

Pengendalian Banjir Perkotaan di Pontianak melalui Pendekatan *Sponge City*: Sebuah Tinjauan Literatur dan *Virtual Benchmarking*

Ervinawati Kusuma¹, dan Ronald Sukwadi^{2*}

^{1,2}Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, Indonesia ²Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, Indonesia ¹CV. Bellavega Terra Consultant, Pontianak, Indonesia

*Corresponding author, email: ronald.sukwadi@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Kota Pontianak menghadapi tantangan serius terkait banjir, terutama pada bulan-bulan dengan curah hujan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi penerapan strategi *sponge city* dalam pengelolaan drainase perkotaan di Kota Pontianak sebagai solusi untuk mengatasi tantangan banjir. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif-analitis dengan metode kajian literatur dan *virtual benchmarking*. Kajian literatur dilakukan untuk membangun landasan teoritis, sementara *virtual benchmarking* dilakukan terhadap kota-kota yang telah berhasil menerapkan strategi pengelolaan air perkotaan yang inovatif. Analisis kontekstual dilakukan untuk menilai kesesuaian dan tingkat implementasi konsep *sponge city* dalam konteks Kota Pontianak. Kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan strategi *sponge city* dapat secara signifikan mengurangi risiko banjir perkotaan. *Virtual benchmarking* memberikan pembelajaran berharga tentang praktik-praktik terbaik dalam penerapan konsep *sponge city*. Analisis kontekstual menunjukkan bahwa Pontianak memiliki potensi untuk menerapkan konsep *sponge city*, dengan mempertimbangkan karakteristik geografis, klimatologis, dan sistem drainase eksisting kota. Kota Pontianak berpotensi menerapkan konsep *sponge city* sebagai solusi untuk meningkatkan ketahanan terhadap banjir. Penerapan *sponge city* memerlukan pendekatan terpadu dan kolaboratif yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan.

Kata kunci: Banjir Perkotaan, Drainase Perkotaan, *Sponge City*, *Virtual Benchmarking*.

ABSTRACT

Pontianak City faces serious challenges related to flooding, especially in months with high rainfall. The aim of this research is to assess the feasibility of implementing a sponge city strategy for urban drainage management in Pontianak City, with the aim of overcoming the challenges associated with flooding. This research used a qualitative descriptive-analytical approach with literature review and virtual benchmarking methods. We conducted a literature review to establish a theoretical foundation and then conducted virtual benchmarking

on cities that have successfully implemented innovative urban water management strategies. We conducted an analysis to evaluate the suitability and applicability of the sponge city concept in Pontianak City. The literature review showed that the implementation of sponge city strategies can significantly reduce the risk of urban flooding. Virtual benchmarking provided valuable learning about best practices in implementing the sponge city concept. Contextual analysis shows that Pontianak has the potential to implement the sponge city concept, considering the geographical, climatological, and existing drainage system characteristics of the city. Pontianak City has the potential to apply the sponge city concept as a solution to increase flood resilience. The implementation of sponge city concept requires an integrated and collaborative approach involving various stakeholders.

Keywords: Urban Flooding, Urban Drainage, Sponge City, Virtual Benchmarking

PENDAHULUAN

Kota Pontianak merupakan ibukota Provinsi Kalimantan Barat yang kerap dilanda banjir, terutama pada bulan-bulan dengan curah hujan tinggi seperti Januari, Februari, Maret, dan Oktober [1]. Banjir yang terjadi tidak hanya menimbulkan kerugian material, tetapi juga mengganggu aktivitas sosial-ekonomi masyarakat dan mengancam kesehatan publik. Diperlukan strategi pengelolaan air perkotaan yang efektif dan berkelanjutan untuk meningkatkan ketahanan Kota Pontianak terhadap banjir.



Gambar 1. Kondisi Banjir di Pontianak

Konsep "*sponge city*" atau "kota berpori" muncul sebagai solusi potensial untuk mengatasi tantangan curah hujan ekstrem dan banjir di perkotaan. *Sponge city* bertujuan meningkatkan kemampuan kota dalam menyerap, menyimpan, membersihkan, dan menggunakan kembali air hujan melalui integrasi infrastruktur hijau dan biru ke dalam perencanaan kota [2], [3]. Penerapan strategi *sponge city* dapat secara signifikan mengurangi risiko banjir perkotaan dengan meningkatkan kapasitas infiltrasi dan menahan limpasan

permukaan [4], [5].

Komponen utama *sponge city* meliputi infrastruktur hijau seperti taman hujan, atap hijau, dan bioswales, serta infrastruktur biru seperti kolam retensi, saluran air, dan sistem pemanenan air hujan [6]. Komponen-komponen ini bekerja bersama untuk mengelola air hujan secara alami dan berkelanjutan, sekaligus memberikan manfaat tambahan seperti peningkatan kualitas air, pengurangan efek pulau panas perkotaan, peningkatan keanekaragaman hayati, dan penciptaan ruang hijau untuk rekreasi [2].

Meskipun konsep *sponge city* awalnya dikembangkan di Tiongkok, prinsip-prinsipnya dapat diterapkan di kota-kota lain di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, dengan penyesuaian terhadap kondisi lokal [7]. Namun, implementasi *sponge city* di negara berkembang seperti Indonesia menghadapi tantangan seperti kendala finansial, kurangnya keahlian teknis, resistensi terhadap perubahan, dan kebutuhan kerangka kebijakan yang mendukung [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi penerapan strategi *sponge city* dalam pengelolaan drainase perkotaan di Kota Pontianak sebagai solusi untuk mengatasi tantangan curah hujan ekstrem dan banjir. Melalui pendekatan kualitatif deskriptif-analitis, penelitian ini akan mengkaji karakteristik banjir di Pontianak, mengidentifikasi tantangan dalam sistem drainase perkotaan saat ini, serta mengeksplorasi kesesuaian dan manfaat potensial dari penerapan prinsip-prinsip *sponge city*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi pengambil kebijakan dalam meningkatkan ketahanan Kota Pontianak terhadap banjir melalui pendekatan pengelolaan air perkotaan yang terintegrasi dan berkelanjutan.

KAJIAN LITERATUR

Banjir

Banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai ke daratan yang biasanya kering akibat curah hujan yang tinggi, kenaikan permukaan air laut, atau kegagalan infrastruktur pengendalian air [9]. Banjir perkotaan semakin sering terjadi akibat urbanisasi yang pesat, perubahan penggunaan lahan, dan sistem drainase yang tidak memadai [10]. Dampak banjir meliputi kerusakan properti, gangguan aktivitas ekonomi, dan ancaman terhadap kesehatan dan keselamatan manusia [11].

Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap banjir perkotaan antara lain intensitas curah hujan yang tinggi, topografi yang landai, kurangnya area resapan air, dan kapasitas drainase yang terbatas [12]. Perubahan iklim diperkirakan akan meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir di banyak wilayah [13]. Oleh karena itu, kota-kota perlu mengembangkan strategi adaptasi dan mitigasi banjir yang efektif dan berkelanjutan.

Pendekatan pengelolaan banjir perkotaan telah berevolusi dari fokus pada solusi struktural (seperti bendungan dan tanggul) ke arah pendekatan terpadu yang menggabungkan langkah-langkah struktural dan non-struktural [14]. Konsep-konsep seperti *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS), *Low Impact Development* (LID), dan *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) menekankan pada pengelolaan air hujan secara alami dan terintegrasi dengan perencanaan kota [15].

