

WAWASAN STRATEGIS PENERAPAN KONSEP KOTA SPONS UNTUK PEMBANGUNAN PERKOTAAN BERKELANJUTAN

Indah Rahmahdini^{1*}, Muhammad Yusuf Fauzan², Bagaskara Budiprasetya³

^{1,2,3}Institut Teknologi Bandung, Indonesia

*Corresponding author: indahrahmah75@gmail.com

Abstract: The rapid growth of population and urbanization has intensified water resource management challenges in major cities. The Sponge City concept has emerged as an innovative solution to address urban flood risks and water scarcity by utilizing green infrastructure capable of effectively absorbing, storing, and managing rainwater. This study conducts a literature review on various implementations of the Sponge City concept in different countries and evaluates its suitability within the tropical climate context of Indonesia. The findings indicate that, although this concept is effective in some subtropical countries, its application in Indonesia requires specific adaptations. Key factors hindering optimal implementation include high rainfall intensity, the need for substantial infrastructure investment, and the complexity of cross-sectoral coordination among stakeholders. This article proposes a collaborative model involving the government, private sector, and communities to enhance the effectiveness of implementing this concept in Indonesia. The implications of this research lead to guidelines for applying the Sponge city concept to improve urban resilience to flooding and support sustainable development in tropical regions. With local adaptations and strong regulatory support, the Sponge City concept holds significant potential to strengthen environmental resilience and ensure water availability in cities vulnerable to climate change.

Keywords: green infrastructure, sponge city, sustainable development

Abstrak: Pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang cepat telah mengintensifkan tantangan pengelolaan sumber daya air di kota-kota besar. Konsep *Sponge City* muncul sebagai solusi inovatif untuk mengatasi risiko banjir perkotaan dan kekurangan air dengan memanfaatkan infrastruktur hijau yang mampu menyerap, menyimpan, dan mengelola air hujan secara efektif. Penelitian ini melakukan tinjauan literatur terhadap berbagai penerapan konsep *Sponge City* di negara-negara lain dan menilai kesesuaiannya dalam konteks iklim tropis Indonesia. Hasil kajian menunjukkan bahwa, meskipun konsep ini efektif di beberapa negara subtropis, penerapannya di Indonesia memerlukan adaptasi khusus. Faktor utama yang menghambat implementasi optimal adalah tingginya curah hujan, kebutuhan investasi besar untuk infrastruktur, dan kompleksitas koordinasi antar-pemangku kepentingan. Artikel ini menawarkan model kolaborasi lintas sektoral yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sebagai upaya meningkatkan efektivitas penerapan konsep ini di Indonesia. Implikasi penelitian ini mengarah pada panduan penerapan *Sponge City* yang dapat meningkatkan ketahanan perkotaan terhadap banjir dan mendukung pembangunan berkelanjutan di wilayah tropis. Dengan penyesuaian lokal dan dukungan regulasi yang kuat, konsep *Sponge City* berpotensi besar untuk memperkuat ketahanan lingkungan dan menjamin ketersediaan air di kota-kota yang rentan terhadap perubahan iklim.

Kata kunci: Infrastruktur Hijau, Kota Spons, Pembangunan Keberlanjutan

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang pesat, urbanisasi tanpa kendali, dan intensitas pembangunan infrastruktur yang terus meningkat telah menciptakan tantangan serius bagi keberlanjutan kota-kota di seluruh dunia (Israyanti et al., 2024). Salah satu dampak utama dari urbanisasi ini adalah hilangnya vegetasi alami yang berfungsi sebagai area resapan air. Vegetasi yang permeabel ini digantikan oleh permukaan kedap air seperti beton dan aspal, yang memperburuk masalah drainase kota dan menyebabkan fenomena banjir perkotaan yang semakin sering terjadi (Han et al., 2023). Selain itu, kondisi ini juga memperburuk efek *Urban Heat Island* (UHI), di mana suhu di wilayah perkotaan menjadi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang lebih hijau (Qiao et al., 2014). Beberapa negara telah berupaya mencari solusi inovatif untuk mengatasi masalah ini melalui pendekatan seperti *green infrastructure* (GI) dan konsep Kota Spons atau *Sponge city* (Nguyen et al., 2020). Konsep *Sponge City* pertama kali diperkenalkan oleh arsitek asal Tiongkok, Kongjian Yu, pada tahun 2000. Pada intinya, konsep ini bertujuan untuk menjadikan kota mampu menyerap, menyimpan, dan menggunakan air hujan secara lebih efisien seperti cara kerja spons menyerap air. Melalui penerapan konsep ini, diharapkan risiko banjir dapat berkurang, kualitas air dapat ditingkatkan, dan sumber daya air perkotaan dapat dikelola dengan lebih bijaksana (Han et al., 2023).

Meskipun konsep kota spons (*Sponge City*) telah diterapkan di berbagai negara, efektivitasnya masih terbatas, terutama karena ketergantungan pada infrastruktur yang kurang memadai dan regulasi yang belum terintegrasi (Li et al., 2017; Zeng et al., 2023). Jiang et al. (2017) juga berpendapat bahwa para ahli di Tiongkok meyakini bahwa infrastruktur kota spons hanya mampu menampung curah hujan tidak lebih dari 200 milimeter (7,9 inci) per hari. Hal ini yang menyebabkan konsep *Sponge City* belum dapat bekerja dengan baik sebagai suatu solusi yang pasti dalam penanganan banjir di Kota Tiongkok. Selain itu, penerapan dan pengawasan dalam melaksanakan konsep *Sponge City* ini belum dapat di definisikan secara detail. Hal ini menjadi kendala dalam implementasi konsep ini masih menghambat penerapan yang optimal di berbagai kota (Li et al., 2017). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa infrastruktur *Sponge City* seringkali belum memadai, terutama dalam kondisi hujan ekstrem yang menjadi tantangan di banyak wilayah beriklim tropis, seperti Indonesia.

Banjir perkotaan menjadi salah satu dampak signifikan dari urbanisasi yang tak

terkendali di Indonesia, di mana dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan frekuensi dan skala banjir telah mempengaruhi kota-kota besar seperti. Data dari BNPB Indonesia menunjukkan bahwa kejadian banjir terus meningkat, merugikan baik secara ekonomi maupun sosial (Rosyida et al., 2023). Hal ini diperparah oleh intensitas curah hujan ekstrem yang kerap kali melebihi kapasitas infrastruktur pengelolaan air yang ada. Laporan dari BMKG (Radjab, 2024) juga menunjukkan beberapa wilayah Indonesia mencatat curah hujan lebih dari 200 mm dalam satu hari, yang menjadi tantangan besar dalam penerapan infrastruktur *Sponge City*. Selain itu, urbanisasi yang pesat telah mengurangi area resapan air di kota-kota besar, di mana tutupan lahan hijau digantikan oleh permukaan kedap air seperti beton dan aspal, menghambat infiltrasi air dan meningkatkan volume limpasan. Tutupan lahan hijau turut menurun drastis dalam dua dekade terakhir, menegaskan perlunya integrasi konsep infrastruktur hijau dalam pengelolaan air perkotaan (Remondi et al., 2016).

Berdasarkan UU No. 3 Tahun 2022 dijelaskan bahwa konsep dan komponen *Sponge City* digunakan secara luas, terutama untuk mengembalikan siklus air alami yang telah berubah karena pembangunan. Karena pemanenan air akan meningkatkan ketersediaan air, mengurangi bahaya banjir, memurnikan air dan melestarikan lingkungan, meningkatkan efisiensi sistem sumber daya, dan memberikan manfaat rekreasi bagi masyarakat. Namun, kajian mendalam terkait penerapan konsep ini, khususnya di wilayah pengembangan baru seperti Ibu Kota Nusantara (IKN), masih sangat terbatas. Biaya implementasi infrastruktur *Sponge City* menjadi kendala utama, terutama bagi kota-kota dengan anggaran terbatas. Berdasarkan penelitian Li et al. (2017), pengembangan infrastruktur hijau dan abu-abu memerlukan investasi yang cukup besar, sedangkan perbandingan biaya antara infrastruktur hijau dan abu-abu menunjukkan bahwa infrastruktur abu-abu cenderung lebih murah namun kurang efektif dalam jangka panjang untuk mitigasi banjir. Selain itu, persepsi masyarakat terhadap infrastruktur hijau masih belum optimal, yang disebabkan oleh kurangnya edukasi dan keterlibatan masyarakat dalam perencanaan perkotaan. Studi oleh Yang et al. (2022) menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar responden menyatakan puas dengan manfaat infrastruktur hijau, ada kebutuhan untuk meningkatkan kesadaran dan dukungan publik dalam proyek-proyek *Sponge City*.

