



Disaster Education Center with a Resilience Architecture Approach in Besole Village, Besuki District

Pemas Dui Ase^{1*}, Mochamad Rizqi Junianto^{2*}, Ryski Dwi Pratowo^{3*}

^{1*}pemas.d.ase@gmail.com, Program Studi Arsitektur, Universitas Bhinneka PGRI

²Program Studi Arsitektur, Universitas Bhinneka PGRI

³Program Studi Arsitektur, Universitas Bhinneka PGRI

*Corresponding author: pemas.d.ase@gmail.com

Received 22/07/2026	ABSTRACT
Received in revised form 08/09/2026	<i>Besole Village, Besuki District, Tulungagung Regency, is a coastal settlement exposed to multiple hazards, including tsunami, tidal flooding, and extreme weather, while dedicated facilities for disaster education, mitigation, simulation, and evacuation remain limited. This condition indicates the need for an integrated architectural facility that can support both preparedness during normal conditions and emergency response during disasters. This study aims to develop an adaptive, multifunctional, and resilient Disaster Education Center for the communities of Sidem, Popoh, and Gerbo. The design employs the Glass Box method through field observation, documentation, literature review, precedent studies, and site, user, spatial, structural, and utility analyses. The state of the art is positioned at the intersection of Community-Based Disaster Risk Reduction (CBDRR) and Resilience Architecture, particularly the principles of robustness, redundancy, resourcefulness, and rapidity. Unlike previous studies that predominantly address disaster management, education, or resilience separately, this study integrates daily educational functions with emergency coordination and vertical evacuation within a single facility. The resulting SIPOGER design incorporates educational galleries, interactive simulation spaces, information and coordination facilities, mitigation functions, and emergency response areas. The Journey of Resilience concept is manifested through a pentagonal mass configuration, radial circulation, adaptable spaces, redundant utility systems, and elevated evacuation areas. The three-level building is complemented by two viewing decks totaling approximately 1,040 m² as additional evacuation areas. The study concludes that the integration of CBDRR and Resilience Architecture within a multi-hazard design framework can provide an architectural strategy for strengthening community preparedness and supporting resilient disaster management in coastal settlements.</i>
Accepted 20/09/2026	Keywords: <i>Besole Village, Coastal Settlement, Disaster Education Center, Multi-hazard, Resilience Architecture</i>

PENDAHULUAN

Indonesia menempati peringkat ketiga negara dengan risiko bencana tertinggi di dunia berdasarkan *WorldRiskReport 2025*, sementara perubahan iklim meningkatkan kompleksitas dan

potensi risiko bencana, terutama pada kawasan pesisir [3],[7]. Provinsi Jawa Timur juga menunjukkan tingkat kejadian bencana yang tinggi, dengan bencana banjir, cuaca ekstrem, dan tanah longsor sebagai beberapa jenis kejadian yang dominan [1]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masyarakat pesisir Indonesia menghadapi kerentanan ganda akibat kombinasi ancaman bencana alam dan tekanan perubahan iklim [3], [7].

Desa Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung merupakan kawasan pesisir yang memiliki potensi ancaman tsunami [4]. Katalog Tsunami Indonesia yang diterbitkan BMKG mendokumentasikan potensi dan kejadian tsunami berdasarkan wilayah, termasuk wilayah Jawa Timur [4]. Kajian mengenai kawasan rawan tsunami di Tulungagung juga menunjukkan bahwa karakter pesisir wilayah tersebut perlu diperhatikan dalam perencanaan aktivitas dan fasilitas di kawasan pantai [4]. Kondisi tersebut diperkuat oleh kejadian banjir rob di Pantai Sidem pada 5 Oktober 2024 yang menyebabkan limpasan air ke kawasan permukiman dan aktivitas masyarakat pesisir [1].

Di tingkat masyarakat, penanganan risiko bencana masih membutuhkan penguatan kapasitas berbasis komunitas [9],[7]. Pendekatan *Community-Based Disaster Risk Reduction* (CBDRR) menempatkan masyarakat sebagai aktor penting dalam proses pengurangan risiko bencana dan peningkatan ketangguhan local [9],[7]. Di Desa Besole sendiri, penelitian sebelumnya telah menunjukkan adanya upaya pendidikan kebencanaan berbasis pemberdayaan pelajar dan masyarakat dalam membentuk desa tangguh bencana [9]. Namun, fasilitas fisik yang secara khusus mengintegrasikan fungsi edukasi, simulasi, informasi, mitigasi, koordinasi, dan evakuasi masih perlu dikembangkan [2], [9].

