ISSN 2809 –641X

PENDEKATAN ARSITEKTUR TANGGUH BENCANA UNTUK MITIGASI BANJIR SUNGAI DI GRESIK SELATAN

Boby Fransisco[1], Muhammad Rizqi Dhuhri[2]
[1]Program studi Arsitektur, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294
22051010030@student.upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Gresik Selatan merupakan kawasan dengan tingkat kerawanan banjir yang tinggi akibat luapan Sungai Kali Lamong yang terjadi secara berulang setiap musim hujan, terutama di Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme yang berada pada kawasan dataran rendah di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Lamong. Banjir yang terjadi menyebabkan kerusakan permukiman, infrastruktur, serta mengganggu aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan pendekatan arsitektur tangguh bencana sebagai strategi mitigasi banjir sungai pada kawasan permukiman rawan banjir di Gresik Selatan. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui studi literatur, pengumpulan data sekunder terkait kejadian banjir Kali Lamong, serta analisis komparatif antara kondisi eksisting kawasan dengan prinsip-prinsip arsitektur tangguh bencana. Analisis dilakukan terhadap aspek tata massa bangunan, sistem konstruksi, material, sistem drainase, dan ruang evakuasi sebagai elemen mitigasi banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi yang paling sesuai untuk diterapkan meliputi penerapan bangunan panggung dengan elevasi lantai di atas muka banjir rencana, penggunaan material tahan air pada bagian bangunan yang rentan terendam, pengembangan sistem drainase terpadu yang terhubung dengan kolam retensi dan area resapan, penyediaan ruang evakuasi multifungsi yang dapat digunakan saat kondisi darurat, serta peningkatan ruang terbuka hijau sebagai daerah tangkapan air. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi strategi desain adaptif pada skala bangunan dan kawasan dapat meningkatkan ketahanan permukiman terhadap risiko banjir sekaligus mendukung upaya adaptasi terhadap perubahan iklim di kawasan Gresik Selatan.

Kata-kunci: Arsitektur Tangguh Bencana, Mitigasi Banjir, DAS Kali Lamong, Permukiman Rawan Banjir, Adaptasi Perubahan Iklim.

DISASTER-RESILIENT ARCHITECTURAL APPROACH FOR RIVER FLOOD MITIGATION IN SOUTH GRESIK

ABSTRACT

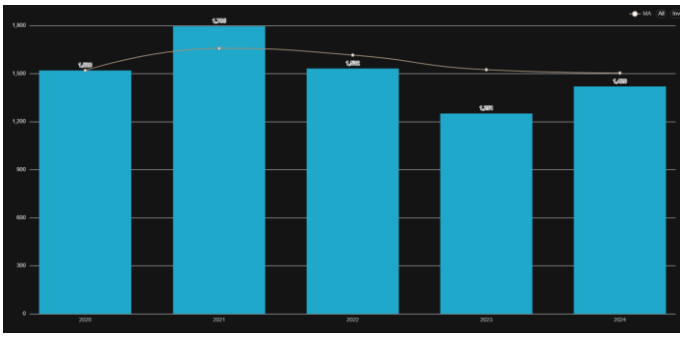
South Gresik is an area with a high level of flood vulnerability due to the recurrent overflow of the Kali Lamong River during the rainy season, particularly in the districts of Benjeng, Balongpanggang, and Cerme, which are located in the lowland areas along the Kali Lamong Watershed. Flood events have caused significant damage to residential areas and infrastructure while also disrupting the social and economic activities of local communities. This study aims to examine the application of a disaster-resilient architectural approach as a flood mitigation strategy for flood-prone residential areas in South Gresik. The research employed a qualitative descriptive method through literature review, secondary data collection on Kali Lamong flood events, and comparative analysis between disaster-resilient architectural principles and existing site conditions. The analysis focused on building mass arrangement, construction systems, building materials, drainage systems, and evacuation spaces as key elements of flood mitigation. The findings indicate that the most relevant architectural strategies for the study area include the implementation of stilt-house designs with floor elevations above the projected flood level, the use of water-resistant materials in structural and lower wall components, the development of integrated drainage systems connected to retention ponds and infiltration areas, the provision of multifunctional evacuation spaces accessible during emergency situations, and the enhancement of green open spaces as water catchment and infiltration zones. These findings demonstrate that the integration of adaptive design strategies at both building and neighborhood scales can improve settlement resilience to flood hazards while supporting climate change adaptation efforts in South Gresik.

Keywords: Disaster-Resilient Architecture, Flood Mitigation, Kali Lamong Watershed, Flood-Prone Settlements, Climate Change Adaptation

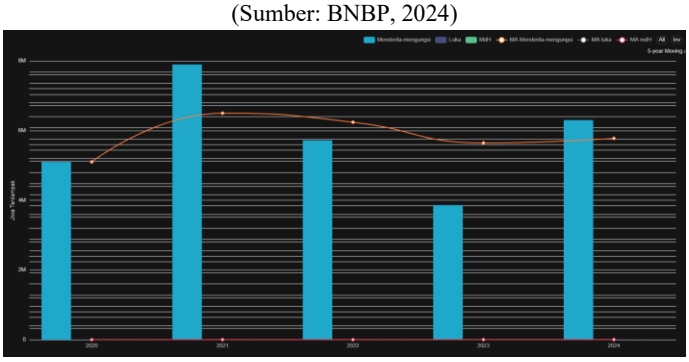
PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada pada wilayah tropis dengan karakteristik curah hujan tinggi dan kondisi geografis yang kompleks. Selain berada pada kawasan cincin api (*Ring of Fire*), Indonesia juga memiliki tingkat kerawanan bencana hidrometeorologi yang terus meningkat sebagai dampak perubahan iklim global. Salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi adalah banjir. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir secara konsisten menjadi jenis bencana dengan jumlah kejadian tertinggi di Indonesia setiap tahunnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa banjir masih menjadi ancaman utama terhadap keberlanjutan pembangunan, terutama pada kawasan permukiman yang berada di sepanjang daerah aliran sungai (BNPB, 2024). Selain itu, laporan Intergovernmental Panel on Climate Change menegaskan bahwa perubahan iklim telah meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian hujan ekstrem sehingga memperbesar risiko banjir di berbagai wilayah dunia (IPCC, 2022).



Gambar 1. Statistik Jumlah Kejadian Bencana Banjir di Indonesia Tahun 2020-2024
(Sumber: BNBP, 2024)



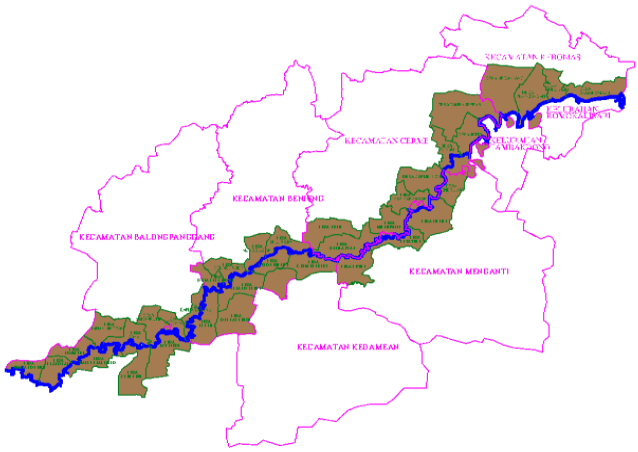
Gambar 2. Statistik Jumlah Warga Terdampak Bencana Tahun 2020-2024
(Sumber: BNBP, 2024)

Berdasarkan data tersebut, banjir mendominasi kejadian bencana di Indonesia selama lima tahun terakhir. Tingginya frekuensi banjir menunjukkan bahwa upaya pengurangan risiko bencana memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif, tidak hanya melalui pembangunan infrastruktur pengendali banjir tetapi juga melalui perencanaan kawasan dan desain bangunan yang mampu beradaptasi terhadap ancaman banjir.

Perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali, peningkatan kawasan terbangun, sedimentasi sungai, serta berkurangnya daerah resapan air menjadi faktor utama yang memperburuk risiko banjir di berbagai wilayah perkotaan. Kondisi tersebut menyebabkan

kapasitas lingkungan dalam mengendalikan limpasan air hujan semakin menurun sehingga banjir terjadi dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan kondisi alami. Menurut (UNDRR, 2015), peningkatan risiko bencana tidak hanya dipengaruhi oleh faktor alam, tetapi juga oleh perubahan penggunaan lahan, urbanisasi yang tidak terkendali, dan rendahnya kualitas tata kelola lingkungan. Hal tersebut sejalan dengan pendapat (Sharifi, 2019) yang menyatakan bahwa perkembangan kawasan perkotaan tanpa memperhatikan aspek ketahanan lingkungan akan meningkatkan kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi.

Kabupaten Gresik merupakan salah satu wilayah di Provinsi Jawa Timur yang mengalami permasalahan banjir secara berulang. Kawasan Gresik Selatan, khususnya Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme, merupakan wilayah yang berada pada dataran rendah di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Lamong sehingga memiliki tingkat kerentanan banjir yang tinggi. Setiap musim hujan, debit Sungai Kali Lamong meningkat akibat limpasan dari wilayah hulu sehingga mengakibatkan luapan sungai yang merendam kawasan permukiman, lahan pertanian, fasilitas umum, serta jaringan transportasi. Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Gresik (2024), banjir Kali Lamong merupakan bencana tahunan yang memberikan dampak signifikan terhadap kehidupan masyarakat di wilayah Gresik Selatan. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh topografi kawasan yang relatif datar, sedimentasi sungai, serta terbatasnya kapasitas saluran drainase.



