

EVALUASI PEMBANGUNAN IKN BERDASARKAN KEBERHASILAN *SPONGE CITY* DI CHINA

**Khairi Ahza Hail Keliwar^{1*}, Zuhalfi Akbar Rinda², Mh Nateq Nouri³,
Vivian Alvianti⁴, & Dhea Ananda Putri⁵**

^{1,2,3,4,5}Institut Teknologi Bandung, Indonesia

*e-mail korespondensi: keliwarkhairi@gmail.com

Abstract: The relocation of the capital city (IKN) to East Kalimantan, as regulated by Law Number 3 of 2022, will drive massive development in the region. However, the province of East Kalimantan, which is prone to flooding, requires a special approach such as the implementation of the Sponge City concept to minimize flood risks and support the sustainable development of IKN. This research aims to provide recommendations for the effective implementation of Sponge City infrastructure to address flood issues in IKN through a comparative study of the application of the Sponge City concept in China. Secondary data is used in this research, covering variables such as topography, climate, area size, rainfall, annual flood frequency, and the objectives of the capital city. The methods used include a comparative study with cluster analysis to compare city characteristics, performance analysis to assess effectiveness, and descriptive analysis to provide recommendations for the implementation of Sponge City in IKN. The results indicate that Nanjing and Haikou in China serve as benchmarks, with retention ponds, green roofs, and wetlands being effective infrastructures for flood management. Wetlands are considered the most economical and effective infrastructure to implement in IKN due to their lower maintenance costs compared to retention ponds and green roofs.

Keywords: sponge city, flood control infrastructure, capital city

Abstrak: Pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) ke Kalimantan Timur, sebagaimana diatur oleh Undang-Undang Nomor 3 tahun 2022, akan mendorong pembangunan masif di wilayah tersebut. Namun, Provinsi Kalimantan Timur yang rawan bencana banjir memerlukan pendekatan khusus seperti penerapan konsep Kota Spons untuk meminimalisir risiko banjir dan mendukung keberlanjutan pembangunan IKN. Metode yang digunakan adalah studi komparatif dengan analisis kluster untuk komparasi karakteristik kota, analisis performa untuk menilai efektivitas, dan analisis deskriptif untuk memberikan rekomendasi penerapan Kota Spons di IKN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kota Nanjing dan Kota Haikou di China menjadi acuan perbandingan, dengan infrastruktur kolam retensi, atap hijau, dan lahan basah yang efektif mengatasi banjir. Infrastruktur lahan basah dinilai paling ekonomis dan efektif untuk diterapkan di IKN karena biaya perawatannya lebih rendah dibanding kolam retensi dan atap hijau. Sehingga evaluasi infrastruktur Kota Spons di negara China yang telah dilakukan, hasilnya akan dijadikan dasar sebagai perbandingan penerapan infrastruktur Kota Spons yang efektif dalam mengatasi permasalahan banjir di IKN.

Kata Kunci: kota spons, infrastruktur pengendalian banjir, ibu kota negara

Copyright (c) 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

PENDAHULUAN

Indonesia resmi memindahkan Ibu Kota Negara (IKN) ke Kalimantan Timur yang ditandai dengan pengesahan Undang-Undang Nomor 3 tahun 2022 yang mengatur

tentang Ibu Kota Negara. Pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) dari Jakarta ke Kalimantan Timur didorong oleh berbagai faktor, termasuk karakteristik Jakarta yang mengalami tingkat kemacetan tinggi, kepadatan penduduk yang berlebihan, dan seringnya terjadi banjir yang mengakibatkan kerugian ekonomi serta sosial (Machmud & Nouri, 2024). Pemindahan IKN ini akan mendorong pembangunan yang masif, khususnya pada wilayah utama IKN serta di sekitar lokasi IKN (Nwafor, 1980). Pembangunan infrastruktur sangat penting untuk pemerataan ekonomi wilayah, karena dapat meningkatkan konektivitas, mengurangi kesenjangan, dan mendorong pertumbuhan ekonomi yang lebih merata di seluruh daerah (Nouri et al., 2024). Lokasi IKN ini sendiri masih tertutup area hutan, oleh sebab itu masih perlu perhatian lebih mendalam dan menyeluruh sehingga dapat mendukung rencana pembangunan IKN dengan baik (Suprayitno et al., 2020). Pembangunan infrastruktur dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam penggunaan lahan yang mengakibatkan degradasi lahan di sekitarnya (Nouri et al., 2020). Sebagaimana diketahui kegiatan pembangunan pada IKN dapat meningkatkan peluang terjadinya bencana banjir karena perubahan kondisi lingkungan (Nguyen et al., 2019; Arief Rosyidie, 2013). Provinsi Kalimantan Timur sendiri termasuk salah satu wilayah yang rawan terhadap bencana banjir (Ali Hakim et al., 2020) dalam (Rahmat et al., 2021). Permasalahan banjir yang timbul dapat ditangani melalui perlindungan banjir tambahan yang mendorong infiltrasi dan penyimpanan air hujan selama curah hujan tinggi demi mencegah terlampauinya kapasitas penyimpanan sistem drainase untuk mengatasi banjir air permukaan perkotaan (Chan et al., 2018).

Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan secara khusus untuk meminimalisir terjadinya bencana banjir di IKN. Menjawab hal tersebut, maka pada Lampiran II UU Nomor 3 tahun 2022 menjelaskan penerapan konsep Kota Spons di IKN sebagai upaya untuk mengembalikan siklus alami air yang berubah karena pembangunan. Penerapan konsep kota Kota Spons pada kawasan IKN diharapkan mampu menjawab permasalahan bencana banjir. Konsep kota ini dimaksudkan untuk menyimpan air sebagai tambahan ketersediaan air dan pengurangan bahaya banjir, pemurnian air hujan dan pelestarian ekologi, meningkatkan sistem drainase tradisional, serta efisiensi sistem sumber daya (Chan et al., 2018; Wang et al., 2018). Kota Spons digunakan untuk mengatasi banjir air permukaan perkotaan melalui pelemahan limpasan puncak dan konservasi air serta meningkatkan sistem drainase tradisional dengan menggunakan infrastruktur yang lebih tahan banjir (Zhang, 2022; Chan et al., 2018).

