

Peran *nature-based solution* dalam penanggulangan banjir dan ketahanan iklim perkotaan: kajian literatur ilmiah

Nature based solution as a role for urban flood mitigation an climate resilience: a review of scientific literature

Lintang Jata Angghita^{1*}, Marcio Tahalele², Kalmah³

¹Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, Indonesia

³Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, Kementerian Pekerjaan Umum, Solo, Indonesia

Abstrak.

Penanganan bencana hidrometeorologi di wilayah perkotaan menjadi tantangan khusus dalam penyelenggaraan tata kelola lingkungan. *Nature-based solutions* (NbS) menjadi salah satu upaya inovatif dengan memanfaatkan fungsi ekosistem alami untuk mengurangi risiko bencana hidrometeorologi dan meningkatkan ketahanan iklim di kawasan perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterkaitan komponen NbS dalam fokus pengendalian dan pengurangan risiko banjir di kawasan perkotaan. Analisis dilakukan dengan telaah literatur dan pendekatan bibliometrik terhadap 15 publikasi ilmiah yang relevan dengan dalam periode 10 tahun terakhir. Hasil analisis divisualisasikan dan dipetakan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer*. Hasil pemetaan dan visualisasi jaringan menunjukkan topik terkait NBS berkaitan erat dengan perubahan iklim, bencana hidrometeorologi, ekosistem, tata kelola perkotaan, perubahan iklim, biodiversitas, dan keberlanjutan. Implementasi, efektivitas, dan kebijakan terkait NbS mengindikasikan tantangan penerapan dan pelaksanaan evaluasi kinerja yang diperlukan untuk mengoptimalkan penerapan *Nature-based solution*. Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, dalam upaya mengurangi risiko bencana hidrometeorologi, tantangan terbesar dalam penerapan NbS terletak pada evaluasi dan partisipasi masyarakat serta kolaborasi lintas sektoral.

Kata kunci: *nature-based solution*, banjir, ketahanan iklim, hidrometeorologi, *VOSviewer*

Abstract.

Hydrometeorological disaster management in urban areas presents significant challenge in urban and environmental governance. Nature-based solutions (NbS) offer an innovative approach that utilizes natural ecosystem functions to reduce the risks of hydrometeorological disasters and enhance climate resilience in urban environments. This study aims to analyze the interrelationships among NbS components with specific focus on flood control and risk reduction in urban areas. The analysis was conducted through literature review and bibliometric analysis of 15 relevant scientific publications from the past decade. The results were visualized and mapped using VOSviewer software. The network mapping and visualization reveal that topics related to NbS are strongly associated with climate change, hydrometeorological disasters, ecosystems, urban governance, biodiversity, and sustainability. The implementation, effectiveness, and policy dimensions of NbS highlight ongoing challenges in performance evaluation that are essential to optimize their application. Based on the literature review, to reduce hydrometeorological disaster risks, the major challenges in implementing NbS depend on performance assessment, community participation, and multi-sectoral collaboration.

Keywords: *nature-based solution, flood, climate resilience, hydro-meteorological, VOSviewer*

1. PENDAHULUAN

Bencana hidrometeorologi banyak dijumpai di kawasan perkotaan. Perubahan iklim global dan peningkatan urbanisasi telah menyebabkan intensifikasi bencana hidrometeorologi di berbagai kota, seperti banjir, kekeringan, dan gelombang panas. Kondisi ini menjadi tantangan besar dalam tata kelola lingkungan dan perencanaan pembangunan berkelanjutan di wilayah perkotaan. Pendekatan konvensional yang mengandalkan infrastruktur abu-abu (*grey infrastructure*), seperti tanggul dan saluran drainase terbukti tidak selalu adaptif terhadap dinamika perubahan iklim serta sering kali menimbulkan dampak lingkungan dan sosial baru (Kabisch *et al.* 2016).

* Korespondensi Penulis
Email : lintang.jata@unika.ac.id

Penanganan bencana hidrometeorologi secara konvensional dengan menggunakan infrastruktur fisik berupa saluran beton, bendungan, kolam tampungan menjadi kurang adaptif dan tidak berkelanjutan. *Nature-based solution (NbS)* muncul sebagai salah satu inovasi baru yang mengutamakan dan memanfaatkan ekosistem alami untuk meminimalkan risiko bencana dan meningkatkan ketahanan iklim di wilayah perkotaan (Raymond *et al.* 2017). Pembangunan infrastruktur konvensional ini memerlukan investasi yang besar dan memerlukan biaya operasional rutin yang tidak sedikit sehingga manfaat dan dampak yang diperoleh tidak berkelanjutan (Kumar *et al.* 2021). NbS bertujuan untuk memanfaatkan jasa ekosistem (*ecosystem services*) guna mengurangi risiko bencana sekaligus meningkatkan kualitas lingkungan dan kesejahteraan masyarakat (Raymond *et al.* 2017). Pada kawasan perkotaan, penerapan NbS mencakup berbagai bentuk seperti ruang terbuka hijau, lahan basah buatan, sistem drainase berkelanjutan, dan restorasi kawasan pesisir (Sahani *et al.* 2019). Pembangunan ruang terbuka hijau, restorasi lahan basah, dan sistem drainase berwawasan lingkungan efektif mengurangi limpasan permukaan sekaligus meningkatkan kualitas udara, keanekaragaman hayati, dan kesejahteraan masyarakat (Cohen-Shacham *et al.* 2019).

