



Integrasi Green Architecture dalam Rancangan Pusat Pendidikan dan Simulasi Bencana di Kawasan Tropis

Nabila Nur Mustafa^{1*}, Zuhriati A. Djailani², Niniek Pratiwi³

¹⁻³Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

Alamat: Jl. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Kec. Tilongkabila, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo

Korespondensi penulis: nabillanur2002@gmail.com

Abstract. Gorontalo Province is an area with a high level of disaster vulnerability, both from hydrometeorological disasters such as floods and landslides, as well as geological disasters such as earthquakes. This condition requires an integrated, modern, and sustainable disaster training facility. Unfortunately, until now Gorontalo does not have a representative disaster management education and training center to support community preparedness. This research aims to design a Disaster Management Education and Training Center that not only functions as an education and simulation place, but also integrates green architecture principles to create an environmentally friendly and energy-efficient learning environment. The method used is qualitative descriptive with primary data collection through observation, interviews with stakeholders, and field documentation. Secondary data were obtained from literature studies, disaster architectural precedents, and spatial planning regulatory studies. The design site was chosen in Limboto District with considerations of accessibility, development potential, and geographical conditions. Analysis is carried out on spatial, functional, and climatological aspects to produce an optimal zoning concept and the orientation of building masses according to the tropical climate. The design results show that an area of 19,371 m² can accommodate all space needs with the utilization of KDB of 25.4%. The application of green architecture is realized through the use of environmentally friendly local materials, natural lighting, cross ventilation, solar panels, and rainwater management systems. The simulation facilities for floods, landslides, earthquakes, and fires are designed based on experiential learning so that participants can experience disaster scenarios firsthand. This design is expected to be a model of sustainable tropical disaster architecture, replicate in other disaster-prone areas, and encourage the creation of a disaster-aware culture. This research also opens up further research opportunities related to energy performance evaluation and the application of digital technology in disaster education.

Keywords: Disaster Simulation, Eco-Friendly, Education Center, Green Architecture, Tropical Area.

Abstrak. Provinsi Gorontalo merupakan wilayah dengan tingkat kerentanan bencana yang tinggi, baik dari bencana hidrometeorologi seperti banjir dan longsor, maupun bencana geologis seperti gempa bumi. Kondisi ini menuntut adanya fasilitas pelatihan kebencanaan yang terpadu, modern, dan berkelanjutan. Sayangnya, hingga kini Gorontalo belum memiliki pusat pendidikan dan pelatihan penanggulangan bencana yang representatif untuk mendukung kesiapsiagaan masyarakat. Penelitian ini bertujuan merancang Pusat Pendidikan dan Pelatihan Penanggulangan Bencana yang tidak hanya berfungsi sebagai tempat edukasi dan simulasi, tetapi juga mengintegrasikan prinsip green architecture untuk menciptakan lingkungan belajar yang ramah lingkungan dan efisien energi. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan pengumpulan data primer melalui observasi, wawancara dengan stakeholder, serta dokumentasi lapangan. Data sekunder diperoleh dari studi literatur, preseden arsitektur kebencanaan, dan kajian peraturan tata ruang. Site perancangan dipilih di Kecamatan Limboto dengan pertimbangan aksesibilitas, potensi pengembangan, serta kondisi geografis. Analisis dilakukan terhadap aspek spasial, fungsional, dan klimatologis untuk menghasilkan konsep zonasi yang optimal dan orientasi massa bangunan sesuai iklim tropis. Hasil desain menunjukkan bahwa lahan seluas 19.371 m² dapat menampung seluruh kebutuhan ruang dengan pemanfaatan KDB sebesar 25,4%. Penerapan green architecture diwujudkan melalui pemakaian material lokal ramah lingkungan, pencahayaan alami, ventilasi silang, panel surya, serta sistem pengelolaan air hujan. Fasilitas simulasi banjir, longsor, gempa, dan kebakaran dirancang berbasis experiential learning agar peserta dapat merasakan langsung skenario kebencanaan. Rancangan ini diharapkan dapat menjadi model arsitektur kebencanaan tropis yang berkelanjutan, dapat direplikasi di daerah rawan bencana lainnya, serta mendorong terciptanya budaya sadar bencana. Penelitian ini juga membuka peluang riset lanjutan terkait evaluasi performa energi dan penerapan teknologi digital dalam pendidikan kebencanaan.

Kata Kunci: Arsitektur Hijau, Ramah Lingkungan, Pusat Pendidikan, Simulasi Bencana, Kawasan Tropis.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kerentanan bencana yang sangat tinggi. Letak geografis Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng utama dunia—lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik—menyebabkan wilayah ini memiliki kompleksitas geologis yang luar biasa serta potensi terjadinya gempa bumi, letusan gunung api, dan tsunami yang sangat besar (Marfai et al., 2015; BNPB, 2022). Selain itu, topografi yang bervariasi dan iklim tropis yang dipengaruhi oleh pola cuaca musiman memperbesar kemungkinan terjadinya bencana hidrometeorologis seperti banjir, tanah longsor, kekeringan, dan angin puting beliung (Syamsidik et al., 2019). Situasi ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan indeks risiko bencana tertinggi di Asia Tenggara (World Risk Report, 2021). Dalam konteks ini, penyusunan strategi mitigasi yang adaptif dan partisipatif menjadi keharusan dalam pembangunan wilayah yang tangguh bencana.

Provinsi Gorontalo, yang berada di bagian utara Pulau Sulawesi, merupakan salah satu wilayah yang secara geologis dan geografis termasuk dalam kategori rawan bencana. Berdasarkan laporan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Gorontalo, selama lima tahun terakhir (2018–2023) telah terjadi 178 kejadian bencana yang berdampak pada lebih dari 254.000 jiwa (BPBD Gorontalo, 2024). Bencana yang dominan meliputi banjir, tanah longsor, kebakaran, dan gempa bumi, sebagian besar dipicu oleh kombinasi faktor alami dan antropogenik seperti degradasi hutan, pembangunan di daerah rawan longsor, dan sistem drainase yang buruk. Tingginya frekuensi dan dampak bencana ini mempertegas pentingnya upaya penguatan kapasitas masyarakat dalam kesiapsiagaan dan respons terhadap bencana.