Konsep Kota Spons merupakan suatu terobosan perencanaan kota yang mendorong

pengurangan genangan air perkotaan, pengendalian polusi air perkotaan, dan pemanfaatan sumber daya air hujan, pemulihan degradasi ekologis air perkotaan, serta pengelolaan sumber daya air perkotaan dan manajemen resiko banjir (Xia et al., 2017; Wang et al., 2018). Kota Spons dalam kaitannya untuk memanejemen resiko bencana banjir memiliki infrastruktur pengelolaan antara lain perkerasan permeable, atap hijau, biotensi kompleks, kolam buatan, lahan basah buatan, taman hujan, *bio-swales*, dan vegetasi penyangga (Kementerian Perumahan, Pengembangan Kota-Desa China. 2014). Lebih lanjut Chan et al., (2018) membedakan fungsi masing-masing infrastruktur tersebut dalam pengendalian bencana banjir yaitu sebagai penyimpanan air, infiltrasi, pengurangan puncak, pemurnian air, dan peningkatan ekologis. Konsep Kota Spons pada skala lebih besar akan lebih mudah diimplementasikan ketika mampu mengintegrasikan beberapa langkah berikut (Nguyen et al., 2020). Pertama mengidentifikasi area yang cocok untuk pembangunan Kota Spons. Kedua membandingkan infrastruktur hijau, pembangunan perkotaan, dan skenario perubahan iklim. Ketiga mensimulasikan cara terbaik untuk mengurangi limpasan air hujan, mengurangi banjir dan meningkatkan kualitas air. Terakhir memastikan konsep Kota Spons ramah lingkungan.

Namun demikian, penerapan konsep Kota Spons yang masih jarang digunakan sehingga panduan untuk menerapkan konsep tersebut masih terbatas (Jia et al., 2017). Oleh karena itu, dalam tulisan ini kami mencoba melakukan studi perbandingan antara implementasi penerapan konsep Kota Spons di China dalam mengatasi permasalahan banjir yang akan diterapkan di lokasi IKN, Kalimantan Timur. Sehingga melalui tulisan akan memuat rekomendasi pembangunan dengan konsep Kota Spons di IKN yang diperoleh melalui hasil analisis.

METODE

Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber, termasuk penelitian Nguyen, dkk., (2020); Chen S., dkk., (2021); Xie M., dkk (2022); dan Bappenas, (2020). Data ini mencakup berbagai variabel yang relevan untuk analisis penerapan konsep Kota Spons di IKN, dengan demikian variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan Sumber Data Penelitian

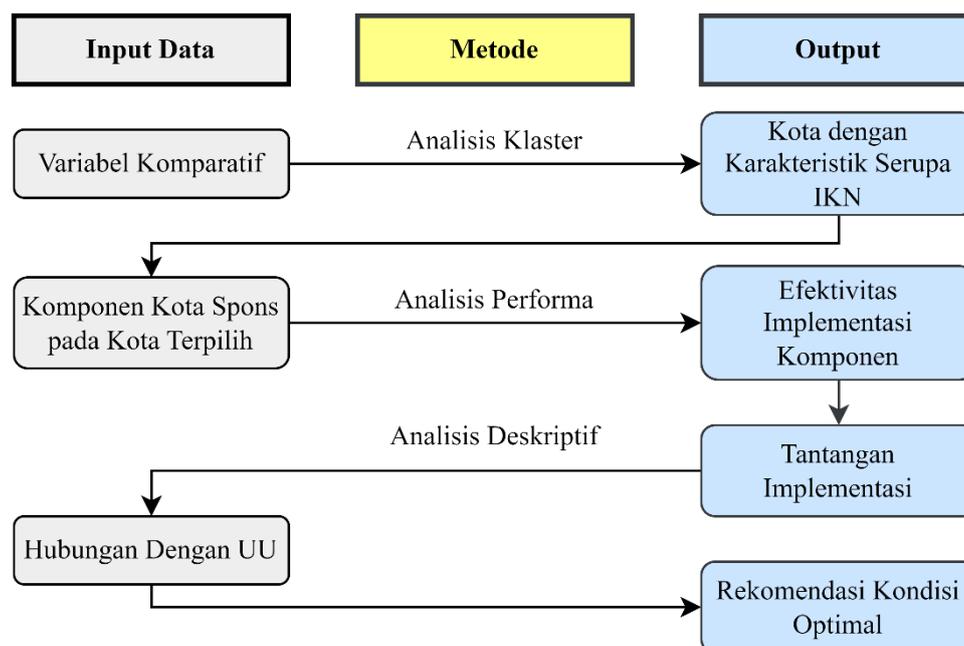
No.	Variabel	Sub Variabel	Keterangan	Sumber Data
1	Karakteristik Perkotaan China:	Fisik a.Topografi	Mengacu pada bentuk dan fitur fisik permukaan tanah	Nguyen, dkk., (2020); Chen S.,

		di perkotaan China	dkk., (2021); Xie M., dkk (2022); Bappenas, (2020)
	b. Iklim	Menggambarkan kondisi cuaca rata-rata di perkotaan China	
	c. Luasan Wilayah	Menunjukkan luas geografis dari area perkotaan di China	
	d. Curah Hujan	Jumlah rata-rata hujan yang diterima perkotaan China.	
	e. Frekuensi Banjir per Tahun	Jumlah kejadian banjir yang terjadi setiap tahun di perkotaan China.	
2	Tujuan Pembangunan Ibu Kota Negara		Kementerian PPN/Bappenas, (2020)

Berdasarkan Tabel 1 menjelaskan dua kelompok variabel yang penting dalam studi terkait pembangunan perkotaan dan ibu kota negara. Variabel pertama adalah "Karakteristik Fisik Perkotaan China," yang mencakup sub-variabel seperti topografi, iklim, luasan wilayah, curah hujan, dan frekuensi banjir per tahun. Topografi mengacu pada bentuk dan fitur fisik permukaan tanah di perkotaan China, iklim menggambarkan kondisi cuaca rata-rata, luasan wilayah menunjukkan ukuran geografis area perkotaan, curah hujan mencatat jumlah rata-rata hujan yang diterima, dan frekuensi banjir mengindikasikan jumlah kejadian banjir per tahun.

Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini meliputi analisis kluster, analisis performa dan analisis deskriptif. Metode ini bertujuan untuk menjawab sasaran dalam penelitian ini.



Gambar 1. Tujuan Ibu Kota Negara

Menentukan sifat dan karakteristik kesamaan variabel fisik dengan analisis cluster

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan komparasi kondisi fisik beberapa kota di Cina dengan kondisi fisik IKN. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian implementasi konsep Kota Spons di Cina dengan kondisi fisik di IKN (Zhang, 2022). Kondisi fisik yang dipertimbangkan berupa kondisi topografi, iklim, luasan wilayah, rata-rata curah hujan dan frekuensi hujan per tahun. Pencarian basis data dilakukan dengan studi literatur yang berasal dari berbagai sumber dengan batasan pengambilan data minimal tahun 2014, dimana tahun ini dipilih sebagai titik awal dimulainya program Kota Spons (Wang et al., 2018). Analisis yang dilakukan untuk mengklasifikasikan objek yang memiliki sifat dan karakteristik yang dekat kesamaan menggunakan analisis cluster. Proses analisis cluster mencoba menemukan hubungan topografi, iklim, luasan wilayah, rata-rata curah hujan dan frekuensi hujan per tahun pada beberapa kota di Cina dan IKN ke dalam kumpulan objek. Untuk menentukan ukuran kemiripan antara objek dilakukan berdasarkan nilai setiap objek pada masing-masing variabel yang diteliti. Lalu dengan metode hirarki objek akan dikelompokkan dengan kemiripan yang paling dekat. Pengelompokan ini memiliki tingkatan kedekatan yang dideskripsikan pada dendrogram yang menggambarkan tingkat kemiripan dari objek yang memiliki kemiripan paling dekat hingga yang paling tidak memiliki kemiripan (Bridges, 1966).