Peningkatan kualitas udara sebagai manfaat penerapan NbS dengan bentuk penyediaan ruang rekreasi dan penguatan identitas kawasan, mampu memberikan kualitas hidup masyarakat perkotaan (Frantzeskaki 2019). Studi terdahulu menunjukkan bahwa efektivitas NbS dalam mengurangi risiko banjir dan bencana hidrometeorologi masih terkendala pada aspek evaluasi dan perencanaan. Penerapan NbS masih bersifat konseptual dan praktis yang mengabaikan integrasi multi sektoral dan keterlibatan partisipasi publik dalam perencanaannya. Kondisi ini menjadikan NbS yang diaplikasikan di lapangan tidak berkelanjutan dan tidak terukur nilai manfaatnya (Kumar *et al.* 2021).

Literatur terkait NbS yang berfokus perubahan iklim dan pengelolaan risiko bencana hidrometeorologi terus berkembang, tetapi mayoritas memberikan penekanan pada aspek manfaat dan efektivitas proyek yang diklaim telah menerapkan NbS. Belum ada penelitian yang menganalisis keterkaitan menyeluruh elemen NbS dalam sistem sosial-ekologis perkotaan, khususnya untuk pengendalian bencana meteorologi.

Keterbatasan pendekatan sistematis mengakibatkan penyusunan strategi implementasi NbS tidak dapat dilakukan dengan terintegrasi dan berkelanjutan. Kajian literatur ilmiah secara sistematis dapat menunjukkan keeratan hubungan antar komponen NbS dalam literatur akademik. Tren penelitian melalui kata kunci dominan, keterkaitan topik, dan jaringan kolaborasi antar peneliti dan institusi dapat dilakukan dengan analisis bibliometrik (Donthu *et al.* 2021). Pendekatan bibliometrik di dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang rinci mengenai struktur pengetahuan dan tren penelitian NbS dalam konteks pengurangan risiko banjir, serta memberikan landasan untuk strategi implementasi yang lebih efektif dan terintegrasi.

VOSviewer adalah salah satu perangkat lunak yang umum digunakan dalam analisis bibliometrik terutama untuk memvisualisasikan hubungan antar elemen seperti kata kunci, penulis, dan dokumen ilmiah berdasarkan frekuensi dan kekuatan asosiasi (van Eck and Waltman 2010). Dengan VOSviewer, dilakukan pemetaan dan analisis keterkaitan antar komponen NbS dalam upaya pencegahan banjir perkotaan dan bencana hidrometeorologi. Kajian mengenai hubungan antar komponen utama NbS, khususnya dalam konteks pengendalian banjir perkotaan masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian berfokus pada evaluasi teknis atau studi kasus implementasi, tetapi belum banyak yang menganalisis keterkaitan konseptual antar elemen NbS secara sistematis dan terukur (Sowińska-Świerkosz and García 2022). Akibatnya, penerapan NbS di tingkat kota masih cenderung parsial dan kurang terintegrasi dalam kebijakan pengelolaan risiko bencana.

Untuk menjawab kesenjangan penelitian tersebut, studi ini melakukan kajian literatur ilmiah dengan pendekatan bibliometrik guna memetakan dan menganalisis keterkaitan antar komponen NbS dalam konteks pengurangan risiko banjir dan peningkatan ketahanan iklim perkotaan. Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mengidentifikasi tema dan tren utama dalam penelitian NbS yang berkaitan dengan banjir perkotaan, memetakan hubungan konseptual antar komponen NbS melalui analisis bibliometrik menggunakan *VOSviewer*, dan mengidentifikasi tantangan utama dalam penerapan NbS di kawasan perkotaan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis bibliometrik dengan menggunakan publikasi ilmiah 10 tahun terakhir dengan topik terkait NbS yang dikhususkan pada pengelolaan bencana hidrometeorologi di wilayah perkotaan. Penggambaran sistematis struktur, tren, jaringan, dan sistem pengetahuan yang berkembang dalam literatur ilmiah, analisis menggunakan metode bibliometrik dianggap paling efektif (Donthu *et al.* 2021). Analisis bibliometrik ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* untuk memetakan relasi kata kunci dan topik publikasi ilmiah yang terkait dengan NbS.

2.1. Pengumpulan Data

Data bibliografis diperoleh melalui *Google Scholar* dan *ResearchGate*, yaitu dua platform yang banyak digunakan untuk mengakses literatur ilmiah multidisipliner. Proses pencarian dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci seperti “*Nature Based*”, “*NbS*”, “*flood*”, “*mitigation*”, dan “*effectiveness*”. Kriteria inklusi artikel adalah relevan dengan implementasi NbS untuk pencegahan banjir di kawasan perkotaan dan terbit pada periode 2015–2024. Penyeleksian kesesuaian topik dilakukan secara manual dengan mempertimbangkan kualitas publikasi dilihat dari judul, abstrak, kata kunci, dan sumber publikasi yang menjadi acuan. Penyusunan dan pengecekan metadata serta kata kunci masing-masing naskah yang memiliki kesesuaian topik dengan NbS dilakukan melalui Mendeley, kemudian diunduh dalam format “.ris” untuk dianalisis lebih lanjut.