Sponge city

Konsep "*Sponge city*" atau "Kota Berpori" pertama kali diperkenalkan di Tiongkok sebagai pendekatan inovatif untuk mengatasi tantangan banjir perkotaan dan pengelolaan air hujan [3]. *Sponge city* bertujuan untuk meningkatkan kapasitas penyerapan, penyimpanan, infiltrasi, pemurnian, penggunaan kembali, dan pembuangan air hujan melalui integrasi infrastruktur hijau dan biru ke dalam perencanaan kota.



Gambar 2. Konsep *Sponge city*

Kota-kota yang menerapkan konsep "*sponge city*" dirancang untuk berperilaku seperti spons, mampu menyerap, menyimpan, dan menggunakan kembali air hujan secara efisien. Infrastruktur hijau menjadi komponen kunci, dengan adanya atap hijau, taman kota yang dirancang khusus, dan area lansekap yang luas untuk memaksimalkan penyerapan air dan mengurangi limpasan permukaan. Sistem pengelolaan air terintegrasi dalam konsep ini meliputi berbagai elemen seperti sistem pemulihan air hujan, kebun hujan, dan permukaan jalan yang dapat menyerap air. Selain itu, fasilitas bio-retensi dan sungai perkotaan berfungsi ganda sebagai penyimpan dan pemurni air alami. Siklus air yang tertutup, dari penyimpanan dan pemurnian hingga penggunaan kembali, menciptakan sistem yang sangat efisien dan ramah lingkungan.

Implementasi *sponge city* melibatkan berbagai komponen infrastruktur hijau dan biru, seperti atap hijau, taman hujan, bioretensi, permukaan berpori, kolam retensi, dan

wetlands buatan [4]. Komponen-komponen ini bekerja sama untuk mengelola air hujan secara alami, mengurangi limpasan permukaan, dan meningkatkan ketahanan kota terhadap banjir. Manfaat *sponge city* tidak hanya terbatas pada pengendalian banjir, tetapi juga meliputi peningkatan kualitas air, pengurangan efek pulau panas perkotaan, peningkatan keanekaragaman hayati, dan penciptaan ruang hijau multifungsi untuk rekreasi dan kesejahteraan masyarakat [3]. Namun, implementasi *sponge city* juga menghadapi tantangan seperti biaya yang tinggi, kompleksitas teknis, kebutuhan koordinasi antar pemangku kepentingan, dan perlunya kebijakan serta regulasi yang mendukung [4].

PERENCANAAN DAN PENGELOLAAN DRAINASE KOTA

Perencanaan dan pengelolaan drainase perkotaan yang efektif sangat penting untuk mengurangi risiko banjir, menjaga kualitas air, dan mendukung pembangunan perkotaan yang berkelanjutan [16]. Pendekatan tradisional yang berfokus pada pengaliran air hujan secepat mungkin melalui jaringan pipa dan saluran telah menunjukkan keterbatasan dalam menghadapi tantangan urbanisasi dan perubahan iklim [17].

Konsep *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) muncul sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan, dengan menekankan pada pengelolaan air hujan secara alami dan terintegrasi dengan perencanaan kota [18]. SUDS bertujuan untuk meniru proses hidrologi alami melalui kombinasi komponen seperti permukaan berpori, bioretensi, kolam retensi, dan wetlands buatan [19].

Penerapan SUDS memberikan berbagai manfaat, seperti mengurangi volume dan kecepatan limpasan permukaan, meningkatkan kualitas air melalui filtrasi dan sedimentasi, mengisi kembali air tanah, mengurangi beban sistem drainase konvensional, serta menciptakan ruang hijau multifungsi [20]. Namun, implementasi SUDS juga menghadapi tantangan seperti kebutuhan ruang yang memadai, biaya konstruksi dan pemeliharaan, serta perlunya perubahan dalam kebijakan dan praktik perencanaan kota [21].

Integrasi SUDS dengan sistem drainase konvensional dalam skala kota memerlukan pendekatan perencanaan yang holistik dan kolaboratif [22]. Alat bantu pengambilan keputusan seperti pemodelan hidrologi dan hidrolika, analisis multikriteria, dan sistem informasi geografis dapat membantu dalam mengevaluasi skenario pengelolaan air hujan dan mengoptimalkan penempatan komponen SUDS [23].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode kajian literatur dan *virtual benchmarking* untuk mengevaluasi potensi penerapan strategi *sponge city* dalam pengelolaan drainase perkotaan di Kota Pontianak. Metode penelitian yang digunakan dalam kajian ini meliputi kajian literatur, *virtual benchmarking*, analisis kontekstual, serta sintesis dan perumusan rekomendasi. Kajian literatur dilakukan dengan melakukan tinjauan pustaka yang komprehensif terkait konsep *sponge city*, pengelolaan drainase perkotaan, dan tantangan banjir di perkotaan. Jurnal ilmiah, buku, laporan pemerintah, dan sumber-sumber relevan lainnya dikumpulkan dan dianalisis untuk membangun landasan teoritis yang kuat dan mengidentifikasi praktik terbaik dalam penerapan *sponge city*. Informasi yang diperoleh kemudian disintesis untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang topik tersebut.

Virtual benchmarking dilakukan dengan melakukan studi komparatif terhadap kota-kota yang telah berhasil menerapkan strategi pengelolaan air perkotaan yang inovatif, seperti Rotterdam (Belanda), Wuhan (Tiongkok), dan Potsdamer Platz (Berlin, Jerman). Data dan informasi terkait praktik-praktik terbaik di kota-kota tersebut dikumpulkan melalui sumber-sumber sekunder, seperti laporan, studi kasus, dan artikel ilmiah. Keberhasilan, tantangan, dan pembelajaran dari pengalaman kota-kota benchmark dalam menerapkan solusi seperti *water square*, *floating buildings*, *sponge city*, dan sistem penggunaan kembali air hujan dianalisis untuk mengidentifikasi praktik-praktik yang berpotensi untuk diadaptasi dalam konteks Kota Pontianak.

Analisis kontekstual dilakukan dengan melakukan analisis mendalam terhadap karakteristik banjir, sistem drainase eksisting, dan tantangan pengelolaan air di Kota Pontianak berdasarkan kajian literatur. Kesesuaian dan aplikabilitas konsep *sponge city* serta praktik-praktik dari kota benchmark dievaluasi dengan mempertimbangkan kondisi geografis, klimatologi, sosial-ekonomi, dan kelembagaan di Pontianak.

Sintesis dan perumusan rekomendasi dilakukan dengan mensintesis temuan dari kajian literatur, *virtual benchmarking*, dan analisis kontekstual. Rekomendasi strategis untuk penerapan konsep *sponge city* yang sesuai dengan konteks lokal Pontianak dirumuskan, termasuk penyesuaian yang diperlukan dan pertimbangan implementasi. Peluang, tantangan, dan langkah-langkah kunci dalam mengoptimalkan sistem drainase perkotaan Pontianak dengan mengadopsi pendekatan *sponge city* juga diidentifikasi.