Evaluasi Komponen Infrastruktur Kota Spons Dalam Pengendalian Banjir

Metode evaluasi digunakan untuk menganalisis optimalisasi pengelolaan limpasan banjir di IKN, teknik ini mengevaluasi kinerja fasilitas Kota Spons yang telah terbangun di Cina (Nguyen et al., 2019). Dalam menganalisis kinerja yang berperan mengatasi banjir perkotaan di Cina, variabel pertimbangan efektifitas fasilitas infrastruktur dan biaya penerapan infrastruktur Kota Spons bertujuan untuk kesesuaian fasilitas yang akan diterapkan di IKN. Variabel tingkat efektifitas pernguangan limpasan berupa; volume limpasan, limpasan puncak dan kontrol polutan berperan mengevaluasi kesuksesan fasilitas Kota Spons yang telah diterapkan di Cina. Penilaian ini memberikan peran ganda untuk mengidentifikasi kesuksesan dan memberikan umpan balik fungsi penerapan fasilitas infrastruktur Kota Spons. Hasilnya penelitian ini akan menentukan fasilitas prioritas yang memiliki tingkat efektifitas tinggi dalam mengurangi volume limpasan, limpasan puncak dan kontrol polutan dan mengeliminasi variabel yang tidak efektif diterapkan (Yao et al., 2022). Selanjutnya, analisis deskriptif membahas hubungan antara konsep Kota Spons yang dituangkan dalam UU No 3 Tahun 2022, antara program IKN dengan efektivitas infrastruktur Kota Spons.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Gambaran Umum Perkotaan Kota Spons di China

Selama satu dekade terakhir, populasi perkotaan Cina telah tumbuh menjadi 52,4% pada tahun 2015 dari 42,5% pada tahun 2005. Area pembangunan juga meningkat sebesar 17.252 km². Ini kira-kira sama dengan penambahan 165 juta orang yang tinggal di daerah perkotaan dalam satu dekade (Jia et al., 2017). Sebelum tahun 1970, sekitar 70% kota di China mengalami kelangkaan air sehingga teman kebijakan adalah air dan drainase. Setelah itu, selama 40 tahun terakhir, China mengalami industrialisasi yang diikuti dengan urbanisasi yang sangat tinggi. Sebagai hasilnya, masalah terkait air menjadi semakin rumit yang mencakup ekologi perairan di perkotaan. Sehingga pemerintah China kemudian menyadari pentingnya menangani isu pengelolaan air di perkotaan China.

Urbanisasi di China, dengan tingkat urbanisasi meningkat dari 17,55% pada tahun 1977 menjadi 60,60% pada tahun 2019, mendorong pembangunan infrastruktur kota. Namun, pemanfaatan dan pembangunan infrastruktur air yang berlebihan dapat menyebabkan kekurangan air, polusi, dan degradasi layanan ekosistem air secara

keseluruhan. Perencanaan kota yang tidak ilmiah juga menciptakan banyak bangunan, sekaligus membatasi ruang hijau kota, drainase, dan kemampuan pengumpulan air hujan (Yang et al., 2020). Akibatnya hujan tidak memenuhi kebutuhan kota-kota modern dan menyebabkan kota-kota tersebut memiliki banyak masalah mengenai ekologi perairan. Sehingga Republik China mengawali pembuatan konsep Kota Spons yang sebagian besarnya dimotivasi oleh kegagalan infrastruktur “abu-abu” konvensional pengendalian banjir dan sistem pengelolaan air hujan.

Sasaran Kota Spons di China adalah menyerap dan menggunakan kembali 70% air hujan di perkotaan dengan membangun atau memperbaiki sistem permukaan tidak kedap air untuk infiltrasi, menampung, dan memurnikan air hujan serta mengganti sistem infrastruktur yang kedap air (Jia et al., 2017). Hal ini dinyatakan dalam arahan pembangunan oleh pemerintah dimana sebesar 20% luasan kawasan perkotaan China harus dapat menyerap, menampung, dan menggunakan kembali 70% dari air hujan pada tahun 2020. Langkah yang dilakukan pemerintah China dalam menerapkan Kota Spons didasari oleh 2 faktor yakni infrastruktur dan faktor geologi. Infrastruktur air perkotaan di China masih kurang efisien, dimana infrastruktur tidak dapat mencapai target dalam mencegah genangan air, drainase kecil masih banyak ditemukan berfungsi juga sebagai saluran air limbah. Sedangkan faktor geologi yakni banyak bagian wilayah China terpengaruh oleh musim Moonson, sehingga ancaman banjir masih dominan bagi kota China, apalagi sebagian besar dari wilayah tersebut berada di dataran rendah yang rentan terhadap genangan.

Gambaran Umum Ibu Kota Negara di Indonesia

Berdasarkan UU IKN Nomor 3 Tahun 2022, prinsip dasar pengembangan kawasan dalam Ibu Kota Negara (IKN) didasarkan pada 8 (delapan) prinsip pembangunan yang mengedepankan alam, teknologi, dan keberlanjutan. Perencanaan IKN dijalin dengan konsep berkelanjutan untuk menyeimbangkan ekologi alam, lingkungan terbangun, dan sistem sosial secara harmonis. Selain itu, prinsip dasar pengembangan IKN juga menjaga kemungkinan buruknya dampak urbanisasi serta cuaca ekstrem yang dapat meningkatkan kerentanan dan resiko bencana. Sehingga prinsip dasar dari pengembangan IKN akan memadukan tiga konsep perkotaan yakni *forest city*, *Kota Spons*, dan *smart city*.

Konsep dan elemen Kota Spons diterapkan secara luas di IKN terutama untuk mengembalikan siklus alami air yang berubah karena pembangunan. Penerapan konsep ini akan memberikan manfaat pemanfaatan air seperti tambahan ketersediaan air,

pengurangan bencana banjir, pelestarian ekologi, dan lain-lain. Oleh sebab itu terdapat tiga tujuan IKN sebagai Kota Spons antara lain kota kepulauan, kota penyerap, dan kota terpadu. Pada Tabel 2 berikut menjelaskan rincian mengenai tujuan IKN sebagai Kota Spons. Tujuan ini penting dipahami pada penelitian ini sebagai landasan penentuan infrastruktur yang tepat untuk Kota Spons di IKN.

