

DESIGNING A DUAL-USE DISASTER RESILIENCE HUB IN YOGYAKARTA TO ENHANCE MULTI-HAZARD PREPAREDNESS THROUGH THE AIA RESILIENCE DESIGN TOOLKIT

Kallvin Allan Leonardo; Dyah Widi Astuti
Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan wilayah rawan bencana dengan lanskap risiko majemuk (multi-hazard) seperti gempa bumi, erupsi gunungapi, dan banjir. Kondisi ini menuntut adanya simpul infrastruktur kesiapsiagaan yang tidak hanya berfungsi pasif menunggu krisis, melainkan aktif mendukung penguatan kapasitas harian sekaligus siap merespons keadaan darurat. Perancangan ini bertujuan merumuskan konsep Yogyakarta Disaster Resilience Hub sebagai fasilitas publik sipil terpadu berkonsep ganda (dual-use architecture) yang mengintegrasikan fungsi kesiapsiagaan, pendidikan, pelatihan, riset, dan komunitas. Pendekatan perancangan menerapkan AIA Resilience Design Toolkit sebagai kerangka metodologis berbasis risiko, integratif, dan iteratif guna menerjemahkan analisis ancaman dan kerentanan ke dalam keputusan desain arsitektural. Metodologi perancangan meliputi penetapan lingkup resiliensi, identifikasi bahaya tapak, perumusan kebutuhan kinerja ruang, serta skenario transformasi fungsi. Hasil perancangan menghadirkan sistem bangunan yang beroperasi dalam dua moda: pada kondisi normal (blue-sky state) aktif sebagai pusat edukasi kebencanaan, pelatihan, dan kegiatan masyarakat; sedangkan pada kondisi darurat (black-sky state) bertransformasi secara efisien menjadi pusat koordinasi, komando, komunikasi, serta dukungan logistik. Penerapan AIA Resilience Design Toolkit diwujudkan melalui efisiensi sirkulasi dan zonasi, penataan struktur tahan gempa, keberlanjutan energi dan pengelolaan air mandiri, serta fleksibilitas tata ruang yang adaptif. Rancangan ini diharapkan dapat menjadi acuan arsitektural bagi penyediaan fasilitas publik yang resilien, adaptif, dan berkelanjutan di wilayah rawan bencana..

Kata Kunci: disaster resilience hub, dual-use architecture, aia resilience design toolkit, multi-hazard preparedness, yogyakarta.

Abstract

The Special Region of Yogyakarta is a disaster-prone area characterized by a complex multi-hazard risk landscape, including earthquakes, volcanic eruptions, and floods. This condition necessitates a preparedness infrastructure hub that does not merely remain passive until a crisis occurs, but actively supports capacity building during normal conditions while remaining ready to respond to emergencies. This design aims to formulate the concept of the Yogyakarta Disaster Resilience Hub as an integrated public civic facility based on a dual-use architecture concept that incorporates disaster preparedness, education, training, research, and community functions. The design approach applies the AIA Resilience Design Toolkit as a risk-based, integrative, and iterative methodological framework to translate hazard and vulnerability analyses into architectural design decisions. The design methodology includes establishing the resilience scope, identifying site-specific hazards, formulating spatial performance requirements, and developing functional transformation scenarios. The resulting design provides a building system that operates in two modes: under normal conditions (blue-sky state), it functions as a center for disaster education, training, and community activities; while under emergency conditions (black-sky state), it efficiently transforms

into a center for coordination, command, communication, and logistical support. The application of the AIA Resilience Design Toolkit is manifested through efficient circulation and zoning, earthquake-resistant structural strategies, energy efficiency and self-sufficient water management, as well as flexible and adaptive spatial configurations. This design is expected to serve as an architectural reference for the development of resilient, adaptive, and sustainable public facilities in disaster-prone areas.

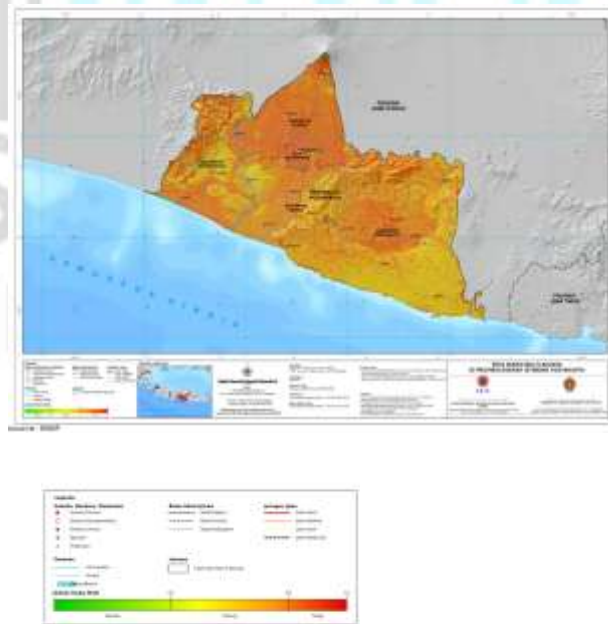
Keywords: disaster resilience hub, dual-use architecture, aia resilience design toolkit, multi-hazard preparedness, yogyakarta.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Konteks risiko multibahaya di DIY

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) berada dalam lingkup ancaman bencana yang kompleks. Kajian Risiko Bencana (KRB) DIY 2022–2026 memetakan berbagai ancaman: gempa bumi, letusan Gunung Merapi, tsunami, banjir, longsor, hingga cuaca ekstrem (BNPB, 2022). Peta bahaya tsunami untuk wilayah pesisir Kulon Progo, Bantul, dan Gunungkidul (GITEWS, n.d.) serta erupsi Merapi dengan puluhan guguran lava (Radar Jogja, 2026) menegaskan bahwa ancaman tersebut bersifat aktif dan beragam. Realitas multi-ancaman ini menuntut sistem kesiapsiagaan yang tangguh (*resilient*) terhadap berbagai kemungkinan.



