

KAJIAN LITERATUR: STRATEGI DALAM UPAYA MITIGASI BENCANA BANJIR**Adinda Tasya Rachmalia Putri, Elok Sudibyo, Riya Sari Oktaviani, Citra Aura Yuan Rizky**

Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

[1adinda.22139@mhs.unesa.ac.id](mailto:adinda.22139@mhs.unesa.ac.id), [*eloksudibyo@unesa.ac.id](mailto:eloksudibyo@unesa.ac.id),[2riyasari.22049@mhs.unesa.ac.id](mailto:riyasari.22049@mhs.unesa.ac.id), [3citraaura.22039@mhs.unesa.ac.id](mailto:citraaura.22039@mhs.unesa.ac.id)**Abstrak**

Banjir adalah salah satu fenomena alam yang biasanya terjadi ketika curah hujan tinggi menyebabkan kelebihan udara dalam sistem yang tidak lagi dapat menampungnya. Banjir dapat menjadi ancaman serius bagi kehidupan masyarakat dan tentunya menjadi penyebab kerugian ekonomi dan sosial yang signifikan bagi masyarakat. Artikel ini ditulis bertujuan untuk mempelajari berbagai strategi dalam upaya mitigasi banjir untuk meminimalisir atau mengurangi risiko yang dapat terjadi ketika terdapat bencana banjir yang kemungkinan akan datang. Dalam artikel ini, penulis akan mengulas tujuh literatur yang relevan dengan judul penelitian. Literatur yang akan ditelaah dalam penelitian ini terindeks pada Scopus. Selanjutnya data yang diperlukan untuk penelitian ini berasal dari dokumen penelitian yang relevan, dan dikenal sebagai data sekunder. Terdapat mitigasi struktur dan non struktur yang dapat dilakukan untuk meminimalkan dampak atau risiko dari bencana banjir yang dibahas pada tujuh artikel tersebut. Mitigasi struktur yang sudah dikelompokkan dari beberapa literatur yaitu seperti peningkatan tepian sungai ditambah 3,0 m dan pembangunan saluran buatan, Kemudian mitigasi non struktur yang sudah dikelompokkan seperti Sistem Peringatan Banjir (FWS), selanjutnya penerapan cutting-edge digital visualisation tools (CDVT) yakni sebuah teknologi visualisasi digital mutakhir yang diterapkan dalam manajemen risiko banjir perkotaan. Dengan adanya hasil analisis literatur terkait strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir ini diharapkan dapat membantu untuk mengurangi atau meminimalisir dampak dan risiko bencana banjir di masa depan.

Kata Kunci : *Literatur, Mitigasi, Bencana banjir***Abstract**

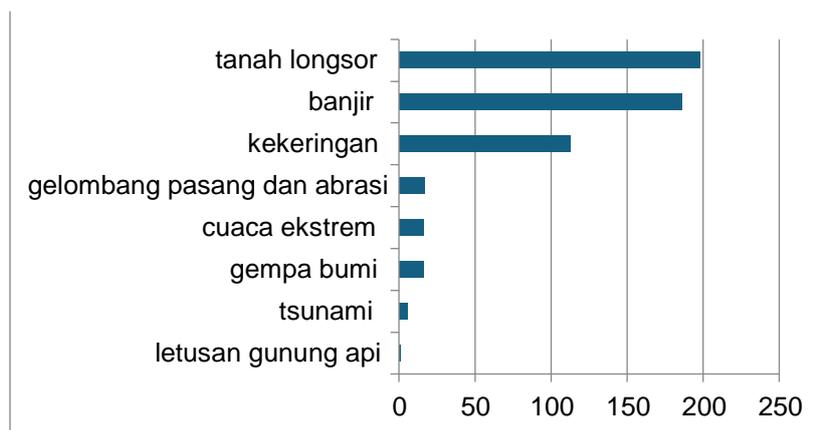
Flooding is a natural phenomenon that usually occurs when high rainfall causes excess air in a system that can no longer accommodate it. Floods not only generate major social and economic costs for the society, but also can pose a serious threat to individual life. In this article, the author will review seven pieces of literature that are relevant to the research title. The literature that will be reviewed in this research is indexed on Scopus. Furthermore, the data required for this research comes from relevant research documents, and is known as secondary data. There are structural and non-structural mitigation that can be carried out to minimize the impact or risk of flood disasters which are discussed in

these seven articles. There are structural and non-structural mitigation that can be carried out to minimize the impact or risk of flood disasters which are discussed in these seven articles. Structural mitigation that has been grouped from several literatures is such as increasing river banks by 3.0 m and building artificial channels, then non-structural mitigation that has been grouped such as the Flood Warning System (FWS), then the application of cutting-edge digital visualization tools (CDVT), namely a cutting-edge digital visualization technology applied in urban flood risk management. It is hoped that the results of the literature analysis regarding strategies for mitigating flood disasters will help to reduce or minimize the impact and risk of flood disasters in the future.

