaran umum mengenai isi penelitian, mencakup latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas penelitian terdahulu yang relevan sebagai pembandingan dengan penelitian ini, termasuk dasar teori yang mendukung topik, serta penjelasan mengenai metode dan teknologi yang digunakan dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian, meliputi tahapan identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, pembangunan model sistem dinamik, verifikasi dan validasi model, penyusunan skenario, simulasi, analisis hasil, hingga penyusunan laporan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pelaksanaan setiap tahapan penelitian berdasarkan metodologi yang telah ditetapkan. Pembahasan meliputi hasil pembangunan model sistem dinamik, verifikasi dan validasi model, pelaksanaan simulasi pada setiap skenario, serta analisis hasil simulasi untuk mengevaluasi efektivitas masing-masing skenario mitigasi banjir di Kota Surabaya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian yang telah dibahas, serta menyajikan saran sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini mencantumkan literatur yang digunakan sebagai referensi dalam penyusunan skripsi, memberikan dasar yang kuat bagi argumen dan analisis yang disajikan.

LAMPIRAN

Pada bagian lampiran, akan disajikan data tambahan atau informasi pelengkap yang mendukung pembuatan skripsi, seperti hasil wawancara dan dokumen lain yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.