Tabel 2. Tujuan Ibu Kota Negara Sebagai Kota Spons

Kota Nusantara (Archipelago City)	Kota Berdaya Serap (Absorbent City)	Kota Integrasi (Integrated City)
Koridor hijau dan biru menjadi landasan struktur pembentuk kota. Koridor hijau dan biru menghubungkan kota ke alam, gunung, lautan, terintegrasi ke rancangan kota untuk memelihara dan melestarikan keanekaragaman hayati dan menunjang ketersediaan air bersih.	Koridor hijau dan biru pada skala kecamatan akan menangkap limpasan kota dan menjadi koridor fauna sekunder. Limpasan kota dikumpulkan dan dialirkan ke taman kota. Taman tersebut dirancang sebagai ruang terbuka hijau yang dinamis dan bersifat seperti spons, sehingga air hujan bersih dapat diserap untuk mengisi dan mengumpulkan air tanah serta mengalirkan air bersih ke koridor ekologis.	Elemen skala kelurahan hingga blok dipadukan untuk memperlambat aliran air, mengumpulkan air hujan, meningkatkan daya serap tanah
Skala Kota	Skala Kecamatan	Skala Kelurahan

Sumber: Kementerian PPN/Bappenas, (2020)

Selain tujuan IKN sebagai Kota Spons diatas, terdapat pula 3 prinsip dasar dalam mengimplementasi Kota Spons di IKN. Prinsip pertama adalah konsep Kota Spons IKN memastikan tidak ada tambahan limpasan permukaan sebagai akibat dari penambahan luas lingkungan terbangun. Lingkungan alami akan lebih mampu menahan dan menyerap air hujan ke tanah. Contoh pendekatan yang digunakan untuk mengurangi limpasan permukaan adalah menahan air dari skala permukiman agar tidak langsung masuk ke dalam saluran drainase. Prinsip kedua adalah konsep Kota Spons memaksimalkan peresapan air hujan. Kawasan IKN perlu dibangun untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah secara maksimal. Contohnya dapat dilakukan dengan pembangunan RTH yang tersebar luas dan terdistribusi merata serta dapat berfungsi sebagai taman hujan (*rain garden*). Prinsip terakhir adalah konsep Kota Spons harus dapat memanfaatkan air hujan. Ruang terbuka biru perlu dirancang secara satu kesatuan hidrologis, dengan tujuan untuk menahan dan menyimpan air serta meningkatkan kualitas ekologi perairan IKN.

Isu dan Persoalan Kota Spons di China

Banjir air permukaan saat ini dipandang sebagai masalah terkait air paling serius di banyak negara besar China kota karena urbanisasi yang cepat, perubahan penggunaan lahan dan proses pembangunan sosial ekonomi yang cepat. Pada tahun 2014, Republik

Rakyat Tiongkok menetapkan konsep '*Spons City*', yang akan digunakan untuk mengatasi banjir air permukaan perkotaan dan masalah pengelolaan air perkotaan terkait, seperti pemurnian limpasan perkotaan, pelemahan limpasan puncak, dan konservasi air (Chan et al., 2018). Masalah lain yang perlu diselesaikan adalah kemungkinan interaksi antara kebijakan dan manajemen terkait dengan pembangunan sosial-ekonomi atau perkotaan. Misalnya, China saat ini telah mengadopsi banyak inisiatif kebijakan, seperti kota pintar, kota ramah lingkungan, kota rendah karbon selain Kota Spons (Jiang, Zevenbergen, and Ma 2018). Sehingga diperlukan integrasi kebijakan yang diterapkan di perkotaan selain penerapan spons city. China saat ini sedang dalam proses mengimplementasikan inisiatif kebijakan disebut Kota Spons untuk secara holistik mengatasi banjir pluvial perkotaan mempromosikan pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dengan pengurangan lingkungan dampak. Inisiatif ini didasarkan pada pemahaman ilmiah tentang hidrologi perkotaan dan pengelolaan air hujan yang berkelanjutan. Sehingga pada Pada bulan Oktober 2014 Kementerian Perumahan China dan *Urban-Rural Construction* (MHURC) mengeluarkan draf petunjuk teknis pembangunan Kota Spons (Jia et al., 2017) sebagai langkah awal mengatasi banjir air permukaan perkotaan.

Isu dan Persoalan Kota Spons di Ibu Kota Negara

Ibu Kota Baru yang terletak di Kabupaten Penajam Paser Provinsi Kalimantan Timur memiliki beberapa isu kebencanaan antara lain adalah Rawan banjir pada wilayah yang dekat dengan hulu DAS serta ketersediaan sumber daya air rendah (Kurniadi, 2019). Provinsi Kalimantan Timur sendiri memiliki pengembangan daerah perkotaan dengan perubahan tutupan vegetasi, tanah menjadi permukaan kedap air dengan kapasitas penyimpanan air kecil atau tidak ada. Terakhir kali diketahui banjir terjadi pada bulan Agustus Tahun 2019 di Samarinda belum bisa ditangani dengan baik (Sanjaya, 2020). Sehingga berdasarkan Lampiran II Undang-Undang Republik Indonesia Tahun 2022 Tentang Ibu Kota Negara disebutkan pengembangan Kawasan IKN akan memadukan tiga konsep perkotaan, yaitu IKN sebagai kota hutan atau *forest city*, Kota Spons atau *sponge city*, dan kota cerdas atau *smart city*. Konsep dan elemen Kota Spons diterapkan secara luas di IKN terutama untuk mengembalikan siklus alami air yang berubah karena pembangunan sehingga bahaya banjir akan berkurang.

Penerapan Konsep Kota Spons di Ibu Kota Negara

Penerapan konsep Kota Spons di IKN perlu mempertimbangkan kondisi fisik yang ada. Sesuai dengan penetapan kondisi fisik yang telah dilakukan sebelumnya melalui

hasil analisis literatur, penelitian ini akan melihat dari aspek topografi, iklim, luasan wilayah, curah hujan, serta dengan frekuensi banjir tahunannya. Tabel 3 adalah tabel yang membantu membandingkan IKN dengan *sponge city* di China berbagai variabel kondisi fisik yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Tabel 3. Data Variabel Kondisi Fisik

Kota	Variabel				
	Topografi (m)	Iklim	Luasan Wilayah (Km ²)	Curah Hujan (mm/tahun)	Frekuensi Banjir Per Tahun
IKN	219	Tropis	2.561,42	2.732	Sedang
Guangzhou	22	Sub-tropis	7.434	2.123	Tinggi
Nanning	127	Sub-tropis	22.189	1.304,2	Sedang
Shanghai	5	Sub-tropis	6.340	1.200	Rendah
Nanjing	29	Sub-tropis	1.398,69	1.106	Tinggi
Hangzhou	21	Sub-tropis	16.847	1.400	Tinggi
Haikou	41	Tropis	2.237	1.664	Rendah

Sumber: Nguyen, dkk., (2020); Chen S., dkk., (2021); Xie M., dkk (2022); Bappenas, (2020)

Berdasarkan tabel tersebut, wilayah IKN dibandingkan dengan 6 kota dengan karakteristik *sponge city* di China. Diketahui bahwa mayoritas kota – kota China yang ditetapkan sebagai pembanding berada pada dataran rendah dengan sebagian besarnya juga memiliki iklim sub-tropis. Wilayah IKN memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa *sponge city* di China. Selain itu, diketahui bahwa kota – kota dengan curah hujan tinggi (1.500 – 3.000 mm/tahun) tidak selalu memiliki frekuensi banjir yang tinggi. Sehingga faktor seperti infrastruktur pengelolaan air dan tata kota memainkan peran penting dalam pengaruh frekuensi banjir tahunannya.