Pendidikan kebencanaan juga berperan penting dalam membentuk kesiapsiagaan masyarakat [5],[7]. Integrasi pendidikan kebencanaan ke dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan pengetahuan dan kapasitas menghadapi risiko bencana [5]. Studi mengenai pusat edukasi bencana juga menunjukkan pentingnya penyediaan ruang edukatif yang tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi mendukung proses pembelajaran dan simulasi kebencanaan [2], [5].

Dari sisi arsitektur, pendekatan *Resilience Architecture* menekankan kemampuan bangunan untuk mempertahankan fungsi, beradaptasi terhadap gangguan, menyediakan sistem alternatif, dan mempercepat pemulihan setelah bencana [6], [7]. Prinsip tersebut dapat diterjemahkan melalui *robustness*, *redundancy*, *resourcefulness*, dan *rapidity* sebagai dasar pengembangan sistem bangunan yang mampu menghadapi kondisi normal maupun darurat [6], [7]. Pendekatan multi-hazard juga diperlukan karena kawasan pesisir tidak hanya menghadapi satu jenis ancaman, tetapi dapat mengalami beberapa ancaman secara bersamaan maupun berurutan [11].

Penelitian terdahulu telah membahas pendidikan kebencanaan, pusat edukasi bencana, pengurangan risiko berbasis masyarakat, ketahanan terhadap bencana tsunami, serta ketahanan bangunan terhadap bencana [2], [5], [6], [9], [11]. Namun, penelitian tersebut belum secara khusus mengintegrasikan fungsi galeri edukasi harian dengan posko tanggap darurat dan evakuasi vertikal dalam satu fasilitas yang dirancang berdasarkan karakter kawasan sasaran Sidem, Popoh, dan Gerbo [2], [6], [9], [11]. Dengan demikian, *research gap* penelitian ini terletak pada integrasi fungsi ganda tersebut dalam fasilitas SIPOGER sebagai pusat edukasi sekaligus fasilitas tanggap darurat berbasis *Resilience Architecture* [6], [11].

Berdasarkan kondisi tersebut, permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut: bagaimana merancang pusat edukasi kebencanaan yang mampu mengintegrasikan fungsi edukasi, mitigasi,

simulasi, tanggap darurat, dan evakuasi; serta bagaimana prinsip *Resilience Architecture* dan pendekatan *multi-hazard* dapat diterapkan untuk merespons ancaman tsunami, banjir rob, dan angin kencang di kawasan Besole [2], [6], [11]. Penelitian ini bertujuan menghasilkan desain pusat edukasi kebencanaan yang adaptif, multifungsi, dan resilien serta mampu mendukung peningkatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi bencana [2], [5], [6], [9].

METODE PENELITIAN

Perancangan menggunakan metode *Glass Box*, yaitu proses perancangan yang dilakukan secara sistematis melalui tahapan identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis, sintesis, dan pengembangan konsep sehingga keputusan desain dapat ditelusuri berdasarkan data yang diperoleh [8], [10]. Metode ini dipilih karena objek perancangan merupakan fasilitas publik yang memiliki fungsi edukasi sekaligus mitigasi dan evakuasi, sehingga keputusan desain perlu dapat dipertanggungjawabkan secara rasional [8], [10].

Data primer diperoleh melalui observasi lapangan pada tiga alternatif tapak di Desa Besole dan dokumentasi kondisi eksisting berupa foto, peta, serta pengamatan lingkungan [8], [10]. Data yang diamati meliputi luas dan batas tapak, topografi, aksesibilitas, drainase, utilitas, pola aktivitas masyarakat, vegetasi, arah angin, paparan matahari, kebisingan, dan potensi *view* [8], [10]. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur mengenai kebencanaan, pendidikan kebencanaan, *Resilience Architecture*, CBDRR, serta mitigasi *multi-hazard* [5], [6], [7], [9], [11].