Dalam upaya memperkuat sistem manajemen bencana nasional, Pemerintah Indonesia telah menetapkan kerangka regulatif melalui Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana dan turunannya, termasuk Peraturan Kepala BNPB Nomor 11 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat. Instrumen ini menegaskan pentingnya partisipasi aktif masyarakat dalam seluruh tahapan penanggulangan bencana, mulai dari mitigasi, kesiapsiagaan, tanggap darurat, hingga pemulihan. Namun, kenyataannya, tingkat kesadaran dan kesiapan masyarakat Gorontalo masih tergolong rendah. Kurangnya pemahaman terhadap risiko, minimnya pelatihan kebencanaan, serta terbatasnya infrastruktur pendidikan bencana menjadi tantangan utama dalam membentuk komunitas yang tangguh (Yuliani & Ardiansyah, 2020).

Salah satu pendekatan yang terbukti efektif dalam mengurangi dampak bencana adalah melalui pendidikan dan pelatihan kebencanaan berbasis masyarakat (Haynes et al., 2008; Shaw et al., 2012). Edukasi kebencanaan tidak hanya meningkatkan literasi risiko, tetapi juga

membentuk pola pikir proaktif dalam menghadapi potensi ancaman. Pelatihan praktis seperti simulasi evakuasi, penggunaan alat pemadam kebakaran, serta komunikasi darurat menjadi aspek penting dalam menginternalisasi pengetahuan kebencanaan. Dalam hal ini, keberadaan pusat pendidikan dan pelatihan (pusdiklat) penanggulangan bencana menjadi sangat vital sebagai sarana peningkatan kapasitas individu dan komunitas.

Namun hingga saat ini, Provinsi Gorontalo belum memiliki fasilitas pusdiklat yang permanen dan representatif. Seluruh aktivitas pelatihan yang dilakukan BPBD Gorontalo selama ini masih bersifat temporer dan terpusat pada ruang terbuka seperti halaman kampus atau kantor pemerintahan, yang jelas kurang memadai untuk mendukung pembelajaran kebencanaan yang sistematis dan berkelanjutan. Selain menghambat efektivitas transfer pengetahuan, ketidakteraturan fasilitas juga menyulitkan proses standarisasi dan pengembangan modul pelatihan jangka panjang.

Studi-studi internasional menunjukkan bahwa penyediaan pusat pelatihan kebencanaan yang dirancang secara khusus, seperti *Yokohama Disaster Risk Reduction Learning Center* di Jepang dan *Honjo Bosaikan Life Safety Learning Center* di Tokyo, telah memberikan dampak signifikan terhadap kesiapsiagaan publik. Fasilitas tersebut tidak hanya dilengkapi dengan ruang simulasi gempa, banjir, dan kebakaran, tetapi juga mengintegrasikan kurikulum berbasis pengalaman langsung (*experiential learning*) yang efektif meningkatkan kapasitas praktis peserta (Tanaka, 2005; Suzuki et al., 2018). Pendekatan ini mendorong masyarakat untuk tidak hanya menjadi penerima bantuan saat bencana terjadi, tetapi juga aktor aktif dalam proses mitigasi dan tanggap darurat.

Lebih jauh, konsep pembangunan pusdiklat bencana yang adaptif juga dapat disinergikan dengan prinsip *green architecture*. Prinsip ini berupaya mereduksi jejak ekologis dari aktivitas pembangunan, baik dalam tahap perencanaan, pelaksanaan, maupun operasional bangunan. Green architecture menekankan efisiensi energi, konservasi sumber daya air, pengelolaan sampah berkelanjutan, hingga kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruang (Kibert, 2016). Dengan mengadopsi prinsip ini, pusat pelatihan bencana tidak hanya menjadi tempat pembelajaran yang tangguh terhadap risiko, tetapi juga menjadi model percontohan pembangunan berkelanjutan di daerah rawan bencana

Implementasi prinsip arsitektur hijau dalam fasilitas publik juga telah didemonstrasikan melalui berbagai proyek di Indonesia, seperti Perpustakaan Universitas Indonesia yang menerapkan sistem daur ulang air dan panel surya, serta Sequis Tower di Jakarta yang mengintegrasikan *double-skin facade* dan vegetasi vertikal untuk efisiensi termal (Cahyani, 2018; Zubaidi et al., 2023). Keberhasilan proyek-proyek ini menunjukkan bahwa integrasi

antara fungsi edukatif dan keberlanjutan lingkungan sangat mungkin diterapkan secara nyata dalam konteks tropis dan urban Indonesia.

Kendati demikian, literatur mengenai integrasi green architecture dalam bangunan kebencanaan di Indonesia masih sangat terbatas. Mayoritas penelitian masih berfokus pada aspek kebijakan atau pendidikan kebencanaan secara umum, tanpa membahas aspek fisik bangunan sebagai instrumen mitigasi struktural. Inilah yang menjadi celah penting dalam kajian ini. Rancangan pusat pendidikan dan pelatihan penanggulangan bencana di Provinsi Gorontalo dengan pendekatan green architecture diharapkan dapat menjawab kebutuhan tersebut, sekaligus menjadi perintis pengembangan fasilitas edukasi kebencanaan berbasis keberlanjutan di tingkat daerah.