Gambar 3. Peta Lokasi Banjir DAS Kali Lamong Kabupaten Gresik
(Sumber: BPBD Kab. Gresik, 2024)

Kawasan penelitian berada pada bagian hilir DAS Kali Lamong yang secara topografis memiliki kemiringan lahan relatif rendah sehingga aliran air bergerak lambat dan menyebabkan genangan bertahan lebih lama. Selain itu, perkembangan kawasan permukiman yang semakin pesat telah meningkatkan luas permukaan kedap air sehingga memperbesar limpasan permukaan (*surface runoff*) ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan kawasan Gresik Selatan menjadi salah satu wilayah dengan tingkat kerentanan banjir tertinggi di Kabupaten Gresik.

Banjir Kali Lamong memiliki karakteristik genangan dengan durasi relatif lama karena rendahnya kemiringan lahan dan terbatasnya kapasitas drainase kawasan. Kondisi tersebut menyebabkan aktivitas masyarakat terhenti selama beberapa hari hingga beberapa minggu. Kerugian yang ditimbulkan tidak hanya berupa kerusakan fisik bangunan, tetapi juga

kehilangan mata pencaharian, gangguan pendidikan, penurunan kualitas kesehatan masyarakat, serta meningkatnya biaya rehabilitasi pascabencana. Selain itu, banjir juga mengganggu aktivitas sektor pertanian dan perdagangan yang merupakan sumber utama perekonomian masyarakat Gresik Selatan.

Tabel 1. Jumlah Desa Terdampak Banjir Tahun 2020-2023

Kecamatan	2020	2021	2022	2023	Total
Balongpanggang	8	6	10	15	39
Benjeng	11	17	12	17	57
Cerme	18	17	9	11	55
Total Desa Terdampak	**37**	**40**	**31**	**43**	**151**

(Sumber : BPBD Kabupaten Gresik, 2024)

Data tersebut menunjukkan bahwa banjir Kali Lamong tidak hanya mengakibatkan kerusakan pada bangunan permukiman, tetapi juga berdampak terhadap sektor pertanian, infrastruktur jalan, fasilitas umum, serta aktivitas ekonomi masyarakat. Tingginya tingkat kerugian tersebut mengindikasikan bahwa kawasan Gresik Selatan memerlukan strategi mitigasi yang lebih komprehensif melalui pendekatan perencanaan kawasan dan desain bangunan yang adaptif terhadap karakteristik banjir.

Selama ini penanganan banjir lebih banyak dilakukan melalui pendekatan struktural seperti normalisasi sungai, pembangunan tanggul, kolam retensi, dan peningkatan kapasitas saluran drainase. Meskipun berbagai upaya tersebut mampu mengurangi dampak banjir pada tingkat tertentu, strategi tersebut belum sepenuhnya mampu menghilangkan risiko banjir karena perubahan iklim diproyeksikan akan meningkatkan kejadian hujan ekstrem pada masa mendatang (IPCC, 2022). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan adaptif yang tidak hanya berfokus pada pengendalian air, tetapi juga meningkatkan ketahanan bangunan dan kawasan melalui perancangan lingkungan binaan yang responsif terhadap ancaman banjir.

Pendekatan arsitektur tangguh bencana (*disaster-resilient architecture*) merupakan salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk mengurangi risiko kerusakan akibat banjir. Pendekatan ini mengintegrasikan aspek tata ruang, konstruksi bangunan, pemilihan material, sistem utilitas, sistem drainase, ruang terbuka hijau, serta penyediaan ruang evakuasi sehingga bangunan dan kawasan memiliki kemampuan untuk bertahan, beradaptasi, dan pulih lebih cepat setelah terjadi bencana. Menurut (Bosher, 2014), arsitektur tangguh bencana merupakan pendekatan yang mengintegrasikan prinsip pengurangan risiko bencana ke dalam proses perencanaan, perancangan, dan pengelolaan lingkungan binaan. (Sharifi, 2019) juga menjelaskan bahwa kawasan yang tangguh harus mampu memenuhi prinsip *robustness*, *redundancy*, *resourcefulness*, dan *rapidity* untuk meningkatkan kapasitas adaptasi terhadap bencana dan perubahan iklim.

Berbagai penelitian mengenai banjir Kali Lamong umumnya berfokus pada aspek hidrologi, normalisasi sungai, pengendalian banjir melalui pembangunan tanggul, maupun evaluasi sistem drainase kawasan. Sementara itu, kajian yang membahas penerapan prinsip-prinsip arsitektur tangguh bencana sebagai strategi mitigasi pada kawasan permukiman masih relatif terbatas. Padahal, karakteristik banjir Kali Lamong yang terjadi secara berulang

menuntut adanya pendekatan adaptif yang tidak hanya mengendalikan banjir melalui infrastruktur, tetapi juga meningkatkan kemampuan bangunan dan kawasan dalam menghadapi genangan. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan mengintegrasikan prinsip arsitektur tangguh bencana pada skala bangunan dan kawasan sebagai strategi mitigasi banjir yang berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan pendekatan arsitektur tangguh bencana sebagai strategi mitigasi banjir sungai pada kawasan permukiman di Gresik Selatan melalui analisis kondisi eksisting kawasan serta penyusunan rekomendasi desain adaptif yang sesuai dengan karakteristik banjir DAS Kali Lamong. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan bagi pemerintah daerah dalam penyusunan kebijakan penataan kawasan rawan banjir, sekaligus menjadi referensi bagi akademisi dan praktisi arsitektur dalam mengembangkan konsep permukiman yang tangguh terhadap bencana dan adaptif terhadap perubahan iklim.

Kajian Literatur

Arsitektur Tangguh Bencana (*Disaster-Resilient Architecture*)

Arsitektur tangguh bencana (*disaster-resilient architecture*) merupakan pendekatan perancangan yang mengintegrasikan prinsip-prinsip pengurangan risiko bencana ke dalam proses perencanaan, pembangunan, dan pengelolaan lingkungan binaan. Konsep ini bertujuan menghasilkan bangunan dan kawasan yang tidak hanya mampu mengurangi dampak bencana, tetapi juga memiliki kemampuan untuk mempertahankan fungsi utama, beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan, serta pulih dengan cepat setelah bencana terjadi. Dengan demikian, arsitektur tangguh bencana tidak hanya berorientasi pada kekuatan struktur bangunan, tetapi juga memperhatikan aspek sosial, ekonomi, lingkungan, dan keberlanjutan (Bosher, 2014).

Menurut (UNDRR, 2015), ketangguhan (*resilience*) adalah kemampuan suatu sistem, komunitas, atau masyarakat yang terpapar bahaya untuk bertahan, menyerap, beradaptasi, serta pulih secara tepat waktu dan efisien dengan tetap mempertahankan fungsi dasar, struktur, dan identitasnya. Definisi tersebut menjadi dasar penerapan konsep ketangguhan pada lingkungan binaan, khususnya pada kawasan yang memiliki risiko tinggi terhadap bencana hidrometeorologi.

Dalam konteks arsitektur dan perencanaan kota, (Sharifi, 2019) menjelaskan bahwa kawasan yang tangguh dibangun melalui empat prinsip utama, yaitu robustness, redundancy, resourcefulness, dan rapidity. *Robustness* mengacu pada kemampuan bangunan untuk menahan gangguan fisik tanpa mengalami kerusakan yang signifikan. *Redundancy* merupakan ketersediaan sistem cadangan sehingga fungsi kawasan tetap berjalan ketika salah satu sistem mengalami kegagalan. *Resourcefulness* berkaitan dengan kemampuan masyarakat maupun institusi dalam mengelola sumber daya selama kondisi darurat, sedangkan *rapidity* merupakan kemampuan kawasan untuk pulih dalam waktu yang relatif singkat setelah bencana terjadi.

Pada kawasan rawan banjir, prinsip-prinsip tersebut diwujudkan melalui berbagai strategi desain seperti peninggian elevasi bangunan, penggunaan material tahan air, sistem utilitas yang aman terhadap genangan, ruang evakuasi multifungsi, sistem drainase yang terintegrasi, serta penyediaan ruang terbuka hijau sebagai daerah resapan. Penerapan strategi

tersebut mampu meningkatkan kapasitas adaptasi kawasan terhadap banjir sekaligus mendukung pembangunan permukiman yang berkelanjutan.

Mitigasi Bencana Banjir

Mitigasi merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko serta dampak yang ditimbulkan oleh suatu bencana melalui pembangunan fisik maupun peningkatan kapasitas masyarakat. Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2021), mitigasi merupakan bagian penting dalam siklus penanggulangan bencana yang dilaksanakan sebelum bencana terjadi sebagai upaya mengurangi potensi kerugian.

Menurut *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*, mitigasi bencana diarahkan pada pembangunan yang berorientasi pada pengurangan risiko melalui peningkatan ketahanan masyarakat, perlindungan infrastruktur, penguatan tata kelola, serta penerapan pembangunan berkelanjutan (UNDRR, 2015). Dalam konteks banjir, mitigasi dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural.

Mitigasi struktural meliputi pembangunan tanggul, normalisasi sungai, kolam retensi, embung, pintu air, serta peningkatan kapasitas saluran drainase. Pendekatan ini bertujuan mengendalikan aliran air secara langsung melalui pembangunan infrastruktur. Sebaliknya, mitigasi non-struktural dilakukan melalui pengendalian tata ruang, penyusunan regulasi pembangunan, sistem peringatan dini, edukasi kebencanaan, peningkatan kapasitas masyarakat, serta penerapan desain bangunan yang adaptif terhadap banjir.

Dalam bidang arsitektur, mitigasi banjir tidak hanya dipahami sebagai upaya melindungi bangunan dari genangan air, tetapi juga sebagai proses merancang lingkungan binaan yang mampu mengurangi tingkat kerentanan masyarakat. Oleh karena itu, pendekatan desain menjadi salah satu bagian penting dalam sistem mitigasi banjir yang berkelanjutan.

Adaptasi Perubahan Iklim Pada Kawasan Permukiman

Perubahan iklim telah meningkatkan intensitas kejadian cuaca ekstrem di berbagai wilayah dunia sehingga berdampak pada meningkatnya risiko banjir, kekeringan, dan bencana hidrometeorologi lainnya. Laporan (IPCC, 2022) menyatakan bahwa kawasan perkotaan dan permukiman merupakan salah satu sektor yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim karena tingginya konsentrasi penduduk dan infrastruktur.