Tantangan biaya dan kompleksitas teknologi menjadi kendala utama yang

menghambat skalabilitas konsep ini. Selain itu, keterbatasan integrasi antara infrastruktur hijau dan abu-abu menghambat pengelolaan air yang lebih efisien, sementara pendekatan yang diterapkan dalam konteks iklim subtropis belum sepenuhnya teruji untuk iklim tropis dengan curah hujan yang ekstrem seperti di Indonesia. Di sisi lain, kolaborasi antar-pemangku kepentingan juga belum optimal, meskipun sangat krusial dalam mendukung implementasi *Sponge City* secara efektif dan berkelanjutan. Keterbatasan-keterbatasan ini menunjukkan adanya kebutuhan penelitian yang lebih mendalam untuk mengeksplorasi model penerapan konsep kota spons yang tepat guna dan efisien dalam konteks iklim dan kondisi perkotaan di Indonesia. Maka dari itu, perlu ada kajian yang sistematis untuk melihat prinsip dan elemen pembentuk *Sponge City* yang dapat dijadikan acuan dalam penerapan konsep tersebut, terutama untuk pembangunan kota baru Ibu Kota Nusantara (IKN) di Indonesia. Penelitian ini menjadi sangat penting mengingat urgensi perencanaan dan pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN), yang diharapkan menjadi model kota berkelanjutan di Indonesia. Dengan lokasi IKN yang berada di wilayah dengan curah hujan tinggi dan risiko bencana alam seperti banjir, penerapan konsep *Sponge City* menjadi krusial dalam menciptakan sistem tata kelola air yang efisien dan berkelanjutan. Hal ini tidak hanya penting dalam upaya mitigasi risiko banjir, tetapi juga dalam mengoptimalkan sumber daya air yang semakin langka akibat perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur terhadap efektivitas dan tantangan penerapan konsep *Sponge City* di berbagai negara, serta mengevaluasi potensi adaptasinya dalam konteks iklim tropis Indonesia. Penelitian ini juga bertujuan untuk menyusun rekomendasi model kolaborasi lintas sektoral yang relevan dan panduan implementasi untuk mendukung pengembangan perkotaan berkelanjutan di wilayah tropis.

METODE

Tinjauan pustaka adalah dasar dari penulisan ilmiah. Dalam tinjauan pustaka, peneliti menjadi terbiasa dengan teks-teks, mengidentifikasi penulis-penulis terkemuka yang telah menulis tentang topik tersebut (Aisenberg Ferenhof & Fabiano Fernandes, 2016). Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis sistematis untuk tinjauan literatur. Istilah pencarian yang digunakan adalah '*Sponge City*' dan '*Green Infrastructure*'. Tinjauan literatur dipahami sebagai proses pengumpulan informasi dari hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik penelitian. Hasil-hasil penelitian

sebelumnya akan dijadikan bahan perbandingan dan dijabarkan menjadi hasil penelitian berdasarkan tujuan yang ingin dicapai. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur dengan cara mengumpulkan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relevan menggunakan kata kunci *Green Infrastructure*, *Storm Water Management*, dan *Sponge City*. Kemudian, dari banyaknya makalah penelitian yang muncul berdasarkan kata kunci di atas, dipilih lagi berdasarkan bacaan abstraknya dan memunculkan bahan kompilasi tinjauan literatur yang lebih terfokus dengan topik.



Gambar 1. Diagram Tinjauan Literatur
Sumber: Hasil Analisis, 2023

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan mengulas hasil dari 25 literatur yang telah dipilih. Ulasan ini juga akan membandingkan temuan dari berbagai sumber tersebut dan merangkumnya menjadi satu kesimpulan yang komprehensif.

Hasil

Berikut adalah hasil temuan penulis terhadap literatur-literatur yang telah dipilih.

Tabel 1. Tabel Tinjauan Literatur

No	Judul Jurnal	Tujuan	Temuan
1	Sun, Y., Deng, L., Pan, S.-Y., Chiang, P.-C., Sable, S. S., & Shah, K. J. (2020). Integration of green and gray infrastructures for <i>sponge city</i> : Water and energy nexus. <i>Water-Energy Nexus</i> , 3, 29–40. https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.03.003	Makalah ini mengusulkan permasalahan yang dihadapi dalam transformasi infrastruktur abu-abu kota spons menjadi infrastruktur hijau dan langkah-langkahnya untuk diambil.	Namun, dalam membangun kota spons tidak bisa hanya semata berfokus pada pembangunan kuantitas hijaunya namun juga mempertimbangkan hubungan antara manusia-alam dan alam-alam. Kota spons berbasis sustainable development harus mengintegrasikan ekonomi, sosial, dan lingkungan. Kemudian untuk mempermudah proses evaluasi pengembangannya dapat memanfaatkan IoT. Konsep kota spons menekankan pada pengelolaan badan air dan sistem drainase perkotaan yang berfungsi untuk pengendalian air hujan, menjaga keseimbangan penggunaan air, dan melindungi ekosistem sungai.
2	Breed, C. A., Du Plessis, T., Engemann, K., Pauleit, S., & Pasgaard, M. (2023). <i>Moving Green Infrastructure Planning From Theory to Practice in Sub-Saharan African Cities Requires Collaborative Operationalization</i> . <i>Urban Forestry & Urban Greening</i> , 128085. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128085	Mengidentifikasi prinsip-prinsip perencanaan lokal dan tiga strategi untuk mengoperasikan perencanaan GI, termasuk bekerja sama perencanaan konvensional, fleksibilitas dan kreativitas yang lebih besar, dan kolaborasi lintas sektoral.	Temuan ini menunjukkan bahwa strategi kolaboratif yang memungkinkan akses yang lebih besar dan penggunaan GI yang aktif dan beragam dapat memberikan perawatan dan pengelolaan lintas sektoral yang sangat dibutuhkan.
3	Alifia Fajrian, D., Eka Sari, K., & Rizal Sutikno, F. (2023). Studi Ketahanan Air Dengan Konsep <i>Sponge city</i> (Studi Kasus: Kelurahan Kidul Dalem, Kecamatan Klojen, Kota Malang). In <i>Planning for Urban Region and Environment</i> (Vol. 12, Issue 1).	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar limpasan di Kelurahan Kidul Dalem yang harus diatasi, serta skenario implementasi <i>sponge city</i> yang sesuai untuk mengatasi limpasan sekaligus mendukung ketahanan dan konservasi air.	Solusi terbaik yang diperoleh adalah mengonversi 8,5% menjadi atap hijau dari atap biasa menjadi atap hijau, 23,5% dari jalan raya dengan perkerasan tidak berpori menjadi jalan berpori, 19% dari area parkir dan pedestrian menjadi perkerasan berpori, dan 9% pepohonan menjadi taman hujan yang mana dapat meningkatkan VCR eksisting dari 35% menjadi 52%.