Studi preseden dilakukan terhadap *Disaster Mitigation Research Building* Nagoya, *Honjo Bosaikan Life Safety Learning Center* Tokyo, dan Kantor SAR Surabaya [8], [10]. Parameter yang dibandingkan meliputi fungsi edukasi, pola sirkulasi, sistem evakuasi, fleksibilitas ruang, struktur, dan sistem pendukung keadaan darurat [8], [10]. Hasil perbandingan digunakan sebagai *lesson learned* dalam menentukan konsep ruang, sirkulasi, evakuasi, dan sistem bangunan SIPOGER [8], [10], sebagaimana dirangkum pada tabel dibawah:

Tabel 1. Matriks Studi Preseden dan Lesson Learned Yang Diadopsi

Preseden	Parameter yang dibandingkan	<i>Lesson learned</i> untuk SIPOGER
<i>Disaster Mitigation Research Building</i> , Nagoya	Integrasi edukasi, informasi, respons darurat, dan utilitas cadangan	Menggabungkan fungsi edukasi harian dengan pusat informasi/koordinasi darurat serta menyiapkan utilitas mandiri.
Honjo Bosaikan Life Safety Learning Center, Tokyo	Pengalaman simulasi multi-bahaya dan pembelajaran partisipatif	Menerapkan ruang simulasi, VR, dan pengalaman interaktif yang dapat digunakan untuk beberapa jenis bahaya.
Kantor SAR Surabaya	Operasional, koordinasi, kesiapsiagaan, dan dukungan pencarian-pertolongan	Menyediakan zona operasional/pusdalops, ruang logistik, akses servis, dan hubungan langsung dengan jalur evakuasi.

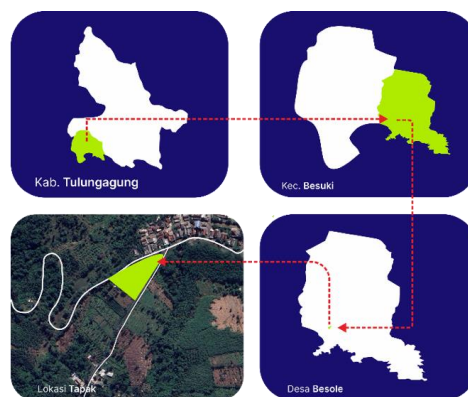
Data hasil observasi dan studi literatur selanjutnya dianalisis melalui analisis tapak, pengguna, kebutuhan ruang, struktur, dan utilitas [8], [10]. Analisis tapak mencakup matahari, angin, kebisingan, vegetasi, *view*, dan sirkulasi [8], [10]. Hasil analisis kemudian ditransformasikan menjadi keputusan makro dan mikro perancangan [8], [10]. Prinsip *robustness*, *redundancy*, *resourcefulness*, dan *rapidity*

digunakan sebagai dasar pengembangan konsep ketahanan bangunan [6], sedangkan pendekatan *multi-hazard* digunakan untuk mengintegrasikan respons terhadap beberapa ancaman bencana secara terpadu [11].

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kondisi *Eksisting* Kawasan

Lokasi perancangan berada di Desa Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung, pada lahan perkebunan warga seluas $\pm 8.000 \text{ m}^2$ yang berada pada kawasan perbukitan dan menjadi titik temu wilayah pesisir Sidem, Popoh, dan Gerbo. Tapak berbatasan dengan persimpangan jalan pusat desa dan Dusun Gerbo di utara, jalan menuju Pantai Popoh Indah di timur, perkebunan warga di selatan, serta jalan menuju Pantai Sidem dan Pantai Niyama di barat. Kondisi tapak pada area perbukitan memberikan keuntungan berupa elevasi relatif terhadap kawasan pesisir, tetapi tetap membutuhkan strategi evakuasi vertikal untuk menghadapi ancaman tsunami dan strategi drainase untuk mengantisipasi limpasan serta banjir rob.