Melalui kombinasi metode-metode ini, penelitian akan menghasilkan pemahaman yang mendalam tentang potensi penerapan strategi *sponge city* dalam pengelolaan drainase perkotaan di Kota Pontianak. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan

rekomendasi yang relevan dan praktis bagi pengambil kebijakan dan pemangku kepentingan terkait dalam upaya meningkatkan ketahanan Kota Pontianak terhadap banjir dan mengatasi tantangan curah hujan ekstrem.

HASIL VIRTUAL BENCHMARK DAN TINJAUAN LITERATUR

Tinjauan Literatur

Dari analisis kajian literatur yang telah dilakukan, dapat disintesis beberapa temuan penting sebagai berikut:

Karakteristik Banjir di Kota Pontianak

Pontianak merupakan kota yang rentan terhadap banjir, terutama pada bulan-bulan dengan curah hujan tinggi seperti Januari, Februari, Maret, dan Oktober. Data curah hujan tahun 2023 menunjukkan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Maret [1]. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap banjir di Pontianak meliputi intensitas curah hujan tinggi, topografi landai, kurangnya area resapan air akibat perubahan tata guna lahan, dan kapasitas drainase yang terbatas [3].

Konsep *Sponge city* sebagai Solusi Potensial

Konsep *sponge city* atau kota berpori muncul sebagai solusi inovatif untuk mengatasi banjir perkotaan dan mengelola air hujan secara berkelanjutan. Prinsip *sponge city* adalah meningkatkan kemampuan kota dalam menyerap, menyimpan, membersihkan, dan memanfaatkan kembali air hujan melalui integrasi infrastruktur hijau dan biru [2], [3]. Penerapan strategi *sponge city* terbukti dapat mengurangi risiko banjir dengan meningkatkan infiltrasi, menahan limpasan permukaan, dan meningkatkan ketahanan kota terhadap perubahan iklim [2], [5].

Pentingnya Pendekatan Terpadu dalam Pengelolaan Drainase Perkotaan

Pengelolaan drainase perkotaan yang efektif sangat penting untuk mengurangi risiko banjir dan mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Pendekatan terpadu yang menggabungkan solusi struktural dan non-struktural, serta melibatkan berbagai pemangku kepentingan, diperlukan untuk menghadapi kompleksitas masalah banjir perkotaan [1], [25]. Konsep *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan dengan meniru proses hidrologi alami melalui komponen seperti permukaan berpori, bioretensi, dan kolam retensi [6], [22].

Pembelajaran dari Kota-kota Lain

Beberapa kota di dunia yang memiliki karakteristik serupa dengan Pontianak telah

berhasil menerapkan strategi inovatif dalam mengelola air hujan dan mengurangi risiko banjir. Kota Wuhan di China mengimplementasikan konsep *sponge city* dalam skala besar, dengan menerapkan infrastruktur hijau, pemulihan danau, dan sistem pemanfaatan air hujan [3], [24]. Kota Rotterdam di Belanda dikenal dengan konsep *water square* yang berfungsi sebagai ruang publik multifungsi sekaligus penampungan air hujan sementara [19]. Sementara itu, Potsdamer Platz di Berlin menunjukkan integrasi manajemen air hujan yang inovatif dengan pembangunan perkotaan [3], [25]. Meskipun pembelajaran dari kota-kota lain sangat berharga, penerapan solusi pengelolaan air hujan dan pengurangan risiko banjir di Pontianak harus mempertimbangkan konteks lokal. Faktor-faktor seperti karakteristik geografis, kondisi iklim, ketersediaan sumber daya, dan kapasitas kelembagaan perlu dipertimbangkan dalam mengadaptasi strategi yang sesuai [7], [8]. Pendekatan yang holistik dan kolaboratif yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan sangat penting dalam perencanaan dan implementasi solusi yang efektif dan berkelanjutan.

Virtual benchmarking

1. Rotterdam, Belanda

Rotterdam, kota pelabuhan terbesar di Eropa, telah lama menghadapi tantangan dalam mengelola air, mengingat lebih dari 80% wilayahnya berada di bawah permukaan laut. Namun, kota ini telah berhasil mengubah tantangan tersebut menjadi peluang dengan mengembangkan pendekatan inovatif dalam manajemen air perkotaan yang mengintegrasikan infrastruktur hijau-biru dengan ruang publik multifungsi.

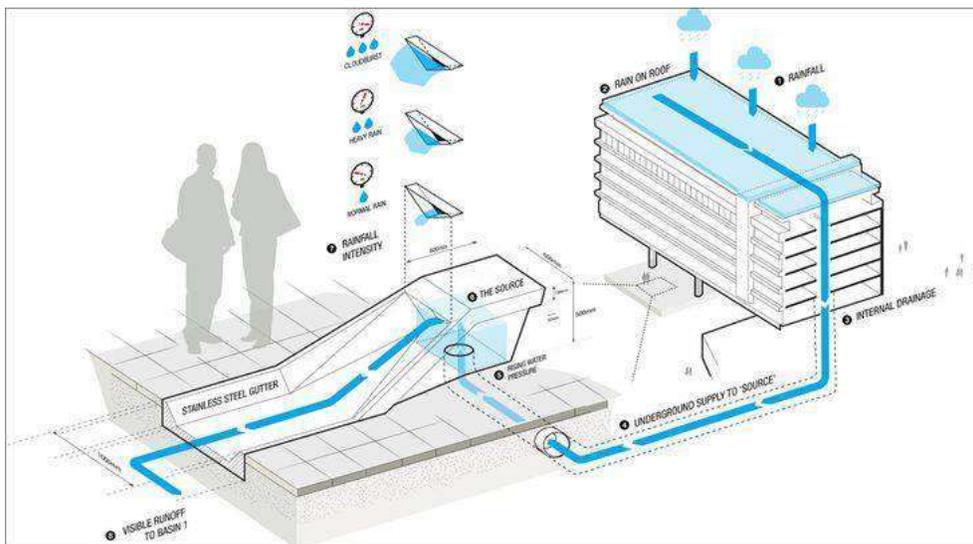
Konsep *Water square*: Integrasi Manajemen Air dengan Ruang Publik

Salah satu inovasi utama Rotterdam adalah penerapan konsep "*water square*" atau taman air multifungsi. Taman-taman ini dirancang sebagai ruang publik yang atraktif saat kering, namun dapat berubah fungsi menjadi kolam penampungan sementara saat terjadi hujan lebat. Contoh yang menonjol adalah Benthemplein *Water square*, yang memiliki kapasitas tampung hingga 1,7 juta liter air hujan. Dengan desain yang estetis dan fasilitas seperti area bermain, lapangan olahraga, dan amfiteater, taman ini menjadi ruang publik yang hidup dan disukai warga.



Gambar 3. Bentheplein Water Square, Belanda

Penerapan *water square* menunjukkan pendekatan yang cerdas dalam mengintegrasikan infrastruktur manajemen air dengan peningkatan kualitas ruang kota. Selain mengurangi risiko banjir dengan menampung sementara air hujan, konsep ini juga memberikan manfaat sosial dan ekonomi bagi kota. *Water square* menjadi katalis untuk revitalisasi kawasan, meningkatkan kualitas hidup warga, dan mempromosikan interaksi sosial.