Analisis Klaster Karakteristik Perkotaan

Agglomeration Schedule dan *Dendogram Clustering* Komparatif Kota-Kota Spons adalah metode yang digunakan untuk mempresentasikan analisis klaster perkotaan di China. *Agglomeration Schedule* menggambarkan proses penggabungan klaster secara bertahap, menampilkan klaster yang digabungkan, koefisien jarak atau kesamaan, dan tahap kemunculan pertama serta selanjutnya dari klaster tersebut. *Dendogram Clustering*, di sisi lain, adalah representasi visual dari proses pengelompokan ini, menampilkan hubungan hierarkis antara klaster-klaster berdasarkan kesamaan karakteristik seperti topografi, iklim, luas wilayah, curah hujan, dan frekuensi banjir per tahun.

Berdasarkan Tabel 4 menampilkan jadwal aglomerasi dalam analisis klaster, yang menggambarkan proses penggabungan klaster selama tahap-tahap tertentu. Setiap baris menunjukkan tahap penggabungan, klaster yang digabungkan (Cluster 1 dan Cluster 2),

koefisien yang menunjukkan jarak atau kesamaan antara klaster yang digabungkan, tahap pertama munculnya klaster tersebut, dan tahap selanjutnya. Misalnya, pada tahap 1, klaster 5 dan 7 digabungkan dengan koefisien 1014276,656, dan klaster 5 serta 7 tidak muncul pada tahap sebelumnya. Penggabungan ini berlanjut hingga tahap terakhir, di mana klaster 1 dan 3 digabungkan dengan koefisien 254511685,555.

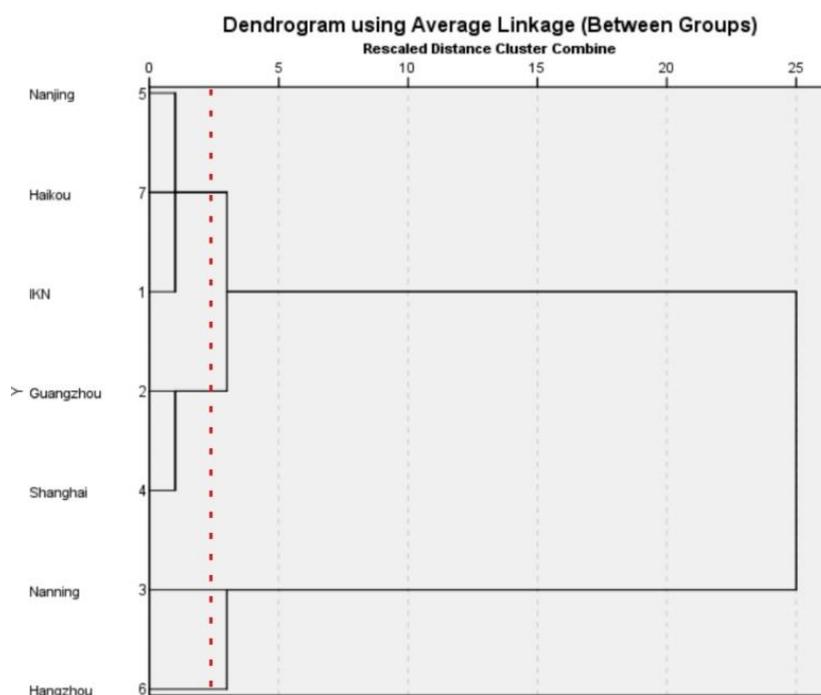
Tabel 4. Agglomeration Schedule

Agglomeration Schedule							
Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage	
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2		
	1	5		7	1014276,656		0
2	2	4	2049058,000	0	0	4	
3	1	5	2654738,195	0	1	4	
4	1	2	24496423,331	3	2	6	
5	3	6	28557378,640	0	0	6	
6	1	3	254511685,555	4	5	0	

Sumber: Hasil Analisis SPSS, 2022

Berdasarkan Tabel 4 hasil analisis klaster pada dari Ibu Kota Negara (IKN) dan enam kota di China yang memiliki karakteristik serupa dalam hal topografi wilayah, iklim, luas wilayah, curah hujan, dan frekuensi banjir per tahun, terbentuklah empat klaster perkotaan. Dalam analisis tersebut, IKN berada dalam klaster yang sama dengan kota Nanjing dan Haikou di China, sehingga kedua kota ini dapat menjadi acuan dalam menentukan elemen infrastruktur Kota Spons yang akan diterapkan di IKN.

Dendogram digunakan untuk melihat anggota dari klaster yang telah terbentuk. Dari gambar di atas diketahui terdapat empat klaster yang terbentuk berdasarkan karakteristik fisik perkotaan. Klaster 1 terdiri dari Kota Nanjing, Kota Haikou, dan Ibu Kota Negara (IKN). Ketiga kota ini menunjukkan tingkat kesamaan yang tinggi dalam hal topografi, iklim, luas wilayah, curah hujan, dan frekuensi banjir per tahun, sehingga mereka dikelompokkan bersama dalam satu klaster. Berikut Gambar 2 mengilustrasikan diagram Dendogram klaster yang telah terbentuk.



Gambar 2. Dendrogram Clustering Komparatif Kota Kota Spons

Sumber: Hasil Analisis SPSS, 2022

Penerapan konsep Kota Spons di Nanjing dan Haikou dapat menjadi acuan penting dalam mengimplementasikan konsep serupa di IKN. Karena ketiga kota ini berada dalam kluster yang sama, solusi infrastruktur yang berhasil di Nanjing dan Haikou kemungkinan besar juga akan efektif diterapkan di IKN. Dengan demikian, studi komparatif ini dapat membantu merancang dan mengoptimalkan elemen-elemen Kota Spons di IKN, memastikan keberlanjutan dan efisiensi dalam menghadapi tantangan lingkungan yang serupa.