Gambar 1. Peta Lokasi Tapak Terpilih di Desa Besole
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Pemilihan tapak dilakukan terhadap tiga alternatif lokasi berdasarkan lokasi, luas lahan, dan aksesibilitas. Tapak terpilih memperoleh nilai tertinggi karena memiliki akses dari dua ruas jalan utama dan kontur yang relatif tidak curam. Kondisi tersebut mendukung fungsi SIPOGER sebagai fasilitas publik sekaligus titik koordinasi dan evakuasi karena dapat dicapai dari beberapa arah.

2. Analisis Tapak dan Pengguna

Analisis tapak meliputi matahari, arah angin, kebisingan, vegetasi, *view*, sirkulasi, dan karakter topografi. Hasil analisis kemudian ditransformasikan menjadi keputusan desain sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Transformasi Analisis Tapak menjadi Keputusan Desain

Parameter	Hasil Analisis	Keputusan Desain
Matahari	Paparan matahari pagi dan sore cukup tinggi pada sisi timur–barat	Orientasi massa dan bukaan dikendalikan; digunakan <i>secondary skin</i> sebagai pembayangan
Angin	Angin laut menjadi potensi penghawaan alami	Bukaan ditempatkan berhadapan dan diarahkan untuk membentuk ventilasi silang
Kebisingan	Aktivitas jalan menjadi sumber kebisingan utama	Ruang yang membutuhkan ketenangan ditempatkan menjauhi sumber bising
Vegetasi	Vegetasi eksisting berpotensi sebagai peneduh dan penghalang angin	Vegetasi dipertahankan dan diperkuat pada area yang membutuhkan perlindungan
View	Arah tertentu memiliki potensi visual kawasan	Orientasi ruang publik dan ruang komunal diarahkan pada view yang potensial
Sirkulasi	Tapak dapat dicapai dari beberapa arah	Akses utama, servis, dan jalur evakuasi dipisahkan dan dibuat terbaca

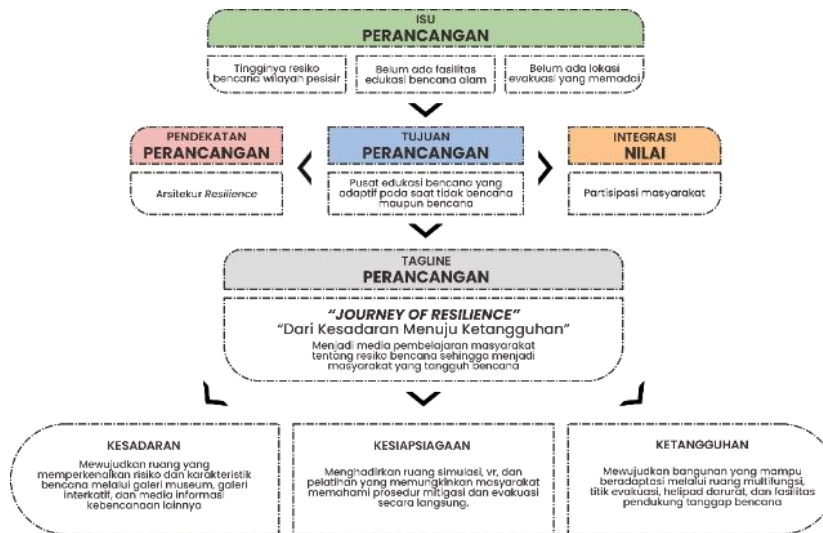
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Hasil tersebut menunjukkan bahwa analisis tapak tidak berhenti pada identifikasi kondisi lingkungan, tetapi menjadi dasar pembentukan konsep makro dan mikro. Orientasi bangunan ke arah timur laut dipilih untuk memperoleh aksesibilitas yang baik sekaligus mengurangi paparan langsung matahari. Sementara itu, arah angin laut dimanfaatkan melalui penempatan bukaan yang memungkinkan udara bergerak melintasi ruang. Strategi ini diperkuat dengan *secondary skin* yang berfungsi mengurangi radiasi matahari tanpa menutup aliran udara.