Gambar 4. Manajemen air hujan di Bentheplein Water square, Belanda

Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan air hujan dari berbagai sumber, termasuk atap bangunan sekitar dan permukaan plaza itu sendiri. Air hujan, yang intensitasnya bervariasi dari ringan hingga deras, dialirkan melalui berbagai saluran. Dari

atap, air mengalir melalui sistem drainase internal bangunan, sementara air dari permukaan plaza disalurkan melalui saluran stainless steel menuju area pengumpulan utama yang disebut "The Source".

Area pengumpulan ini berfungsi sebagai titik pusat dimana air dari berbagai sumber berkumpul sebelum didistribusikan lebih lanjut. Plaza itu sendiri dirancang secara cerdas untuk berfungsi ganda - sebagai ruang publik saat cuaca kering dan sebagai reservoir penyimpanan air saat hujan lebat. Sistem ini dilengkapi dengan jaringan drainase bawah tanah yang menghubungkan area penyimpanan dengan sumber air tanah, memungkinkan pengisian kembali air tanah secara alami.

Keunikan Benthemplein *Water square* terletak pada fleksibilitasnya. Saat cuaca cerah, plaza ini menjadi ruang publik yang hidup untuk berbagai aktivitas warga. Namun, ketika hujan lebat turun, plaza bertransformasi menjadi penampung air yang efektif, mencegah banjir di area sekitarnya. Pendekatan ini mencerminkan inovasi Belanda dalam mengatasi tantangan manajemen air di wilayah perkotaan, mendemonstrasikan bagaimana infrastruktur dapat dirancang untuk memenuhi beberapa fungsi sekaligus, mengoptimalkan penggunaan ruang urban, dan meningkatkan ketahanan kota terhadap perubahan iklim.

Pemanfaatan Bangunan Terapung (*Floating Buildings*)

Rotterdam juga dikenal dengan inovasinya dalam pengembangan bangunan terapung atau "*floating buildings*". Bangunan-bangunan ini dirancang untuk beradaptasi dengan fluktuasi permukaan air, sehingga tetap aman dan fungsional saat terjadi kenaikan muka air atau banjir. Contohnya adalah *Floating Pavilion*, yang terdiri dari tiga kubah transparan yang mengapung di atas permukaan air. Bangunan ini tidak hanya menjadi landmark ikonik kota, tetapi juga mendemonstrasikan kemampuan beradaptasi dengan perubahan iklim dan kenaikan muka air laut.



Gambar 5. *Floating Pavilion* di Rotterdam Belanda

Floating Pavilion di Rotterdam, Belanda, yang terlihat dalam gambar, merupakan contoh inovatif dari pendekatan Belanda terhadap manajemen air perkotaan dan adaptasi perubahan iklim. Struktur terapung ini terdiri dari tiga kubah besar yang mengambang di permukaan air pelabuhan. Sistem manajemen air pada *Floating Pavilion* ini mencerminkan filosofi "hidup dengan air" yang dianut Belanda. Alih-alih melawan kenaikan permukaan air, struktur ini dirancang untuk beradaptasi dengannya. *Pavilion* ini mengapung dan dapat naik turun mengikuti perubahan level air, sehingga tetap aman dari banjir atau kenaikan permukaan laut.

Desain terapung ini juga memungkinkan fleksibilitas dalam penggunaan ruang urban. *Pavilion* dapat dipindahkan ke lokasi berbeda jika diperlukan, memberikan solusi adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan atau kebutuhan kota. Selain itu, *Floating Pavilion* kemungkinan besar dilengkapi dengan sistem pengolahan air mandiri. Ini bisa mencakup pengumpulan air hujan dari permukaan kubah untuk digunakan kembali, serta sistem pengolahan air limbah terintegrasi. Pendekatan ini mengurangi beban pada infrastruktur kota dan menciptakan siklus air yang lebih berkelanjutan.

Struktur ini juga berfungsi sebagai demonstrasi teknologi bangunan terapung, yang dapat diterapkan lebih luas di masa depan sebagai respons terhadap tantangan perubahan iklim dan kenaikan permukaan laut. Ini menunjukkan bagaimana infrastruktur dapat dirancang untuk bekerja dengan alam, bukan melawannya.

Penghijauan Kota dan Peningkatan Biodiversitas

Rotterdam secara aktif mengintegrasikan infrastruktur hijau dalam perencanaan kotanya. Inisiatif seperti "*Green Roofs*" atau atap hijau, "*Green Walls*" atau dinding hijau, dan koridor ekologi telah diterapkan secara luas. Penghijauan kota ini tidak hanya berkontribusi dalam menyerap air hujan dan mengurangi limpasan permukaan, tetapi juga memberikan manfaat seperti mengurangi efek urban heat island, meningkatkan kualitas udara, dan mempromosikan keanekaragaman hayati di lingkungan perkotaan.

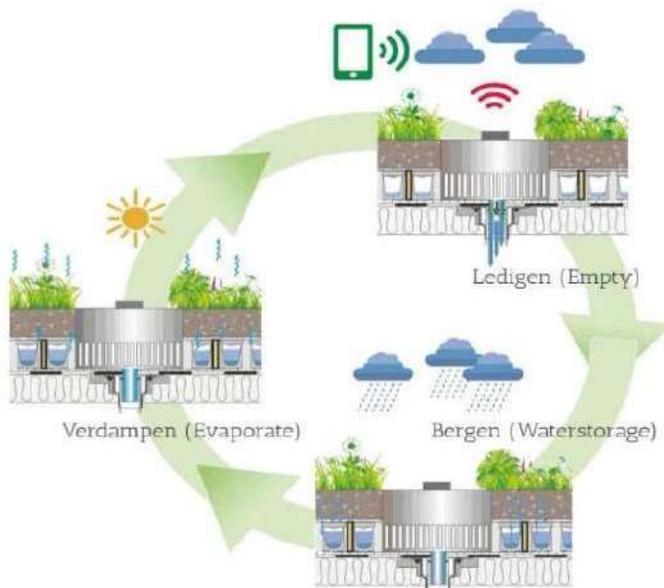


Gambar 6. Green Roofs di Rotterdam Belanda

Gambar diatas menampilkan pemandangan yang menakjubkan dari langit Rotterdam, Belanda, yang menunjukkan inovasi kota dalam manajemen air perkotaan melalui implementasi atap hijau yang luas. Terlihat jelas sebuah gedung bertingkat yang atapnya ditutupi oleh vegetasi hijau yang subur, kontras dengan bangunan-bangunan beton dan kaca di sekelilingnya. Atap hijau ini bukan hanya sekadar hiasan, melainkan merupakan bagian integral dari sistem manajemen air yang cerdas di kota.

Vegetasi yang tumbuh di atap gedung ini membentuk taman mini yang tidak hanya indah dipandang, tetapi juga memiliki fungsi ekologis yang signifikan. Rumput, semak, dan berbagai tanaman lain yang tumbuh di atap ini berperan penting dalam menyerap dan menahan air hujan, secara efektif mengurangi limpasan air ke sistem drainase kota yang sudah terbebani. Selain itu, atap hijau ini juga membantu mengurangi efek pulau panas perkotaan dengan menyerap panas matahari dan melepaskan kelembaban ke udara melalui proses evapotranspirasi.