No	Judul Jurnal	Tujuan	Temuan
4	Evans, A. & Hardman, M. 2023. <i>Enhancing green infrastructure in cities: Urban car parks as an opportunity space</i> . <i>Land Use Policy</i> , 134	Dalam opini ini, kami merefleksikan ruang peluang di sini dan potensi untuk meningkatkan upaya penyematan GI di tempat parkir perkotaan: mengeksplorasi praktik yang baik, hambatan penerapan dan rekomendasi untuk perpindahan kegiatan tersebut ke depan.	Inovasi GI melibatkan peningkatan jumlah atap hijau, dinding hidup, dan sistem lain yang memungkinkan alam tumbuh subur di lingkungan yang tidak bersahabat lingkungan. Metode semacam ini biasanya dipakai di perumahan atau perkantoran atau universitas. Inovasi terbaru adalah pemanfaatan lahan parkir.
5	Reu Junqueira, J., Serrao-Neumann, S., & White, I. (2022). <i>Using green infrastructure as a social equity approach to reduce flood risks and address climate change impacts: A comparison of performance between cities and towns</i> . <i>Cities</i> , 131. https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104051	Menyelidiki sejauh mana infrastruktur ramah lingkungan dapat meminimalkan risiko banjir dengan cara yang paling efektif sekaligus memberikan kontribusi manfaat ekuitas yang ditargetkan	Temuan menunjukkan bahwa penerapan 10% infrastruktur ramah lingkungan dapat mengurangi laju puncak limpasan dan total volume limpasan sekitar 50–75 % pada skala sub-DAS. Temuan menunjukkan bahwa hal strategi dalam penerapan kawasan infrastruktur kecil yang ramah lingkungan bisa sangat efektif, terutama jika dilakukan berbagai upaya digabungkan.
6	Zeng, C., Aboagye, E. M., Li, H., & Che, S. (2023). <i>Comments and recommendations on Sponge city — China’s solutions to prevent flooding risks</i> . In <i>Heliyon</i> (Vol. 9, Issue 1). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12745	Penelitian ini terutama berfokus pada evaluasi pelaksanaan Program Kota Spons di Tiongkok dan dampaknya terhadap kesehatan manusia dan eksplorasinya perbaikan masa depan program <i>Sponge city</i> di Tiongkok	Program <i>Sponge city</i> di China masih belum cukup untuk mencegah risiko banjir secara efektif. program <i>Sponge city</i> saat sudah selesai dikonstruksi justru tidak dapat sepenuhnya mencegah risiko banjir, kapasitas pencegahan banjir terbatas. Kurangnya undang-undang nasional menghambat <i>Sponge city</i> implementasi program di Tiongkok.
7	Yang, M., Chen, D., Shi, L., He, J., Liu, L., & Shang, X. (2022). <i>How do construct a sponge city that can improve residents’ satisfaction? Evidence from a suburb of Huizhou City, China</i> . <i>Ecological Indicators</i> , 142. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109238	Penelitian ini mempertimbangkan fisik dan manfaat psikologis dan menyajikan kerangka teoritis baru yang terintegrasi untuk meningkatkan kualitas limpasan perkotaan dan kesejahteraan warga. Penelitian ini menganalisis manfaat fisik dan psikologis dari <i>sponge city</i> .	Hasil mengidentifikasi bahwa skema ini telah memenuhi 90% atau lebih rasio tangkapan volume kendala curah hujan tahunan di wilayah tersebut. Selain itu, >60% responden merasa puas dengan skema perencanaan kami, dan 21% merasa sangat puas puas, dibandingkan hanya 2,1% puas, dan 0,7% sangat puas.

No	Judul Jurnal	Tujuan	Temuan
8	Zuniga-Teran, A. A., Gerlak, A. K., Mayer, B., Evans, T. P., & Lansey, K. E. (2020). Urban resilience and green infrastructure systems: towards a multidimensional evaluation. <i>Current Opinion in Environmental Sustainability</i> , 44, 42–47. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.05.001	Studi ini bertujuan untuk menilai berbagai jenis perkotaan ketahanan (kelembagaan, iklim, ekonomi, dan ekologi) dari jaringan GI multifungsi yang terhubung Sistem. (Zuniga-Teran et al., 2020)	Temuan makalah ini yaitu bahwa di dalam melaksanakan metode <i>green infrastructure</i> perlu dilakukan secara partisipatif dalam mendukung ketahanan sebuah kota dengan dimensi yang harus diperhatikan berupa (kebijakan, kinerja, konektivitas, dan sosial).
9	Guan, X., Wang, J., & Xiao, F. (2021). <i>Sponge city strategy and application of pavement materials in sponge city</i> . In <i>Journal of Cleaner Production</i> (Vol. 303). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127022	Menganalisis tantangan dan solusi dalam proses konstruksi dan menantikan prospeknya. Setelah itu, aplikasi dan Pengembangan bahan trotoar di Kota Spons diperkenalkan, termasuk gradasi, porositas, koefisien permeabilitas, dan kehidupan pelayanan, dll. (Guan et al., 2021)	Perkerasan permeabel memiliki manfaat lingkungan seperti: pemurnian air dan udara, pengurangan kebisingan lalu lintas, mitigasi efek pulau panas perkotaan, dan pemanfaatan bahan limbah.
10	Wang, Y., Liu, Z., Wang, G., & Xue, W. (2021). Cellular automata based framework for evaluating mitigation strategies of sponge city. <i>Science of the Total Environment</i> , 796, 148991. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148991	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengusulkan automata seluler berbasis analitik Kerangka kerja evaluasi kinerja strategi mitigasi untuk Pembangunan kota spons, mempromosikan pengembangan hemat biaya langkah-langkah mitigasi. (Y. Wang et al., 2021)	Hasilnya menunjukkan efektivitas strategi mitigasi untuk pembangunan kota spons dalam mengurangi risiko banjir, menghasilkan penurunan kerusakan banjir tahunan yang diharapkan. Peningkatan dalam risiko banjir terutama tergantung pada investasi dalam berbagai langkah mitigasi, secara tunggal dan dalam kombinasi.
11	Lennon, M. (2015). <i>Green infrastructure and planning policy: a critical assessment</i> . <i>Local Environment</i> , 20(8), 957–980. https://doi.org/10.1080/13549839.2014.880411	Mengidentifikasi dan berusaha untuk mengatasi kesenjangan pengetahuan mengenai penilaian kritis terhadap konsep GI dalam kebijakan perencanaan. (Lennon, 2015)	Di sini, pengembangan yang memungkinkan orientasi infrastruktur tradisional dapat menghadirkan GI sebagai "perbaikan keberlanjutan" yang memfasilitasi pembangunan "dengan mengakomodasi masalah laba dan lingkungan" (Temenos dan McCann, 2012, 1389), tetapi secara implisit menekankan pembangunan ekonomi, fisik dan sosial di atas konservasi lingkungan.

No	Judul Jurnal	Tujuan	Temuan
12	Li, H., Ding, L., Ren, M., Li, C., & Wang, H. (2017). <i>Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities</i> . <i>Water (Switzerland)</i> , 9(9). https://doi.org/10.3390/w9090594	Memahami dan mengatasi berbagai tantangan yang muncul dalam konstruksi kota spons di China. Penelitian ini menyoroti kesulitan teknis, fisik, keuangan, hukum, dan regulatoris, serta tantangan dalam penerimaan publik dan kerjasama antar-lembaga dalam implementasi program kota spons. (Li et al., 2017b)	Strategi kota spons harus dikembangkan berdasarkan penilaian yang cermat kondisi dan potensi lokal serta isu-isu khusus, dan memitigasi permasalahan tersebut dengan memanfaatkannya potensi lokal dan sumber daya daerah.
13	Chan, F. K. S., Griffiths, J. A., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y. T., Xu, Y., & Thorne, C. R. (2018). “ <i>Sponge city</i> ” in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. <i>Land Use Policy</i> , 76, 772–778. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.005	Menjelaskan konsep kota Sponge dan perkembangannya, serta mempertimbangkan implikasi dari transformasi perencanaan tata guna lahan perkotaan dan praktik pengelolaan air perkotaan di Cina.	Kota Spons, tidak diragukan lagi, sangat berpengaruh dan revolusioner dalam pendekatannya terhadap perencanaan tata guna lahan; pengelolaan sumber daya air perkotaan; mitigasi risiko pangan dan iklim perkotaan; peningkatan ekologi; dan kesejahteraan sosial.
14	Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Guo, W., & Wang, X. C. (2020). A new model framework for <i>sponge city</i> implementation: Emerging challenges and future developments. In <i>Journal of Environmental Management</i> (Vol. 253). Academic Press. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109689	Menganalisis peluang model pengelolaan air perkotaan yang ada saat ini dan membahas keterbatasan studi terbaru dalam penerapan model terintegrasi saat ini untuk implementasi Kota Spons.	Kurangnya model menyeluruh yang efektif yang mendukung implementasi Kota Spons karena berbagai tujuan dan kompleksitasnya. Oleh karena itu, model Kota Spons perlu dibangun berdasarkan model pengelolaan air perkotaan terpadu konvensional yang ada saat ini.
15	Wang, H., Mei, C., Liu, J. H., & Shao, W. W. (2018). A new strategy for integrated urban water management in China: <i>Sponge city</i> . In <i>Science China Technological Sciences</i> (Vol. 61, Issue 3, pp. 317–329). Springer	Mengulas studi dan kebijakan sebelumnya tentang pengelolaan air perkotaan di Cina sebagai latar belakang penting untuk proposal kota spons.	Inisiasi SCP di Cina memberikan kesempatan yang baik untuk memecahkan masalah terkait air perkotaan karena memberikan perspektif baru dan titik awal yang baik untuk penelitian dan inovasi ilmiah. Namun, SCP tidak dapat sepenuhnya bergantung pada pengalaman negara asing karena harus fokus pada konteks lokal.