Studi ini bertujuan untuk merancang Pusat Pendidikan dan Pelatihan Penanggulangan Bencana di Provinsi Gorontalo yang mampu mengakomodasi fungsi edukasi, pelatihan, dan simulasi bencana dengan prinsip keberlanjutan lingkungan. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan integratif antara desain arsitektur tangguh bencana dan prinsip green architecture sebagai respons atas kebutuhan lokal di wilayah rawan bencana. Ruang lingkup studi mencakup analisis kebutuhan pengguna, program ruang, karakteristik tapak, dan konsep arsitektural berkelanjutan yang diwujudkan dalam rancangan menyeluruhan. Diharapkan, hasil perancangan ini dapat menjadi referensi konseptual dan praktis dalam pengembangan infrastruktur kebencanaan yang tidak hanya adaptif terhadap ancaman risiko, tetapi juga ramah lingkungan dan edukatif secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Perancangan Pusat Pendidikan dan Pelatihan Penanggulangan Bencana (Pusdiklat PB) di Provinsi Gorontalo ini menggunakan pendekatan metode deskriptif-kualitatif berbasis analisis kebutuhan ruang dan tapak (site), yang mengintegrasikan studi lapangan, studi literatur, serta analisis spasial dan lingkungan. Tujuan utama dari metode ini adalah merumuskan solusi perancangan yang responsif terhadap tantangan kebencanaan di Gorontalo, sekaligus selaras dengan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam *green architecture*.

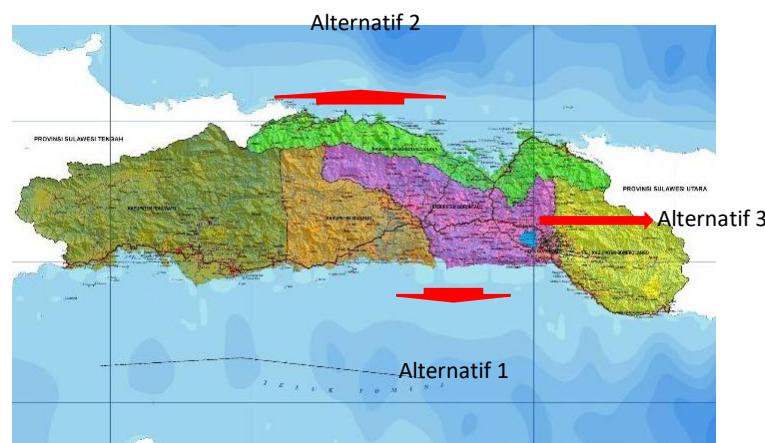
Langkah pertama dalam proses ini adalah analisis kontekstual wilayah Gorontalo. Analisis ini mencakup aspek geografis, topografis, iklim, demografi, dan historis kebencanaan yang secara komprehensif dikaji melalui sumber sekunder seperti dokumen RPB (Rencana Penanggulangan Bencana), KLHS (Kajian Lingkungan Hidup Strategis), RTRW, dan data Badan Pusat Statistik (BPS). Untuk memperkuat hasil, pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi langsung ke lapangan, wawancara dengan perwakilan BPBD Provinsi

Gorontalo, dan dokumentasi kondisi aktual site yang potensial. Hal ini memungkinkan peneliti memahami secara mendalam karakter tapak dan potensi bencananya.

Dalam tahap seleksi lokasi skala provinsi, digunakan metode analisis *multi-criteria decision making* (MCDM) melalui sistem pembobotan atau *scoring* terhadap tiga alternatif lokasi, yaitu Kota Gorontalo, Kabupaten Gorontalo, dan Kabupaten Bone Bolango. Kriteria evaluasi meliputi tersedianya jaringan infrastruktur, aksesibilitas, keberadaan jalur transportasi provinsi, dan kecukupan lahan. Berdasarkan hasil scoring, Kabupaten Gorontalo menempati posisi tertinggi karena memenuhi semua kriteria dengan nilai agregat 95, dibandingkan Kota Gorontalo (80) dan Bone Bolango (85) (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Penilaian Alternatif Lokasi Skala Provinsi

Kriteria	Bobot	Alternatif 1 (Kota Gorontalo)	Alternatif 2 (Kab. Gorontalo)
Tersedianya jaringan infrastruktur yang memadai	25	20	20
Lokasi strategis sehingga mudah diakses oleh masyarakat	30	25	30
Dilalui jalur transportasi skala provinsi	20	20	20
Tersedianya lahan yang cukup	25	15	25



Gambar 1. Peta Lokasi Alternatif Pusdiklat PB di Provinsi Gorontalo.

Sumber: Google Maps, 2024; Olahan Penulis

Gambar 1 memperlihatkan representasi spasial lokasi alternatif yang dianalisis berdasarkan kedekatannya terhadap pusat administratif, akses utama, dan potensi risiko bencana. Proses serupa diterapkan pada skala kabupaten, dengan Kecamatan Limboto akhirnya dipilih karena sesuai dengan RTRW sebagai kawasan pengembangan pendidikan, memiliki ketersediaan lahan yang mencukupi, serta terhubung dengan jalur primer Jalan Trans Sulawesi.

Tahapan selanjutnya adalah *site analysis* atau analisis tapak untuk memahami elemen-elemen kontekstual lokasi terpilih. Aspek yang dianalisis meliputi tata guna lahan, orientasi view dan matahari, pola angin, kebisingan, utilitas, serta potensi vegetasi dan kondisi drainase. Analisis ini menjadi dasar dalam pengambilan keputusan penempatan massa bangunan, zonasi ruang, strategi penghawaan alami, hingga pemilihan material yang sesuai dengan prinsip *green architecture* (Kibert, 2016). Salah satu pertimbangan penting adalah mitigasi terhadap panas dan kebisingan dari jalan utama, yang ditanggulangi dengan orientasi bangunan yang memaksimalkan bukaan ke arah utara dan barat serta penggunaan buffer vegetasi.

Program ruang ditentukan berdasarkan identifikasi pengguna dan aktivitas yang melibatkan 60 peserta dari seluruh kabupaten/kota, 9 pelatih, dan 41 tenaga pendukung serta pengelola. Aktivitas utama mencakup pembelajaran teori, simulasi bencana, kegiatan ibadah, istirahat, dan makan. Berdasarkan kegiatan ini, dirumuskan kebutuhan ruang yang meliputi aula, ruang kelas, perpustakaan, ruang simulasi, ruang instruktur, mess, cafetaria, dan fasilitas MEP (mekanikal elektrikal dan plumbing). Kebutuhan ruang dihitung menggunakan standar dari Data Arsitek (DA), Dimensi Manusia dan Ruang Interior (DMDRI), serta Mental Health Design Guide (MHDG), dengan mempertimbangkan standar kenyamanan sirkulasi sebesar 20–50% tergantung fungsi ruang (Chiara, 1980).