Keberadaan atap hijau di tengah lanskap urban Rotterdam ini mencerminkan pendekatan holistik kota terhadap keberlanjutan dan adaptasi perubahan iklim. Ini bukan hanya tentang manajemen air, tetapi juga tentang peningkatan kualitas udara, mendukung biodiversitas di lingkungan perkotaan, dan bahkan meningkatkan efisiensi energi bangunan dengan menyediakan insulasi alami. Pemandangan ini menggambarkan bagaimana Rotterdam telah berhasil mengintegrasikan solusi berbasis alam ke dalam arsitektur modernnya, menciptakan harmoni antara pembangunan kota dan pelestarian lingkungan. Konsep *green roof* menggunakan Sistem *Smart Flow Control*.



Gambar 7. Sistem *Smart Flow Control*

Sistem *Smart Flow Control* yang diterapkan di Rotterdam merupakan inovasi canggih dalam manajemen air perkotaan, menggabungkan teknologi pintar dengan infrastruktur hijau untuk mengoptimalkan penggunaan air hujan. Sistem ini terdiri dari beberapa lapisan yang terintegrasi pada atap bangunan, termasuk substrat untuk pertumbuhan tanaman, reservoir air yang dapat diatur, dan sistem drainase terkontrol. Operasinya berjalan dalam siklus yang dinamis, dimulai dari kondisi kosong (*Ledigen*) di mana sistem siap menerima air hujan, berlanjut ke fase penyimpanan (*Bergen*) saat air hujan ditampung, dan diakhiri dengan fase penguapan (*Verdampen*) di mana air dimanfaatkan oleh tanaman atau menguap secara alami.

Keunggulan sistem ini terletak pada kemampuannya untuk beradaptasi secara cerdas terhadap kondisi cuaca. Dilengkapi dengan sensor canggih dan konektivitas nirkabel, sistem dapat menyesuaikan kapasitas penyimpanannya berdasarkan prakiraan cuaca. Misalnya, ketika hujan lebat diprediksi akan terjadi, sistem dapat secara otomatis mengosongkan reservoir untuk memaksimalkan kapasitas penampungan, sehingga mengurangi risiko limpasan air berlebih ke sistem drainase kota. Pendekatan ini tidak hanya efektif dalam mengelola air hujan, tetapi juga berkontribusi pada penghijauan kota dan pengurangan efek pulau panas perkotaan.

Sistem *Smart Flow Control* ini mencerminkan komitmen Rotterdam dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan urbanisasi melalui solusi yang inovatif dan berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan teknologi digital ke dalam infrastruktur hijau, kota ini tidak hanya meningkatkan efisiensi manajemen airnya, tetapi juga menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih tangguh dan layak huni. Pendekatan ini menunjukkan

bagaimana teknologi modern dapat dimanfaatkan untuk menciptakan keseimbangan antara pembangunan kota dan pelestarian lingkungan, menjadikan Rotterdam sebagai model bagi kota-kota lain dalam menghadapi tantangan lingkungan di era perubahan iklim.

2. Wuhan, China

Wuhan, ibu kota Provinsi Hubei di China tengah, telah menjadi salah satu kota percontohan dalam penerapan konsep "*Sponge city*" atau kota berpori. Dengan populasi lebih dari 11 juta jiwa dan lokasi yang strategis di pertemuan Sungai Yangtze dan Han, Wuhan menghadapi tantangan signifikan dalam mengelola air hujan dan mengurangi risiko banjir. Namun, melalui implementasi komprehensif dari prinsip-prinsip *Sponge city*, kota ini telah berhasil meningkatkan ketahanannya terhadap banjir dan menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih berkelanjutan.

Penerapan Infrastruktur Hijau dalam Skala Besar

Salah satu aspek kunci dari program *Sponge city* di Wuhan adalah penerapan infrastruktur hijau dalam skala besar. Kota ini telah mengimplementasikan berbagai fitur seperti taman hujan (*rain gardens*), bioswales, atap hijau (*green roofs*), dan permukaan berpori di seluruh penjuru kota. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kapasitas penyerapan, infiltrasi, dan penyimpanan air hujan, sehingga mengurangi limpasan permukaan dan beban pada sistem drainase konvensional.

Contoh penerapan infrastruktur hijau yang signifikan dapat ditemukan di Distrik Qingshan, di mana sekitar 39% dari total area telah diubah menjadi permukaan yang dapat menyerap air. Proyek ini melibatkan konstruksi taman hujan, sistem bioretensi, dan paviliun pengumpulan air hujan di sepanjang jalan, taman, dan area publik. Hasilnya, kemampuan penyerapan air hujan di distrik ini meningkat secara substansial, mengurangi risiko banjir dan meningkatkan kualitas air limpasan.



Gambar 8. Infrastruktur Hijau di Qingshan District

Restorasi dan Pemanfaatan Fitur Alami

Wuhan dikenal sebagai "Kota Seribu Danau" dengan lebih dari 100 danau alami yang tersebar di seluruh wilayahnya. Sebagai bagian dari program *Sponge city*, kota ini telah melakukan restorasi dan peningkatan fungsi ekologis danau-danau tersebut. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan peran danau sebagai penyimpan alami air hujan, sekaligus meningkatkan kualitas air dan menyediakan ruang rekreasi bagi warga kota.



Gambar 9. Danau Shahu di Wuhan China

Salah satu contoh proyek restorasi danau yang signifikan adalah Danau Shahu. Danau Shahu di Wuhan, China, merupakan salah satu contoh nyata dari penerapan konsep "Kota Spons" dalam skala besar. Terletak di jantung kota Wuhan, danau ini telah

mengalami transformasi signifikan sebagai bagian dari inisiatif pemerintah China untuk mengatasi masalah banjir dan polusi air perkotaan. Sebelum renovasi, area di sekitar Danau Shahu sering mengalami banjir selama musim hujan dan menghadapi masalah polusi air yang serius. Namun, melalui proyek restorasi ekologi yang komprehensif, danau ini telah diubah menjadi sebuah sistem manajemen air yang canggih sekaligus taman kota yang indah.

Proyek renovasi Danau Shahu melibatkan pembuatan zona penyangga alami di sekeliling danau, yang terdiri dari lahan basah buatan dan taman hujan. Zona-zona ini berfungsi sebagai filter alami, membersihkan air limpasan dari area perkotaan sebelum masuk ke danau. Selain itu, tepi danau diperluas dan dirancang kembali dengan vegetasi asli untuk menciptakan habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna lokal. Sistem drainase di sekitar danau juga diperbarui dengan menerapkan teknologi infrastruktur hijau. Trotoar permeabel, bio-swales (parit biologis), dan rain gardens (taman hujan) dipasang di seluruh area untuk membantu menyerap dan menyaring air hujan, mengurangi beban pada sistem drainase konvensional.

Danau Shahu kini berfungsi ganda sebagai fasilitas manajemen air dan ruang publik yang menarik. Taman-taman di sekitar danau dilengkapi dengan jalur pejalan kaki, area piknik, dan dermaga, menjadikannya tempat rekreasi populer bagi penduduk Wuhan. Selama musim hujan, danau dan infrastruktur hijau di sekitarnya mampu menampung jutaan meter kubik air, secara signifikan mengurangi risiko banjir di area perkotaan sekitarnya. Transformasi Danau Shahu menjadi bukti keberhasilan penerapan konsep Kota Spons dalam skala besar. Proyek ini tidak hanya meningkatkan ketahanan kota terhadap banjir dan meningkatkan kualitas air, tetapi juga menciptakan ruang hijau yang berharga di tengah kota, meningkatkan kualitas hidup penduduk, dan mendukung biodiversitas perkotaan. Keberhasilan ini menjadikan Danau Shahu sebagai model inspiratif bagi proyek-proyek serupa di kota-kota lain di China dan di seluruh dunia dalam upaya menciptakan kota yang lebih berkelanjutan dan tahan terhadap perubahan iklim.