No	Judul Jurnal	Tujuan	Temuan
	Verlag. https://doi.org/10.1007/s11431-017-9170-5		
16	Song, C. (2022). Application of nature-based measures in China's <i>sponge city</i> initiative: Current trends and perspectives. <i>Nature-Based Solutions</i> , 2, 100010. https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100010	Tujuan dari makalah ini adalah menggunakan metode pencarian kata kunci untuk meninjau literatur yang ada tentang tiga teknologi kota spons, dengan penekanan pada kinerja, adopsi/implementasi di Cina, dan mengidentifikasi kesenjangan dan keterbatasan pengetahuan.	Kebun hujan mengurangi limpasan permukaan sebesar 25-69% dan limpasan puncak sebesar 12-71%. Atap hijau dapat mengurangi laju limpasan permukaan yang disebabkan oleh curah hujan dengan waktu tunda maksimum 20 menit. Perkerasan yang permeabel mengurangi spalling, retak, dan penurunan permukaan yang tidak rata; menggunakan limbah konstruksi sebagai bahan konstruksi untuk pembangunan berkelanjutan.
17	Zhang, Z. (2022). Can the <i>Sponge city</i> Project improve the stormwater drainage system in China? —Empirical evidence from a quasi-natural experiment. <i>International Journal of Disaster Risk Reduction</i> , 75. https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102980	Mengevaluasi dampak Proyek Kota Spons yang diprakarsai oleh pemerintah pusat pemerintah pusat Cina dalam hal infrastruktur. Kami melihat percontohan Kota Spons ini sebagai eksperimen semu dan menggunakan model perbedaan-perbedaan untuk menilai dampak kebijakan.	Proyek Kota Spons telah memungkinkan kota-kota yang dipilih untuk meningkatkan panjang pipa drainase, dan mendorong pengalihan air hujan dan limbah. Dalam analisis lebih lanjut, kami mengkonfirmasi dampak kebijakan percontohan terhadap preferensi pemerintah daerah dengan menggunakan data pengeluaran infrastruktur yang berbeda.
18	Ma, Y., Jiang, Y., & Swallow, S. (2020). China's <i>sponge city</i> development for urban water resilience and sustainability: A policy discussion. In <i>Science of the Total Environment</i> (Vol. 729). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139078	Dalam makalah ini, kami membahas masalah desain utama yang ditemukan dalam praktik SCD di Cina sebagai strategi untuk mencapai ketahanan air perkotaan dan yang berkelanjutan.	ESF dapat digunakan untuk membandingkan penyediaan LST di lanskap perkotaan dan untuk menilai dan membandingkan implikasi LST dari skenario pembangunan alternatif atau intervensi manajemen dalam kaitannya dengan fungsi dan tujuan pembangunan perkotaan yang dimaksudkan.
19	Jia, H., Wang, Z., Zhen, X., Clar, M., & Yu, S. L. (2017). China's <i>sponge city</i> construction: A discussion on technical approaches. In <i>Frontiers of Environmental Science and Engineering</i> (Vol. 11, Issue 4).	Menyajikan tinjauan terhadap hambatan dan tantangan tersebut, menawarkan diskusi dan rekomendasi mengenai beberapa aspek teknis seperti tujuan dan sasaran pengendalian; perencanaan/desain dan konstruksi praktik LID/GI;	Beberapa rekomendasi utama yang diusulkan adalah strategi implementasi <i>Sponge city</i> , kerangka kerja peraturan spesifik lokasi dan panduan teknis, inovasi dan sertifikasi produk, pembiayaan proyek LID/GI, pelatihan dan sertifikasi profesional LID/GI, penjangkauan dan edukasi publik.

No	Judul Jurnal	Tujuan	Temuan
	Higher Education Press. https://doi.org/10.1007/s11783-017-0984-9	evaluasi kinerja.	
20	Hermaputi, R. L., & Hua, C. (2017). Creating Urban Water Resilience: Review of China's Development Strategies "Sponge city" Concept and Practices. The Indonesian Journal of Planning and Development, 2(1), 1. https://doi.org/10.14710/ijpd.2.1.1-10	Tulisan ini mencoba mengelaborasi teori <i>Sponge city</i> dan mengulas beberapa praktik di kota-kota di Cina untuk menciptakan ketahanan air perkotaan.	Taman Air Badai Qunli di Kota Harbin dan Taman Pulau Jinhua Yanwei di Kota Jinhua merupakan proyek percontohan kota spons terbaik di Tiongkok saat ini. Kedua proyek ini merupakan rencana khusus yang berfokus pada ruang hijau dan rencana penebangan air perkotaan dengan mengadaptasi desain untuk mempertahankan restorasi alam dan ekologi, menciptakan ruang hijau, ruang publik, dan juga area resapan air.
21	Xu, Y. S., Shen, S. L., Lai, Y., & Zhou, A. N. (2018). Design of <i>sponge city</i> : Lessons learnt from an ancient drainage system in Ganzhou, China. In Journal of Hydrology (Vol. 563, pp. 900–908). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.075	Makalah ini menyajikan studi kasus tentang sistem drainase kuno di pusat kota tua Hetao, Ganzhou, Cina, yang memainkan peran kunci dalam pencegahan banjir di perkotaan. Sistem ini meliputi tembok kota kuno, parit Fushou, dan kolam-kolam.	Proses pengelolaan air hujan dari sistem drainase kuno Ganzhou menegaskan bahwa konsep desain kota spons dapat dilakukan, yang memberikan panduan untuk desain kota spons modern. Perencanaan dan desain kota spons disarankan untuk dilaksanakan sebelum pembangunan kota baru.
22	Lancia, M., Zheng, C., He, X., Lerner, D. N., Andrews, C., & Tian, Y. (2020). Hydrogeological constraints and opportunities for "Sponge city" development: Shenzhen, southern China. Journal of Hydrology: Regional Studies, 28. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100679	Dalam makalah ini, kendala baru pada interaksi antara fasilitas spons, lanskap dan lapisan tanah diidentifikasi untuk daerah berbukit dan subtropis.	Desain Kota Spons dapat ditingkatkan dengan mempertimbangkan konteks hidrogeologi dan geomorfologi setempat. Pendekatan ini dapat mengungkapkan kendala dan peluang untuk memastikan bahwa instalasi lebih efektif dan memenuhi tujuan pengendalian limpasan yang telah ditetapkan untuk komponen Kota Spons.