Pembahasan

Evaluasi Komponen Infrastruktur Kota Spons Dalam Pengendalian Banjir

Infrastruktur Kota Spons yang akan diterapkan memiliki fungsi dan aplikasinya masing-masing dalam pengendalian banjir yakni sebagai berikut : 1) Bioretensi memanfaatkan tanaman dan tanah untuk menahan sebagian limpasan air hujan, sekaligus menambah ruang hijau untuk memperindah lingkungan kota. Bioretensi memiliki fungsi utama untuk infiltrasi dan pemurnian air sehingga memiliki efektifitas tinggi dalam menampung volume limpasan air hujan sedangkan untuk menampung limpasan puncak dan kontrol polutan memiliki efektivitas sedang dengan biaya operasional sedang dan biaya perawatan rendah; 2) Taman hujan, berfungsi untuk meningkatkan sistem penyerapan kembali limpasan hujan oleh tanah serta digunakan untuk mengolah limpasan air hujan yang tercemar. Fungsi utama dari taman hujan adalah sebagai

pemurnian dan pemanenan air hujan dengan efektivitas efektifitas tinggi dalam menampung volume limpasan air hujan sedangkan untuk menampung limpasan puncak dan kontrol polutan memiliki efektivitas rendah dan sedang dengan biaya operasional tinggi dan biaya perawatan sedang; 3) Atap hijau, mengurangi limpasan air hujan diatap serta meningkatkan tingkat penghijauan perkotaan. Atap hijau juga dapat mengurangi efek *urban heat island* di sebuah perkotaan dengan mengurangi konsumsi energi bangunan. Selain itu, atap hijau juga dapat memurnikan air hujan untuk menghemat penggunaan sumber daya air dengan biaya operasional tinggi dan biaya perawatan sedang; 4) Perkerasan permeable, berfungsi untuk mengurangi limpasan air hujan dan dampak limpasan badai di jalan secara signifikan dengan biaya operasional tinggi dan biaya perawatan sedang; 5) Bio-swale, berfungsi untuk mengumpulkan dan memurnikan limpasan di jalan dan membuangnya ke jaringan perpipaan kota untuk membentuk sistem drainase alami perkotaan dengan biaya operasional dan biaya perawatan rendah; 6) Lahan basah, yaitu salah satu sistem pemurnian air alami di perkotaan dengan konsumsi energi yang rendah, mudah dikelola dan dapat menyediakan habitat bagi organisme. Lahan basah memiliki fungsi utama untuk penyimpanan dan pemurnian air hujan dengan biaya operasional tinggi dan biaya perawatan sedang; 7) Parit penahan banjir, berfungsi untuk menahan aliran air dari daerah hulu akibat hujan lebat untuk disalurkan ke jaringan drainase terdekat dengan biaya operasional dan perawatan rendah; 8) Kolam retensi, berfungsi sebagai fasilitas penahan limpasan air hujan. Setelah aliran maksimum turun limpasan akan perlahan-lahan disalurkan ke area disekitarnya. Kolam retensi memiliki efektivitas paling tinggi dengan biaya operasional tinggi dan biaya perawatan sedang; 9) Vegetasi penyangga, yaitu deretan vegetasi yang ditanam disamping bangunan dan jalan untuk menjaga stabilitas aliran limpasan air hujan dengan biaya operasional dan perawatan rendah; 10) Sistem drainase diperlukan untuk diintegrasikan dengan infrastruktur Kota Spons lainnya dalam rangka mengurangi resiko drainase perkotaan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka diketahui komponen infrastruktur dengan nilai efektivitas paling tinggi dalam mengendalikan bencana banjir yaitu kolam retensi dengan nilai efektivitas sebesar 9, serta atap hijau dan lahan basah dengan nilai efektivitas sebesar 8. Namun demikian, biaya yang diperlukan dalam pengoperasian dan perawatan termasuk lebih mahal dibandingkan dengan infrastruktur Kota Spons lainnya. Untuk biaya infrastruktur kolam retensi dan atap hijau memiliki biaya operasional yang tinggi dan biaya perawatan yang cukup tinggi. Sementara itu, biaya infrastruktur pada lahan basah memiliki biaya operasional yang cukup tinggi dan biaya perawatan yang

rendah. Sehingga menurut peneliti, infrastruktur lahan basah yang paling efektif dan ekonomis untuk diterapkan di lokasi IKN.

Infrastruktur Kota Spons dengan nilai efektivitas paling rendah yaitu vegetasi penyangga dengan nilai efektivitas sebesar 4 dan parit penahan banjir dengan nilai efektivitas sebesar 5. Di sisi lain, kedua infrastruktur tersebut sejalan dengan biaya operasional dan perawatan yang relatif rendah jika dibandingkan dengan infrastruktur Kota Spons lainnya.

Tabel 5. Efektifitas Komponen Infrastruktur Kota Spons dalam Pengendalian Banjir

Fasilitas	Fungsi Fasilitas Utama						Efektifitas			Biaya		
	Infiltrasi	Penahanan	Penyimpanan	Pemurnian	Memanen	Drainase	Volume Limpasan	Limpasan Puncak	Kontrol Polutan	Total	Operation	Mantain
Bioretention	✓			✓			3	2	2	7	Cukup Tinggi	Rendah
Bio-swale	✓	✓	✓			✓	3	1	2	6	Cukup Tinggi	Rendah
Taman Hujan				✓	✓		3	2	2	7	Tinggi	Cukup Tinggi
Parit Penahan Banjir		✓					1	3	1	5	Rendah	Rendah
Kolam Retensi		✓	✓		✓		3	3	3	9	Tinggi	Cukup Tinggi
Perkerasan Permeabel	✓						2	2	3	7	Tinggi	Cukup Tinggi
Atap Hijau	✓	✓	✓				3	2	3	8	Tinggi	Cukup Tinggi
Lahan Basah			✓	✓			3	3	2	8	Cukup Tinggi	Rendah
Vegetasi Penyangga				✓			1	1	2	4	Rendah	Rendah

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tabel 5 menunjukkan berbagai komponen infrastruktur yang digunakan dalam konsep Kota Spons untuk pengendalian banjir beserta efektivitas dan biayanya. Setiap komponen memiliki fungsi utama yang berbeda-beda seperti infiltrasi, penahanan, penyimpanan, pemurnian, memanen air, dan drainase. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kolam retensi memiliki total efektivitas tertinggi (9) dengan biaya operasi yang tinggi dan biaya pemeliharaan yang cukup tinggi, menunjukkan bahwa meskipun sangat efektif, biaya yang dikeluarkan juga cukup besar. Sementara itu, parit penahan banjir dan vegetasi penyangga memiliki efektivitas yang lebih rendah namun dengan biaya operasi dan pemeliharaan yang rendah, menunjukkan bahwa mereka lebih ekonomis meskipun tidak seefektif komponen lainnya.

Bioretention dan *bio-swale* menunjukkan efektivitas yang baik (7 dan 6) dengan

biaya operasi yang cukup tinggi dan biaya pemeliharaan yang rendah, membuatnya menjadi pilihan yang cukup seimbang antara efektivitas dan biaya. Taman hujan dan atap hijau juga menunjukkan efektivitas yang tinggi (7 dan 8) namun dengan biaya yang lebih tinggi untuk operasi dan pemeliharaan. Secara keseluruhan, tabel ini memberikan gambaran komprehensif tentang pilihan infrastruktur yang dapat digunakan dalam pengendalian banjir di perkotaan, dengan mempertimbangkan efektivitas dan biaya yang diperlukan untuk operasional dan pemeliharannya.