Sistem Pengumpulan dan Pemanfaatan Air Hujan

Sistem Pengumpulan dan Pemanfaatan Air Hujan di Wuhan, China, merupakan bagian integral dari inisiatif "Kota Spons" yang diterapkan kota tersebut untuk mengatasi tantangan manajemen air perkotaan. Wuhan, yang terletak di lembah Sungai Yangtze dan memiliki banyak danau, sering menghadapi masalah banjir dan polusi air. Untuk mengatasi hal ini, kota ini telah mengembangkan sistem canggih untuk mengumpulkan, menyimpan, dan memanfaatkan air hujan secara efisien. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen yang saling terintegrasi. Pertama, atap-atap gedung di seluruh kota dilengkapi dengan sistem pengumpulan air hujan. Air yang terkumpul dialirkan melalui pipa-pipa

khusus ke tangki penyimpanan bawah tanah atau reservoir yang tersebar di seluruh kota. Infrastruktur hijau seperti taman hujan, bio-swales, dan permukaan permeabel juga berperan penting dalam sistem ini, membantu menyerap dan menyaring air hujan sebelum masuk ke sistem penyimpanan.

Wuhan juga telah membangun jaringan kolam retensi dan danau buatan yang berfungsi ganda sebagai tempat penyimpanan air hujan dan ruang publik. Danau-danau ini dilengkapi dengan sistem filtrasi alami menggunakan tanaman air dan mikroorganisme, yang membantu membersihkan air sebelum digunakan kembali atau dilepaskan ke lingkungan. Air hujan yang terkumpul dan telah diolah dimanfaatkan untuk berbagai keperluan non-konsumsi. Ini termasuk irigasi taman kota, pembersihan jalan, penyiraman toilet di gedung-gedung publik, dan bahkan sebagai sumber air untuk sistem pemadam kebakaran. Pada musim kering, air ini juga digunakan untuk mengisi ulang danau-danau kota, membantu menjaga keseimbangan ekosistem air perkotaan.

Sistem ini didukung oleh teknologi *smart city* yang canggih. Sensor-sensor ditempatkan di berbagai titik untuk memantau volume air, kualitas air, dan potensi banjir secara real-time. Data ini dianalisis menggunakan kecerdasan buatan untuk mengoptimalkan distribusi dan penggunaan air hujan, serta untuk memberikan peringatan dini jika ada risiko banjir. Keberhasilan sistem ini telah membawa dampak positif yang signifikan bagi Wuhan. Frekuensi dan intensitas banjir telah berkurang drastis, kualitas air di danau-danau kota membaik, dan ketergantungan pada sumber air konvensional berkurang. Selain itu, proyek ini telah menciptakan ruang hijau yang lebih luas dan meningkatkan kualitas hidup penduduk kota.

Partisipasi Masyarakat dan Perubahan Perilaku

Partisipasi Masyarakat dan Perubahan Perilaku di Wuhan, China, merupakan faktor kunci dalam keberhasilan implementasi program *Sponge city*. Pemerintah kota Wuhan menyadari bahwa tanpa dukungan dan keterlibatan aktif dari warganya, konsep *Sponge city* hanya akan menjadi proyek infrastruktur belaka, bukan perubahan menyeluruh dalam cara kota dan masyarakat berinteraksi dengan air. Wuhan mengadopsi pendekatan komprehensif untuk melibatkan masyarakat dalam program *Sponge city*. Kampanye edukasi massal diluncurkan untuk meningkatkan kesadaran publik tentang pentingnya manajemen air perkotaan yang berkelanjutan. Sekolah-sekolah di Wuhan memasukkan materi tentang konservasi air dan konsep *Sponge city* ke dalam kurikulum mereka, menanamkan pemahaman sejak dini pada generasi muda.

Pemerintah kota juga mengorganisir lokakarya dan seminar reguler untuk warga, di mana para ahli menjelaskan konsep *Sponge city* dan bagaimana setiap individu dapat berkontribusi. Program "Duta *Sponge city*" dibentuk, merekrut relawan dari berbagai lapisan masyarakat untuk menjadi juru bicara program ini di lingkungan mereka masing-masing.

Inisiatif partisipatif seperti program "Adopsi Taman Hujan" diluncurkan, di mana komunitas lokal diberi tanggung jawab untuk merawat dan memelihara taman hujan di lingkungan mereka. Ini tidak hanya membantu dalam pemeliharaan infrastruktur, tetapi juga menciptakan rasa kepemilikan di antara warga.

Wuhan juga memanfaatkan teknologi untuk melibatkan masyarakat. Aplikasi mobile dikembangkan yang memungkinkan warga melaporkan masalah terkait air, seperti genangan atau polusi, langsung ke otoritas terkait. Aplikasi ini juga menyediakan informasi real-time tentang kualitas air dan tingkat air di berbagai lokasi di kota. Perubahan perilaku juga didorong melalui insentif ekonomi. Wuhan menerapkan sistem tarif air progresif, di mana penggunaan air yang berlebihan dikenakan biaya lebih tinggi. Sebaliknya, rumah tangga dan bisnis yang menerapkan praktik konservasi air, seperti menginstal sistem pengumpulan air hujan, diberi potongan pajak.

Komunitas bisnis juga dilibatkan dalam upaya ini. Perusahaan-perusahaan di Wuhan didorong untuk mengadopsi praktik ramah lingkungan dalam operasi mereka, termasuk pengelolaan air yang efisien. Beberapa perusahaan bahkan menjadi mitra dalam pengembangan teknologi baru untuk mendukung inisiatif *Sponge city*. Hasilnya, terjadi perubahan signifikan dalam cara masyarakat Wuhan memandang dan menggunakan air. Praktik konservasi air menjadi norma sosial baru. Masyarakat tidak lagi melihat air hujan sebagai ancaman atau limbah, melainkan sebagai sumber daya berharga yang perlu dikelola dengan bijak. Keberhasilan pendekatan partisipatif ini tercermin dalam penurunan konsumsi air per kapita, peningkatan kualitas air di badan air perkotaan, dan berkurangnya insiden banjir. Lebih penting lagi, ini telah menciptakan rasa kebanggaan di antara warga Wuhan atas peran mereka dalam menjadikan kota mereka lebih berkelanjutan dan tahan terhadap perubahan iklim.

3. Potsdamer Platz, Berlin, Jerman

Potsdamer Platz, sebuah area ikonik di jantung kota Berlin, Jerman, telah mengalami transformasi yang luar biasa setelah runtuhnya Tembok Berlin. Dalam proses rekonstruksi dan pengembangan kembali area ini, Potsdamer Platz telah menjadi contoh yang menonjol dalam penerapan manajemen air hujan yang inovatif dan berkelanjutan. Proyek ini menunjukkan bagaimana integrasi infrastruktur hijau-biru dengan desain perkotaan dapat menciptakan lingkungan yang tangguh, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan estetis.