2.2. Analisis dan visualisasi data

Data yang telah dikompilasi diolah menggunakan *VOSviewer*, sebuah perangkat lunak yang umum digunakan dalam studi bibliometrik untuk membangun dan memvisualisasikan jaringan kata kunci dan hubungan antar dokumen (van Eck and Waltman 2010). Fokus analisis bibliografi dengan *VOSviewer* mencakup:

1. Analisis kemunculan bersama (*co-occurrence*) kata kunci, untuk mengidentifikasi frekuensi dan keterkaitan antar konsep dalam masing-masing literatur
2. Visualisasi klaster, untuk mengidentifikasi tema besar dan struktur topik dalam lingkup kajian NbS dan pengurangan risiko banjir

3. Pemetaan kekuatan hubungan (*link strength*), untuk melihat seberapa kuat hubungan antar kata kunci berdasarkan jumlah kata kunci yang muncul bersama

Dalam *VOSviewer* untuk menganalisis kata kunci, hanya istilah dengan frekuensi kemunculan minimal 5 kali yang dimasukkan untuk menjaga relevansi dan keterbacaan visualisasi. Hasil analisis divisualisasikan dalam bentuk *network maps*, *density maps*, dan *overlay maps*, yang menggambarkan hubungan antar elemen berdasarkan kekuatan asosiasi (*link strength*) dan frekuensi kemunculan.

2.3. Interpretasi hasil

Peta visualisasi yang dihasilkan oleh *VOSviewer* menjadi bahan untuk menginterpretasikan tema sentral yang dominan dalam kajian yang sudah pernah dilakukan terkait NbS dan pengelolaan risiko bencana hidrometeorologi. Hasil analisis bibliografi divisualisasikan sebagai jaringan menggunakan *VOSviewer* untuk menunjukkan keterkaitan antar komponen NbS serta mengidentifikasi topik yang belum tereksplorasi. Interpretasi dilakukan secara kualitatif dengan cara peninjauan terhadap klaster-klaster utama dan posisi sentral istilah dalam jaringan, guna memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai struktur pengetahuan ilmiah dalam bidang NbS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telaah literatur terhadap sejumlah artikel ilmiah yang secara eksplisit membahas penerapan NbS dalam konteks mitigasi bencana hidrometeorologi, khususnya banjir di wilayah perkotaan dilakukan sebagai pelengkap dari analisis bibliometrik. Artikel-artikel yang dikaji dipilih berdasarkan relevansi topik, keterbaruan (tahun terbit 2015–2024), dan ketersediaan informasi mengenai kata kunci serta temuan utama. Ringkasan hasil kajian tersebut disajikan dalam **Tabel 1**, yang merangkum judul publikasi, kesimpulan temuan, serta nama penulis sebagai dasar untuk mengidentifikasi pola umum dan gap penelitian dalam implementasi NbS untuk pengurangan risiko banjir.

Tabel 1. Ringkasan kajian literatur.

No	Judul	Kesimpulan	Penulis
1	<i>An overview of monitoring methods for assessing the performance of nature-based solutions against natural hazards</i>	<ul style="list-style-type: none"> - NbS memiliki peranan penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan untuk mengurangi risiko bencana hidrometeorologi seperti banjir, kekeringan, gelombang panas, tanah longsor, dan erosi pantai. - Pendekatan NbS ini lebih efektif dan berkelanjutan dibandingkan metode konvensional berbasis <i>hard infrastructure</i>. - Prinsip kerja NbS adalah dengan memanfaatkan dan memodifikasi ekosistem alami dalam rangka meningkatkan ketahanan terhadap bencana, sekaligus meningkatkan biodiversitas dan kesejahteraan sosial. - Penerapan NbS perlu dievaluasi secara rutin dengan sistem yang sederhana, terukur, relevan, dan mudah diterapkan untuk membangun kepercayaan pemangku kepentingan. - Metode pemantauan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi penerapan NbS dapat menggunakan sensor lingkungan, pengukuran lapangan langsung, dan teknologi penginderaan jauh (<i>remote sensing</i>). - Pemilihan metode pengukuran bergantung pada jenis risiko dan skala penerapan NbS. - Pendekatan holistik yang menggabungkan data kuantitatif dan kualitatif memungkinkan evaluasi kinerja NbS secara menyeluruh dan berkelanjutan. 	Kumar et al. (2021)
2	<i>The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Urbanisasi dan perubahan iklim menimbulkan tantangan besar bagi keberlanjutan lingkungan perkotaan. - Ruang terbuka hijau (RTH) merupakan salah satu bentuk penerapan <i>Nature-based solutions</i> (NbS) yang paling umum di kota. - Ketersediaan RTH berperan penting dalam: <ul style="list-style-type: none"> - Mengurangi polusi udara (terutama PM₁₀ dan NO₂), - Mengendalikan suhu mikro di kawasan perkotaan, dan - Menyediakan ruang rekreasi bagi masyarakat. - NbS menekankan pemanfaatan ekosistem alami dalam pembangunan kota yang berkelanjutan. - Dalam konteks perkotaan, distribusi dan aksesibilitas ruang hijau menjadi kunci untuk mengatasi masalah polusi udara dan perubahan iklim mikro. 	Nesshöver et al. (2017)
3	<i>Hydro-meteorological risk assessment methods and management by nature-based solutions</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Ruang terbuka hijau (RTH) merupakan salah satu bentuk implementasi <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) yang berperan penting dalam meningkatkan kualitas udara dan kesejahteraan masyarakat perkotaan. 	Sahani et al. (2019)