Key words: Literature, Mitigation, Flood disaster

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak berada di kawasan Lingkaran Api Pasifik atau dengan kata lain "Ring of Fire", di mana hal tersebut menyebabkan Indonesia menjadi negara yang termasuk ke dalam negara rawan bencana (Basuki, 2019). Indonesia seringkali mengalami berbagai jenis bencana alam yakni salah satunya adalah banjir. Bencana banjir biasanya bisa terjadi karena beberapa faktor misalnya tingginya intensitas curah hujan, hutan gundul sebab penebangan pohon sembarangan dan lain sebagainya. Bencana banjir merupakan salah satu bencana alam yang dapat mempengaruhi kehidupan manusia dan lingkungan secara signifikan. Banjir dapat menjadi ancaman serius bagi kehidupan masyarakat seperti kerugian material, rusaknya infrastruktur dan pemukiman, menjadi penyebab kerugian ekonomi dan sosial yang signifikan bagi masyarakat bahkan bisa membahayakan kesehatan dan keselamatan manusia. Pada tahun 2024, jumlah bencana banjir yang terjadi yaitu berjumlah 186.



Gambar 1. Grafik Jumlah Bencana Alam 2024

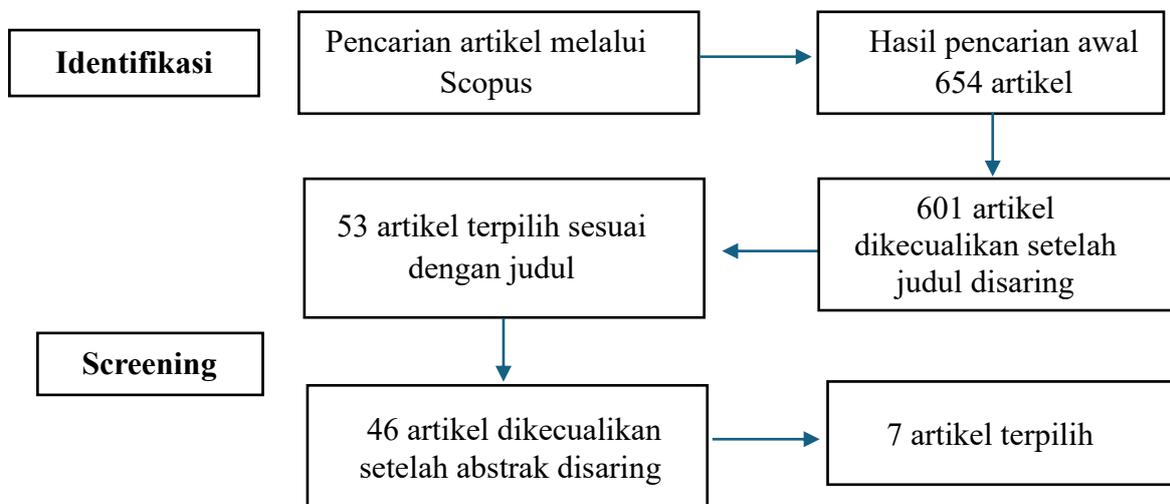
Sumber: Data diolah penulis (BNPB, 2024)

Pada data yang tercatat oleh BNPB, pada tahun 2024 bencana banjir berada pada urutan kedua tertinggi setelah bencana tanah longsor. Sementara itu, tahun 2024 saat ini masih berjalan pada bulan Mei yang artinya dalam beberapa bulan terakhir, bencana banjir yang melanda di Indonesia memiliki jumlah yang cukup tinggi. Dampak adanya banjir yang tercatat pada BNPB yaitu korban meninggal