Adaptasi perubahan iklim merupakan proses penyesuaian terhadap kondisi iklim saat ini maupun yang diproyeksikan pada masa mendatang guna mengurangi dampak negatif serta memanfaatkan peluang yang muncul akibat perubahan tersebut. Pada kawasan permukiman, adaptasi dilakukan melalui peningkatan kualitas infrastruktur, pengembangan sistem drainase yang lebih adaptif, perlindungan kawasan resapan, serta penerapan desain bangunan yang mampu bertahan terhadap kondisi lingkungan yang berubah.

Salah satu pendekatan yang berkembang adalah *Nature-Based Solutions* (NbS), yaitu pemanfaatan proses alami dalam mengatasi permasalahan lingkungan. Pendekatan ini meliputi pembangunan ruang terbuka hijau, taman resapan, bioswale, sumur resapan, kolam retensi, dan pelestarian sempadan sungai. Selain mampu mengurangi limpasan permukaan, pendekatan tersebut juga meningkatkan kualitas lingkungan dan mendukung keberlanjutan kawasan.

Konsep Climate Resilient Settlement menekankan bahwa ketahanan kawasan terhadap perubahan iklim hanya dapat dicapai apabila bangunan, infrastruktur, tata ruang, dan

masyarakat dirancang sebagai satu sistem yang saling mendukung. Oleh karena itu, adaptasi perubahan iklim harus diintegrasikan sejak tahap perencanaan kawasan.

Prinsip Desain Arsitektur Tangguh Terhadap Banjir

Perancangan bangunan pada kawasan rawan banjir memerlukan strategi yang berbeda dibandingkan kawasan normal. Tujuan utama desain bukan hanya mencegah masuknya air ke dalam bangunan, tetapi juga mengurangi kerusakan apabila banjir tetap terjadi.

Beberapa prinsip desain yang banyak direkomendasikan dalam literatur meliputi:

1. Elevasi bangunan, yaitu menaikkan lantai utama di atas tinggi muka banjir rencana agar ruang utama tetap aman dari genangan.
2. Material tahan air, seperti beton bertulang, keramik, bata ringan berlapis kedap air, aluminium, dan UPVC untuk mengurangi kerusakan akibat kelembapan.
3. Sistem drainase berkelanjutan, melalui integrasi saluran drainase, sumur resapan, bioswale, kolam retensi, dan ruang terbuka hijau.
4. Ruang evakuasi multifungsi, yang berfungsi sebagai fasilitas publik pada kondisi normal dan berubah menjadi tempat evakuasi saat bencana.
5. Ruang terbuka hijau, yang meningkatkan kapasitas infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan.

Kelima prinsip tersebut saling melengkapi sehingga membentuk sistem mitigasi berbasis desain yang dapat meningkatkan ketahanan bangunan maupun kawasan terhadap banjir.

Tabel 2. Prinsip Desain Arsitektur Tangguh Terhadap Banjir

Prinsip	Penerapan	Tujuan
Elevasi bangunan	Rumah panggung/elevasi lantai	Menghindari genangan
Material tahan air	Beton, keramik, alumunium, UVPC	Mengurangi kerusakan
Drainase terpadu	Kolam retensi, bioswale, sumur resapan	Mengendalikan limpasan air
Shelter Evakuasi	Gedung multifungsi	Keselamatan masyarakat
Ruang terbuka hijau	Taman resapan, vegetasi	Meningkatkan infiltrasi

(Sumber: *Bosher (2014); Sharifi (2019); FEMA (2021))*

Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai ketahanan kawasan terhadap banjir telah berkembang cukup pesat, baik pada skala bangunan maupun kawasan. (Bosher, 2014) menekankan pentingnya integrasi prinsip pengurangan risiko bencana ke dalam desain arsitektur. (Sharifi, 2019) mengembangkan indikator ketangguhan perkotaan yang menjadi acuan dalam mengevaluasi kemampuan suatu kawasan menghadapi bencana. Di sisi lain, berbagai penelitian mengenai permukiman tahan banjir di Bangladesh, Jepang, dan Belanda menunjukkan bahwa penerapan elevasi bangunan, sistem drainase adaptif, serta infrastruktur hijau mampu mengurangi dampak banjir secara signifikan.

Di Indonesia, penelitian terkait banjir lebih banyak membahas aspek hidrologi, kapasitas sungai, maupun sistem drainase perkotaan. Penelitian yang secara khusus mengintegrasikan prinsip arsitektur tangguh bencana dengan karakteristik banjir DAS Kali Lamong masih relatif terbatas. Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya penelitian yang menghubungkan aspek

desain bangunan, penataan kawasan, sistem drainase, ruang terbuka hijau, dan ruang evakuasi dalam satu strategi mitigasi yang terpadu.

Tabel 3. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Lokasi	Fokus	Hasil
Bosher (2014)	Inggris	Disaster-resilient architecture	Integrasi DRR dalam desain bangunan
Sharifi (2019)	Jepang	Urban resilience	Indikator ketangguhan kawasan
Dewan et al. (2017)	Bangladesh	Flood-resilient housing	Rumah panggung efektif mengurangi kerusakan
Syarif et al. (2022)	Semarang	Drainase adaptif	Mengurangi genangan kawasan
Penelitian ini	Gresik Selatan	Arsitektur tangguh bencana	Integrasi bangunan, drainase, RTH, dan shelter

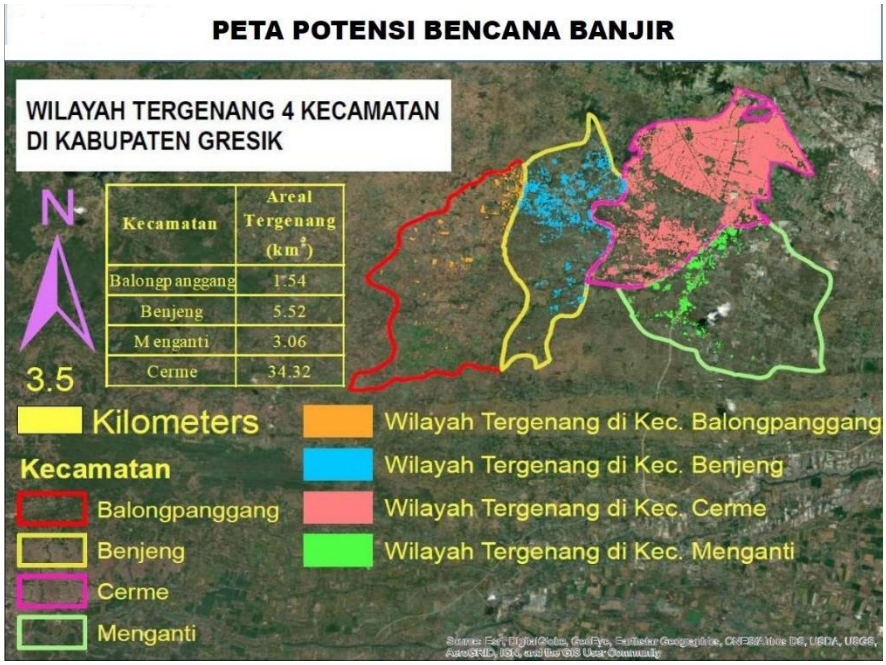
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus (*case study*) pada kawasan permukiman rawan banjir di Gresik Selatan, khususnya Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme yang berada di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Lamong. Pendekatan deskriptif kualitatif dipilih karena mampu memberikan pemahaman secara mendalam mengenai karakteristik kawasan, kondisi eksisting permukiman, serta penerapan prinsip-prinsip arsitektur tangguh bencana sebagai strategi mitigasi banjir. Menurut (Creswell, 2018), penelitian kualitatif digunakan untuk memahami fenomena secara komprehensif berdasarkan kondisi nyata melalui interpretasi terhadap berbagai sumber informasi. Dalam bidang arsitektur, metode studi kasus juga banyak digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara lingkungan binaan dengan kondisi sosial maupun karakteristik fisik kawasan (Wang, 2013).

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di kawasan Gresik Selatan, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur yang meliputi Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme. Ketiga kecamatan tersebut dipilih karena merupakan wilayah yang paling sering mengalami banjir akibat luapan Sungai Kali Lamong. Secara geografis kawasan penelitian berada pada dataran rendah dengan kemiringan lahan relatif kecil sehingga memiliki tingkat kerentanan banjir yang tinggi. Selain itu, kawasan tersebut didominasi oleh permukiman, lahan pertanian, serta fasilitas umum yang secara langsung terdampak ketika terjadi banjir.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian
(Sumber : Dinas PUTR Kab. Gresik, 2023)

Jenis dan Sumber Data

Penelitian menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

A. Data Primer

Data primer diperoleh melalui observasi lapangan pada kawasan permukiman rawan banjir di DAS Kali Lamong. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi fisik kawasan yang meliputi:

- Tata massa bangunan
- Elevasi bangunan
- Sistem drainase
- Kondisi ruang terbuka hijau
- Material bangunan
- Fasilitas evakuasi
- Aksesibilitas kawasan

Selain observasi, dokumentasi lapangan berupa foto dan pencatatan kondisi eksisting dilakukan sebagai bahan analisis.

B. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui studi literatur dan dokumen dari berbagai instansi, antara lain:

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Gresik
- Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo
- Badan Pusat Statistik
- Jurnal nasional dan internasional
- Buku

- Peraturan pemerintah
- Peta RBI
- Citra satelit
- Dokumen RTRW Kabupaten Gresik.

Data sekunder meliputi karakteristik DAS Kali Lamong, data kejadian banjir, curah hujan, penggunaan lahan, topografi, serta teori mengenai arsitektur tangguh bencana.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan berikut.

a. Studi Literatur

- Arsitektur tangguh bencana,
- Mitigasi banjir,
- Adaptasi perubahan iklim
- Desain kawasan rawan banjir.