No	Judul Jurnal	Tujuan	Temuan
23	Li, L., Collins, A. M., Cheshmehzangi, A., & Chan, F. K. S. (2020). Identifying enablers and barriers to the implementation of the <i>Green infrastructure</i> for urban flood management: A comparative analysis of the UK and China. <i>Urban Forestry and Urban Greening</i> , 54. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126770	Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi hambatan dan faktor pendukung untuk adopsi GI dengan menyelidiki SUDS dan SCP di Inggris dan Cina, melalui dua belas wawancara semi-terstruktur yang mendalam dengan para pemangku kepentingan.	Berbagai manfaat dari SUDS dan SCP telah diidentifikasi, sebagai faktor pendukung utama di kedua negara dalam mengurangi limpasan air hujan dan mengurangi debit puncak dalam sistem drainase, serta berkontribusi terhadap kesejahteraan sosial dan adaptasi iklim. Beberapa hambatan yang ditemukan dalam praktik-praktik yang ada saat ini menghadapi tantangan dari kondisi keuangan, biofisik dan sosial politik di kedua negara tersebut.
24	Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Guo, W., Wang, X. C., Ren, N., Li, G., Ding, J., & Liang, H. (2019). Implementation of a specific urban water management - <i>Sponge city</i> . In <i>Science of the Total Environment</i> (Vol. 652, pp. 147–162). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168	Makalah ini secara kritis menilai pendekatan yang terkait dengan pengelolaan air perkotaan konvensional. Konsep Kota Spons dan penerapannya kemudian diteliti untuk menilai secara komprehensif keterbatasan dan peluang yang ada.	<i>Sponge city</i> telah terbukti memiliki nilai yang besar bagi ketahanan kota. Meskipun memiliki banyak manfaat, tantangan untuk pembangunan Kota Spons tetap ada dan Cina perlu belajar dari konsep dan pengembangan serupa di negara-negara Barat (misalnya BMP, LID, SUD dan WSUD).
25	Yang, D., Zhao, X., & Anderson, B. C. (2022). Integrating <i>Sponge city</i> Requirements into the Management of Urban Development Land: An Improved Methodology for <i>Sponge city</i> Implementation. <i>Water</i> (Switzerland), 14(7). https://doi.org/10.3390/w14071156	Dalam studi ini, dari perspektif permintaan dan kemampuan pengelolaan curah hujan, kami menyajikan metode perencanaan yang lebih baik, termasuk dua model perhitungan, yang bertujuan untuk menentukan VCRAR dan kemudian mengintegrasikan persyaratan VCRAR ke dalam pengelolaan lahan pembangunan perkotaan secara lebih akurat dan obyektif.	Secara kuantitatif menunjukkan bahwa kapasitas tangkapan volume di dalam kawasan untuk satu distrik meningkat seiring dengan meningkatnya rasio ruang hijau, dan menurun seiring dengan meningkatnya kesulitan transformasi untuk fasilitas pengelolaan air hujan, ketika dibatasi oleh investasi dan ruang yang tersedia.

Hasil Tinjauan Konsep berdasarkan Literatur

Konversi lahan secara besar-besaran di perkotaan akibat urbanisasi menyebabkan lahan-lahan di perkotaan mengalami penurunan kemampuan meresap air. Hal ini berimplikasi pada berkurangnya daerah resapan air tanah dan tingginya limpasan air perkotaan. Konsep kota spons dibangun untuk menjawab permasalahan tersebut (Fajrian, 2023). Permasalahan mengenai air di perkotaan meliputi penurunan kualitas air, genangan air, dan kekurangan air (H. Wang et al., 2018). Kota spons adalah konsep perencanaan kota yang sejalan dengan agenda perkotaan baru mengenai tantangan untuk menghadapi dampak perubahan iklim, mitigasi terhadap bencana banjir, konservasi air dan memanfaatkannya secara berkelanjutan sebagai sumber daya air perkotaan (Li et al., 2017). Tetapi, isu yang paling utama adalah risiko bencana banjir di perkotaan dan bagaimana cara mempertahankan kota dari risikonya. *Sponge City Program* diambil sebagai langkah pencegahan terhadap bencana banjir sekaligus langkah untuk meningkatkan kualitas air perkotaan (Zeng et al., 2023).

Konsep *Sponge City* merupakan pendekatan pengembangan kota yang mengambil manfaat dari jasa ekosistem untuk membangun infrastruktur yang ramah air dan menggunakan teknologi tertentu untuk memanfaatkan potensi air hujan sebagai sumber daya air perkotaan. Banyak jenis pendekatan konsep *Sponge City* yang telah diterapkan di berbagai negara antara lain pemanfaatan teknologi *Low Impact Development* (LID) oleh negara Barat, *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) di Australia, *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) di Inggris, *Decentralized Urban Design* (DUD) di Jerman, *Well-Balanced Hydrological System* (WBHS) di Jepang, dan berbagai penamaan sistem *sponge city* lainnya Onuma dan Tsuge dalam Sun et al. (2020). Konsep ini berkomitmen untuk memandu peralihan dari drainase air hujan cepat di kota-kota tradisional ke pengelolaan air hujan perkotaan yang terintegrasi dan menyeluruh yang multi-tujuan melalui metode infiltrasi, stagnasi, penyimpanan, pemurnian, pemanfaatan, dan pembuangan (Liu et al., 2014).

Pendekatan konsep kota spons menjadi salah satu bentuk integrasi dari *grey infrastructure* dan *green infrastructure*. Infrastruktur abu dianggap tidak efektif mengurangi permasalahan air di beberapa sektor perkotaan. Oleh karena itu, infrastruktur hijau hadir untuk melengkapi kekurangan pemanfaatan infrastruktur abu sekaligus mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan yang

berdampak pada peningkatan kualitas hidup masyarakatnya. Konsep *sponge city* memanfaatkan infrastruktur hijau dalam mengendalikan permasalahan air di perkotaan dan menurunkan polusi. Pergeseran paradigma bahwa air hujan harus disimpan dibanding langsung dibuang (Sun et al., 2020). Tidak hanya sampai situ, infrastruktur hijau juga memberikan jasa ekosistem, keadilan sosial, serta efisiensi ekonomi dalam konsumsi energi. Pembangunan infrastruktur hijau memiliki tujuan yang sama dengan pendekatan konsep kota spons yang mengatasi dampak perubahan iklim dan mengurangi risiko banjir serta memberikan manfaat lain terhadap akses ruang hijau perkotaan (Shih, 2022). Pemanfaatan infrastruktur hijau dalam *Sponge City* dapat berupa bentuk fisik berupa ruang terbuka hijau dan ruang publik yang memiliki area hijau dan mewadahi aktivitas masyarakat maupun non-fisik berupa sistem terintegrasi yang melindungi nilai sumber daya alam (manusia, hewan, tumbuhan) dan fungsi vitalnya (Sun et al., 2020).

Kota-kota dengan fenomena percepatan urbanisasi tinggi yang berdampak pada perubahan iklim dan risiko banjir akan sangat membutuhkan aksi untuk meningkatkan kinerja infrastruktur hijaunya. Menurut Reu Junqueira et al. (2022), langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk melihat potensi kebutuhan *green infrastructure* adalah sebagai berikut: (1) Mengidentifikasi lokasi-lokasi yang potensial (area metropolitan yang pertumbuhannya cepat dan kota yang ukuran regionnya relatif kecil); (2) Menganalisis informasi mengenai risiko banjir dan pola urbanisasi di lokasi tersebut dalam 30 tahun terakhir; (3) Menganalisis peluang penerapan GI di daerah tangkapan air tertentu; (4) Baru setelahnya dapat mengembangkan skenario durasi suruh hujan dan jalur alirannya serta jenis dan kuantitas infrastruktur hijau yang akan dipakai; (5) Selanjutnya dapat dilakukan pengecekan kinerja infrastruktur dengan membuat parameter dan indikator keberhasilan.

Konsep kota spons dengan pemanfaatan elemen *green infrastructure* berawal dari tujuan layanan mitigasi bencana perkotaan akibat urbanisasi dan cara untuk membuat kota resilien serta sustain. Layanan yang diberikan oleh infrastruktur hijau sangat spesifik dan kontekstual tergantung dengan potensi yang ada pada sebuah wilayah. Maka dari itu, dibutuhkan kriteria yang eksplisit dan transparan untuk mendapatkan manfaat keberlanjutan (Reu Junqueira et al., 2022). Kegagalan dalam mengonstruksi *green infrastructure* seringkali terjadi akibat kurangnya kolaborasi berbagai pihak yang seharusnya terlibat dan kurangnya penyesuaian konstruksi infrastuktur hijau dengan

lingkungan geografis lokal (Zeng et al., 2023). Dasar pengambilan keputusan dalam mengonstruksi kota spons harus didasarkan pada kondisi latar belakang alam dan kepuasan penduduk (Yang et al., 2022).