dunia sebanyak 6 orang, korban hilang sebanyak 1 orang, korban terluka sebanyak 8 orang, korban menderita sebanyak 19.777 orang, korban mengungsi sebanyak 148.935 orang serta mengakibatkan kerusakan pada beberapa bangunan, yakni 885 rumah tercatat rusak, fasilitas pendidikan sebanyak 11, fasilitas kesehatan sebanyak 2, fasilitas peribadatan sebanyak 2, fasilitas umum sebanyak 2, dan jembatan sebanyak 28 tercatat rusak. Dengan jumlah bencana banjir yang tinggi ini, perlu dilakukan strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir yang terjadi di Indonesia. Menurut UU No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana Pasal 44 huruf c mitigasi bencana bertujuan untuk mengurangi risiko bencana bagi masyarakat yang berada di kawasan rawan bencana. Strategi mitigasi yang efektif sangat diperlukan saat menghadapi ancaman banjir untuk melindungi masyarakat, meminimalkan kerugian, dan membangun ketahanan terhadap banjir. Dengan tingginya jumlah data bencana banjir yang terjadi di Indonesia pada tahun 2024 tersebut, maka artikel ini ditulis bertujuan untuk mengetahui strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir yang diharapkan dapat meminimalkan dampak atau risiko kemungkinan dapat terjadi dan kerugian yang ditimbulkan oleh banjir serta membangun komunitas yang lebih tangguh dan berkelanjutan untuk menghadapi ancaman banjir di masa depan.

METODE

Pada penulisan artikel ini metode yang digunakan berupa kajian literatur atau studi kepustakaan. Kajian literatur dilakukan dalam berbagai tahapan dengan mengidentifikasi beberapa artikel jurnal yang relevan dari data base elektronik ilmiah termasuk Scopus yang berhubungan dengan topik kajian. Untuk mencapai tujuan utama studi ini, istilah pencarian utama yang digunakan mencakup kata "*Flood Disaster Mitigation*". Pencarian dilakukan dalam kategori judul, abstrak dan kata kunci dari makalah penelitian asli yang diterbitkan dalam bahasa Inggris yang ditinjau oleh rekan kelompok. Studi literatur yang dikumpulkan dari berbagai kajian kemudian dikompilasi untuk menarik kesimpulan mengenai strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir.



Gambar 2. Langkah-langkah pencarian literatur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pencarian literatur melalui Scopus menghasilkan 654 literatur. Pemilihan literatur berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Selanjutnya literatur yang telah diperoleh, dipilah melalui tahap penyaringan secara keseluruhan yang dimulai dari penyaringan judul, abstrak hingga daftar pustaka sehingga diperoleh literatur yang menjelaskan mengenai strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir. Selanjutnya literatur yang telah disaring menghasilkan 7 literatur yang sesuai dengan topik penelitian. Berikut daftar penelitian relevan melalui literatur yang telah diperoleh:

Tabel 1. Data Hasil Penelitian yang Relevan

No.	Judul Artikel	Penulis	Tahun	Jenis terbitan
1.	An empirical rainfall threshold approach for the civil protection flood warning system on the Milan urban Area.	Gambini, E., Ceppi, A., Ravazzani, G., Mancini, Valsecchi, I. Cucchi, A., ... & Tolone, I.	2024	Scopus
2.	Integrating Geographic Information Systems and Hydrometric Analysis for Assesing and Mitigating Building Vulnerability to Flash Food Risks.	Wahba, M., El- Rawy, M., & Al- Arifi, N	2024	Scopus
3.	Performance of early warning systems mitigating flood effects. A review.	Ringo, J., Sabai, S., & Mahenge, A.	2023	Scopus
4.	A critical review for the application of cutting-edge digital visualization technologies for effective urban flood risk management	Bakhtiari, V., Piadeh, F., Behzadian, K., & Kapelan, Z.	2024	Scopus

5.	Implementing advanced techniques for urban mountain torrent surveillance and early warning using rainfall predictive analysis, 2024	Jiang, W. B.	2024	Scopus
6.	What Can We Learn from Planning Instruments in Flood Prevention? Comparative Illustration to Highlight the Challenges of Governance in Europe.	Matilde Gralepois	2020	Scopus
7.	Nature-Based Disaster Risk Reduction of Floods in Urban Areas	Ghosh, P., Sudarsan, J.S. & Nithiyanantham, S.	2024	Scopus