Dalam rangka memperkaya metode pembelajaran, ditambahkan fasilitas simulasi bencana outdoor seperti kolam banjir, lereng longsor, dan platform kebakaran/gempa. Area ini dirancang untuk *experiential learning*, di mana peserta dapat menginternalisasi skenario darurat secara realistik namun terkendali. Setiap skenario disusun berdasarkan protokol BNPB dan pelatihan Pusdiklat PB nasional di Bogor, yang mencakup tahapan pra-simulasi, eksekusi, hingga evaluasi dan refleksi.

Dengan demikian, metode perancangan ini tidak hanya memadukan kebutuhan fungsional dan spasial, tetapi juga menjawab tantangan ekologis dan sosial-budaya melalui strategi desain yang komprehensif, terukur, dan kontekstual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Perancangan Pusat Pendidikan dan Pelatihan Penanggulangan Bencana (Pusdiklat PB) di Provinsi Gorontalo merupakan respons terhadap tingginya tingkat risiko bencana alam di wilayah tersebut. Dalam konteks kerentanan wilayah dan terbatasnya fasilitas pelatihan kebencanaan, proyek ini dirancang untuk menjadi pusat edukasi, simulasi, dan pelatihan yang terpadu dan berbasis keberlanjutan. Pendekatan green architecture dipilih untuk memastikan

tercapainya efisiensi energi, konservasi air, kenyamanan termal, dan penciptaan lingkungan yang ramah pengguna dan ramah iklim, sebagaimana ditekankan oleh Kibert (2016) dan Karyono (2010).

Site terpilih berlokasi di Kecamatan Limboto, Kabupaten Gorontalo, yang telah ditetapkan dalam dokumen Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) sebagai kawasan strategis pengembangan pendidikan. Tapak memiliki akses langsung dari Jalan Trans Sulawesi dan memenuhi parameter teknis seperti Koefisien Dasar Bangunan (KDB) maksimum 50%, Koefisien Dasar Hijau (KDH) minimum 40%, dan Koefisien Lantai Bangunan (KLB) sebesar 1. GSB ditetapkan sebesar 4 meter dari badan jalan. Dalam tahap awal, luasan site yang disiapkan adalah 17.823 m². Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa untuk mengakomodasi seluruh kebutuhan ruang, termasuk area terbuka dan zona simulasi, diperlukan penambahan lahan sebesar 1.548 m². Maka, total luas tapak menjadi 19.371 m², yang dinilai cukup untuk mengakomodasi seluruh elemen fungsional dan ekologis. Dari luas tersebut, ruang terbangun hanya mencapai 4.916,24 m² atau 25,4% dari luas tapak, yang berarti tetap berada jauh di bawah batas maksimal KDB. Rincian tersebut dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Luas Lahan dan Pemanfaatannya

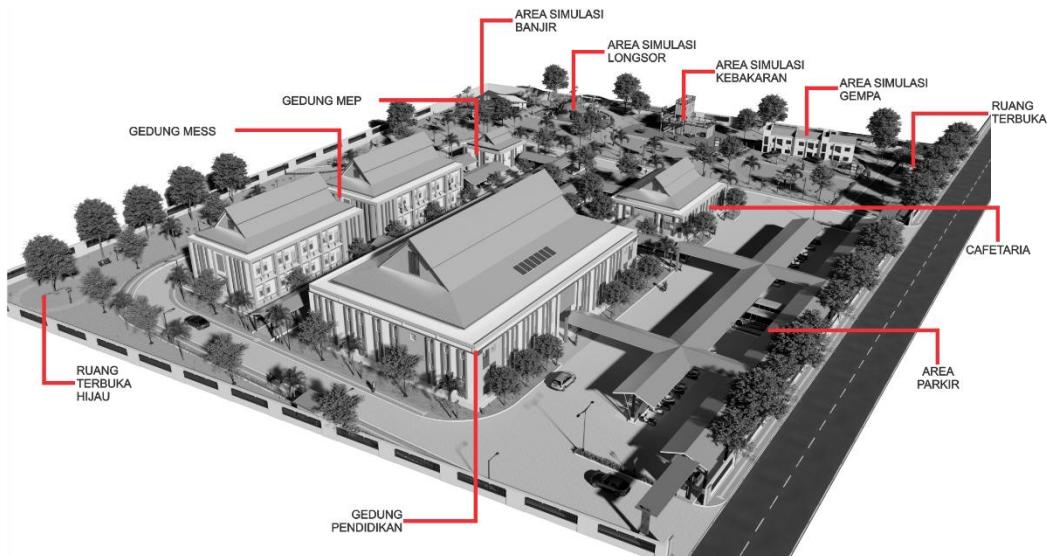
Aspek	Nilai
Luas Site Awal	17.823 m ²
Luas Tambahan Site	1.548 m ²
Luas Site Total	19.371 m ²
Luas Total Ruang Terbangun	4.916,24 m ²
Persentase KDB Terpakai (dari 50%)	25,4%

Sumber: Analisis Pribadi, 2024

Penataan zoning kawasan dilakukan dengan pendekatan fungsional yang membagi kawasan menjadi empat zona: publik, semi publik, privat, dan servis. Zona publik menampung elemen penerima seperti area parkir dan taman, sementara zona semi publik meliputi bangunan utama Pusdiklat dan cafeteria. Zona privat dikhurasikan untuk mess peserta, dan zona servis menampung bangunan pendukung seperti gedung MEP. Pembagian ini membantu menciptakan kawasan yang terorganisir secara hierarkis, memisahkan arus pengguna umum dan terbatas.