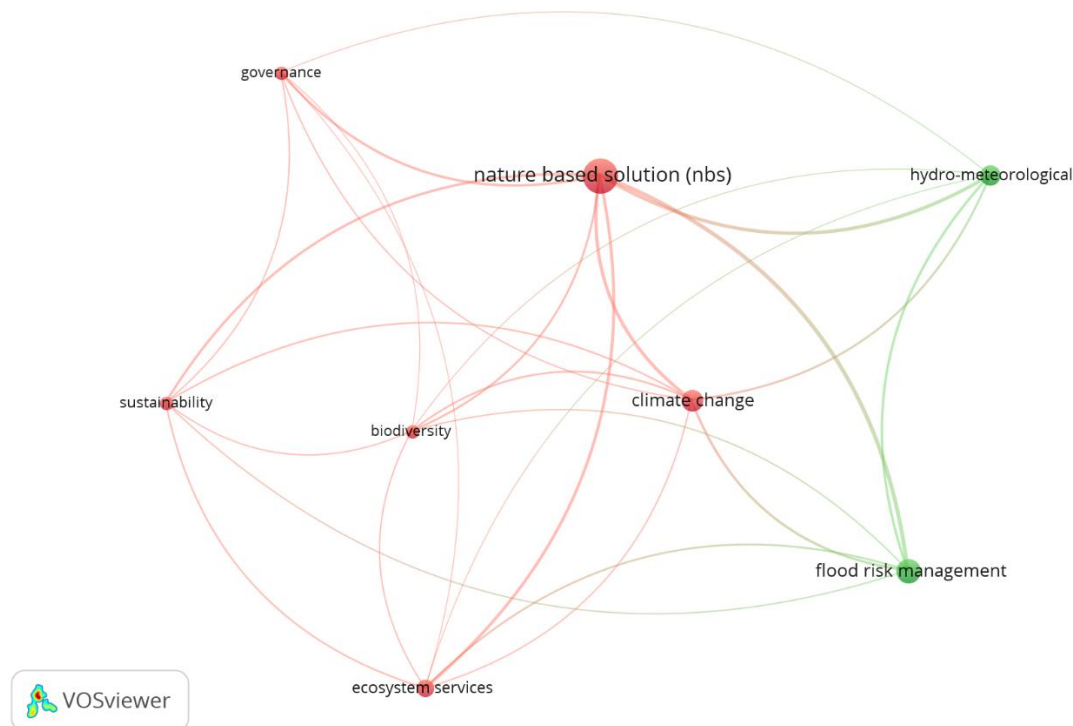
No	Judul	Kesimpulan	Penulis
		<ul style="list-style-type: none"> - Integrasi RTH dalam perencanaan kota menjadi strategi utama untuk mengendalikan polusi dan meningkatkan ketahanan kota terhadap perubahan iklim. - Aspek sosial ekonomi merupakan tantangan utama dalam pemerataan distribusi RTH di wilayah perkotaan. - Kebijakan tata kota dalam penerapan NbS berbasis RTH harus menekankan keadilan sosial, akses yang merata, dan peningkatan kesehatan masyarakat. 	
4	<i>Nature-based solutions efficiency evaluation against natural hazards: modelling methods, advantages and limitations</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) berperan penting dalam meningkatkan ketahanan masyarakat perkotaan terhadap risiko perubahan iklim. - Efektivitas penerapan NbS bergantung pada tiga aspek utama, yaitu : partisipasi masyarakat, peningkatan kapasitas lokal, dan prinsip keberlanjutan dalam pelaksanaan. - Analisis numerik dan pemodelan menunjukkan bahwa keberhasilan NbS tidak cukup hanya mengandalkan infrastruktur hijau atau restorasi ekosistem, tetapi memerlukan: kolaborasi lintas sektor, dukungan institusional, dan keterlibatan aktif masyarakat dalam perencanaan dan implementasi. 	Kumar et al. (2021)
5	<i>A new evaluation framework for nature-based solutions (NbS) projects based on the application of performance questions and indicators approach</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) efektif dalam mengurangi risiko bencana klimatologi dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat perkotaan. - Drainase alami dan hutan kota berperan penting dalam melindungi wilayah perkotaan dari banjir, gelombang panas, dan polusi udara. - Tantangan utama penerapan NbS meliputi: keterbatasan lahan, konflik kepentingan antar pemangku kepentingan, dan rendahnya kesadaran publik. - Penguatan kelembagaan dan integrasi kebijakan lintas sektor menjadi strategi kunci untuk meningkatkan ketahanan kota terhadap bencana hidrometeorologi melalui penerapan NbS yang berkelanjutan. 	Sowińska-Świerkosz and García (2021)
6	<i>Nature-based solutions can help reduce the impact of natural hazards: a global analysis of NbS case studies</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) dapat diintegrasikan secara efektif dalam pengelolaan risiko bencana perkotaan. - Bencana hidrometeorologi seperti banjir, gelombang panas, dan polusi udara memerlukan pendekatan berbasis ekosistem alami yang bersifat komprehensif dan berkelanjutan. - Keberhasilan penerapan NbS bergantung pada kolaborasi inklusif antara: masyarakat, pemerintah, dan pihak terkait lainnya (akademisi, sektor swasta, dan organisasi masyarakat). - Pendekatan partisipatif ini memperkuat ketahanan perkotaan dalam menghadapi bencana hidrometeorologi. 	Debele et al. (2023)