Sumber: Data diolah penulis

Pada bagian ini akan menjelaskan hasil review yang dilakukan pada 7 literatur yang telah diperoleh mengenai strategi pengurangan risiko banjir melalui mitigasi banjir. Banjir merupakan debit aliran sungai yang membesar dibandingkan debit aliran sungai yang normal yang dapat disebabkan oleh meningkatnya curah hujan yang turun dan tidak dapat ditampung oleh sungai, sehingga air dapat meluap keluar dan bisa menggenangi wilayah sekitarnya. Banjir juga merupakan bencana alam yang dapat mengganggu kehidupan manusia, adanya bencana banjir dapat mengakibatkan hilangnya harta benda manusia bahkan hilangnya nyawa. Untuk mengurangi risiko yang terjadi akibat bencana banjir ini diperlukan strategi penanganan yang harus dilakukan. Strategi penanganan banjir adalah proses perencanaan yang terdiri dari berbagai tindakan, mulai dari pencegahan hingga tanggap darurat, yang dirancang untuk mengurangi dampak dan risiko bencana banjir serta mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh banjir (Ningrum & Ginting, 2020). Menurut PP No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana Pasal 15 huruf c, mitigasi bencana adalah untuk mengurangi risiko dan dampak bencana terhadap masyarakat yang berada di kawasan rawan bencana. Mitigasi struktur dan non-struktur adalah dua bagian dari upaya mitigasi bencana banjir. Mitigasi struktur mencakup upaya untuk meminimalisir dampak bencana, seperti membangun bangunan berbagai sarana dan prasarana yang berupa fisik serta memanfaatkan teknologi khusus seperti membuat alat pendeteksi bencana (Basuki, 2019). Diperkirakan dengan adanya mitigasi struktur, dampak infrastruktur ini pada akhirnya tidak akan begitu besar jika terjadi bencana. Membangun tanggul dan tembok pertahanan adalah beberapa contoh teknik mitigasi struktur. Sementara itu, mitigasi

nonstruktur merupakan upaya yang dilakukan untuk meminimalisir dampak atau risiko selain mitigasi struktur. Beberapa contoh metode mitigasi non struktur antara lain yaitu keterampilan pertolongan pertama atau seperti sistem peringatan dini, mengedukasi masyarakat melalui pelatihan dan penyuluhan, membangun Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM), membentuk kelompok kerja, mengevaluasi lokasi yang rawan banjir, menganalisis data yang berkaitan dengan banjir, mulai menyiapkan persediaan sandang, papan, dan pangan bagi diri sendiri dan bagi masyarakat lainnya, melakukan simulasi evakuasi ketika datang banjir dan lain sebagainya (Ningrum & Ginting, 2020).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Enrico Gambini dkk dengan judul *An empirical rainfall threshold approach for the civil protection flood warning system on the Milan urban Area* bertujuan untuk meningkatkan efektivitas sistem peringatan banjir (FWS) dengan menggunakan pendekatan yang didasarkan pada data Ambang Curah Hujan (RT) pada wilayah yang sama oleh perlindungan sipil wilayah Lombardy. Dalam penelitian ini, mitigasi yang diusulkan yaitu alat mitigasi non-struktural yaitu Sistem Peringatan Banjir (FWS) yang berdasarkan pengembangan Ambang Curah Hujan (RT). Karena dampaknya yang luas terhadap masyarakat, peringatan perlindungan sipil adalah salah satu alat non-struktural yang paling penting untuk mengurangi risiko banjir. Peringatan ini memberikan informasi yang cepat dan ringkas tentang bahaya banjir yang mungkin terjadi, yang memungkinkan orang untuk membuat keputusan dan mengambil tindakan pencegahan untuk melindungi diri mereka dan harta benda mereka. Hasil temuan pada literatur tersebut menunjukkan Ambang Curah Hujan (RT) yang diperoleh dengan menggunakan metode yang diusulkan menunjukkan perbaikan sehubungan dengan RT perlindungan sipil yang ada. Selain itu, dengan memperhitungkan Kondisi Kelembapan Sebelumnya (AMC) dengan pendekatan "curah hujan setara" yang diusulkan akan menghasilkan RT yang lebih akurat, sehingga menyarankan pertimbangan untuk mengeluarkan peringatan perlindungan sipil. Keakuratan dan ketidakpastian RT dianalisis dengan menggunakan ukuran klasifikasi biner ditambah dengan bootstrap resampling. Prosedur yang diusulkan untuk membangun RT, yang dapat diterapkan pada daerah tangkapan sungai mana pun yang memiliki data curah hujan dan limpasan dalam jangka waktu yang cukup panjang, dan tidak hanya berlaku di wilayah perkotaan saja. Hal ini menunjukkan potensi untuk menjadi Sistem Peringatan banjir (FWS) tambahan dan sederhana untuk memitigasi risiko banjir demi tujuan perlindungan sipil (Gambini et al., 2024).

Pada artikel kedua, yang ditulis oleh mohamed Wahba dkk yaitu dengan tujuan utama adalah keadaan intensitas banjir bandang (FFI) yang ada di wilayah tertentu di Kota Hamamatsu, Jepang, tempat banjir bandang sering terjadi. Kedua, tujuannya adalah untuk membuat rencana mitigasi untuk mengurangi dampak negatif banjir terhadap bangunan di daerah tersebut. Untuk mencapai tujuan ini, empat parameter FFI kedalaman limpasan, kecepatan limpasan, durasi limpasan, dan porsi yang terkena dampak dipilih dan dihitung dengan menggunakan model hidrologi dan hidrodinamik. Selain itu, model hidrologi juga digunakan dengan memasukkan peristiwa badai dengan usia satu abad sebagai masukan. Untuk

menemukan cara yang efektif untuk mengurangi banjir bandang, evaluasi keadaan saat ini bangunan diperlukan di wilayah yang lebih banyak terkena dampak banjir. Meskipun menghindari kerusakan akibat banjir yang sulit, akibatnya dapat dikurangi sampai batas tertentu melalui persiapan dan perencanaan yang tepat.