Prinsip utama yang harus menjadi panduan dalam merencanakan *Sponge City* menurut Dietz dalam Liu et al. (2014): (1) Melindungi lingkungan alami perkotaan (sungai, danau, lahan basah, hutan, kolam alami, padang rumput, dan lain-lain. Hal ini merupakan prioritas utama dalam konstruksi perencanaan perkotaan; (2) Perbaiki air yang terkontaminasi dan dampak kerusakan alami lainnya dan pemeliharaan lanskap perkotaan. Hal ini untuk memulihkan jasa ekosistem dari fungsi ekosistem yang rusak akibat pengembangan kota; (3) *Low Impact Development (LID)*. Ini adalah manajemen air hujan yang berfungsi untuk mengurangi limpasan permukaan dan polusi air hujan menggunakan permukaan berpori seperti pori-pori jalan, sengkedan rumput, taman hujan, dan atap hijau.

Lebih lanjut, Liu et al. (2014) juga merefleksikan enam aspek konsep *Sponge City* yang merupakan hasil refleksi dari fenomena kota-kota tradisional: (1) Resapan air hujan Kota-kota tradisional pada dasarnya sudah memiliki banyak tempat penampungan air seperti jalur air, lahan basah, dan area hijau, namun ditutup dengan permukaan yang tidak tembus air. Konsep *Sponge City* membuat banyak pori. Berdasarkan konsep *Sponge City*, maka permukaan kota harusnya ditutup dengan lapisan berpori yang dapat menampung sebanyak mungkin; (2) *Stagnancy* air hujan: Berbanding terbalik dengan perlakuan air hujan di kota-kota tradisional yang permukaannya kedap air, kota-kota di masa sekarang dibuat dapat menyerap air hujan sebanyak-banyaknya sehingga dapat menurunkan tingkat limpasan air permukaan dan aliran air pucak. Selain itu, cara untuk menghentikan laju air dapat dilakukan dengan mengatur topografi perkotaan, membuat taman hujan, lahan basah, dan perluasan pori-pori penyerapan; (3) Penyimpanan air hujan: Kota-kota tradisional menganggap air hujan sebagai bencana yang harus dibuang secepat mungkin. Sedangkan dalam konsep *Sponge City*, air hujan merupakan sumber daya air potensial bagi perkotaan. Banyak fasilitas penyimpanan air hujan yang dibangun antara lain kolam penyimpanan dan sistem pengumpulan air hujan perumahan. Air hujan yang telah dikumpulkan pada akhirnya akan disimpan ke tangki atau gudang bawah tanah untuk digunakan di masa mendatang. Selain itu, didukung juga dengan tempat penyimpanan alami yang didapat dari manfaat fungsi ekologi perkotaan; (4) Pemurnian air hujan:

Tercampurnya air hujan dengan air limbah menyebabkan air perkotaan rentan tercemar. Sedangkan dalam konsep *Sponge City*, air hujan yang diserap akan otomatis disaring oleh elemen-elemen *green infrastructure* sehingga dapat mengurangi kontaminasi polutan air. Bentuknya dapat berupa kolam filtrasi, kolam penghisap, dan konstruksi artifisial lainnya yang bisa membuat air hujan tidak tercampur dengan polutan air (terkontaminasi); (5) Pemanfaatan air hujan : Kota-kota tradisional sebelumnya berfokus untuk mempercepat aliran air hujan untuk dibuang. Berbeda dengan konsep terdahulu, kota-kota yang menerapkan *Sponge City* berfokus pada mengusahakan berbagai cara untuk memanfaatkan potensi air hujan secara maksimal untuk menjadi sumber daya air perkotaan. Banyak teknik yang digunakan untuk mengumpulkan, mengolah, dan mendaur air dalam konsep kota spons. Dalam hal ini, manfaat dari konsep kota spons adalah air hujan dapat digunakan sebagai cadangan air di musim kemarau; (7) Pembuangan air hujan: Kegagalan kota-kota tradisional dalam mengolah filtrasi air hujan menyebabkan tingginya risiko banjir di daerah tersebut. Oleh karena itu, pada saat mengkonstruksi kota spons diperlukan perencanaan yang matang untuk memisahkan sistem drainase dan pemipaan bawah tanah sehingga jika air hujan tidak mampu diserap secara alami, sistem drainase perkotaan akan membuangnya secepat mungkin untuk mengurangi volumenya agar tidak banjir.

Hasil Tinjauan Konsep berdasarkan Studi Kasus

Risiko banjir merupakan permasalahan yang memerlukan pendekatan khusus untuk mengatasinya. Tiongkok adalah salah satu negara yang mengalami dampak banjir yang cukup besar. Oleh karena itu, Tiongkok telah mengembangkan konsep *Sponge City* sejak tahun 2015 untuk mempertahankan wilayahnya dari risiko banjir (Zeng et al., 2023). Konsep *Sponge City* dimaksudkan sebagai konsep pembangunan berkelanjutan yang mengatasi ancaman bencana banjir perkotaan, konservasi air, perlindungan ekosistem, dan upaya peningkatan kualitas air di perkotaan. Pentingnya kebutuhan akan pembentukan kota spons antara lain adalah memburuknya kualitas air, menyusutnya badan air, dan kelangkaan sumber daya air. Keberhasilan pendekatan kota spons bergantung pada konteks lokal dan mungkin tidak sukses konteks lokal yang ada, sehingga tidak dapat distandarisasi pada konteks lain (Li et al., 2017).

Dilihat dari beberapa studi kasus, penerapan konsep *Sponge City* memperlihatkan hasil efektivitas yang berbeda-beda dalam memitigasi risiko banjir. Hasil efektivitas

penerapan *Sponge City* menunjukkan hasil yang signifikan saat tingkat investasi infrastruktur pengolahan air tinggi. Investasi ini dapat berupa upaya bentuk tunggal maupun kombinasi dari berbagai elemen. Dalam hal ini, penerapan konsep *Sponge City* diharapkan dapat menurunkan risiko dan kerusakan akibat bencana banjir (Y. Wang et al., 2021). Sedangkan hasil efektivitas penerapan *Sponge City* bisa jadi rendah akibat kegagalan proses perencanaan dalam mengidentifikasi kompleksitas sebuah perkotaan (Nguyen et al., 2020). Kegagalan ini dapat berimplikasi pada kapasitas tangkapan air hujan dan pencegahan terhadap risiko banjir. Selain itu, regulasi konsep *Sponge City* dalam undang-undang nasional dapat menghambat implementasi programnya (Zeng et al., 2023).

Berikut ini adalah beberapa evaluasi penerapan *Sponge City* yang ada Tiongkok: Secara umum, program *Sponge City* di Tiongkok masih belum cukup untuk mencegah risiko banjir sepenuhnya. Hal ini disebabkan oleh programnya yang belum diprioritaskan sehingga konstruksinya belum dapat sepenuhnya mencegah risiko banjir dan kapasitas pencegahannya masih terbatas. Penghambat utama dari pelaksanaan program *Sponge City* di Tiongkok adalah kurangnya undang-undang nasional yang mengatur tentang pembentukan *Sponge City*. Tercatat hanya 64 dari 645 kota di Tiongkok yang baru menerapkan *Sponge City* (Zeng et al., 2023).

Di Kota Huizhou, penerapan program *Sponge City* dinilai cukup berhasil skema ini telah memenuhi 90% atau lebih rasio tangkapan volume kendala curah hujan tahunan di wilayah tersebut. Selain itu, >60% responden merasa puas dengan skema perencanaan kami, dan 21% merasa sangat puas, dibandingkan hanya 2,1% puas, dan 0,7% sangat puas. Hal ini disebabkan oleh adanya tambahan pertimbangan fisik dan manfaat psikologis serta penggabungan kerangka teoritis baru yang terintegrasi untuk meningkatkan kualitas limpasan perkotaan dan kesejahteraan warga (Yang et al., 2022).