Literatur berasal dari jurnal ilmiah, buku, standar teknis, dan regulasi pemerintah.

b. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung pada lokasi penelitian untuk mengidentifikasi kondisi eksisting kawasan, antara lain:

- Kondisi permukiman,
- Sistem drainase,
- Elevasi bangunan,
- Material bangunan,
- Ruang terbuka hijau,
- Fasilitas umum,
- Jalur evakuasi.

c. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan melalui pengambilan foto kondisi lapangan, peta kawasan, citra satelit, serta dokumen teknis yang berkaitan dengan penelitian.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian disusun berdasarkan prinsip-prinsip arsitektur tangguh bencana yang digunakan sebagai dasar analisis kondisi kawasan.

Tabel 4. Variabel Penelitian

Variable	Indikator	Parameter Analisis
Tata massa bangunan	Pola permukiman	Jarak antar bangunan, orientasi
Bangunan	Elevasi lantai	Tinggi lantai terhadap muka banjir
Struktur	Pondasi dan konstruksi	Ketahanan terhadap banjir
Material	Material bangunan	Ketahanan terhadap air
Drainase	Saluran drainase	Kapasitas dan konektivitas
Ruang terbuka hijau	Luas RTH	Daya resap air
Shelter	Ruang evakuasi	Kapasitas dan aksesibilitas
Infrastruktur	Jalan dan utilitas	Ketahanan terhadap banjir

(Sumber: Analisa Penulis, 2026)

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan analisis deskriptif komparatif. Metode ini membandingkan kondisi eksisting kawasan dengan prinsip-prinsip arsitektur tangguh bencana yang diperoleh melalui kajian literatur.

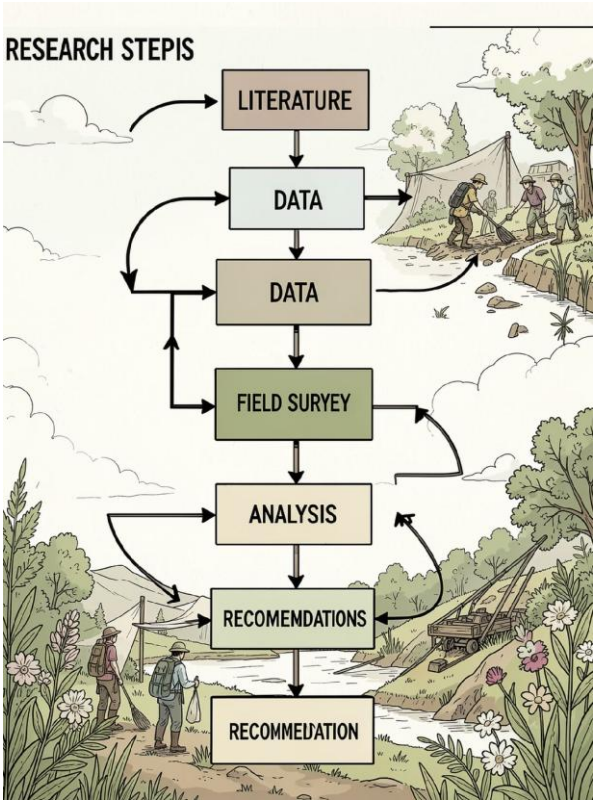
Tahapan analisis meliputi:

- Identifikasi karakteristik banjir DAS Kali Lamong.
- Analisis kondisi eksisting kawasan permukiman.
- Identifikasi prinsip arsitektur tangguh bencana.
- Analisis kesesuaian antara kondisi eksisting dan teori.
- Penyusunan rekomendasi desain adaptif.

Hasil analisis kemudian disintesiskan untuk menghasilkan strategi mitigasi banjir yang dapat diterapkan pada skala bangunan maupun kawasan.

Kerangka Analisis Data

Proses penelitian dilakukan secara bertahap mulai dari identifikasi permasalahan hingga penyusunan rekomendasi desain.



Gambar 5. Diagram Alur Penelitian
(Sumber: Analisa Penulis, 2026)

Output Penelitian

Luaran penelitian berupa rekomendasi penerapan prinsip arsitektur tangguh bencana pada kawasan permukiman di Gresik Selatan yang meliputi:

1. konsep bangunan adaptif terhadap banjir
2. rekomendasi sistem drainase terpadu
3. konsep ruang terbuka hijau berbasis resapan
4. konsep ruang evakuasi multifungsi
5. strategi penataan kawasan permukiman yang lebih tangguh terhadap banjir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kawasan Penelitian

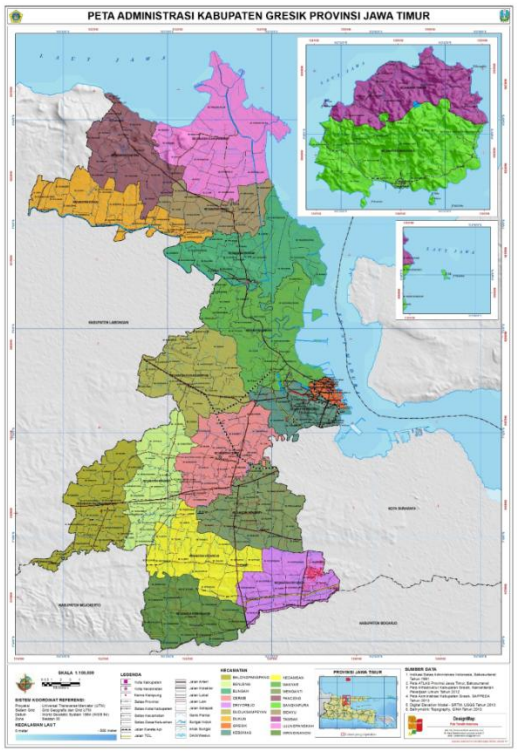
Wilayah studi terletak di bagian selatan Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur, yang mencakup wilayah Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme. Kecamatan-kecamatan tersebut dipilih karena merupakan wilayah yang paling sering terdampak banjir akibat luapan Sungai Lamong. Secara administratif, wilayah ini berada di bagian hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) Lamong dan menerima aliran air dari wilayah hulu yang terletak di Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Lamongan. Kondisi ini menyebabkan peningkatan debit sungai yang signifikan selama musim hujan, sehingga menimbulkan risiko air melampaui kapasitas alur sungai dan menyebabkan banjir di permukiman yang berada di sepanjang bantaran sungai.



Gambar 6. Peta Penelitian Kawasan Gresik
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

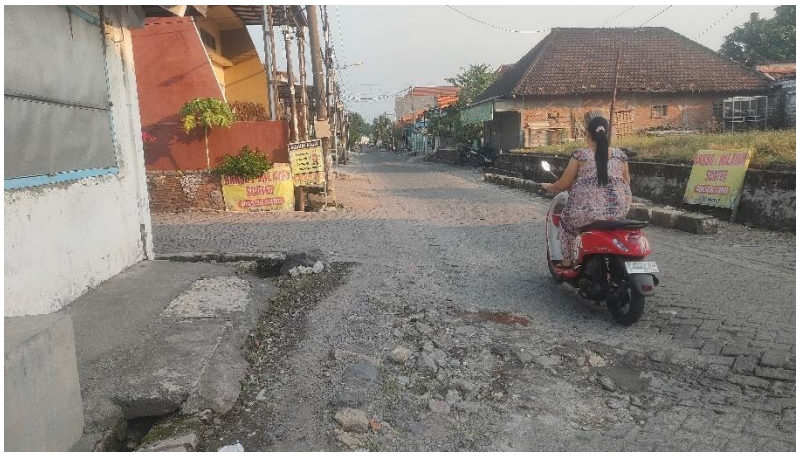
Secara fisiografis, wilayah studi didominasi oleh dataran rendah dengan kemiringan lereng yang relatif landai. Kondisi topografi ini menyebabkan rendahnya kecepatan aliran permukaan, sehingga memicu terjadinya genangan air dan terbentuknya kubangan air yang bertahan lama. Selain konfigurasi lahan, hidrologi wilayah ini juga dipengaruhi oleh letak bagian selatan Kabupaten Gresik yang berada di bagian hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) Lamong, yang menerima limpasan air dari wilayah hulu. Ketika terjadi hujan lebat secara bersamaan di wilayah hulu dan hilir sungai, debit aliran di saluran Sungai Lamong meningkat secara signifikan, sehingga menyebabkan banjir yang berdampak pada permukiman, lahan pertanian, dan infrastruktur di sekitarnya.

Penggunaan lahan pada wilayah studi didominasi oleh kawasan permukiman, lahan pertanian, tambak ikan, serta fasilitas umum seperti sekolah, masjid, dan kantor pemerintah daerah. Dalam beberapa tahun terakhir, perluasan kawasan terbangun telah menyebabkan berkurangnya lahan terbuka yang sebelumnya berfungsi sebagai zona resapan air. Peningkatan permukaan kedap air mengakibatkan besarnya limpasan permukaan saat terjadi hujan lebat, sehingga mempercepat terjadinya banjir lokal di kawasan permukiman. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan merupakan faktor yang meningkatkan risiko banjir di wilayah Gresik Selatan.



Gambar 7. Peta Penggunaan Lahan Kawasan Penelitian
(Sumber : Peta Tematik, 2015)

Pembangunan di wilayah studi umumnya berupa bangunan permanen dengan struktur beton bertulang dan dinding pasangan bata. Sebagian besar bangunan didirikan mengikuti jaringan jalan dan tata ruang kota yang ada, tanpa mempertimbangkan karakteristik banjir spesifik di wilayah tersebut. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa di beberapa lokasi, elevasi lantai bangunan relatif rendah dibandingkan dengan ketinggian muka air banjir; akibatnya, air mudah menggenangi kawasan permukiman saat debit Sungai Lamong meningkat. Selain itu, kepadatan bangunan yang tinggi di area tertentu sangat membatasi keberadaan ruang terbuka yang berfungsi sebagai zona infiltrasi, sehingga mengurangi kapasitas wilayah tersebut dalam mengelola limpasan air hujan.