Menurut Mohamed Wahba dkk dalam jurnal dengan judul *Integrating Geographic Information Systems and Hydrometric Analysis for Assesing and Mitigating Building Vulnerability to Flash Food Risks*. Pemodelan hidrologi dan sistem informasi geografis (GIS) harus dicakup. GIS bertanggung jawab untuk menggambarkan ketinggian medan untuk menghasilkan cekungan, subcekungan, dan aliran akumulasi, meskipun pemodelan hidrologi merupakan komponen utama dalam beberapa penelitian untuk menggambarkan kelebihan curah hujan Strategi yang dihasilkan oleh peneliti yaitu ada dua strategi mitigasi yang diusulkan terhadap aliran berlebih yang menggenangi daerah sekitar sungai. Pendekatan mitigasi ini melibatkan peninggian tepian sungai sebanyak 3,0 m dan pembangunan saluran buatan untuk mengumpulkan sebagian besar aliran berlebih selama periode banjir. Penelitian ini memasukkan faktor durasi banjir, yang merupakan tambahan terdepan dalam penelitian ini. Selain itu, penelitian melibatkan pengembangan rencana mitigasi yang mencakup pembangunan tepian sungai dan saluran buatan (Wahba et al., 2023).

Pada artikel yang ditulis oleh Japhet Ringo dkk dengan judul *Performance of early warning systems mitigating flood effects. A review*. Bertujuan untuk mengulas sejauh mana kontribusi EWS banjir terhadap pengurangan dampak banjir di Afrika. Metode yang digunakan yaitu survei literatur dari Scopus, Web of Science, dan mesin Science Direct. Penggunaan EWS banjir penting dalam perencanaan mitigasi dampak banjir. Meskipun sebagian besar sistem EWS, dalam banyak kasus, bersifat lokal, ada banyak hal yang dapat dipelajari dari masyarakat lokal yang dapat direplikasi atau ditingkatkan dan digunakan di daerah lain, ditambah dengan penggunaan EWS banjir modern. Memasukkan strategi EWS yang tersedia secara lokal dan canggih mempunyai potensi untuk mengarah pada pengembangan strategi jangka panjang. Namun, tinjauan tersebut menunjukkan bahwa EWS banjir hanya mengalami sedikit kemajuan dalam hal pembentukan tim, rencana, dan komite pengelolaan banjir berbasis masyarakat. Hasil pada artikel tersebut menunjukkan bahwa setelah menerima peringatan dini dari sistem di atas, masyarakat akan meninggalkan daerah rawan banjir ke tempat yang lebih aman, membersihkan sistem drainase air dan bangunan, melakukan pelatihan evakuasi, menyiapkan pusat penampungan, dan membentuk komite pengelolaan banjir. Lebih lanjut, disebutkan bahwa respons-respons tersebut berperan penting dalam meningkatkan ketahanan pangan, mengurangi cedera dan kematian manusia, dan mengurangi kerusakan dan/atau kerugian harta benda (Ringo et al., 2023).

Selain itu artikel yang ditulis oleh Wahid Bakhtiari dkk, dengan judul *A critical review for the application of cutting-edge digital visualisation technologies for effective urban flood risk management*. Penelitian ini dilakukan untuk meninjau kritis pada alat visualisasi digital (CDVT) yang lebih baru dalam mengurangi risiko banjir perkotaan. Namun, tidak banyak penelitian yang mempelajari peran mereka

dalam seluruh langkah-langkah manajemen risiko banjir perkotaan. Untuk memecahkan masalah ini, penelitian ini melakukan observasi kritis terpadu untuk mengidentifikasi penggunaan CDVT dan menyebarkan dampak CDVT pada tahap pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, respon, dan pemulihan manajemen risiko banjir. Berdasarkan analisis bibliometrik, CDVT yang teridentifikasi telah dibagi menjadi tiga kategori utama: VR, AR, dan DT. Penggunaan teknologi ini dievaluasi secara menyeluruh pada subbagian berikutnya, sebelum analisis scientometri secara keseluruhan dilakukan.