Studi kasus sistem drainase di Kota Ganzhou justru memanfaatkan sistem drainase kuno yang telah mereka miliki berupa tembok kota kuno, fushou parit, dan kolam untuk diusulkan menjadi sistem drainase yang baru. Sistem drainase yang baru mencakup sistem penyimpanan air hujan, infiltrasi, pemurnian, dan pemanfaatan air hujan. Pembelajaran konsep ini di Kota Ganzhou mengarahkan ke kesimpulan bahwa konsep desain kota spons modern layak untuk diusulkan secara lebih global (Xu et al., 2018).

Di Kota Shenzhen yang merupakan daerah percontohan program *Sponge City* di

Tiongkok, menunjukkan bahwa desain *Sponge City* dapat ditingkatkan dengan mempertimbangkan konteks hidrogeologi, geomorfologi, dan kearifan lokal. Pendekatan ini dapat meningkatkan peluang dan memastikan keefektifan tujuan pengendalian limpasan yang ditetapkan untuk konsep *Sponge City*. Hasil penerapan konsep *Sponge City* di Shenzhen cenderung lebih efektif dibanding daerah percontohan lain karena mempertimbangkan hal-hal di atas. Studi kasus di Shenzhen menunjukkan bahwa rencana skala daerah tangkapan air dapat dikembangkan untuk mengoptimalkan pengumpulan limpasan perkotaan dengan memperhatikan kondisi hidrogeologi dan geomorfologi (Jin et al., 2022).

Beberapa tantangan yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan kota spons antara lain: Pengecekan rata-rata curah hujan tahunan dapat membantu untuk melihat seberapa besar manfaat *Sponge City* harus diimplementasikan. Selain itu, Strategi kota spons harus dikembangkan berdasarkan penilaian yang cermat kondisi dan potensi lokal serta isu-isu khusus, dan memitigasi permasalahan tersebut dengan memanfaatkannya potensi lokal dan sumber daya daerah (Li et al., 2017).

Beberapa rekomendasi utama dalam mengusulkan strategi penerapan *Sponge City* adalah adanya kerangka peraturan khusus lokasi dan panduan teknis, inovasi dan sertifikasi program, pendanaan Proyek LID/GI, pelatihan dan sertifikasi profesional LID/GI, serta pengadaan sosialisasi kepada masyarakat (Jia et al., 2017).

Pembahasan

Berdasarkan literatur yang telah dianalisis di dokumen, berikut adalah identifikasi konsep *Sponge City* terhadap permasalahan penerapannya untuk pengembangan perkotaan baru:

Identifikasi Konsep *Sponge City*

Dari literatur yang telah dikaji, terlihat bahwa konsep *Sponge City* menawarkan pendekatan baru dalam mengelola air hujan dan mitigasi risiko banjir dengan mengintegrasikan infrastruktur hijau dan abu-abu. Namun, terdapat keterbatasan konsep ini dalam menangani curah hujan tinggi di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia dan kurangnya kolaborasi antar-lembaga dalam implementasinya. Sebagai contoh, temuan dari Zeng et al. (2023) menunjukkan bahwa meskipun *Sponge City* efektif dalam mengurangi limpasan air di Tiongkok, penerapannya di Indonesia mungkin memerlukan adaptasi lebih lanjut untuk menyesuaikan dengan karakteristik curah hujan yang berbeda.

Hal ini menegaskan bahwa dalam mengeksplorasi adaptasi konsep *Sponge City* untuk iklim tropis, diperlukan perencanaan lebih detail dan integrasi kelembagaan yang lebih kuat.

Eksplorasi Inovasi dalam Modifikasi dan Penerapan Konsep *Sponge City*

Studi literatur yang ada juga menunjukkan bahwa infrastruktur hijau yang umum dalam konsep *Sponge City* (seperti atap hijau, permeable pavements, dan taman hujan) dapat mengurangi efek *Urban Heat Island* dan memberikan manfaat tambahan dalam meningkatkan kualitas lingkungan. Akan tetapi, efektivitasnya bergantung pada kapasitas investasi dan dukungan regulasi. Hal ini menunjukkan bahwa belum ada panduan spesifik yang memungkinkan integrasi antara kapasitas lokal dan skala investasi yang dibutuhkan di Indonesia. Penelitian ini memberikan kebaruan dengan menyarankan panduan spesifik yang mempertimbangkan potensi kebutuhan infrastruktur hijau untuk merencanakan anggaran dan kesiapan regulasi lokal untuk implementasi infrastruktur hijau.

Model Kolaborasi yang Efektif dalam Implementasi Konsep

Hasil tinjauan literatur juga mengindikasikan pentingnya kolaborasi lintas sektoral dalam keberhasilan konsep ini (Breed et al., 2023). Namun, di Indonesia, koordinasi antar-lembaga sering menjadi tantangan yang signifikan. Berdasarkan tinjauan literatur, model kolaborasi yang disarankan untuk mendukung implementasi konsep *Sponge City* di wilayah perkotaan Indonesia dapat disusun dengan langkah-langkah berikut:

Identifikasi Pemangku Kepentingan Kunci

Langkah awal adalah mengidentifikasi pemangku kepentingan utama yang berperan dalam perencanaan dan pengelolaan kota, seperti pemerintah pusat, pemerintah daerah, pengembang properti, komunitas lokal, akademisi, dan organisasi non-pemerintah. Setiap pemangku kepentingan perlu memahami peran serta tanggung jawab mereka dalam mendukung konsep *Sponge City*.

Pembentukan Tim Kolaboratif Lintas Sektor

Berdasarkan temuan Breed et al., (2023), kolaborasi lintas sektoral terbukti efektif dalam mendukung pembangunan infrastruktur berkelanjutan. Dengan demikian, model ini menyarankan pembentukan tim kerja yang melibatkan pemangku kepentingan dari berbagai sektor untuk merancang, mengevaluasi, dan memantau proyek *Sponge City*. Tim ini bertugas memastikan integrasi dan sinergi dalam penyusunan kebijakan, alokasi anggaran, dan pengembangan infrastruktur hijau.

Pengembangan Mekanisme Koordinasi

Model kolaborasi ini juga perlu mencakup mekanisme komunikasi yang rutin dan transparan antar-lembaga. Pertemuan berkala, forum konsultatif, dan platform komunikasi digital bisa dimanfaatkan untuk memastikan setiap keputusan didiskusikan bersama. Literatur menekankan pentingnya mekanisme ini untuk menghindari miskomunikasi dan fragmentasi kebijakan di antara berbagai pihak yang terlibat.

Pembagian Tanggung Jawab yang Jelas

Untuk mencapai keberhasilan dalam implementasi *Sponge City*, peran setiap pihak harus jelas. Pemerintah pusat, misalnya, bertanggung jawab dalam penyusunan regulasi dan standar nasional, sementara pemerintah daerah memfasilitasi penerapan sesuai konteks lokal. Pengembang properti dan sektor swasta lainnya berperan dalam investasi infrastruktur hijau, dan masyarakat berperan dalam pemeliharaan serta edukasi terkait manfaat dari konsep ini.

Penyusunan Kerangka Evaluasi Bersama

Evaluasi yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan untuk menilai keberhasilan dan efektivitas implementasi. Penilaian ini dapat mencakup indikator lingkungan (seperti pengurangan limpasan air), indikator sosial (kepuasan masyarakat), dan indikator ekonomi (efisiensi biaya) yang diukur secara berkala untuk melihat perkembangan dan kendala yang muncul.

Pendanaan dan Insentif untuk Kerja Sama

Pembiayaan adalah salah satu tantangan dalam penerapan *Sponge City*. Oleh karena itu, model kolaborasi ini juga mengusulkan skema insentif atau dukungan pendanaan dari pemerintah untuk mendorong investasi sektor swasta dan keterlibatan masyarakat dalam pembangunan infrastruktur hijau.

SIMPULAN

Konsep *Sponge City* merupakan sebuah konsep yang dikembangkan dalam mengelola air khususnya dalam memitigasi resiko bencana banjir. Penerapan konsep tersebut di beberapa kota masih belum optimal, karena konsep *Sponge City* tidak hanya membutuhkan infrastruktur yang memadai, tetapi juga dukungan regulasi dan dokumen perencanaan yang harus disusun serta dianalisis secara menyeluruh. Konsep *Sponge City* perlu di sesuaikan dengan karakteristik wilayah, kebutuhan wilayah dan juga analisis wilayah yang detail. Sehingga kebutuhan pengendalian air dapat terencana dengan baik.