Implementasi Infrastruktur Kota Spons di IKN Berdasarkan Arah Pola Ruang RTRKSN IKN 2022-2042

Hasil analisis yang telah ditemukan sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat beberapa infrastruktur Kota Spons yang dapat diterapkan pada zona arahan pola ruang berdasarkan fungsi infrastruktur utama, penilaian efektivitas, serta biaya operasional dan perawatannya. Adapun pertimbangan penentuan lokasi infrastruktur terhadap kawasan budidaya dan lindung dijelaskan sebagai berikut.

Bioretensi dapat menipiskan limpasan puncak dan menghilangkan polutan limpasan air hujan. Berdasarkan nilai efektivitas dan biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional dan perawatannya, maka infrastruktur bioretention dapat diaplikasikan secara efektif pada area umum seperti parkir, jalur median, dan traffic island dikarenakan biaya perawatannya yang tidak tinggi.

Bioswale dirancang untuk menyalurkan limpasan air hujan dan mengurangi polutan limpasan. Infrastruktur ini memiliki nilai efektivitas sebesar 6 yang berarti bio-swale kurang efektif dalam penggunaannya. Serta biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional cukup tinggi serta biaya perawatannya rendah. Sehingga infrastruktur bioswale belum tentu dapat diaplikasikan secara efektif. Namun, lokasi yang memiliki area permukaan kedap air yang tinggi sangat beruntung dengan adanya bioswale.

Taman hujan harus ditempatkan di tempat yang dapat mengumpulkan limpasan area kedap air sebanyak mungkin, dengan minimal jarak 3 m dari kegiatan permukiman agar air yang meresap tidak merembes ke saluran pembuangan. Berdasarkan nilai efektivitas dan biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional dan perawatannya, maka taman hujan bersifat efektif namun mengeluarkan biaya yang tinggi untuk penggunaannya.

Parit penahan banjir ini mengumpulkan air hujan dari permukaan dan perlu dikembangkan sejajar dengan pinggir jalan atau parkir. Parit ini tidak boleh dibangun

dekat dengan kegiatan industri yang dapat mempengaruhi air tanah. Berdasarkan nilai efektifitas dan biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional dan perawatan, maka infrastruktur ini walaupun kurang efektif namun juga tidak memerlukan biaya yang banyak.

Kolam retensi ini menyimpan tambahan untuk menipiskan limpasan permukaan selama hujan. Kolam retensi lebih baik dibangun di daerah fungsi lindung karena lebih baik merancang area kolam eksisting dengan menambah kapasitas penyimpanannya. Berdasarkan nilai efektifitas dan biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional dan perawatan, maka kolam retensi sangat efektif dalam pengendalian banjir namun juga disebabkan karena pengeluaran biaya yang sangat tinggi pula.

Perkerasan permeabel memungkinkan air hujan mengalir ke dalam reservoir dibawahnya. Penggunaan perkerasan permeabel yang efektif terletak di daerah parkir, jalan, dan trotoar. Berdasarkan nilai efektifitas dan biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional dan perawatan, maka infrastruktur ini cukup efektif walaupun memiliki biaya yang sangat tinggi.

Atap hijau dapat dipasang disemua permukaan rata ataupun dengan sedikit kemiringan. Berdasarkan nilai efektifitas dan biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional dan perawatan, maka infrastruktur ini sangat efektif walaupun memiliki biaya yang sangat tinggi.

Lahan basah yaitu area yang lahannya sebagian ditutupi dengan air secara permanen atau musiman. Area ini bersifat alami sehingga lebih baik merancang area lahan basah eksisting tersebut. Berdasarkan nilai efektifitas dan biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional dan perawatan, maka infrastruktur ini bersifat sangat efektif yang disertai pula dengan biaya yang tidak terlalu tinggi.

Vegetasi penyangga ini berlaku disebagian besar wilayah yang mampu mendukung vegetasi. Sangat berfungsi apabila didekat dataran banjir, lahan basah, sepanjang sungai, dan lereng yang tak stabil. Berdasarkan nilai efektifitas dan biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional dan perawatan, maka infrastruktur ini bersifat sangat tidak efektif yang disertai pula dengan biaya yang sangat minim.

Tabel 6. Implementasi Infrastruktur Kota Spons di IKN Berdasarkan Arah Pola Ruang RTRKSN IKN 2022-2042

Infrastruktur Kota Spons	Fungsi Kawasan Lindung									Fungsi Kawasan Budidaya													
	HL	Tahura	EM	PS	R-1	R-2	R-3	R-4	RTH-8	C	K	SPU	PTL	KT	R	IP	W	KPI	TR	HK	P-1	IK-2	BJ

Bioretention	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	✓
Bioswale	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	✓
Taman Hujan	x	x	x	x	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	x	x	x
Parit Penahan Banjir	x	x	x	✓	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓
Kolam Retensi	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	x	x
Perkerasan Permeabel	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	✓
Atap Hijau	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x	x
Lahan Basah	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	✓	x	x	x	x	x
Vegetasi Penyangga	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	✓

Keterangan:

Kawasan Hutan Lindung (HL) Taman Hutan Raya (Tahura) Kawasan Ekosistem Mangrove (EM) Kawasan Perlindungan Setempat (PS) Rimba Kota (R-1) Taman Kota (R-2) Taman Kecamatan (R-3) Taman Kelurahan (R-4) Jalur Hijau (RTH-8) Kawasan Campuran (C) Kawasan Perdagangan dan Jasa (K) Kawasan Fasilitas Umum dan Fasilitas Sosial (SPU)	Kawasan Pembangkitan Tenaga Listrik (PTL) Kawasan Perkantoran (KT) Kawasan Perumahan (R) Kawasan Infrastruktur Perkotaan (IP) Kawasan Pariwisata (W) Kawasan Peruntukan Industri (KPI) Kawasan Transportasi (TR) Kawasan Pertahanan dan Keamanan (HK) Kawasan Tanaman Pangan (P-1) Kawasan Perikanan Budidaya (IK-2) Badan Jalan (BJ)
--	---

Sumber: Hasil Analisis, 2022

SIMPULAN

Dalam penelitian ini, peneliti membahas evaluasi infrastruktur Kota Spons di negara China yang hasilnya akan dijadikan dasar sebagai perbandingan penerapan infrastruktur Kota Spons yang efektif dalam mengatasi permasalahan banjir di IKN. Berdasarkan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat ditarik dari beberapa sasaran penelitian yakni sebagai berikut: a) Sasaran pertama: kota di China yang dijadikan sebagai acuan perbandingan adalah Kota Nanjing dan Kota Haikou. Sehingga penerapan Kota Spons di dua wilayah tersebut dapat menjadi acuan dalam penerapan Kota Spons di IKN; b) Sasaran kedua: infrastruktur kolam retensi, atap hijau, dan lahan basah memiliki nilai efektifitas yang tinggi dalam mengatasi banjir yang disertai pula dengan biaya yang lebih mahal. Namun infrastruktur lahan basah sangat efektif dan ekonomis untuk diterapkan di IKN dikarenakan biaya perawatannya lebih rendah dibanding kolam retensi dan atap hijau; c) Sasaran ketiga: dihasilkannya tabel arahan pembangunan infrastruktur Kota Spons untuk perencanaan pola ruang di wilayah IKN.