Hasil dari penelitian yang dapat dicatat sebagai temuan utama dari penulis yaitu:

- *Virtual reality* (VR) telah berkembang menjadi teknologi yang paling banyak digunakan, dengan tiga kelas utama yang diidentifikasi: gambar 3D yang menakjubkan, lingkungan dinamis yang menakjubkan, dan visualisasi berbasis game. Proporsi kedua terdiri dari AR, yang paling banyak digunakan untuk menampilkan banjir sungai. Ada banyak peluang untuk penyelidikan lebih lanjut karena DT tidak mendapat perhatian yang cukup.
- Empat domain infrastruktur udara perkotaan menunjukkan penggunaan CDVT. termasuk sungai perkotaan, limpasan permukaan, sistem drainase, dan siklus udara perkotaan, tetapi diperlukan lebih banyak perhatian pada infrastruktur udara perkotaan secara keseluruhan dan bagian-bagiannya untuk mencapai ketahanan terhadap banjir.
- Berbeda dengan penggunaan teknologi virtual reality (AR) untuk menilai kerusakan akibat banjir yang telah banyak dipelajari, literatur mengenai penggunaan AR dan DT untuk tujuan ini masih sangat terbatas. Teknologi ini dapat membantu komunikasi dan kolaborasi, meningkatkan visualisasi data secara real-time, dan meningkatkan pengalaman interaktif (Bakhtiari et al., 2023).

Menurut Jiang, W. B. dalam jurnal berjudul *Implementing advanced techniques for urban mountain torrent surveillance and early warning using rainfall predictive analysis*, penelitian ini memperkenalkan metode yang menyempurnakan prakiraan curah hujan menggunakan *Wavelet Neural Network* (WNN). Dengan menetapkan tolak ukur curah hujan suatu wilayah, penelitian telah mengembangkan sistem pencegahan bencana dan peringatan dini yang komprehensif yang mensinergikan data curah hujan real-time, curah hujan wilayah, dan prediksi puncak banjir. Dirancang khusus untuk daerah perkotaan yang rentan terhadap aliran deras pegunungan, model pemantauan dan praalarm berbasis WNN menawarkan alat prakiraan yang baik dan praktis. Relevansinya diperkuat oleh potensinya untuk menjadi ujung tombak inisiatif pengendalian banjir perkotaan. Temuan dari penelitian menggarisbawahi penerapan inovatif kerangka *Wavelet Neural Network* (WNN) dalam memprediksi bencana banjir pegunungan, khususnya di daerah aliran sungai kecil di wilayah pegunungan. Dengan perspektif baru yang dikemukakan pada penelitian mengenai proyek pengendalian air dan dengan keefektifan model prakiraan banjir di daerah pegunungan dapat membuka jalan bagi peningkatan strategi mitigasi banjir bahkan dapat mengubah lanskap pengendalian dan pengelolaan banjir secara signifikan, terutama pada wilayah yang sering mengalami kerusakan akibat banjir pegunungan (Jiang, 2024).

Selanjutnya pada penelitian lain yang ditulis oleh Matilde Gralepois dengan judul *What Can We Learn from Planning Instruments in Flood Prevention? Comparative Illustration to Highlight the Challenges of Governance in Europe* menggarisbawahi perlunya memperkuat integrasi perencanaan penggunaan lahan dan pencegahan risiko banjir. Rencana pembangunan tata ruang yang strategis dan rencana zonasi tata ruang yang mengikat secara hukum harus memuat ketentuan pengurangan banjir. Di Eropa menerapkan instrumen pencegahan banjir yang lebih beragam, terutama melalui Penilaian Air, yang merupakan pilar sistem pencegahan banjir. Meskipun hal ini membantu menjadikan pengelolaan banjir dalam perencanaan tata ruang menjadi hal yang utama, instrumen berbasis insentif ini pada praktiknya tidak secara sistematis mencegah pembangunan di daerah rawan banjir (Gralepois, 2020).

Pada artikel jurnal yang ditulis oleh Ghosh, P., Sudarsan, J.S. & Nithiyanantha, dengan judul *Nature-Based Disaster Risk Reduction of Floods in Urban Areas* bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengevaluasi efektivitas pendekatan berbasis alam dalam mengurangi risiko bencana banjir di wilayah perkotaan, menyelidiki bagaimana strategi berbasis alam, dapat membantu mengurangi kerentanan terhadap banjir dan meningkatkan ketahanan komunitas perkotaan terhadap ancaman banjir. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa kebijakan nasional dan internasional sepakat bahwa mekanisme Pengurangan Resiko Bencana berbasis alam adalah efektif dan didukung. Mekanisme berbasis alam yang disarankan kemungkinan besar dapat mencegah dan memitigasi bahaya. Mekanismenya adalah: 1) Melindungi dan memulihkan kenampakan alam dan jalur drainase DAS; 2) Penggunaan fitur topografi dan daerah aliran sungai untuk merancang saluran air hujan; 3) Mengurangi limpasan air melalui penghijauan, kolam penampungan dan penampungan, pemanenan air hujan, dll.; 4) Meningkatkan perkolasi lokal melalui lansekap permeabel, taman hujan, trotoar permeabel, dll.; 5) Melindungi dan meningkatkan ekosistem sungai dengan menjaga aliran alami, menjaga kapasitas melalui desiltasi, pemulihan dataran banjir dan rawa-rawa (Ghos et al., 2024).