Identifikasi pengguna menghasilkan dua kelompok utama, yaitu pengunjung dan pengelola. Pada kondisi normal, pengunjung menggunakan fasilitas untuk edukasi, simulasi, pelatihan, memperoleh informasi, dan aktivitas publik. Pada kondisi bencana, fungsi tersebut berubah menjadi ruang informasi, pertolongan pertama, pengungsian sementara, dan dukungan proses evakuasi. Pengelola terdiri atas fungsi administrasi, edukasi dan museum, simulasi dan pelatihan, operasional dan pusdalops, darurat dan logistik, fasilitas, serta keamanan. Perubahan kebutuhan pengguna antara kondisi normal dan darurat menjadi dasar penerapan ruang multifungsi pada SIPOGER.

3. Sintesis Konsep *Resilience* dan *Multi-Hazard*

Berdasarkan hasil analisis tapak dan pengguna, konsep SIPOGER dikembangkan melalui *Journey of Resilience*, yaitu perjalanan pengguna dari tahap mengenali risiko, memahami bencana, melakukan simulasi, hingga mencapai kesiapsiagaan dan evakuasi. Konsep tersebut diterjemahkan ke dalam organisasi ruang yang menghubungkan fungsi edukasi, simulasi, koordinasi, dan evakuasi dalam satu sistem bangunan.



Gambar 2. Diagram Alir Konsep Perancangan *Resilience*

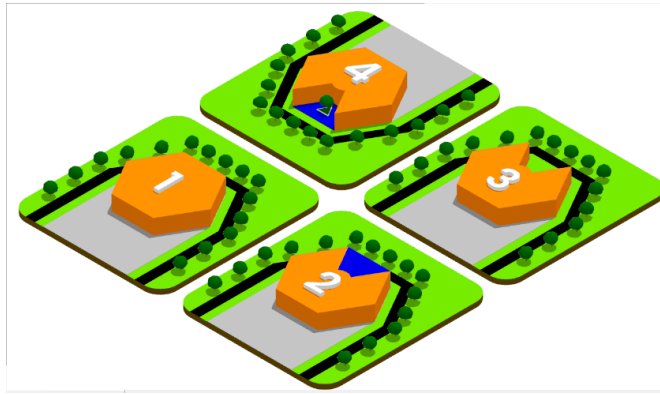
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Penerapan *resilience* diwujudkan melalui empat strategi. *Robustness* diterapkan melalui sistem struktur yang mampu menghadapi beban gempa dan angin serta penggunaan material yang sesuai dengan lingkungan pesisir. *Redundancy* diterapkan melalui sistem utilitas cadangan, akses dari beberapa arah, dan ruang yang dapat memiliki lebih dari satu fungsi. *Resourcefulness* diwujudkan melalui pemanfaatan energi dan sumber daya alternatif serta keterlibatan masyarakat dalam kegiatan edukasi. *Rapidity* diterapkan melalui jalur sirkulasi dan evakuasi yang jelas serta kemampuan ruang untuk segera berubah fungsi ketika terjadi keadaan darurat.

Pendekatan *multi-hazard* menghasilkan respons yang berbeda terhadap setiap ancaman. Tsunami ditanggapi melalui elevasi bangunan dan evakuasi vertikal menuju area aman pada lantai atas dan *rooftop*. Banjir rob ditanggapi melalui peninggian lantai dasar, pengendalian drainase, dan perlindungan peralatan utilitas dari genangan. Sementara itu, angin kencang ditanggapi melalui struktur lateral yang memadai, bukaan terkendali, dan konfigurasi massa yang memungkinkan aliran angin tetap terkontrol.

4. Gubahan Massa dan Sirkulasi Evakuasi

Bentuk gedung utama dikembangkan dari geometri heksagonal yang kemudian mengalami proses *subtraction*. Proses tersebut menghasilkan beberapa sisi bangunan yang dapat menjadi akses keluar-masuk sekaligus membentuk ruang terbuka/plaza. *Subtraction* tidak hanya berfungsi sebagai strategi formal, tetapi menghasilkan sirkulasi radial multi-arah yang memperpendek pilihan jalur keluar ketika terjadi kondisi darurat. Konfigurasi tersebut juga merespons karakter angin laut dengan menciptakan bidang dan bukaan yang memungkinkan udara masuk dari satu sisi dan keluar melalui sisi lainnya. Dengan demikian, bentuk massa berperan ganda dalam mendukung evakuasi dan ventilasi silang.