Konsep tersebut dilakukan dalam upaya menerapkan pembangunan yang berkelanjutan. Selain itu *green infrastructure* dapat dijadikan sebagai langkah awal dalam penerapan konsep *Sponge City* demi terciptanya pembangunan yang berkelanjutan. Kekurangan dalam penerapan konsep tersebut adalah bergantung terhadap nilai investasi yang diberikan untuk membangun infrastruktur yang dibutuhkan. Jika dilihat dari beberapa studi kasus yang dilakukan, konsep *Sponge City* merupakan sebuah konsep yang tidak mudah dan juga tidak murah. Konsep ini dirancang untuk memitigasi bencana banjir juga terintegrasi dengan pemanfaatan air di sebuah kota.

Penelitian ini menunjukkan bahwa konsep *Sponge City* memberikan pendekatan inovatif untuk mitigasi banjir dan pengelolaan air hujan melalui integrasi infrastruktur hijau dan abu-abu, namun implementasinya di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan, termasuk tingginya curah hujan, keterbatasan anggaran, dan kompleksitas koordinasi antar-pemangku kepentingan. Temuan dari literatur review menyoroti bahwa konsep ini perlu disesuaikan dengan kondisi iklim lokal, terutama dengan penyesuaian desain yang dapat menahan curah hujan ekstrem. Selain itu, model kolaborasi lintas sektoral yang diusulkan berperan penting dalam mendukung implementasi yang lebih efektif di kota-kota berkembang. Kontribusi penelitian ini terletak pada usulan adaptasi spesifik dan panduan kolaborasi yang relevan untuk konteks Indonesia, yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam menciptakan tata kota berkelanjutan di wilayah tropis. Penelitian ini memberikan wawasan baru bagi pembangunan perkotaan berkelanjutan dan menegaskan pentingnya integrasi infrastruktur dan kerja sama kelembagaan dalam menghadapi tantangan lingkungan perkotaan.

DAFTAR RUJUKAN

- Aisenberg Ferenhof, H., & Fabiano Fernandes, R. (2016). *DEMYSTIFYING THE LITERATURE REVIEW AS BASIS FOR SCIENTIFIC WRITING: SSF METHOD* (Issue 3). <https://www.researchgate.net/publication/325378194>
- Breed, C. A., Du Plessis, T., Engemann, K., Pauleit, S., & Pasgaard, M. (2023). Moving green infrastructure planning from theory to practice in sub-Saharan African cities requires collaborative operationalization. *Urban Forestry & Urban Greening*, 89, 128085. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128085>
- Fajrian, D. A. (2023). *Studi Ketahanan Air Dengan Konsep Sponge City (Studi Kasus: Kelurahan Kidul Dalem, Kecamatan Klojen, Kota Malang)*. 12(0341).
- Guan, X., Wang, J., & Xiao, F. (2021). Sponge city strategy and application of pavement materials in sponge city. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 303). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127022>

- Han, J., Wang, C., Deng, S., & Lichtfouse, E. (2023). China's sponge cities alleviate urban flooding and water shortage: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(3), 1297–1314. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01559-x>
- Israyanti, Uny, C., & Sriwulandari, M. (2024). DAMPAK PEMBANGUNAN KAWASAN INDUSTRI TERPADU TERHADAP DAYA DUKUNG DAN DAYA TAMPUNG LAHAN PERMUKIMAN (Studi Kasus: Kawasan Industri Terpadu Takalar). *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 1969–1996.
- Jia, H., Wang, Z., Zhen, X., Clar, M., & Yu, S. L. (2017). China's sponge city construction: A discussion on technical approaches. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 11(4), 18. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0984-9>
- Jiang, Y., Zevenbergen, C., & Fu, D. (2017). Can “Sponge Cities” Mitigate China's Increased Occurrences of Urban Flooding? *Aquademia: Water, Environment and Technology*, 1(1). <https://doi.org/10.20897/awet.201703>
- Jin, M., Lancia, M., Tian, Y., Viaroli, S., Andrews, C., Liu, J., & Zheng, C. (2022). The Role of Aquifers in Sustaining the Sponge City Concept in Chinese High-Density Housing. *Water (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/w14060929>
- Lennon, M. (2015). Green infrastructure and planning policy: a critical assessment. *Local Environment*, 20(8), 957–980. <https://doi.org/10.1080/13549839.2014.880411>
- Li, H., Ding, L., Ren, M., Li, C., & Wang, H. (2017a). Sponge City Construction in China: A Survey of the Challenges and Opportunities. *Water*, 9(9), 594. <https://doi.org/10.3390/w9090594>
- Li, H., Ding, L., Ren, M., Li, C., & Wang, H. (2017b). Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities. *Water (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/w9090594>
- Liu, Y., Guo, X., & Hu, F. (2014). Cost-benefit analysis on green building energy efficiency technology application: A case in China. *Energy and Buildings*, 82, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.008>
- Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Guo, W., & Wang, X. C. (2020). A new model framework for sponge city implementation: Emerging challenges and future developments. *Journal of Environmental Management*, 253(October 2019), 109689. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109689>
- Qiao, Z., Tian, G., Zhang, L., & Xu, X. (2014). Influences of Urban Expansion on Urban Heat Island in Beijing during 1989–2010. *Advances in Meteorology*, 2014, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2014/187169>
- Radjab, A. F. (2024). *BULETIN INFORMASI IKLIM*.
- Remondi, F., Burlando, P., & Vollmer, D. (2016). Exploring the hydrological impact of increasing urbanisation on a tropical river catchment of the metropolitan Jakarta, Indonesia. *Sustainable Cities and Society*, 20, 210–221. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.10.001>
- Reu Junqueira, J., Serrao-Neumann, S., & White, I. (2022). Using green infrastructure as a social equity approach to reduce flood risks and address climate change impacts:

- A comparison of performance between cities and towns. *Cities*, 131(March 2021), 104051. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104051>
- Rosyida, A., Aziz, M., Firmansyah, Y., Setiawan, T., Pangesti, K. P., & I., F. K. (2023). *Data Bencana Indonesia 2023*.
- Shih, W. Y. (2022). Socio-ecological inequality in heat: The role of green infrastructure in a subtropical city context. *Landscape and Urban Planning*, 226(June), 104506. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104506>
- Sun, Y., Deng, L., Pan, S.-Y., Chiang, P.-C., Sable, S. S., & Shah, K. J. (2020). Integration of green and gray infrastructures for sponge city: Water and energy nexus. *Water-Energy Nexus*, 3, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.03.003>
- Wang, H., Mei, C., Liu, J. H., & Shao, W. W. (2018). A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city. *Science China Technological Sciences*, 61(3), 317–329. <https://doi.org/10.1007/s11431-017-9170-5>
- Wang, Y., Liu, Z., Wang, G., & Xue, W. (2021). Cellular automata based framework for evaluating mitigation strategies of sponge city. *Science of the Total Environment*, 796, 148991. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148991>
- Xu, Y.-S., Shen, S.-L., Lai, Y., & Zhou, A.-N. (2018). Design of sponge city: Lessons learnt from an ancient drainage system in Ganzhou, China. *Journal of Hydrology*, 563, 900–908. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.075>
- Yang, D., Zhao, X., & Anderson, B. C. (2022). Integrating Sponge City Requirements into the Management of Urban Development Land: An Improved Methodology for Sponge City Implementation. *Water (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/w14071156>
- Zeng, C., Aboagye, E. M., Li, H., & Che, S. (2023a). Comments and recommendations on Sponge City — China’s solutions to prevent flooding risks. *Heliyon*, 9(1), e12745. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12745>
- Zeng, C., Aboagye, E. M., Li, H., & Che, S. (2023b). Comments and recommendations on Sponge City — China’s solutions to prevent flooding risks. *Heliyon*, 9(1), e12745. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12745>
- Zuniga-Teran, A. A., Gerlak, A. K., Mayer, B., Evans, T. P., & Lansey, K. E. (2020). Urban resilience and green infrastructure systems: towards a multidimensional evaluation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 44, 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.05.001>