Berdasarkan 7 literatur yang telah di *review*, selanjutnya penulis mengelompokkan upaya mitigasi yang dilakukan oleh beberapa literatur berdasarkan mitigasi struktur dan mitigasi non-struktur. Berikut tabel data identifikasi jenis mitigasi banjir berdasarkan literatur yang telah diolah oleh penulis.

Tabel 2. Identifikasi Jenis Mitigasi Banjir Berdasarkan Literatur

No.	Artikel	Jenis Mitigasi Banjir	
		Mitigasi struktur	Mitigasi non struktur
1.	An empirical rainfall threshold approach for the civil protection flood warning system on the Milan urban Area.	✓	✓

2.	Integrating Geographic Information Systems and Hydrometric Analysis for Assesing and Mitigating Building Vulnerability to Flash Food Risks.	✓	
3.	Performance of early warning systems mitigating flood effects. A review.		✓
4.	A critical review for the application of cutting-edge digital visualisation technologies for effective urban flood risk management.		✓
5.	Implementing advanced techniques for urban mountain torrent surveillance and early warning using rainfall predictive analysis, 2024.		✓
6.	What Can We Learn from Planning Instruments in Flood Prevention? Comparative Illustration to Highlight the Challenges of Governance in Europe.		✓
7.	Nature-Based Disaster Risk Reduction of Floods in Urban Areas	✓	✓

Sumber: Data diolah penulis

Berdasarkan data tabel 2 diatas, beberapa jurnal tersebut membahas tentang strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir berupa mitigasi non struktur dan mitigasi struktur. Mitigasi sangat penting untuk dilakukan supaya pengurangan risiko bencana banjir lebih terminimalisir lagi dengan adanya strategi berupa mitigasi yang termasuk struktur dan non struktur. Kedua mitigasi tersebut tentunya akan memberikan dampak positif bagi masyarakat maupun bagi lingkungan. Adanya strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir ini dapat mengurangi risiko dan dampak yang kemungkinan besar akan terjadi sebab bencana serta diharapkan masyarakat yang bertempat di sekitar kawasan rawan banjir dapat tanggap, dapat mempersiapkan diri dan pemerintah bisa mengedepankan lagi mengenai apa saja yang perlu dipersiapkan untuk memitigasi adanya bencana ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan literatur yang telah diidentifikasi melalui Scopus mengenai topik strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir diperoleh tujuh artikel yang telah melalui tahap penyaringan. Dari 7 artikel tersebut dianalisis untuk mendapatkan gambaran bagaimana strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir. Terdapat mitigasi struktur dan non struktur yang dapat dilakukan untuk upaya meminimalkan dampak atau risiko dari bencana banjir yang dibahas pada tujuh artikel tersebut. Mitigasi struktur yang sudah dikelompokkan dari beberapa