No	Judul	Kesimpulan	Penulis
7	<i>Building urban resilience with nature-based solutions: how can urban planning contribute?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) berperan penting dalam menangani permasalahan perkotaan secara berkelanjutan, terutama terkait perubahan iklim dan urbanisasi. - Bentuk penerapan NbS mencakup: restorasi ekosistem, penataan ruang terbuka hijau, dan pengelolaan air berbasis alam. - Penerapan NbS terbukti efektif dan hemat biaya dalam meningkatkan ketahanan kota terhadap bencana. - Keberhasilan implementasi NbS membutuhkan pendekatan kebijakan yang terkoordinasi, dukungan multi-pemangku kepentingan (pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat), serta kerangka kelembagaan yang jelas dan partisipasi publik pada setiap tahap pelaksanaan. 	Bush and Doyon (2019)
8	<i>Wetlands as large-scale nature-based for solutions: status and challenges research, engineering and management</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Implementasi <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) di ekosistem pesisir, seperti hutan mangrove dan padang lamun, memberikan berbagai manfaat ekologis dan sosial. - NbS di wilayah pesisir berfungsi untuk melindungi pantai dari abrasi, meningkatkan produktivitas perairan, menyerap karbon, serta mendukung budidaya dan konservasi perikanan. - Peran aktif masyarakat pesisir sangat penting untuk menjaga keberlanjutan ekosistem alami dan efektivitas jangka panjang penerapan NbS di wilayah pesisir. 	Thorslund et al. (2017)
9	<i>Advancing the implementation of nature-based solutions in cities: a review of frameworks</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) adalah pendekatan yang memanfaatkan proses alami untuk meningkatkan ketahanan dan keberlanjutan kota, sekaligus memberikan manfaat sosial, ekologis, dan ekonomi. - Tantangan utama dalam penerapan NbS meliputi kurangnya pemahaman operasional, kesenjangan pengetahuan, dan keterbatasan kolaborasi lintas pemangku kepentingan. - Implementasi efektif NbS membutuhkan keterlibatan banyak pihak dan penyesuaian solusi sesuai konteks lokal. - Dua elemen penting dalam perencanaan NbS adalah kolaborasi lintas sektor, dan penciptaan pengetahuan bersama (<i>co-creation of knowledge</i>). - Pendekatan transdisipliner dan metode "<i>learning-by-doing</i>" efektif untuk membangun pemahaman bersama, mengurangi ketidakpastian, dan menghasilkan solusi yang dapat diterapkan secara nyata. 	Wickenberg et al. (2021)
10	<i>Competing narratives of nature-based solutions: leveraging the power of</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Implementasi <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) merupakan salah satu strategi penting dalam menghadapi perubahan iklim. - Penerapan NbS memberikan dampak positif berupa peningkatan keanekaragaman hayati (<i>biodiversity</i>) dan ketahanan ekosistem. 	Melanidis and Hagerman (2022)

No	Judul	Kesimpulan	Penulis
	<i>nature or dangerous distraction?</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Keberhasilan implementasi NbS memerlukan kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal. - Peran masyarakat adat dan komunitas lokal sering kali masih terpinggirkan di dalam penerapan NbS, sementara korporasi besar cenderung memiliki dominasi lebih besar. - Keberlanjutan dan keadilan dalam penerapan NbS harus berlandaskan pada prinsip keadilan lingkungan (<i>environmental justice</i>) serta pembatasan dominasi sektor swasta dalam proses pengambilan keputusan. 	
11	<i>Choosing the right nature-based solutions to meet diverse urban challenges</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) yang paling efektif untuk mengatasi permasalahan hidrometeorologi meliputi penanaman pohon dan pelestarian ekosistem alami yang masih ada. - Upaya penerapan NbS seperti perbaikan tanah melalui infiltrasi dinilai kurang efektif karena manfaat langsungnya terbatas. - Fokus utama optimalisasi penerapan NbS sebaiknya diarahkan pada peningkatan kapasitas masyarakat dan penguatan kelembagaan agar implementasi lebih berkelanjutan dan terukur. 	Croeser et al. (2021)
12	<i>What are nature-based solutions (NbS)? setting core ideas for concept clarification</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) sering keliru dipahami sebagai sekadar intervensi hijau atau biru; padahal konsepnya lebih mendalam. - Prinsip utama NbS adalah digerakkan oleh proses alam, berorientasi pada solusi terhadap tantangan sosial dan lingkungan, memberikan manfaat ganda (biodiversitas, kesejahteraan sosial, dan efisiensi ekonomi). - Pengelolaan NbS harus bersifat adaptif dan melibatkan pemangku kepentingan untuk memastikan keberlanjutan dan penerimaan sosial. - Partisipasi masyarakat merupakan elemen penting dalam penerapan NbS. - Infrastruktur buatan yang hanya meniru bentuk alami tidak termasuk NbS sejati, karena tidak digerakkan oleh fungsi ekosistem yang sebenarnya. 	Sowińska-Świerkosz and García (2022)
13	<i>Nature-based solutions for flood mitigation and resilience in urban areas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Perubahan iklim dan urbanisasi meningkatkan kerentanan kota terhadap bencana hidrometeorologi, terutama banjir. - Peningkatan area kedap air mengganggu siklus hidrologi alami, memperparah limpasan permukaan. - Penerapan NbS seperti taman kota, hutan kota, lahan basah, taman atap, <i>bioretention</i> basin, dan sistem drainase berkelanjutan, berfungsi untuk menahan, menyaring, dan menginfiltrasi air hujan, sehingga efektif dalam pengendalian banjir. 	Ferreira et al. (2022)