Tata massa bangunan mengacu pada orientasi yang mendukung efisiensi energi. Bangunan utama ditempatkan di bagian depan tapak agar mudah diakses, sedangkan mess dan gedung MEP berada di bagian belakang untuk alasan privasi. Arah orientasi bangunan ditentukan menghadap selatan, untuk mengurangi paparan langsung sinar matahari pagi dan sore yang berdampak terhadap beban termal. Strategi ini juga berkontribusi dalam pencahayaan

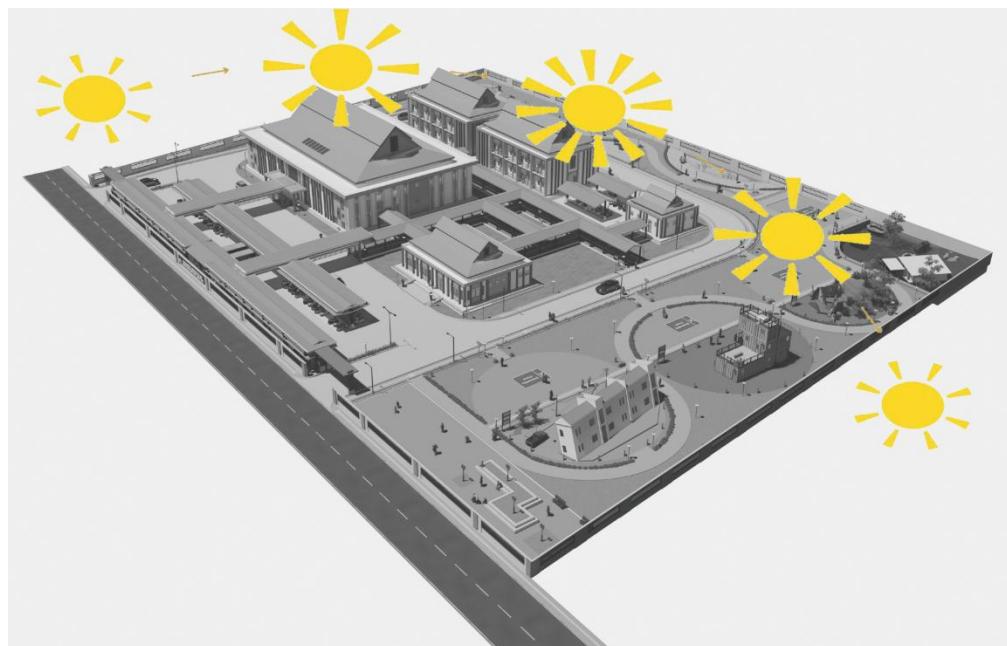
alami yang optimal tanpa meningkatkan suhu ruang secara berlebihan. Pengaturan massa dan orientasi ini divisualisasikan dalam Gambar 2.



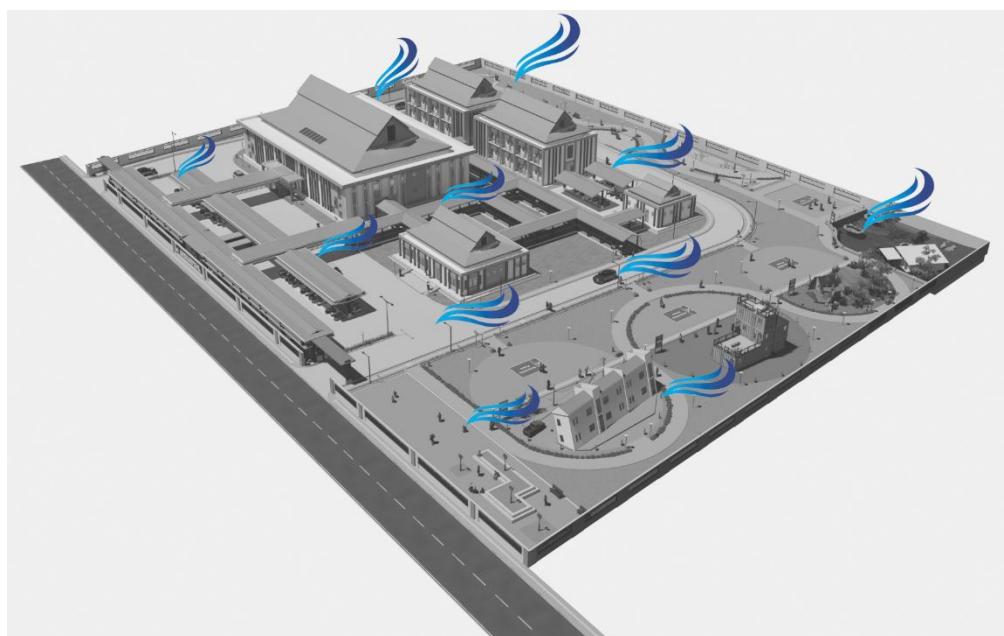
Gambar 2. Tata Massa dan Orientasi. Sumber: Analisis Pribadi, 2024

Pengembangan sistem sirkulasi internal dirancang terintegrasi antara kendaraan dan pejalan kaki. Jalan utama selebar 5 meter dilengkapi dengan trotoar dan jalur servis yang mengelilingi kawasan untuk memudahkan operasional dan evakuasi. Sistem ini disesuaikan dengan skenario penggunaan darurat sehingga dapat mendukung kelancaran pergerakan peserta dan kendaraan tanggap darurat.

Dalam merespons iklim tropis lembap di Gorontalo, rancangan bangunan mempertimbangkan faktor klimatologis, seperti lintasan matahari dan arah angin. Gambar 3 dan 4 menggambarkan bagaimana strategi orientasi bangunan dan bukaan disusun untuk memaksimalkan cahaya alami dan sirkulasi udara silang. Dengan menempatkan bukaan besar di sisi utara dan selatan, dan menjaga panjang bangunan agar membentang dari timur ke barat, diperoleh ventilasi alami yang stabil dan pencahayaan yang hemat energi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip desain tropis pasif (Karyono, 2010).