Gambar 10. Potsdamer Platz, Jerman

Sistem Manajemen Air Hujan Terintegrasi

Salah satu fitur paling inovatif dari Potsdamer Platz adalah sistem manajemen air hujan yang terintegrasi dan komprehensif. Seluruh area ini dirancang untuk mengumpulkan air hujan dari atap bangunan, jalan, dan ruang terbuka melalui jaringan saluran dan pipa. Air hujan kemudian dialirkan menuju serangkaian tangki penyimpanan bawah tanah dengan kapasitas total mencapai 2.600 meter kubik. Tangki-tangki ini berfungsi sebagai penyimpan sementara air hujan sebelum digunakan kembali untuk berbagai keperluan non-potable.

Salah satu fitur utama dari sistem ini adalah area retensi dengan level air yang berfluktuasi, yang tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan tambahan tetapi juga menciptakan lansekap air yang dinamis dan menarik secara visual. Elemen urban water ini menjadi focal point yang memadukan fungsi manajemen air dengan estetika perkotaan. Air yang tersimpan tidak hanya digunakan untuk kebutuhan lansekap seperti irigasi, tetapi juga dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan urban lainnya, menciptakan siklus penggunaan air yang efisien.



Gambar 11. Sistem Manajemen Air Hujan Potsdamer Platz, Jerman

Sistem ini juga dilengkapi dengan kanal dan mekanisme overflow yang terhubung ke sistem drainase kota yang lebih luas, menyediakan solusi untuk mengatasi kondisi cuaca ekstrem. Keseluruhan desain diintegrasikan dengan cermat ke dalam lansekap perkotaan, menciptakan ruang hijau yang tidak hanya indah dipandang tetapi juga fungsional dalam mengelola air hujan. Lebih dari sekadar infrastruktur, sistem ini juga berperan dalam menciptakan habitat basah buatan yang mendukung biodiversitas kota dan menyediakan area rekreasi bagi penduduk dan pengunjung.

PEMBAHASAN

Kesesuaian Konsep *Sponge city* dengan Karakteristik Banjir di Pontianak

Pontianak merupakan kota yang rentan terhadap banjir, terutama pada bulan-bulan dengan curah hujan tinggi. Faktor-faktor seperti intensitas hujan yang tinggi, topografi landai, kurangnya area resapan akibat perubahan tata guna lahan, dan kapasitas drainase yang terbatas berkontribusi terhadap banjir di kota ini. Konsep *sponge city* yang bertujuan meningkatkan kemampuan kota dalam menyerap, menyimpan, membersihkan dan memanfaatkan kembali air hujan melalui integrasi infrastruktur hijau dan biru sangat sesuai untuk diterapkan di Pontianak. Penerapan strategi ini dapat secara signifikan mengurangi risiko banjir dengan meningkatkan infiltrasi dan menahan limpasan permukaan.

Perlunya Pendekatan Terpadu dan Kolaboratif

Pembelajaran dari kota-kota seperti Rotterdam, Wuhan, dan Berlin menunjukkan pentingnya pendekatan terpadu dan kolaboratif dalam penerapan konsep *sponge city*. Pengelolaan drainase perkotaan yang efektif memerlukan integrasi solusi struktural dan non-struktural serta pelibatan berbagai pemangku kepentingan. Penerapan *sponge city* di Pontianak harus melibatkan kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, akademisi, dan sektor swasta. Pendekatan partisipatif seperti yang diterapkan di Wuhan, di mana masyarakat dilibatkan dalam perencanaan, implementasi, dan pemeliharaan infrastruktur *sponge city*, dapat menjadi model untuk Pontianak.

Potensi Integrasi dengan Ruang Publik dan Peningkatan Kualitas Hidup

Konsep *water square* di Rotterdam dan desain Potsdamer Platz di Berlin menunjukkan bagaimana infrastruktur manajemen air dapat diintegrasikan dengan ruang publik yang atraktif dan multifungsi. Penerapan konsep serupa di Pontianak tidak hanya akan mengurangi risiko banjir, tetapi juga berpotensi meningkatkan kualitas hidup warga dengan menciptakan ruang-ruang publik yang nyaman, mendukung interaksi sosial, dan mempromosikan gaya hidup yang lebih berkelanjutan. Integrasi infrastruktur hijau-biru dengan perencanaan kota juga dapat berkontribusi dalam mengurangi efek urban heat island, meningkatkan kualitas udara, dan melestarikan keanekaragaman hayati.

Optimalisasi Fitur Alami dan Sistem Drainase yang Ada

Pontianak memiliki banyak sungai dan kanal yang berpotensi untuk dioptimalkan sebagai bagian dari sistem manajemen air perkotaan. Sebagaimana Wuhan merestorasi dan meningkatkan fungsi ekologis danau-danaunya, Pontianak dapat melakukan revitalisasi sungai dan kanal dengan menerapkan prinsip-prinsip *sponge city*. Restorasi ekosistem sungai, pembuatan zona penyangga alami, dan integrasi infrastruktur hijau di sepanjang bantaran sungai dapat meningkatkan kapasitas retensi air sekaligus menciptakan ruang rekreasi bagi warga. Sistem drainase eksisting juga dapat ditingkatkan dengan menerapkan teknologi seperti smart flow control yang telah berhasil diterapkan di Rotterdam.

Tantangan dan Pertimbangan dalam Penerapan *Sponge city* di Pontianak

Meskipun *sponge city* menawarkan banyak manfaat, penerapannya di Pontianak juga perlu mempertimbangkan tantangan-tantangan yang ada. Keterbatasan anggaran, kebutuhan peningkatan kapasitas teknis, dan perlunya perubahan kebijakan dan regulasi merupakan beberapa tantangan yang harus dihadapi. Selain itu, karakteristik geografis, kondisi sosial-ekonomi, dan budaya lokal Pontianak harus menjadi pertimbangan dalam mengadaptasi konsep *sponge city*. Pendekatan yang holistik, bertahap, dan fleksibel

diperlukan untuk memastikan keberhasilan implementasi *sponge city* yang sesuai dengan konteks Pontianak.

Dengan mempertimbangkan pembelajaran dari kota-kota lain dan menyesuaikannya dengan konteks lokal, Pontianak memiliki potensi besar untuk menerapkan konsep *sponge city* sebagai solusi inovatif dalam mengatasi permasalahan banjir. Pendekatan terpadu yang menggabungkan infrastruktur hijau-biru, optimalisasi fitur alami, peningkatan sistem drainase, serta pelibatan aktif masyarakat dapat menjadi kunci dalam mewujudkan Pontianak sebagai kota yang lebih tangguh, berkelanjutan, dan nyaman bagi warganya.

KESIMPULAN

Kota Pontianak menghadapi tantangan signifikan terkait banjir, terutama pada bulan-bulan dengan curah hujan tinggi. Faktor-faktor seperti intensitas hujan yang tinggi, topografi yang landai, kurangnya area resapan akibat perubahan tata guna lahan, dan kapasitas drainase yang terbatas berkontribusi terhadap permasalahan banjir di kota ini. Konsep *sponge city* yang bertujuan meningkatkan kemampuan kota dalam menyerap, menyimpan, membersihkan, dan memanfaatkan kembali air hujan melalui integrasi infrastruktur hijau dan biru muncul sebagai solusi potensial untuk meningkatkan ketahanan Kota Pontianak terhadap banjir.

Kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan strategi *sponge city* dapat secara signifikan mengurangi risiko banjir perkotaan dengan meningkatkan kapasitas infiltrasi dan menahan limpasan permukaan. *Virtual benchmarking* terhadap kota-kota seperti Rotterdam, Wuhan, dan Berlin memberikan pembelajaran berharga tentang praktik-praktik terbaik dalam penerapan konsep *sponge city*, seperti integrasi infrastruktur hijau-biru dengan ruang publik multifungsi, restorasi fitur alami, sistem pengumpulan dan pemanfaatan air hujan, serta partisipasi masyarakat.

Analisis kontekstual menunjukkan bahwa Pontianak memiliki potensi untuk menerapkan konsep *sponge city*, dengan mempertimbangkan karakteristik geografis, klimatologis, dan sistem drainase eksisting kota. Penerapan *sponge city* di Pontianak memerlukan pendekatan terpadu dan kolaboratif yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, masyarakat, akademisi, dan sektor swasta. Integrasi infrastruktur hijau-biru dengan perencanaan kota tidak hanya akan mengurangi risiko banjir, tetapi juga berpotensi meningkatkan kualitas hidup warga dengan menciptakan ruang-ruang publik yang nyaman dan mendukung kelestarian lingkungan.

Meskipun penerapan konsep *sponge city* menawarkan banyak manfaat, terdapat tantangan yang perlu dipertimbangkan, seperti keterbatasan anggaran, kebutuhan peningkatan kapasitas teknis, dan perlunya perubahan kebijakan dan regulasi.

Pendekatan yang holistik, bertahap, dan fleksibel diperlukan untuk memastikan keberhasilan implementasi *sponge city* yang sesuai dengan konteks lokal Pontianak.

Berdasarkan hasil kajian ini, beberapa rekomendasi untuk penerapan konsep *sponge city* di Pontianak meliputi: (1) pengembangan masterplan *sponge city* yang komprehensif dan terintegrasi dengan rencana tata ruang kota; (2) pelaksanaan proyek percontohan untuk menguji dan mendemonstrasikan efektivitas intervensi *sponge city*; (3) peningkatan kapasitas teknis dan kelembagaan untuk mendukung penerapan *sponge city*; (4) pelibatan aktif masyarakat melalui program edukasi, partisipasi, dan insentif; serta (5) penguatan kolaborasi dan kemitraan antara berbagai pemangku kepentingan.

Dengan menerapkan konsep *sponge city* yang disesuaikan dengan konteks lokal, Kota Pontianak memiliki potensi untuk mentransformasi pengelolaan air perkotaannya menjadi lebih tangguh dan berkelanjutan dalam menghadapi tantangan banjir di masa depan. Pendekatan terpadu yang mengintegrasikan infrastruktur hijau-biru, mengoptimalkan fitur alami, meningkatkan sistem drainase, serta melibatkan partisipasi aktif masyarakat dapat menjadi kunci dalam mewujudkan Pontianak sebagai kota yang lebih resilient, berkelanjutan, dan layak huni bagi warganya.

REFERENCES

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Pontianak, "Curah hujan dan jumlah hari hujan di Stasiun Meteorologi Supadio, 2020-2023 (mm)," 2023.
- [2] F. K. S. Chan et al., "'Sponge City' in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context," *Land Use Policy*, vol. 76, pp. 772-778, 2018.
- [3] H. Li, L. Ding, M. Ren, C. Li, and H. Wang, "Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities," *Water*, vol. 9, no. 9, Art. no. 594, 2017.
- [4] P. M. Bach, W. Rauch, P. S. Mikkelsen, D. T. McCarthy, and A. Deletic, "A critical review of integrated urban water modelling -- Urban drainage and beyond," *Environ. Model. Softw.*, vol. 54, pp. 88-107, 2014.
- [5] M. Marchioni and G. Becciu, "Experimental results on permeable pavements in urban areas: A synthetic review," *Int. J. Sustain. Dev. Plan.*, vol. 10, no. 6, pp. 806-817, 2015.
- [6] Y. Jiang, C. Zevenbergen, and Y. Ma, "Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China's challenges and 'sponge cities' strategy," *Environ. Sci. Policy*, vol. 80, pp. 132-143, 2018.
- [7] T. T. Nguyen et al., "Implementation of a specific urban water management - Sponge City," *Sci. Total Environ.*, vol. 652, pp. 147-162, 2019.
- [8] C. Zeng, E. M. Aboagye, H. Li, and S. Che, "Comments and recommendations on Sponge City --- China's solutions to prevent flooding risks," *Heliyon*, vol. 9, no. 1, Art. no. e12745, 2023.
- [9] Y. Hirabayashi et al., "Global flood risk under climate change," *Nat. Clim. Change*, vol. 3, no. 9, pp. 816-821, 2013.
- [10] J. D. Miller and M. Hutchins, "The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom," *J. Hydrol.: Reg. Stud.*, vol. 12, pp. 345-362, 2017.
- [11] M. J. Hammond, A. S. Chen, S. Djordjević, D. Butler, and O. Mark, "Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review," *Urban Water J.*, vol. 12, no. 1, pp. 14-29, 2015.
- [12] A. K. Jha, R. Bloch, and J. Lamond, *Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*. Washington, DC: World Bank, 2012.
- [13] IPCC, "Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.,

2014.

[14] K. H. Liao, "A theory on urban resilience to floods—a basis for alternative planning practices," *Ecol. Soc.*, vol. 17, no. 4, 2012.

[15] T. D. Fletcher et al., "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage," *Urban Water J.*, vol. 12, no. 7, pp. 525-542, 2015.

[16] N. Armitage et al., "Alternative technology for stormwater management: The South African guidelines for sustainable drainage systems," *Water Research Commission*, 2013.

[17] Q. Zhou, "A review of sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts," *Water*, vol. 6, no. 4, pp. 976-992, 2014.

[18] T. D. Fletcher et al., "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage," *Urban Water J.*, vol. 12, no. 7, pp. 525-542, 2015.

[19] B. Woods-Ballard et al., *The SuDS Manual*. London: CIRIA, 2015.

[20] C. Lashford, S. Charlesworth, F. Warwick, and M. Blackett, "Deconstructing the sustainable drainage management train in terms of water quantity - Preliminary results for Coventry, UK," *CLEAN Soil Air Water*, vol. 47, no. 2, Art. no. 1800617, 2019.

[21] E. C. O'Donnell, J. E. Lamond, and C. R. Thorne, "Recognising barriers to implementation of Blue-Green Infrastructure: A Newcastle case study," *Urban Water J.*, vol. 14, no. 9, pp. 964-971, 2017.

[22] W. Rauch et al., "Modelling transitions in urban water systems," *Water Res.*, vol. 126, pp. 501-514, 2017.

[23] M. Kuller, P. M. Bach, D. Ramirez-Lovering, and A. Deletic, "Framing water sensitive urban design as part of the urban form: A critical review of tools for best planning practice," *Environ. Model. Softw.*, vol. 96, pp. 265-282, 2017.

[24] H. Dreiseitl and D. Grau, Eds., *Recent Waterscapes: Planning, Building and Designing with Water*. Basel: Birkhäuser, 2009.

[25] S. Zhang, C. Zevenbergen, P. Rabé, and Y. Jiang, "The influences of sponge city on property values in Wuhan, China," *Water*, vol. 10, no. 6, Art. no. 766, 2018.