No	Judul	Kesimpulan	Penulis
		<ul style="list-style-type: none"> - Jaringan ekosistem yang saling terhubung lebih efektif dibandingkan elemen tunggal yang terisolasi. - Tantangan utama implementasi NbS meliputi waktu pelaksanaan yang relatif lama dan keterbatasan pengetahuan masyarakat serta pemangku kepentingan dalam memahami konsep dan manfaat NbS. 	
14	<i>Natural flood management: opportunities to implement nature-based solutions on privately owned land</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penerapan <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) untuk mengurangi risiko banjir dan adaptasi terhadap perubahan iklim memberikan manfaat ganda, antara lain peningkatan keanekaragaman hayati, peningkatan kualitas air, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. - Tantangan utama dalam implementasi NbS sering muncul karena ketergantungan pada lahan milik pribadi, yang berpotensi menimbulkan konflik kepentingan. - Faktor kunci keberhasilan NbS meliputi: kondisi fisik daerah aliran sungai (DAS), interaksi sosial, ketersediaan sumber daya keuangan, dan kerangka kelembagaan yang mendukung. - Faktor sosial dan kelembagaan, seperti tingkat kepercayaan, solidaritas masyarakat, kepemilikan lahan, dan dukungan kebijakan publik, menjadi penentu utama keberhasilan jangka panjang penerapan NbS. 	Thaler et al. (2023)
15	<i>Nature-based solutions for sustainable flood management In East Africa</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Penerapan <i>Nature-Based Solutions</i> (NbS) di kawasan peri-urban Afrika Timur terbukti mengurangi risiko banjir sekaligus mendukung pemulihan ekosistem. - Bentuk implementasi NbS meliputi pemanenan air hujan, pertanian perkotaan (<i>urban farming</i>), bio-retention, serta integrasi infrastruktur hijau di kawasan padat penduduk. - Pendekatan ini dinilai lebih fleksibel, hemat biaya, dan adaptif dibandingkan dengan infrastruktur konvensional. - Kendala utama penerapan NbS meliputi: rendahnya kesadaran publik, kurangnya keterlibatan pemangku kepentingan lintas sektor, dan minimnya pemanfaatan pengetahuan lokal. 	Long'or Lokidor et al. (2024)

Analisis bibliometrik dilakukan untuk memahami sejauh mana penelitian mengenai NbS berkembang dalam konteks pengendalian bencana hidrometeorologi, khususnya banjir di kawasan perkotaan. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi pola publikasi, keterkaitan konsep, serta peta hubungan antar topik yang muncul dalam literatur ilmiah. Data bibliografis dikumpulkan dari platform *ResearchGate* dan *Google Scholar* dengan rentang waktu 2015-2024 yang selanjutnya diseleksi berdasarkan relevansi terhadap tema NbS, pengurangan risiko banjir, dan ketahanan iklim perkotaan. Sebanyak 15 publikasi ilmiah dipilih untuk dianalisis dan divisualisasikan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* untuk identifikasi kata kunci dominan, relasi antar konsep, dan kluster tematik penelitian. Pendekatan ini membantu mengungkap arah perkembangan riset serta area yang masih memiliki celah (*research gap*) untuk pengembangan NbS yang lebih terintegrasi. Pada konteks penanganan bencana hidrometeorologi di wilayah perkotaan. Kata kunci pada literatur yang muncul bersamaan (*co-occurrence*) di beberapa literatur yang dikaji menjadi dasar dalam menentukan keterkaitan antar topik yang dimaksud. Hasil visualisasi dari *VOSviewer* dari literatur yang dipilih dan kata kunci yang digunakan disajikan dalam **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta visualisasi co-occurrence kata kunci terkait *Nature-Based Solutions* dan pencegahan banjir menggunakan *VOSviewer*.

Berdasarkan hasil visualisasi pada **Gambar 1**, kelompok pertama yang ditandai dengan warna merah berpusat pada konsep NbS. Hal ini menunjukkan keterkaitan erat dengan kata kunci seperti *climate change*, *ecosystem services*, *biodiversity*, *sustainability*, dan *governance*. Kelompok ini menunjukkan bahwa pendekatan ekosistemik dan tata kelola berperan penting sebagai komponen pendukung dalam penerapan NbS. Studi sebelumnya menyatakan bahwa realisasi NbS sangat tergantung pada kerangka tata kelola yang adaptif, aliansi lintas sektor, dan mekanisme partisipasi yang kuat (Martin et al. 2025). Hal ini menunjukkan bahwa dalam literatur terdahulu, NbS tidak hanya dilihat sebagai solusi teknis atau fisik, tetapi juga sebagai strategi yang memiliki kaitan erat dengan dinamika lingkungan, keberlanjutan, serta sistem sosial dan kelembagaan. Sebagai bagian dari kelembagaan dan sistem sosial, partisipasi masyarakat dalam perencanaan dan penerapan NbS sangat diperlukan. Dengan melihat pemetaan klaster ini di **Gambar 1**, argumen kuat dapat diajukan bahwa implementasi NbS yang hanya berfokus pada aspek teknis tanpa memperhitungkan faktor kelembagaan dan sosial akan berisiko rendah dalam mencapai hasil jangka panjang. Hasil ini juga menegaskan bahwa strategi penerapan NbS di kota harus diarahkan pada penguatan tata kelola transdisipliner dan partisipasi publik agar tidak hanya menjawab tantangan ekologis tetapi juga memperkuat sistem sosial-ekologis dalam konteks urban.