Gambar 3. Konsep Klimatologi Matahari. Sumber: Analisis Pribadi, 2024



Gambar 4. Konsep Klimatologi Angin. Sumber: Analisis Pribadi, 2024

Dari sisi tampilan bentuk, Pusdiklat ini mengadopsi atap pelana miring 45° yang terinspirasi dari rumah adat Gorontalo, memperkuat identitas lokal sekaligus mendukung penghawaan alami melalui rongga ventilasi atas. Atap menggunakan material logam reflektif dengan indeks pantulan matahari (SRI) sebesar 106, yang secara signifikan membantu mengurangi beban panas bangunan. Desain ini dikombinasikan dengan sistem panel surya yang dipasang di atap, memberikan kontribusi terhadap energi listrik bangunan, khususnya untuk kebutuhan penerangan dan operasional ringan.

Fasad bangunan menggabungkan bata ringan dan kaca Low-E. Bata ringan dipilih karena nilai isolasi termalnya yang baik dan bobotnya yang rendah, sementara kaca Low-E berfungsi mengurangi panas yang masuk tanpa mengorbankan pencahayaan alami. Pada bagian luar, dipasang louvers horizontal yang berfungsi sebagai penghalang radiasi langsung, serta memberikan ritme visual yang dinamis pada tampilan bangunan. Semua pilihan material ini mendukung efisiensi energi dan kenyamanan termal jangka panjang.

Sistem utilitas bangunan mencakup aspek elektrikal, sanitasi, penghawaan, dan pengelolaan air hujan. Air bersih disuplai oleh PDAM dan ditampung di tangki sebelum didistribusikan ke bangunan. Air hujan ditampung melalui sistem talang dan filter, lalu digunakan kembali untuk menyiram tanaman dan flush toilet. Limbah dari toilet, wastafel, dan dapur disalurkan secara terpisah. Sistem ini sejalan dengan prinsip green building yang menekankan daur ulang air dan konservasi (Agency, 2020).

Dari segi penghawaan, sistem ventilasi alami dikombinasikan dengan AC hemat energi di ruang-ruang yang membutuhkan pengendalian suhu tinggi, seperti ruang edukasi dan aula. Penggunaan AC jenis Mini Cassette 2PK dipilih karena efisiensinya dan penyebaran udara yang merata. Untuk pencahayaan, sistem LED digunakan secara menyeluruh karena lebih hemat energi dan memiliki umur pakai panjang. Lampu LED panel dipasang di ruang kerja dan edukasi, sedangkan lampu downlight digunakan di toilet dan kantin.

Salah satu aspek paling inovatif dari rancangan ini adalah keberadaan area simulasi bencana yang didesain untuk experiential learning. Area simulasi banjir memanfaatkan kolam buatan dari beton non-porous dan paving permeabel kasar untuk mengurangi limpasan. Simulasi longsor dirancang dengan lereng tanah padat dan sistem drainase terbuka, menciptakan kondisi yang realistik namun tetap aman. Sementara itu, area simulasi kebakaran menggunakan kontainer dari baja corten, yang tahan terhadap korosi dan panas tinggi (Gambar 5). Simulasi gempa menampilkan struktur bangunan miring dari baja ringan dan gypsum yang aman namun menyerupai kondisi keruntuhan riil (Gambar 6).



Gambar 5. Material Area Simulasi Kebakaran. Sumber: Analisis Pribadi, 2024

Menunjukkan pemanfaatan kontainer baja corten tahan api sebagai ruang latihan tanggap darurat kebakaran.



Gambar 6. Material Area Simulasi Gempa Bumi. Sumber: Analisis Pribadi, 2024

Menampilkan simulasi reruntuhan dengan struktur baja ringan dan gypsum, memperkuat edukasi visual dan fisik dalam latihan gempa.

Dengan demikian, hasil perancangan Pusdiklat Penanggulangan Bencana ini tidak hanya menjawab kebutuhan fungsional akan fasilitas pelatihan kebencanaan di Provinsi Gorontalo, tetapi juga mengintegrasikan nilai-nilai keberlanjutan, identitas lokal, dan ketahanan terhadap iklim serta risiko bencana. Melalui pendekatan arsitektur hijau dan strategi spasial adaptif, kawasan ini diharapkan menjadi prototipe pusat pelatihan bencana yang kontekstual dan berkelanjutan di Indonesia.

Pembahasan

Perancangan Pusat Pendidikan dan Pelatihan Penanggulangan Bencana (Pusdiklat PB) di Provinsi Gorontalo dengan pendekatan green architecture merepresentasikan respons arsitektural yang kompleks terhadap kebutuhan ruang edukatif dan kesiapsiagaan bencana dalam konteks geografis yang sangat rentan. Sebagaimana ditekankan oleh Shaw et al. (2012), pendekatan desain dalam konteks kebencanaan tidak dapat dipisahkan dari aspek sosial, ekologis, dan teknologis yang saling berinteraksi. Dalam studi ini, rancangan Pusdiklat tidak hanya menjawab kebutuhan fungsional pelatihan, tetapi juga mengadopsi strategi desain berkelanjutan yang selaras dengan prinsip-prinsip mitigasi risiko bencana dan konservasi lingkungan.

Pemilihan lokasi di Kecamatan Limboto menjadi langkah strategis dalam menjawab urgensi perencanaan kawasan yang adaptif terhadap risiko sekaligus terkoneksi dengan pusat administratif provinsi. Keputusan ini diperkuat oleh temuan dalam Tabel 1, yang menunjukkan bahwa total ruang terbangun sebesar $4.916,24 \text{ m}^2$ masih berada dalam batas KDB 50%, dengan pemanfaatan lahan sebesar 25,4% dari total luas site 19.371 m^2 . Hal ini menegaskan bahwa rancangan tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsi ruang, tetapi juga menjaga proporsi ekologis kawasan. Keseimbangan antara ruang terbangun dan ruang terbuka ini sejalan dengan

prinsip *bioclimatic urbanism* yang menekankan keseimbangan morfologi ruang terhadap lingkungan mikro (Olgyay, 2015).