literatur yaitu seperti peningkatan tepian sungai ditambah 3,0 m dan pembangunan saluran buatan untuk penimbunan sebagian besar kelebihan aliran selama periode banjir, melindungi dan memulihkan kenampakan alam dan jalur drainase DAS, mengurangi limpasan air melalui penghijauan, kolam penampungan dan penampungan, pemanenan air hujan, melindungi dan meningkatkan ekosistem sungai dengan menjaga aliran alami, menjaga kapasitas melalui desiltasi, pemulihan dataran banjir dan rawa-rawa. Kemudian mitigasi non struktur yang sudah dikelompokkan seperti Sistem Peringatan Banjir (FWS) yang berdasarkan pengembangan Ambang Curah Hujan (RT), selanjutnya penerapan cutting-edge digital visualisation tools (CDVT) yakni sebuah teknologi visualisasi digital mutakhir yang diterapkan dalam manajemen risiko banjir perkotaan. Tiga teknologi individual, yaitu VR, AR, dan DT, telah diidentifikasi dan penerapannya telah dianalisis secara kritis dalam lima tahap manajemen risiko banjir perkotaan. penerapan CDVT dalam manajemen risiko banjir perkotaan, di mana menggunakan model 3D yang dapat memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi bangunan yang dapat diperbaiki atau dihancurkan dan mengembangkan strategi rekonstruksi. Informasi tersebut dapat digunakan untuk menginformasikan desain bangunan dan metode konstruksi agar lebih tahan terhadap banjir di masa depan. Selanjutnya peramalan curah hujan menggunakan penerapan inovatif kerangka *Wavelet Neural Network* (WNN) dalam meramalkan bencana banjir pegunungan, khususnya di daerah aliran sungai kecil di wilayah pegunungan, selanjutnya melaukan rencana pembangunan tata ruang yang strategis (*structuurvisies*) dan rencana zonasi tata ruang yang mengikat secara hukum (*bestemmingsplannen*) harus memuat ketentuan pengurangan banjir dan menerapkan instrumen pencegahan banjir yang lebih beragam seperti penilaian air yang merupakan pilar sistem pencegahan banjir, penggunaan fitur topografi dan daerah aliran sungai untuk merancang saluran air hujan. Dengan adanya hasil analisis literatur terkait strategi dalam upaya mitigasi bencana banjir ini diharapkan dapat membantu untuk mengurangi atau meminimalisir dampak dan risiko bencana banjir ketika suatu saat bencana tersebut terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakhtiari, V., Piadeh, F., Behzadian, K., & Kapelan, Z. (2023). A critical review for the application of cutting-edge digital visualisation technologies for effective urban flood risk management. *Sustainable Cities and Society*, 104958. [10.1016/j.scs.2023.104958](https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104958)
- Basuki, I. (2020). *Mitigasi Struktural Bencana Pada Infrastruktur Sistem Transportasi*. UPT Perpustakaan Universitas Lampung: Lampung
- BNPB. (2024). Bencana Indonesia 2024. BNPB. <https://dibi.bnpb.go.id/kbencana2>
- Gambini, E., Ceppi, A., Ravazzani, G., Mancini, M., Valsecchi, I. Q., Cucchi, A., ... & Tolone, I. (2024). An empirical rainfall threshold approach for the civil

protection flood warning system on the Milan urban area. *Journal of Hydrology*, 628, 130513. [10.1016/j.jhydrol.2023.130513](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130513)

Ghosh, P., Sudarsan, J. S., & Nithiyantham, S. (2024). Nature-Based Disaster Risk Reduction of Floods in Urban Areas. *Water Resources Management*, 1-20. [10.1007/s11269-024-03757-4](https://doi.org/10.1007/s11269-024-03757-4)

Gralepois, M. (2020). What Can We Learn from Planning Instruments in Flood Prevention? Comparative Illustration to Highlight the Challenges of Governance in Europe. *Water*, 12 (6). [10.3390/w12061841](https://doi.org/10.3390/w12061841)

Hu, X.; Song, L. (2018). Hydrodynamic modeling of flash flood in mountain watersheds based on high-performance GPU computing. *Natural Hazards*, 91, 567–586. [10.1007/s11069-017-3141-7](https://doi.org/10.1007/s11069-017-3141-7)

Jacobson, C.R. Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: A review. *J. Environ. Manag.* 2011, 92, 1438– 1448. [CrossRef]

Jiang, W. B. (2024). Implementing advanced techniques for urban mountain torrent surveillance and early warning using rainfall predictive analysis. *Urban Climate*, 53, 101782. [10.1016/j.uclim.2023.101782](https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101782)

Ningrum, A. S., & Ginting, K. B. (2020). Strategi penanganan banjir berbasis mitigasi bencana pada kawasan rawan bencana banjir di Daerah Aliran Sungai Seulalah Kota Langsa. *GEOSEE*, 1(1).

PP No 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana Peraturan Kepala

Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana

Puspita, A. G. (2021). Systematic Literature Review: Upaya Penanggulangan Bencana Alam

Pada Perpustakaan di Indonesia. *LibTech: Library and Information Science Journal*, 2(2), 1-13.

Ringo, J., Sabai, S., & Mahenge, A. (2023). Performance of early warning systems in mitigating flood effects. A review. *Journal of African Earth Sciences*, 105134. [10.1016/j.jafrearsci.2023.105134](https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2023.105134)

Undang Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana

Wahba, M., El-Rawy, M., & Al-Arifi, N. (2024). Integrating Geographic Information Systems and Hydrometric Analysis for Assessing and Mitigating Building Vulnerability to Flash Flood Risks. *Water*, 16(3), 434. [10.3390/w16030434](https://doi.org/10.3390/w16030434)