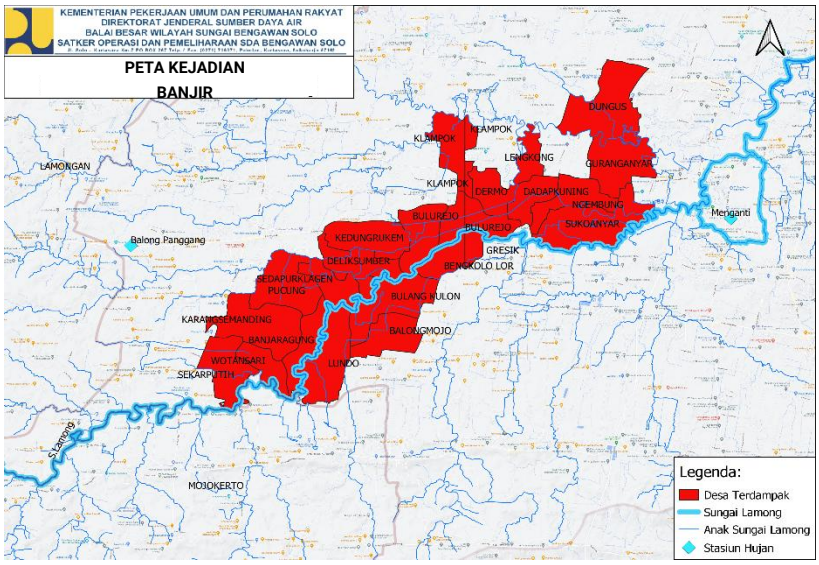


Gambar 8. Kondisi Pemukiman di Kawasan Penelitian
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Sistem drainase di kawasan tersebut sebagian besar terdiri dari saluran terbuka yang mengalirkan air menuju Sungai Lamong. Namun, kapasitas sistem ini terbatas di titik-titik tertentu akibat sedimentasi, penyempitan saluran, dan pemeliharaan jaringan yang tidak memadai. Kondisi ini menghambat aliran cepat air hujan menuju sungai, sehingga memperlama durasi banjir. Selain itu, kurangnya ruang terbuka hijau dan infrastruktur infiltrasi air, seperti kolam retensi atau saluran biosorpsi. membatasi kemampuan kawasan tersebut dalam mengurangi limpasan air permukaan. Berdasarkan karakteristik fisiografis wilayah tersebut, disimpulkan bahwa tingginya risiko banjir di wilayah selatan Gresik disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor: lokasinya di bagian hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) Lamong, kondisi lahan yang relatif datar, pembangunan perkotaan yang membatasi kemampuan tanah dalam menahan air, serta kapasitas sistem drainase yang terbatas. Kondisi-kondisi ini menunjukkan bahwa upaya mitigasi dampak banjir tidak dapat hanya mengandalkan pembangunan infrastruktur pengendalian banjir, melainkan juga memerlukan penerapan prinsip-prinsip desain yang tangguh bencana, baik pada skala bangunan individu maupun skala kawasan. Pendekatan semacam ini diharapkan dapat meningkatkan ketahanan kawasan permukiman dalam menghadapi banjir, beradaptasi terhadapnya, serta pulih lebih cepat setelah terjadinya peristiwa tersebut.

Karakteristik Banjir DAS Kali Lamong

Banjir di wilayah selatan Gresik terutama disebabkan oleh meluapnya Sungai Lamong, sebuah peristiwa yang kerap terjadi pada musim hujan. Sungai Lamong merupakan sungai besar di Jawa Timur yang mengalir melintasi wilayah Kabupaten Mojokerto, Lamongan, dan Gresik sebelum bermuara di Selat Madura. Banjir ini dipicu oleh curah hujan tinggi di wilayah hulu, pendangkalan (sedimentasi), serta terbatasnya kapasitas saluran, yang menyebabkan sungai tidak mampu menampung volume air selama musim hujan. Akibatnya, ketika debit air melampaui kapasitas sungai, air meluap dan membanjiri kawasan permukiman, lahan pertanian, serta infrastruktur di wilayah selatan Gresik.



Gambar 9. Peta Sebaran Kawasan Rawan Banjir DAS Kali Lamong
(Sumber : Kemntrian PUPR, 2026)

Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Gresik, banjir akibat luapan Sungai Lamong terjadi hampir setiap tahun, meskipun tingkat keparahannya bervariasi. Wilayah yang paling sering terdampak adalah Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme; wilayah-wilayah ini terletak di bagian hilir daerah aliran sungai (DAS) Lamong dan memiliki kontur lahan yang relatif datar. Dalam beberapa kejadian, ketinggian air banjir dapat melebihi satu meter dan bertahan selama beberapa hari hingga lebih dari seminggu, sehingga mengganggu aktivitas sehari-hari warga serta meningkatkan risiko kerusakan pada bangunan dan infrastruktur.

Tabel 5. Karakteristik Banjir DAS Kali Lamong

Parameter	Kondisi
Jenis banjir	Banjir luapan sungai (riverine flood)
Penyebab utama	Luapan Sungai Kali Lamong akibat peningkatan debit dan sedimentasi
Wilayah terdampak	Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme
Tinggi genangan	40-50 cm (diisi berdasarkan data BPBD)
Lama genangan	3-5 hari (diisi berdasarkan data BPBD)
Frekuensi kejadian	Terjadi hampir setiap musim hujan
Dampak utama	Permukiman, lahan pertanian, fasilitas umum, dan jaringan jalan

(Sumber : BPBD Kabupaten Gresik diolah Penulis, 2026)

Karakteristik banjir di sepanjang Sungai Lamong berbeda dengan fenomena yang terjadi di kawasan perkotaan, di mana genangan air biasanya disebabkan oleh kegagalan sistem drainase setempat. Di wilayah studi ini, banjir ditandai dengan genangan air yang bertahan lama akibat kondisi lahan yang rendah, kapasitas alur sungai yang terbatas, serta lambatnya aliran air menuju muara. Kondisi tersebut menyebabkan penumpukan air yang tidak hanya merusak bangunan, tetapi juga mengganggu sektor pendidikan, perdagangan, transportasi, dan pertanian yang merupakan sumber penghidupan utama bagi masyarakat di wilayah Gresik Selatan.



Gambar 10. Kondisi Genangan Banjir pada Kawasan Permukiman di DAS Kali Lamong
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

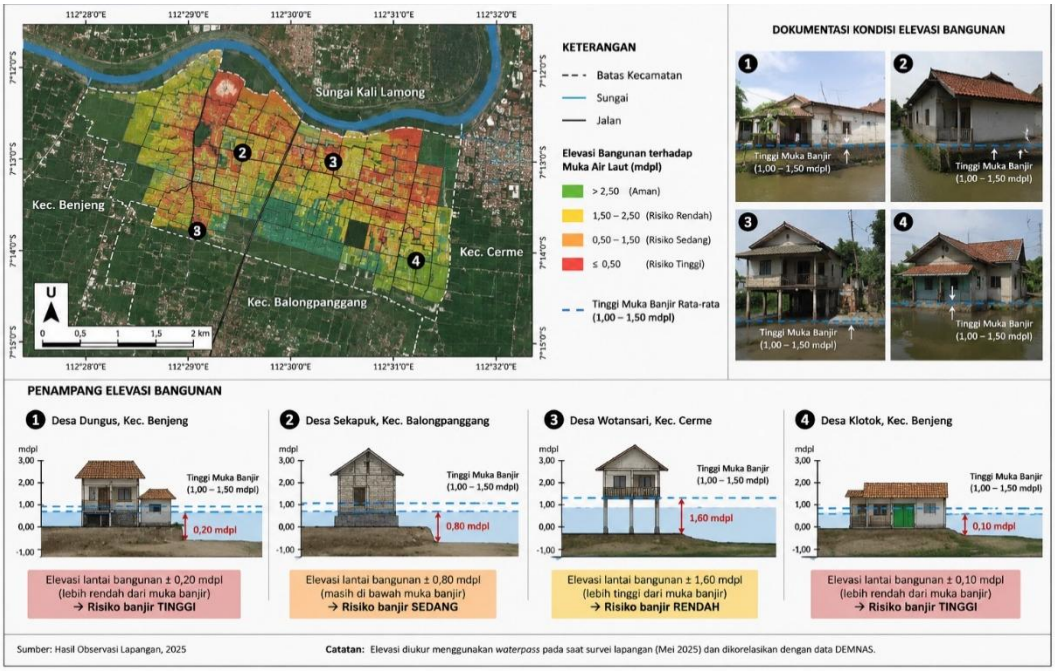
Selain kerusakan fisik pada bangunan, banjir juga menurunkan kualitas lingkungan hunian dengan meningkatkan kelembaban, mencemari sumber air, dan mengganggu sistem sanitasi. Hal-hal tersebut menunjukkan bahwa dampak banjir tidaklah bersifat sementara saja, melainkan juga mempengaruhi kualitas hidup masyarakat dalam jangka panjang. Oleh karena itu, upaya mitigasi risiko tidak dapat hanya mengandalkan infrastruktur pengendalian banjir seperti, tanggul atau sistem pengaturan aliran air, tetapi juga harus menerapkan strategi adaptasi, baik pada tingkat bangunan individu maupun di seluruh kawasan permukiman. Seringnya terjadi banjir menjadi alasan kuat untuk menerapkan prinsip-prinsip arsitektur yang tangguh bencana. Tingginya permukaan air dan genangan yang berlangsung lama menuntut adanya solusi desain seperti meninggikan lantai bangunan di atas perkiraan ketinggian banjir, menggunakan material bangunan yang tahan kelembaban, mengintegrasikan sistem drainase dengan infrastruktur peresapan air, serta menyediakan ruang evakuasi yang mudah diakses oleh warga. Dengan demikian, pendekatan arsitektur yang berorientasi pada ketangguhan bertujuan tidak hanya untuk meminimalkan kerusakan fisik bangunan, tetapi juga untuk meningkatkan kemampuan permukiman dalam menghadapi banjir, beradaptasi dengan kondisi yang ada, serta pulih lebih cepat setelah peristiwa tersebut terjadi.