Zonasi kawasan yang terbagi ke dalam empat lapisan fungsi (publik, semi publik, privat, dan servis) mengindikasikan pengaturan spasial yang mempertimbangkan hirarki aktivitas, aksesibilitas, dan privasi. Model zonasi seperti yang divisualisasikan dalam Gambar 3 tidak hanya mendukung alur logistik dan sirkulasi pengguna, tetapi juga meningkatkan fleksibilitas ruang dalam menghadapi skenario bencana. Menurut Alexander (2002), zonasi adaptif adalah kunci dalam desain arsitektur kebencanaan karena memungkinkan isolasi fungsi-fungsi vital saat terjadi kondisi darurat tanpa mengganggu sistem kerja keseluruhan.

Penataan tata massa dan orientasi bangunan berdasarkan prinsip iklim lokal merupakan strategi desain pasif yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal. Orientasi bangunan ke arah selatan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4., dimaksudkan untuk menghindari intensitas radiasi matahari pagi dan sore, dua waktu dengan beban panas tertinggi di daerah tropis lembap. Strategi ini sejalan dengan prinsip desain tropis yang dikemukakan oleh Hyde (2000), yang menyarankan penggunaan orientasi bangunan dan ventilasi silang sebagai elemen utama dalam mitigasi beban termal bangunan tropis. Dukungan terhadap pencahayaan alami tanpa menimbulkan panas berlebih diperoleh melalui pemanfaatan jendela kaca Low-E dan penambahan louvers sebagai kontrol cahaya pasif, yang juga meningkatkan kualitas visual ruang dalam.

Sistem sirkulasi yang dirancang dengan prinsip pemisahan jalur antara kendaraan dan pejalan kaki memperlihatkan upaya perancangan berbasis *universal accessibility*, sebagaimana dijelaskan oleh Steinfeld & Maisel (2012). Jalan internal selebar 5 meter dan jalur servis yang mengelilingi massa bangunan meningkatkan efisiensi mobilitas logistik serta mendukung integrasi sistem evakuasi bencana. Jalur ini juga mempertimbangkan akses kendaraan darurat dan penempatan sistem utilitas kebakaran, sebagaimana disiapkan dalam sistem mitigasi yang menyeluruh.

Faktor klimatologi menjadi salah satu determinan utama dalam proses perancangan. Gambar 5 dan 6 menggambarkan bagaimana strategi orientasi terhadap matahari dan arah angin dikombinasikan untuk menciptakan kenyamanan termal alami. Ventilasi silang yang diperoleh dari orientasi massa bangunan secara horizontal timur-barat memberikan aliran angin utara-selatan yang stabil, sebagaimana juga dikaji oleh Szokolay (2008), yang menekankan pentingnya *cross ventilation* dalam mengurangi kebutuhan pendinginan buatan di iklim tropis.

Perancangan bentuk atap miring 45° tidak hanya menghadirkan reinterpretasi bentuk rumah adat Gorontalo, tetapi juga mendukung optimalisasi sistem ventilasi atap dan pengumpulan air hujan. Material atap yang digunakan adalah logam reflektif berwarna putih dengan nilai Solar Reflectance Index (SRI) sebesar 106, yang secara ilmiah terbukti mengurangi suhu permukaan bangunan secara signifikan (Akbari et al., 2008). Desain ini diperkuat dengan pemasangan sistem panel surya di bagian atap, mendukung kemandirian energi sebagian kebutuhan listrik, seperti pencahayaan dan pengoperasian peralatan ringan.

Dari sisi fasad, kombinasi material bata ringan dan kaca Low-E menunjang performa termal dan akustik bangunan. Louvers horizontal yang digunakan tidak hanya memperindah tampilan visual, tetapi juga mengontrol penetrasi cahaya matahari dan mengarahkan aliran udara. Pemilihan warna-warna netral dan bahan rendah emisi, termasuk cat rendah VOC, mendukung kesehatan pengguna serta mendekati standar bangunan hijau seperti yang tercantum dalam Green Building Council Indonesia (GBCI, 2022).

Sistem utilitas kawasan juga dikembangkan secara holistik, mencakup sistem daur ulang air hujan, manajemen limbah, penghawaan dan pencahayaan alami serta buatan yang hemat energi. Sistem pencahayaan LED yang digunakan di seluruh ruang didasarkan pada prinsip *daylighting complement*, di mana cahaya alami menjadi utama dan cahaya buatan sebagai pelengkap. AC hanya digunakan pada ruang dengan beban aktivitas tinggi dan kelembapan kritis, sejalan dengan prinsip efisiensi energi termal dalam bangunan publik (UNEP, 2019).

Salah satu kekuatan utama dari rancangan ini terletak pada area simulasi bencana. Gambar 5 dan 6 masing-masing menunjukkan bagaimana simulasi kebakaran dan gempa bumi dirancang dengan perhatian terhadap realisme, keamanan, dan keberlanjutan. Kontainer dari baja corten digunakan sebagai ruang simulasi kebakaran karena ketahanannya terhadap suhu tinggi dan korosi (El Sarraf et al., 2017), sedangkan simulasi gempa menampilkan struktur miring dari rangka baja ringan dan panel gypsum yang aman dan mudah dibentuk. Simulasi ini memungkinkan peserta merasakan langsung dampak situasi darurat, mendukung pendekatan *experiential learning* sebagaimana dikembangkan oleh Tanaka (2005) di berbagai pusat pelatihan bencana di Jepang.

Pendekatan pada sistem pengelolaan air hujan dan sanitasi menunjukkan integrasi teknologi hijau ke dalam desain kawasan. Air hujan tidak hanya ditampung untuk irigasi taman, tetapi juga difungsikan sebagai sumber air sekunder untuk toilet. Strategi ini mengacu pada prinsip *water reuse and recharge* dalam WSUD (Water-Sensitive Urban Design) yang telah diterapkan di berbagai negara tropis seperti Australia dan Singapura (Fletcher et al., 2015).