Gambar 3. Gubahan Bentuk Gedung Utama
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Bangunan pendukung berupa kantor, kantin, dan toilet menggunakan bentuk persegi panjang dengan atap miring. Konfigurasi atap meningkatkan volume ruang dan membantu pergerakan udara. Integrasi antara bentuk massa, bukaan, dan orientasi angin menjadikan penghawaan alami sebagai bagian dari strategi pasif bangunan.

5. Sistem Struktur dan Material

Struktur bawah menggunakan pondasi tiang pancang pada bagian bangunan dengan beban lebih besar dan pondasi *footplat* pada bangunan pendukung. Struktur atas menggunakan kolom dan balok beton bertulang serta *shear wall* untuk menghadapi beban lateral akibat gempa dan angin. Atap dak beton bertulang dirancang sebagai area multifungsi yang dapat digunakan sebagai titik evakuasi vertikal dan helipad darurat.

Karena tapak berada pada kawasan pesisir yang panas dan lembap, pemilihan material perlu mempertimbangkan paparan garam dan potensi korosi. Elemen logam yang terpapar lingkungan luar sebaiknya menggunakan material atau pelapis dengan ketahanan korosi tinggi, sedangkan beton perlu memiliki kualitas dan perlindungan tulangan yang memadai untuk lingkungan agresif. Pada elemen fasad, material dengan perawatan rendah dan ketahanan terhadap kelembapan diprioritaskan. Strategi tersebut mendukung prinsip *robustness* karena mengurangi kerentanan komponen bangunan terhadap degradasi lingkungan.

6. Sistem Utilitas dan Ketahanan Operasional

Sistem utilitas dirancang sebagai bagian dari strategi *redundancy* dan *resourcefulness*. Ketika terjadi tsunami atau banjir rob, terputusnya jaringan listrik, air, maupun komunikasi dapat menghambat fungsi pusat evakuasi. Oleh karena itu, SIPOGER perlu memiliki cadangan air bersih mandiri, sistem pengolahan air limbah darurat, sumber listrik cadangan, dan energi terbarukan.

Air bersih disediakan melalui *reservoir* yang dapat mempertahankan kebutuhan dasar ketika suplai eksternal terganggu. Sistem air limbah dirancang agar tetap dapat beroperasi secara terbatas selama kondisi darurat. Sementara itu, genset darurat dan panel surya pada area atap digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk mempertahankan fungsi kritis seperti penerangan, komunikasi, pompa, dan sistem informasi. Pemisahan antara sistem utama dan sistem cadangan memungkinkan bangunan tetap beroperasi meskipun terjadi gangguan pada infrastruktur eksternal. Strategi tersebut memperkuat

fungsi SIPOGER bukan hanya sebagai bangunan edukasi, tetapi sebagai infrastruktur tanggap darurat yang memiliki kemampuan mempertahankan fungsi dasar secara mandiri.

7. Hasil Perancangan SIPOGER

Site plan kawasan disusun dengan mempertimbangkan orientasi matahari, arah angin, aksesibilitas, dan hubungan antarfungsi ruang, sekaligus menerapkan zonasi adaptif, jalur evakuasi yang jelas, dan ruang terbuka pendukung mitigasi.



Gambar 4. *Site plan* Kawasan Pusat Edukasi Kebencanaan
Sumber: Analisis Penulis, 2026



Gambar 5. *Layout plan* Perancangan
Sumber: Analisis Penulis, 2026

Denah lantai 1 gedung utama menampung fungsi publik berupa *lobby*, museum pameran, dan galeri interaktif, dilengkapi toilet dan musholla. Lantai 2 berfungsi sebagai area pembelajaran yang memuat ruang simulasi, ruang kelas, ruang VR bencana, dan auditorium untuk pertemuan skala besar. Ruang-ruang edukasi dirancang modular dengan sekat yang dapat dilepas sehingga dapat beralih fungsi menjadi tempat pengungsian saat kondisi bencana.

Secara keseluruhan, visualisasi perspektif memperlihatkan integrasi antara gedung utama, kantor pengelola, kantin, dan ruang terbuka evakuasi dalam satu kawasan yang saling terhubung, dengan rooftop gedung utama yang berfungsi sebagai titik evakuasi vertikal sekaligus helipad darurat.