Kelompok kedua yang ditandai dengan warna hijau mencakup kata kunci seperti *flood risk management* dan *hydro-meteorological*. Kelompok ini lebih berfokus pada aspek teknis dan fungsional manfaat dari NbS dalam mengelola dan mengurangi risiko bencana akibat perubahan iklim dan hidrometeorologi. Studi terkait telah menegaskan bahwa integrasi NbS ke dalam strategi mitigasi banjir dapat meningkatkan kapasitas retensi air dan mengurangi limpasan secara signifikan (Chen et al. 2021). Hubungan kuat antara NbS dan *flood risk management* menunjukkan bahwa dalam sepuluh tahun terakhir, penelitian mengenai potensi NbS untuk mengurangi dampak banjir dan bencana hidrometeorologi semakin meningkat. Kondisi ini menunjukkan bahwa kondisi area urban yang telah menerapkan NbS lebih mampu menghadapi dan mengelola bencana hidrometeorologi terutama banjir.

Menariknya, *climate change* muncul sebagai simpul penghubung antara kedua kelompok, yang menunjukkan perubahan iklim memiliki peran utama sebagai latar belakang perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi penerapan NbS. Temuan ini sejalan dengan pandangan Raymond et al. (2017) yang menyatakan bahwa NbS tidak dapat dilepaskan dari konteks perubahan iklim karena secara fundamental dirancang untuk memperkuat ketahanan ekosistem dan masyarakat terhadap dampak iklim ekstrem. Hal ini menegaskan posisi perubahan iklim sebagai variabel utama dalam pengembangan penelitian ilmiah mengenai solusi berbasis alam dan pengurangan risiko banjir terutama di wilayah perkotaan. Garis penghubung (*link strength*) yang tebal antara NbS dengan *ecosystem services* dan *flood risk management* juga menunjukkan bahwa ekosistem tidak hanya dapat diabaikan atau dianggap sebagai elemen pasif atau sekedar obyek yang perlu dilindungi, akan tetapi sebagai elemen aktif atau subyek pelaku dan pemeran dalam pengendalian risiko banjir. Hal ini sejalan dengan studi Cohen-Shacham et al. (2019) yang menekankan bahwa ekosistem berperan sebagai “aktor fungsional” yang mendukung mitigasi dan adaptasi melalui layanan ekologis seperti retensi air, filtrasi, dan penyerapan karbon. Hubungan antara *governance* dengan *flood risk management* masih relatif lemah yang ditunjukkan dengan tidak adanya garis penghubung langsung. Hal ini menunjukkan adanya potensi pengembangan penelitian yang berkaitan dengan upaya mengintegrasikan tata kelola dan pengambilan kebijakan dalam konteks teknis mitigasi bencana berbasis alami.

Secara keseluruhan, visualisasi ini menunjukkan bahwa pendekatan NbS dalam pengurangan risiko banjir di perkotaan melibatkan keterkaitan erat antara aspek ekologis, sosial, dan tata kelola. Meskipun hubungan antar komponen tersebut belum sepenuhnya seimbang dalam literatur yang ada, temuan ini menegaskan bahwa efektivitas NbS sangat bergantung pada integrasi ketiga aspek tersebut. Dengan demikian, penerapan NbS di wilayah urban perlu diarahkan pada pendekatan yang holistik, kolaboratif, dan adaptif untuk memperkuat ketahanan kota terhadap bencana banjir.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan bibliometrik dapat menjadi salah satu cara yang efektif untuk memahami struktur dan tren penelitian terkait NbS dalam konteks pengurangan risiko banjir di kawasan perkotaan. Hasil analisis visual menggunakan *VOSviewer* terhadap publikasi ilmiah selama periode 2015–2024, ditemukan bahwa NbS memiliki keterkaitan yang erat dengan berbagai konsep utama seperti *climate change*, *ecosystem services*, *governance*, dan *flood risk management*. Temuan ini menegaskan bahwa NbS bukan hanya konsep ekologis, tetapi juga strategi penerapan multidimensi yang mengintegrasikan aspek teknis, sosial, dan kelembagaan dalam pengelolaan risiko banjir berbasis alam.