Akhirnya, penempatan titik kumpul dan jalur evakuasi dirancang dengan logika spasial yang jelas dan rambu visual yang mudah dikenali. Rute evakuasi terhubung dengan zona terbuka dan dapat diakses dari semua bangunan utama dalam waktu singkat. Hal ini sejalan dengan pedoman sistem keselamatan bangunan dalam Permen PUPR No. 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Gedung, yang menyatakan bahwa sistem evakuasi harus logis, pendek, dan bebas hambatan.

Berdasarkan semua pemaparan di atas, dapat dikatakan bahwa rancangan Pusdiklat PB ini tidak hanya menjawab kebutuhan ruang pelatihan bencana, tetapi juga menunjukkan upaya konkret dalam penggabungan prinsip ketahanan, keberlanjutan, dan kearifan lokal dalam satu kesatuan arsitektural yang terpadu. Setiap keputusan desain—mulai dari orientasi bangunan, zonasi, pemilihan material, hingga simulasi—berangkat dari analisis konteks dan literatur yang kuat, serta berorientasi pada kontribusi nyata terhadap pembangunan berkelanjutan di kawasan rawan bencana seperti Provinsi Gorontalo.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Studi ini menghasilkan rancangan konseptual Pusat Pendidikan dan Pelatihan Penanggulangan Bencana (Pusdiklat PB) di Provinsi Gorontalo dengan pendekatan green architecture yang integratif. Temuan utama dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan prinsip arsitektur hijau tidak hanya memungkinkan efisiensi energi, kenyamanan termal, dan konservasi air, tetapi juga memperkuat nilai edukatif dan ketangguhan bangunan terhadap risiko bencana. Zonasi fungsional, orientasi bangunan yang merespons iklim tropis, serta integrasi sistem utilitas berbasis keberlanjutan—seperti penggunaan air hujan, pencahayaan alami, dan panel surya—berkontribusi langsung pada performa bangunan yang resilien dan hemat sumber daya.

Rancangan area simulasi bencana, yang mencakup skenario banjir, longsor, gempa, dan kebakaran, menawarkan kontribusi signifikan dalam menciptakan pengalaman belajar berbasis konteks nyata (experiential learning) dan menjadi inovasi penting dalam pendidikan kebencanaan di tingkat daerah. Studi ini memperkaya kajian arsitektur kebencanaan dengan menambahkan dimensi lokalitas dan keberlanjutan spasial dalam perencanaan fasilitas pelatihan.

Penelitian ini dapat menjadi model konseptual bagi pengembangan fasilitas serupa di wilayah lain yang rawan bencana di Indonesia. Penelitian lanjutan direkomendasikan untuk mengevaluasi performa aktual bangunan melalui pendekatan simulasi energi atau analisis

pasca-implementasi (*post-occupancy evaluation*), serta mengkaji integrasi sistem digital dalam modul pelatihan kebencanaan yang adaptif terhadap dinamika risiko masa depan.

DAFTAR REFERENSI

- Akbari, H., Levinson, R., & Konopacki, S. (2008). Monitoring the performance of cool roofs in the California climate. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Alexander, D. (2002). Principles of emergency planning and management. Oxford University Press.
- BPBD Gorontalo. (2024). Laporan kejadian bencana Provinsi Gorontalo 2018–2023. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Gorontalo.
- Cahyani, R. (2018). Efisiensi energi pada gedung perpustakaan UI sebagai bangunan hijau. *Jurnal Arsitektur Tropis*, 6(1), 55–64.
- El Sarraf, M., Tabbara, M., & Abou-Jaoude, G. (2017). Fire resistance of weathering steel. *Engineering Structures*, 135, 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.12.032>
- Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2015). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 261–279. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.09.001>
- GBCI (Green Building Council Indonesia). (2022). Greenship rating tools. <https://www.gbcindonesia.org/greenship>
- Haynes, K., Barclay, J., & Pidgeon, N. (2008). The issue of trust and its influence on risk communication during a volcanic crisis. *Bulletin of Volcanology*, 70(5), 605–621. <https://doi.org/10.1007/s00445-007-0156-z>
- Hyde, R. (2000). Climate responsive design: A study of buildings in moderate and hot humid climates. E & FN Spon.
- Karyono, T. H. (2010). Arsitektur hijau (green architecture) di Indonesia: Tinjauan konsep dan implementasinya. *Dimensi Interior*, 8(2), 91–97.
- Kibert, C. J. (2016). Sustainable construction: Green building design and delivery (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Marfai, M. A., King, L., Sartohadi, J., & Kaswanto, R. L. (2015). Coastal hazard assessment and risk management in Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*, 54(6), 1235–1245.
- Olgay, V. (2015). Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton University Press.
- Shaw, R., Pulhin, J. M., & Pereira, J. J. (Eds.). (2012). Climate change adaptation and disaster risk reduction: Issues and challenges. Emerald Group Publishing.

- Steinfeld, E., & Maisel, J. (2012). Universal design: Creating inclusive environments. John Wiley & Sons.
- Suzuki, T., Shibayama, T., & Imamura, F. (2018). Disaster education in school: Basic understanding and curriculum development. *Journal of Disaster Research*, 13(5), 921–928.
- Szokolay, S. V. (2008). Introduction to architectural science: The basis of sustainable design (2nd ed.). Architectural Press.
- Tanaka, K. (2005). The impact of disaster education on public awareness: A case study from Japan. *Global Environmental Research*, 9(2), 181–190.
- Tolédano, D. (2011). Design of steel structures under fire conditions. *Journal of Constructional Steel Research*, 67(1), 1–9.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2019). Energy efficiency for buildings: Progress and opportunities. <https://www.unep.org>
- World Risk Report. (2021). World Risk Report 2021: Focus – Social protection. Bündnis Entwicklung Hilft & Ruhr University Bochum.
- Yuliani, D., & Ardiansyah, M. (2020). Partisipasi masyarakat dalam penanggulangan bencana berbasis lokal. *Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik*, 23(3), 258–273.
- Zubaidi, Z., Rahmayani, R., & Ramadhani, T. (2023). Strategi desain fasad Sequis Tower dalam penerapan green building. *Jurnal Arsitektur Modern Tropis*, 11(1), 33–42.