Gambar 9. Perspektif Kawasan Pusat Edukasi Kebencanaan
Sumber: Analisis Penulis, 2026

PENUTUP

1. Simpulan

Perancangan Pusat Edukasi Kebencanaan SIPOGER di Desa Besole menghasilkan konsep fasilitas multifungsi dan adaptif yang mengintegrasikan edukasi kebencanaan, simulasi, mitigasi, koordinasi tanggap darurat, dan evakuasi vertikal dalam satu kawasan. Temuan perancangan menunjukkan bahwa integrasi prinsip *robustness*, *redundancy*, *resourcefulness*, dan *rapidity* dengan pendekatan Community Based Disaster Risk Reduction (CBDRR) dapat diterjemahkan melalui sirkulasi radial multi-arah, ruang edukasi yang dapat dialihfungsikan sebagai ruang pengungsian, sistem utilitas cadangan, serta area evakuasi pada lantai atas dan rooftop. Respons terhadap karakter ancaman juga menghasilkan strategi yang berbeda, yaitu peninggian bangunan dan evakuasi vertikal untuk tsunami, pengendalian drainase dan perlindungan utilitas untuk banjir rob, serta struktur dan bukaan terkendali untuk menghadapi angin kencang. Kebaruan perancangan terletak pada integrasi fungsi galeri edukasi harian dengan fungsi tanggap darurat dan evakuasi vertikal dalam SIPOGER yang dirancang berdasarkan karakter kawasan sasaran Sidem, Popoh, dan Gerbo. Kelebihan rancangan terletak pada kemampuan ruang dan sistem bangunan beradaptasi terhadap kondisi normal maupun darurat, sedangkan keterbatasannya adalah penelitian masih berada pada tahap perancangan konseptual sehingga efektivitas ventilasi silang, kinerja material terhadap lingkungan pesisir, kapasitas evakuasi efektif, dan kinerja struktur belum diverifikasi melalui simulasi atau pengujian lapangan.

2. Saran

Pengembangan selanjutnya perlu memvalidasi kinerja tersebut serta mengoptimalkan sistem peringatan dini, energi terbarukan, utilitas mandiri, dan program edukasi-simulasi berkala agar SIPOGER dapat diterapkan sebagai model fasilitas kesiapsiagaan bencana di kawasan pesisir lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Geoportal Data Bencana. [Online]. Tersedia: <https://gis.bnpb.go.id/>
- [2] Barakati, A. I., Kotta, M. H., & Dharma, I. M. K. A., "Pusat edukasi bencana alam dengan pendekatan arsitektur berkelanjutan di Kota Kendari," *Jurnal Arsitektur*, vol. 9, no. 3, 2024.
- [3] *Bündnis Entwicklung Hilft & Institute for International Law of Peace and Armed Conflict, WorldRiskReport 2025: Focus on Floods. Welthungerhilfe*, 2025.
- [4] Y. Budisusanto, C. B. Pribadi, and R. Dianita, "The tsunami prone area for marine tourism activities (case study: Tulungagung District)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 389, no. 1, 2019.
- [5] N. R. Desilia, J. Lassa, and R. S. Oktari, "Integrating disaster education into school curriculum in Indonesia: A scoping review," *International Journal of Disaster Management*, vol. 6, no. 2, pp. 263-274, 2023.
- [6] M. Harati and J. W. van de Lindt, "Community-level resilience analysis using earthquake-tsunami fragility surfaces," *Resilient Cities and Structures*, vol. 3, no. 2, pp. 101-115, 2024.
- [7] *United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Global Assessment Report (GAR) 2024*.
- [8] J. C. Jones, *Design Methods*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1992.
- [9] N. I. Khusna and B. Samudra, "Implementasi pendidikan kebencanaan dalam membentuk desa tangguh bencana berbasis pemberdayaan pelajar dan masyarakat di Desa Besole Kabupaten Tulungagung," *Journal of Education and Learning Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 28-46, 2022.
- [10] B. Lawson, *How Designers Think: The Design Process Demystified*, 4th ed. Architectural Press, 2006.
- [11] C. J. White et al., "Towards multi-hazard and multi-risk indicators: A review and recommendations for development and implementation," *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 25, pp. 4263-4281, 2025.