Analisis Penerapan Prinsip Arsitektur Tangguh Bencana

Analisis Elevasi Bangunan terhadap Resiko Banjir

Meninggikan level pondasi bangunan merupakan elemen mendasar dari arsitektur yang tangguh bencana di wilayah rawan banjir. Pengamatan lapangan di wilayah Kecamatan

Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme menunjukkan bahwa sebagian besar rumah dibangun dengan pondasi dangkal, serta memiliki ketinggian lantai yang relatif rendah dibandingkan dengan permukaan jalan dan ketinggian air banjir tahunan. Akibatnya, saat Sungai Lamong meluap, air banjir dengan mudah menggenangi area hunian utama.



Gambar 11. Kondisi Elevasi Bangunan di Kawasan Penelitian
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rumah dengan ketinggian lantai yang setara atau lebih rendah daripada jalan mengalami kerusakan lebih parah dibandingkan dengan bangunan yang telah ditinggikan oleh pemiliknya. Air banjir tidak hanya menggenangi area hunian utama, tetapi juga merusak lantai, dinding, sistem kelistrikan, dan perabotan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa karakteristik banjir spesifik yang umum terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Lamong tidak diperhitungkan saat menentukan ketinggian lantai bangunan.

Temuan ini sejalan dengan rekomendasi (FEMA, 2021), yang menyatakan bahwa lantai utama bangunan di wilayah rawan banjir sebaiknya ditempatkan di atas *Base Flood Elevation* (BFE), yaitu ketinggian air yang ditentukan berdasarkan probabilitas banjir tertentu, guna memitigasi risiko kerusakan akibat banjir. Selain itu, (Bosher, 2014) mencatat bahwa meninggikan bangunan merupakan penerapan praktis dari prinsip ketangguhan (*robustness*); secara khusus, langkah ini meningkatkan kemampuan struktur untuk tetap berfungsi saat menghadapi bencana.

Tabel 6. Analisa Elevasi Bangunan

Kondisi Eksisting	Dampak	Prinsip Arsitektur Tangguh	Rekomendasi
Elevasi lantai relatif rendah	Air mudah memasuki bangunan	Robustness	Meninggikan elevasi lantai atau menerapkan rumah panggung

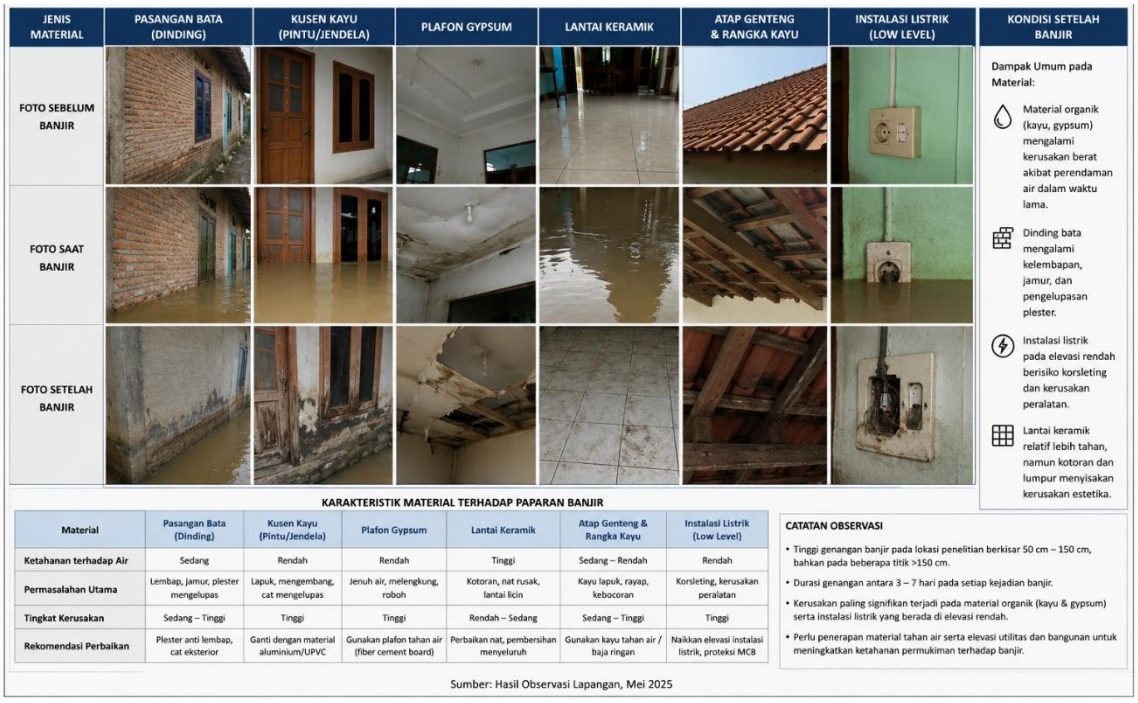
Tidak ada standar elevasi bangunan	Kerusakan berulang setiap banjir	Disaster Risk Reduction	Menyesuaikan elevasi dengan muka banjir rencana

(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Berdasarkan analisis, peningkatan ketinggian pondasi bangunan diidentifikasi sebagai strategi utama yang perlu diterapkan di kawasan permukiman wilayah selatan Gresik. Penggunaan struktur yang ditopang tiang pancang atau peninggian level lantai dapat membantu meminimalkan kerusakan properti serta menjaga fungsi ruang hunian utama saat terjadi banjir.

Analisis Material Bangunan

Material bangunan mempengaruhi tingkat kerusakan akibat banjir. Pengamatan menunjukkan bahwa sebagian besar rumah di wilayah studi memiliki dinding luar dari batu bata, lantai keramik, struktur kayu, dan langit-langit plester. Material-material tersebut memiliki tingkat ketahanan terhadap air yang bervariasi, terutama saat terjadi banjir yang berlangsung lebih dari beberapa hari.



Gambar 12. Material Bangunan Permukiman Terdampak Banjir
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kerusakan paling parah terjadi pada kusen pintu dan jendela kayu, langit-langit plester, lapisan cat dinding, serta sistem kelistrikan yang dipasang di dekat permukaan lantai. Sebaliknya, elemen struktur beton bertulang dan lantai keramik terbukti lebih tahan terhadap banjir, sehingga biaya perbaikannya lebih rendah.

Menurut (FEMA, 2021), penggunaan material bangunan yang tahan banjir di wilayah rawan banjir dapat membatasi tingkat kerusakan dan mempercepat proses pemulihan pascabencana. Pandangan ini juga didukung oleh (Bosher, 2014), yang menyoroti pemilihan

material bangunan sebagai elemen kunci dalam strategi pengurangan risiko bencana bagi lingkungan binaan.

Analisis Sistem Drainase

Sistem drainase di wilayah studi sebagian besar terdiri dari saluran terbuka yang mengalirkan air menuju Sungai Lamong. Namun, pengamatan menunjukkan bahwa beberapa saluran mengalami penumpukan sedimen dan penyempitan penampang melintang, serta kurangnya pemeliharaan yang memadai, sehingga kapasitas alirannya menjadi tidak mencukupi.



Gambar 13. Kondisi Sistem Drainase Kawasan
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Kondisi ini menghambat aliran air hujan yang cepat ke sungai, sehingga memperpanjang durasi banjir. Selain itu, area studi tidak memiliki sistem drainase terpadu yang menghubungkan saluran drainase lokal dengan kolam penampungan, sumur resapan, atau bioswales. Menurut (Sharifi, 2019), sistem drainase di daerah yang tahan bencana harus mematuhi prinsip *redundancy* menggabungkan beberapa mekanisme pengendalian limpasan sehingga jika satu sistem gagal, sistem lainnya tetap berfungsi.

Tambel 7. Analisis Sistem Drainase

Kondisi Eksisting	Permasalahan	Prinsip	Strategi
Saluran terbuka	Sedimentasi	Redundancy	Rehabilitasi saluran
Tidak ada kolam retensi	Limpasan tinggi	Resourcefulness	Kolam retensi
Tidak ada bioswale	Infiltrasi rendah	Nature-Based Solutions	Bioswale dan rain garden

(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas sistem drainase harus dipadukan dengan infrastruktur hijau, agar tidak hanya mempercepat aliran air tetapi juga meningkatkan kapasitas infiltrasi di lokasi tersebut.

Analisis Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memainkan peran penting dalam mengurangi limpasan permukaan melalui proses infiltrasi. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa wilayah studi sebagian besar masih berupa lahan pertanian; namun, perluasan kawasan permukiman telah menyebabkan berkurangnya zona infiltrasi alami tertentu, khususnya di sekitar pusat-pusat permukiman.



Gambar 14. Kondisi Ruang Terbuka Hijau di Kawasan
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Konsep *Nature-Based Solutions* (NbS) menekankan pentingnya pemanfaatan vegetasi, taman infiltrasi, saluran bioswale, dan kolam retensi dalam sistem mitigasi risiko banjir (IPCC, 2022). Penerapan infrastruktur hijau tidak hanya dapat mengendalikan limpasan permukaan, tetapi juga meningkatkan kualitas lingkungan di kawasan permukiman.