Rekomendasi yang dapat diberikan oleh peneliti berdasarkan kesimpulan dalam penelitian “Penerapan Kota Spons di Cina: Evaluasi untuk Ibu Kota Negara Mendatang” antara lain sebagai berikut: 1) Pembangunan IKN menggunakan beberapa

pendekatan berbasis kota, seperti konsep Kota Spons, membutuhkan upaya agar keseluruhan pendekatan tersebut bersinergi mengatasi permasalahan banjir air permukaan dan ketersediaan sumber daya air berkelanjutan. Untuk itu, Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) menjadi pertaruhan terwujudnya tujuan Kota Spons; 2) Gabungan pembangunan, pengelolaan dan pemeliharaan sistematis dari Kota Spons dengan kapabilitas teknologi informasi akan menghasilkan Kota Spons cerdas yang dapat mewujudkan Kota Spons yang lebih efisien dan efektif; 3) Peran serta masyarakat dalam mendukung terwujudnya Kota Spons menjadi salah satu faktor penting antara lain dengan membiasakan perilaku hemat air dan peduli lingkungan. Sehingga proses perubahan paradigma baik melalui pendidikan, kampanye publik perlu dilakukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Ali Hakim, F., Banjarnahor, J., Suryani Purwanto, R., Khairul Rahmat, H., Dewa Ketut Kerta Widana Program Studi Magister Manajemen Bencana, I., & Keamanan Nasional, F. (2020). *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial Pengelolaan Obyek Pariwisata Menghadapi Potensi Bencana Di Balikpapan Sebagai Penyangga Ibukota Negara Baru 1*. <https://doi.org/10.31604/jips.v7i3.2020.607-612>
- Arief Rosyidie. (2013). Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan. In *Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota* (Vol. 24, Issue 3).
- Bridges, C. C. (1966). *Hierarchical Cluster Analysis* (Vol. 18). @ Southern Universities Press.
- Chan, F. K. S., Griffiths, J. A., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y. T., Xu, Y., & Thorne, C. R. (2018). "Sponge City" in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. *Land Use Policy*, 76, 772–778. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.005>
- Jia, H., Wang, Z., Zhen, X., Clar, M., & Yu, S. L. (2017). China's sponge city construction: A discussion on technical approaches. In *Frontiers of Environmental Science and Engineering* (Vol. 11, Issue 4). Higher Education Press. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0984-9>
- Jiang, Y., Zevenbergen, C., & Ma, Y. (2018). Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China's challenges and "sponge cities" strategy. In *Environmental Science and Policy* (Vol. 80, pp. 132–143). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.016>

- Kurniadi, A. (2019). Pemilihan Ibukota Negara Republik Indonesia Baru Berdasarkan Tingkat Kebencanaan. In *JMB: Jurnal Manajemen Bencana* (Vol. 5, Issue 2). <http://jurnalprodi.idu.ac.id/index.php/MB>
- Machmud, S. K. M., & Nouri, M. N. (2024). Pengaruh Karakteristik Komuter di Kota-Kota Satelit pada Kawasan Jabodetabek. *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 11(3), 1276–1295. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i3.1286>
- 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. In *Journal of Environmental Management* (Vol. 253). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109689>
- 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 - Sponge City. In *Science of the Total Environment* (Vol. 652, pp. 147–162). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168>
- Nouri, M. N., Fauzi, G. M., & Musyary, M. D. (2024). Dampak Pembangunan Jalan Tol Trans Jawa terhadap Peluang Kewirausahaan. *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 11(3), 1129–1146. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i3.1207>
- Nouri, M. N., Wicaksono, A. D., & Rachmawati, T. A. (2020). Dampak Pembangunan Jalan Tol Jombang-Mojokerto terhadap Alih Fungsi Lahan dan Kemandirian Pangan Jombang. *Planning for Urban Region and Environment*, 9(3), 59–70.
- Nwafor. (1980). The Relocation of Nigeria's Federal Capital: A Device for Greater Territorial Integration and National Unity. In *GeoJournal* (Vol. 4).
- Rahmat, H. K., Syarifah, H., Kurniadi, A., Putra, R. M., Wahyuni, W., & Khairul Rahmat, H. (2021). Implementasi Kepemimpinan Strategis Guna Menghadapi Ancaman Bencana Banjir Dan Tsunami Di Provinsi Kalimantan Timur Implementation Of Strategic Leadership In Facing The Threat Of Flood And Tsunami In East Kalimantan Province. *Jurnal Manajemen Bencana (JMB)*, 7(1), 1–18. <https://doi.org/10.33172/jmb.v7i1.627>
- Sanjaya, A. R. (2020). *Potensi Dampak Lingkungan Khususnya di Teluk Balikpapan Terhadap Pembangunan dari Kebijakan Pemindahan Ibu Kota Negara*. <https://nasional.kompas.com/read/2019/08/27/09284821/4->
- Suprayitno, H., Muluk, A., Manan, A., & Sunarharum, T. M. (2020). Preliminary Overview of Three Purpose-Built Capital Spatial Plans Related to Indonesian Capital Relocation Plan. *Journal of Infrastructure and Facility Asset Management*,

2(2).

- Wang, H., Mei, C., Liu, J. H., & Shao, W. W. (2018). A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city. In *Science China Technological Sciences* (Vol. 61, Issue 3, pp. 317–329). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s11431-017-9170-5>
- Xia, J., Zhang, Y. Y., Xiong, L. H., He, S., Wang, L. F., & Yu, Z. B. (2017). Opportunities and challenges of the Sponge City construction related to urban water issues in China. *Science China Earth Sciences*, 60(4), 652–658. <https://doi.org/10.1007/s11430-016-0111-8>
- Yang, S., Zhao, W., Liu, Y., Cherubini, F., Fu, B., & Pereira, P. (2020). Prioritizing sustainable development goals and linking them to ecosystem services: A global expert's knowledge evaluation. *Geography and Sustainability*, 1(4), 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.09.004>
- Yao, Y., Hu, C., Liu, C., Yang, F., Ma, B., Wu, Q., Li, X., & Soomro, S. e. hyder. (2022). Comprehensive performance evaluation of stormwater management measures for sponge city construction: A case study in Gui'an New District, China. *Journal of Flood Risk Management*, 15(4). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12834>
- Zhang, Z. (2022). Can the Sponge City Project improve the stormwater drainage system in China? —Empirical evidence from a quasi-natural experiment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102980>