Keberhasilan NbS di kawasan perkotaan sangat dipengaruhi oleh integrasi kebijakan, partisipasi masyarakat, serta kolaborasi lintas sektor dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan sumber daya air. Penerapan NbS seperti taman kota, lahan basah buatan, ruang terbuka hijau, dan sistem drainase alami terbukti mampu meningkatkan kapasitas kota dalam menyerap limpasan air dan menurunkan potensi banjir. Namun, lemahnya koordinasi antar lembaga dan keterlibatan publik masih menjadi kendala utama dalam implementasinya. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu difokuskan pada pengembangan model tata kelola dan mekanisme partisipatif yang memperkuat efektivitas penerapan NbS secara teknis dan sosial. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar konseptual dan praktis bagi perumusan kebijakan perkotaan yang lebih adaptif, kolaboratif, dan berkelanjutan terhadap risiko bencana hidrometeorologi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bush B, Dronova I and Sierra L. 2019. Building urban resilience with nature-based solutions: how can urban planning contribute?. *Cities* 95(2):102483.
- Chen C, Ngiam RWJ, Quek RHQ, Carrasco LR and Song XP. 2021. Development and modelling of realistic retrofitted nature-based solution scenarios to reduce flood occurrence at the catchment scale. *Ambio* 50(8):1462–1476.
- Cohen-Shacham E, Andrade A, Dalton J, Dudley N, Jones M, Kumar C, Maginnis S, Maynard S, Nelson CR, Renaud FG, Welling R and Walters G. 2019. Core principles for successfully implementing and upscaling nature-based solutions.

- Environmental Science and Policy 98(1):20–29.
- Croeser T, Garrard GE, Sharma R, Desha C, Backstrom AC, Mata L and Bekessy SA. 2021. Choosing the right nature-based solutions to meet diverse urban challenges. *Urban Forestry and Urban Greening* 65(1):127337.
- Debele SE, Kumar P, Sahani J, Marti-Cardona B, Mickes K, Leo LS, Di Sabatino S, Buzasi A, Guida S, Brinyiczki K and Slobodova V. 2023. Nature-based solutions can help reduce the impact of natural hazards: a global analysis of NbS case studies. *Science of the Total Environment* 902(1):166129.
- Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N and Lim WM. 2021. How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. *Journal of Business Research* 133(1):285–296.
- van Eck NJ and Waltman L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* 84(2):523–538.
- Ferreira CSS, Kalantari Z and Stolte J. 2022. Nature-based solutions for flood mitigation and resilience in urban areas. *Handbook of Environmental Chemistry* 107(1):59–78.
- Frantzeskaki N. 2019. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental Science and Policy* 93(1):101–111.
- Kabisch N, Frantzeskaki N, Pauleit S, Naumann S, Davis M, Artmann M, Haase D, Knapp S, Korn H, Stadler J, Zaunberger K and Bonn A. 2016. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society* 21(2):39.
- Kumar P, Debele SE, Sahani J, Rawat N, Marti-Cardona B, Alfieri SM, Pulvirenti B, Carducci A, Abate R, Ascari E and De Vreese R. 2021. An overview of monitoring methods for assessing the performance of nature-based solutions against natural hazards. *Earth-Science Reviews* 217(1):103603.
- Kumar P, Debele SE, Sahani J, Arabi M, Bardout M, Buzasi A, Ciraolo G, Giurato D, Hlavacova V, Lupu A and Mattas C. 2021. Nature-based solutions efficiency evaluation against natural hazards: modelling methods, advantages and limitations. *Science of the Total Environment* 784(1):147054.

- Long'or Lokidor S, Sishodia RP, Gichaba CM and Kipkemboi J. 2024. Nature-based solutions for sustainable flood management in East Africa. *Journal of Flood Risk Management* 17(1):e12957.
- Martin J, Thaler T, Elrick-Barr C, Ghorbani M, van den Hoorn L, Mees H and Seneviratne S. 2025. The nature-based solution implementation gap: a review of nature-based solution governance barriers and enablers. *Journal of Environmental Management* 388(2):126007.
- Melanidis M and Hagerman AD. 2022. Competing narratives of nature-based solutions: leveraging the power of nature or dangerous distraction?. *Environmental Science and Policy* 132(1):273–281.
- Nesshöver C, Assmuth T, Beese K, Balian EV, Delbaere B, Haase D, Hilsberg J, Keune H, Jacobs K, Kertész M and Primmer E. 2017. The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment* 579(1):1215–1227.
- Raymond CM, Berry P, Breil M, Nita MR, Kabisch N, de Bel M, Enzi V, Frantzeskaki N, Geneletti D, Cardinaletti M and Maragno D. 2017. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science and Policy* 77(2):15–24.
- Sahani J, Kumar P, Debele S, Spiric V, Di Sabatino S, Pulvirenti B, Brattich E and Minguzzi E. 2019. Hydro-meteorological risk assessment methods and management by nature-based solutions. *Science of the Total Environment* 696(2):133936.
- Sowińska-Świerkosz B and García J. 2021. A New evaluation framework for Nature-Based Solutions (NBS) Projects based on the application of performance questions and indicators approach. *Science of the Total Environment* 787 (1):147615.
- Sowińska-Świerkosz B and García J. 2022. What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification. *Nature-Based Solutions* 2(1):100009.
- Thaler T, Schindelegger A and Seebauer S. 2023. Natural flood management: opportunities to implement nature-based solutions on privately owned land. *WIREs Water* 10(3):e1637.

- Thorslund J, Jarsjö J, Jaramillo F, Jawitz JW, Manzoni S, Basu NB, Chalov SR, Cohen MJ, Creed IF, Goldenberg R and Hysin A. 2017. Wetlands as large-scale nature-based solutions: status and challenges for research, engineering and management. *Ecological Engineering* 108:489–497.
- Wickenberg B, Olsson JA, Goodwin G and McCormick K. 2021. Advancing the implementation of nature-based solutions in cities: a review of frameworks. *Environmental Science and Policy* 125(2):44–53.