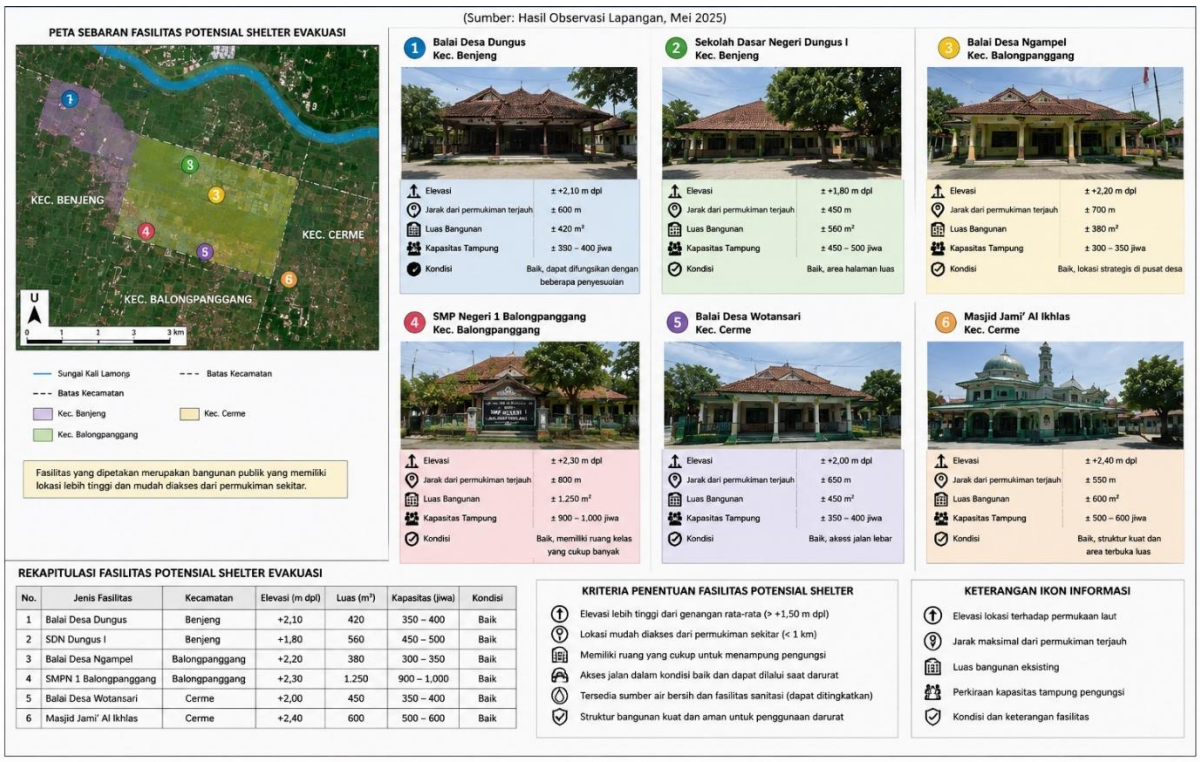
Tabel 8. Analisis Ruang Terbuka

Kondisi Eksisting	Dampak	Strategi
RTH terbatas pada area tertentu	Limpasan meningkat	Penambahan taman resapan
Vegetasi sempadan sungai berkurang	Erosi meningkat	Rehabilitasi vegetasi
Minim area infiltrasi	Genangan lama	Rain garden dan bioswale

(Sumber Analisa Penulis, 2026)

Analisis Ruang Evakuasi

Ketersediaan lokasi evakuasi merupakan indikator kunci dalam pengembangan permukiman tangguh bencana. Hasil pengamatan menunjukkan adanya kekurangan fasilitas evakuasi yang berkelanjutan di wilayah studi, khususnya yang dirancang untuk situasi banjir. Saat ini, upaya evakuasi masih mengandalkan penggunaan pusat kegiatan masyarakat, sekolah, dan bangunan keagamaan yang terletak di dataran lebih tinggi.



No.	Jenis Fasilitas	Kecamatan	Elevasi (m dpl)	Luas (m²)	Kapasitas (jiwa)	Kondisi
1	Balai Desa Dungus	Benjeng	+2,10	420	350 – 400	Baik
2	SDN Dungus I	Benjeng	+1,80	560	450 – 500	Baik
3	Balai Desa Ngampel	Balongpanggang	+2,20	380	300 – 350	Baik
4	SMPN 1 Balongpanggang	Balongpanggang	+2,30	1.250	900 – 1,000	Baik
5	Balai Desa Wotansari	Cerme	+2,00	450	350 – 400	Baik
6	Masjid Jami' Al Ikhlas	Cerme	+2,40	600	500 – 600	Baik

Gambar 15. Fasilitas yang Berpotensi Menjadi Shelter Evakuasi
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

(UNDRR, 2015) menekankan bahwa penyediaan lokasi evakuasi yang mudah diakses merupakan bagian dari upaya memperkuat ketangguhan masyarakat dalam menghadapi bencana. Oleh karena itu, fasilitas umum yang ada perlu diubah menjadi tempat penampungan serbaguna yang dapat berfungsi sebagai pusat kegiatan masyarakat pada masa normal dan sebagai lokasi evakuasi saat terjadi banjir.

Strategi Mitigasi Banjir Berbasis Arsitektur Tangguh Bencana

Analisis kondisi di kawasan permukiman Gresik Selatan menunjukkan bahwa kerentanan wilayah tersebut terhadap banjir dipengaruhi tidak hanya oleh faktor hidrologis, tetapi juga oleh karakteristik lingkungan binaan. Faktor-faktor utama yang meningkatkan risiko ini meliputi elevasi bangunan (ketinggian lantai) yang rendah, penggunaan material dengan ketahanan rendah terhadap air, kapasitas sistem drainase yang terbatas, berkurangnya ruang terbuka hijau, serta minimnya lokasi evakuasi yang memadai. Oleh karena itu, strategi mitigasi banjir yang diusulkan tidak hanya berfokus pada pengendalian aliran air, tetapi juga pada peningkatan kapasitas bangunan individu maupun kawasan secara keseluruhan untuk beradaptasi dengan kondisi banjir melalui penerapan prinsip-prinsip desain tangguh bencana.

Strategi yang dikembangkan merupakan sintesis dari observasi lapangan, analisis kondisi eksisting, serta prinsip-prinsip desain tangguh bencana yang dirumuskan oleh para penulis dan lembaga seperti Bosher (2014), Sharifi (2019), FEMA (2021), dan UNDRR (2015). Sintesis ini menghasilkan lima strategi utama yang terintegrasi, sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.5.

Tabel 9. Sintesis Strategi Mitigasi Banjir Berbasis Arsitektur Tangguh Bencana

Temuan Lapangan	Permasalahan	Prinsip Ketangguhan	Strategi Desain
Elevasi bangunan rendah	Bangunan mudah tergenang	*Robustness*	Meninggikan elevasi bangunan atau menerapkan rumah panggung
Material mudah rusak akibat air	Kerusakan bangunan tinggi	*Robustness*	Penggunaan material tahan air pada bagian bangunan yang berpotensi terendam
Sistem drainase belum terintegrasi	Genangan bertahan lama	*Redundancy*	Drainase terpadu dengan kolam retensi, bioswale, dan sumur resapan
Ruang terbuka hijau terbatas	Limpasan permukaan meningkat	*Resourcefulness*	Pengembangan infrastruktur hijau dan taman resapan
Shelter evakuasi belum tersedia	Evakuasi kurang optimal	*Rapidity*	Penyediaan shelter multifungsi dan jalur evakuasi

(Sumber : Analisa Penulis berdasarkan Bosher (2024), Sharifi (2019), FEMA (2021), dan UNDRR (2015), 2026)

Strategi Adaptasi Bangunan terhadap Banjir

Strategi pertama berfokus pada peningkatan ketahanan bangunan melalui penyesuaian ketinggian lantai, pemilihan material yang tepat, dan penempatan instalasi teknis secara strategis. Analisis menunjukkan bahwa sebagian besar bangunan yang ada memiliki ketinggian lantai di bawah batas ketinggian banjir tahunan, sehingga rentan terhadap kerusakan berulang akibat luapan Sungai Lamong. Oleh karena itu, disarankan agar bangunan baru dirancang dengan model rumah panggung atau dibangun di atas ketinggian banjir yang telah diperhitungkan, sementara bangunan yang sudah ada sebaiknya menjalani renovasi bertahap untuk menaikkan ketinggian lantainya.

Selain itu, untuk komponen bangunan yang berada di area rawan banjir, disarankan penggunaan material tahan air seperti, beton bertulang, keramik, aluminium, uPVC, atau pelapis dinding kedap air. Instalasi kelistrikan, panel distribusi, dan sistem teknis lainnya juga sebaiknya ditempatkan pada posisi yang lebih tinggi guna memastikan sistem tetap berfungsi selama terjadi banjir.

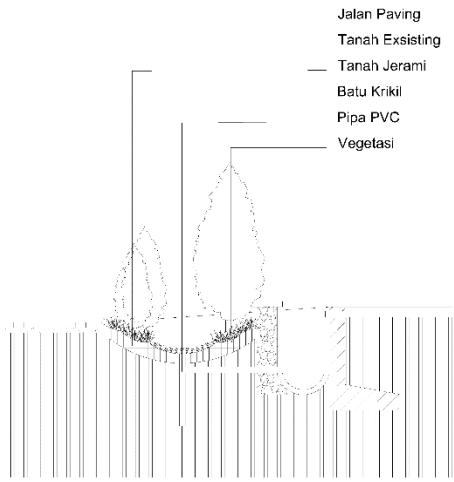


Gambar 16. Konsep Bangunan Adaptif terhadap Banjir
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Strategi ini sejalan dengan rekomendasi (FEMA, 2021), yang menyatakan bahwa meninggikan ketinggian pondasi bangunan merupakan cara paling efektif untuk memitigasi kerusakan akibat banjir di kawasan permukiman.

Strategi Pengembangan Drainase Berkelanjutan

Strategi kedua berfokus pada pengembangan sistem drainase yang tidak hanya mengalirkan air, tetapi juga meningkatkan kemampuan lokasi dalam menahan dan meresapkan limpasan air permukaan. Analisis menunjukkan bahwa saluran drainase yang ada di lokasi studi beroperasi secara konvensional dan belum terintegrasi dengan infrastruktur pengendalian limpasan. Pendekatan yang direkomendasikan mencakup penerapan *Sustainable Drainase System* (SuDS), dengan mengintegrasikan saluran drainase bersama kolam retensi, bioswale, sumur resapan, dan *rain garden*. Sistem ini memungkinkan penahanan dan peresapan sebagian limpasan sebelum dialirkan ke Sungai Kali Lamong, sehingga dapat mengurangi debit puncak saat terjadi hujan lebat.



Gambar 17. Konsep Sistem Drainase Berkelanjutan
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Menurut (Sharifi, 2019), penggunaan berbagai sistem pengendalian limpasan air hujan menerapkan prinsip *redundancy* sebuah upaya untuk meningkatkan ketahanan suatu wilayah terhadap gangguan akibat bencana.

Strategi Pengembangan Infrastruktur Hijau

Strategi lainnya melibatkan peningkatan kapasitas infiltrasi lahan melalui pembuatan ruang terbuka hijau yang berbasis pada solusi berbasis alam *Nature-based Solutions* (NbS). Analisis menunjukkan bahwa berkurangnya area infiltrasi akibat perluasan kawasan perkotaan telah menyebabkan peningkatan limpasan air permukaan. Sebagai bagian dari upaya mitigasi risiko banjir, disarankan untuk membuat taman infiltrasi, menghadirkan vegetasi sempadan sungai dan *rain garden*, serta memulihkan ruang terbuka hijau. Selain meningkatkan infiltrasi air, infrastruktur hijau juga memperbaiki kualitas lingkungan hidup dan mitigasi efek pulau panas perkotaan *urban heat island*.

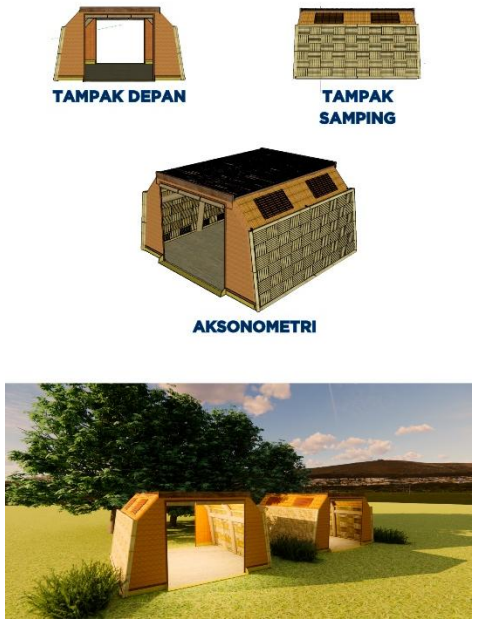


Gambar 18. Konsep Infrastruktur Hijau pada Kawasan Permukiman
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi (IPCC, 2022), yang mengidentifikasi *Nature-based Solutions* (NbS) sebagai strategi adaptasi perubahan iklim di wilayah perkotaan.

Strategi Pengembangan Shelter Evakuasi Multifungsi

Ketersediaan lokasi evakuasi sangat penting untuk meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap banjir. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa saat ini tidak terdapat bangunan di wilayah studi yang dirancang khusus sebagai tempat penampungan banjir; warga masih memanfaatkan balai warga, sekolah, dan fasilitas keagamaan sebagai titik evakuasi sementara. Untuk memperbaiki proses evakuasi, studi ini merekomendasikan pembangunan fasilitas serbaguna yang dapat melayani masyarakat dalam kondisi normal sekaligus dialihfungsikan menjadi pusat evakuasi saat terjadi banjir. Fasilitas tersebut sebaiknya berlokasi di dataran tinggi, memiliki akses yang mudah dari seluruh kawasan permukiman, serta dilengkapi dengan infrastruktur penting, seperti fasilitas sanitasi, ruang penyimpanan, sumber daya listrik darurat, dan sistem komunikasi krisis.

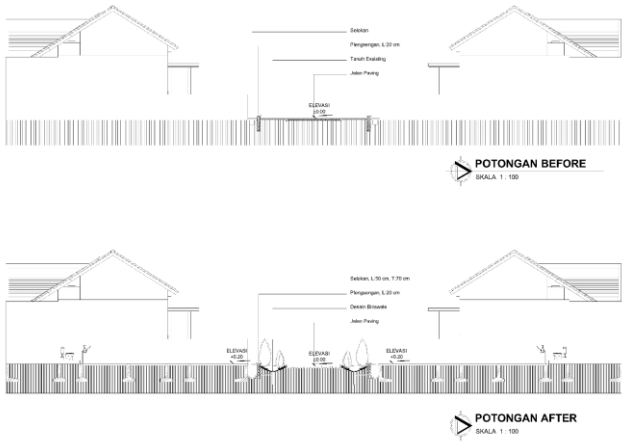


Gambar 19. Konsep Shelter Evakuasi Multifungsi
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Penyediaan tempat penampungan serbaguna mendukung prinsip *rapidity,* hal ini meningkatkan kapasitas masyarakat untuk merespons lebih cepat dan pulih setelah bencana (UNDRR, 2015).

Model Konseptual Pemukiman Tangguh Banjir

Berdasarkan analisis menyeluruh, studi ini mengusulkan model konseptual kawasan permukiman tangguh banjir yang mengintegrasikan bangunan yang adaptif terhadap banjir, sistem drainase berkelanjutan, ruang terbuka hijau, dan tempat evakuasi ke dalam satu sistem terpadu yang mencakup keseluruhan lokasi. Integrasi semacam itu diharapkan tidak hanya membatasi tingkat kerusakan fisik pada bangunan, tetapi juga meningkatkan kapasitas adaptif masyarakat dalam menghadapi banjir, yang tingkat keparahannya diproyeksikan akan meningkat akibat perubahan iklim.



Gambar 20. Model Konseptual Pemukiman Tangguh Banjir di DAS Kali Lamong
(Sumber : Analisa Penulis, 2026)

Model konseptual tersebut menunjukkan bahwa ketahanan suatu wilayah tidak bergantung pada satu elemen desain saja, melainkan pada integrasi antara bangunan, infrastruktur, penataan ruang, dan kesiapsiagaan masyarakat. Oleh karena itu, penerapan arsitektur tangguh bencana harus diintegrasikan ke dalam kebijakan penataan ruang permukiman untuk wilayah rawan banjir, khususnya di bagian hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) Lamong yang memiliki tingkat kerentanan banjir yang tinggi.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji penerapan pendekatan arsitektur tangguh bencana sebagai strategi mitigasi banjir sungai pada kawasan permukiman di Gresik Selatan yang meliputi Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, dan Cerme. Berdasarkan hasil analisis, kawasan penelitian memiliki tingkat kerentanan banjir yang tinggi akibat kondisi topografi yang relatif datar, luapan Sungai Kali Lamong yang terjadi secara berulang, terbatasnya kapasitas sistem drainase, rendahnya proporsi ruang terbuka hijau, serta karakteristik bangunan yang belum dirancang untuk menghadapi risiko banjir.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar permukiman masih memiliki elevasi bangunan yang rendah, penggunaan material yang kurang tahan terhadap genangan, sistem drainase yang belum terintegrasi, serta belum tersedianya fasilitas evakuasi yang memadai. Kondisi tersebut menyebabkan tingkat kerusakan bangunan dan gangguan terhadap aktivitas masyarakat menjadi cukup tinggi setiap kali terjadi banjir.

Penerapan prinsip-prinsip arsitektur tangguh bencana terbukti dapat menjadi salah satu strategi adaptif dalam mengurangi risiko banjir melalui peningkatan kualitas desain bangunan dan penataan kawasan. Strategi yang direkomendasikan meliputi peninggian elevasi bangunan, penggunaan material tahan air, pengembangan sistem drainase berkelanjutan, peningkatan ruang terbuka hijau sebagai area resapan, penyediaan shelter evakuasi multifungsi, serta penataan kawasan berbasis tingkat risiko banjir. Integrasi strategi tersebut diharapkan mampu meningkatkan ketahanan lingkungan binaan terhadap banjir sekaligus mendukung upaya adaptasi terhadap perubahan iklim.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan konsep mitigasi banjir berbasis arsitektur, khususnya pada kawasan permukiman di sepanjang DAS Kali Lamong. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah daerah, perencana, akademisi, dan praktisi dalam merumuskan kebijakan serta strategi pembangunan kawasan yang lebih aman, adaptif, dan berkelanjutan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Analisis difokuskan pada pendekatan deskriptif kualitatif berdasarkan observasi lapangan dan kajian literatur sehingga belum mencakup simulasi hidrologi maupun pemodelan numerik untuk mengevaluasi efektivitas setiap rekomendasi desain. Selain itu, penelitian belum melakukan analisis biaya implementasi maupun evaluasi kinerja desain melalui simulasi banjir.

Saran Penelitian Lanjutan

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan simulasi hidrologi dan pemodelan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) atau perangkat lunak hidrologi guna mengevaluasi efektivitas strategi mitigasi yang diusulkan. Selain itu, kajian dapat diperluas dengan menganalisis aspek sosial-ekonomi masyarakat, biaya implementasi

desain, serta penyusunan prototipe kawasan permukiman tangguh banjir yang dapat diterapkan pada wilayah lain dengan karakteristik serupa**.**

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pemerintah Kabupaten Gresik, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Gresik, Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo, serta seluruh pihak yang telah memberikan data dan informasi yang diperlukan dalam penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada dosen pembimbing atas arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan penelitian hingga penyelesaian artikel ini. Tidak lupa, penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan moral dan motivasi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

BNPB. (2024). *DATA BENCANA INDONESIA 2024*. BNPB.

Bosher. (2014). *Hazards and the built environment: Attaining built-in resilience*. Routledge.

Creswell. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.

FEMA. (2021). *Homeowner's Guide to Retrofitting: Six Ways to Protect Your House from Flooding (FEMA P-312)*. Federal Emergency Management Agency.

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Sharifi. (2019). *Resilient urban forms: A review of literature on streets and street networks* (Vol. 147). Building and Environment.

UNDRR. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015—2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

Wang. (2013). *RESEARCH METHODS*.

Halaman sengaja dikosongkan