Gambar 1. Peta Risiko Multi-Bencana Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
Sumber: Diolah dari BNPB (2022), BPBD DIY (2025), dan inaRISK (2023)

Peta ini menunjukkan bahwa Provinsi DIY tidak hanya menghadapi satu jenis ancaman dominan, melainkan beragam ancaman yang tersebar di seluruh wilayah dengan karakteristik dan tingkat risiko yang berbeda-beda. Kompleksitas spasial ini menegaskan pentingnya pendekatan *multi-*

hazard dalam perencanaan fasilitas kesiapsiagaan seperti Yogyakarta *Disaster Resilience hub*, yang harus mampu merespons berbagai skenario bencana dari berbagai lokasi di seluruh provinsi.

1.1.2 Relevansi AIA *Resilience Design Toolkit* sebagai Pendekatan Perancangan

Sinergi antara penguatan kesiapsiagaan bencana skala provinsi dan penguatan infrastruktur pendidikan kebencanaan menuntut pendekatan perancangan yang tidak hanya menghasilkan bangunan secara fisik, tetapi juga mampu mengarahkan bangunan agar bekerja secara adaptif, terukur, dan tetap operasional dalam beragam skenario. Dalam konteks tersebut, AIA *Resilience Design Toolkit* menjadi relevan karena dikembangkan untuk membantu arsitek mengintegrasikan pemikiran desain resilien ke dalam keseluruhan proses perancangan, bukan menempatkannya sebagai tambahan pada tahap akhir (AIA and HKS, 2023).

Relevansi pertama dari *toolkit* ini terletak pada sifatnya yang berbasis risiko. AIA dan HKS menyusun *toolkit* melalui alur yang dimulai dari penetapan *resilience scope*, penyelarasan tim, serta identifikasi bahaya dan konteks risiko sebelum strategi desain dirumuskan (AIA and HKS, 2023). Karakter ini sesuai dengan gagasan perancangan Yogyakarta *Disaster Resilience hub* karena konteks Daerah Istimewa Yogyakarta ditandai oleh risiko *multi-hazard* yang menuntut pembacaan ancaman secara cermat sejak awal. Dengan pendekatan tersebut, keputusan desain dapat disusun berdasarkan ancaman nyata, kerentanan tapak, kebutuhan pengguna, dan target performa yang diharapkan, sehingga strategi ketahanan tidak lahir secara reaktif, tetapi menjadi dasar konseptual perancangan.

Relevansi kedua terletak pada sifatnya yang integratif dan iteratif. *Toolkit* ini menempatkan integrasi strategi desain setelah risiko utama dikenali, lalu menekankan evaluasi berulang sebagai bagian dari proses yang sama (AIA and HKS, 2023). Bagi gagasan perancangan ini, pendekatan tersebut penting karena bangunan dirancang sebagai fasilitas *dual-use* yang harus bekerja pada dua kondisi, yaitu normal dan darurat. Artinya, fungsi pendidikan, pelatihan, simulasi, koordinasi, komunikasi, dan logistik tidak cukup hanya dirangkum dalam program ruang, tetapi perlu diuji konsistensinya terhadap berbagai kemungkinan operasi. Dalam posisi ini, AIA *Resilience Design Toolkit* tidak hanya berfungsi sebagai kerangka proses, tetapi juga sebagai alat untuk memeriksa apakah transformasi fungsi, keberlanjutan operasi, dan perlindungan ruang kritis benar-benar menjadi bagian inti bangunan sejak tahap konseptual.

Diagram tersebut menunjukkan bahwa AIA *Resilience Design Toolkit* digunakan untuk menjembatani konteks risiko *multi-hazard* dengan keputusan desain arsitektural. Prosesnya bergerak dari alasan pemilihan *toolkit*, yaitu pendekatan yang berbasis risiko, integratif, dan iteratif, menuju logika kerja berupa penetapan *resilience scope*, penyelarasan tim, identifikasi bahaya dan konteks risiko, serta perumusan kebutuhan kinerja dan strategi desain. Dalam gagasan perancangan ini, alur

tersebut diarahkan untuk menerjemahkan risiko *multi-hazard* ke dalam strategi spasial, mendukung transformasi dari *normal mode* ke *emergency mode*, serta menjaga agar nilai resiliensi tetap terukur di dalam proses desain. Hasil akhirnya bukan hanya berupa program ruang dan tata massa, tetapi juga keluaran arsitektural yang meliputi respons tapak terhadap risiko, *zoning* dan sirkulasi, skenario transformasi *dual-use*, serta konsep arsitektur yang berorientasi pada resiliensi.

Dengan demikian, *AIA Resilience Design Toolkit* dipilih karena mampu menjembatani analisis risiko, kebutuhan pengguna, fungsi kritis, dan transformasi bangunan ke dalam keputusan desain yang terintegrasi. Dalam konteks ini, *toolkit* tersebut tidak hanya relevan secara metodologis, tetapi juga strategis untuk memastikan bahwa gagasan perancangan Yogyakarta *Disaster Resilience hub* benar-benar berkembang sebagai simpul kesiapsiagaan provinsi yang aktif pada kondisi normal, siap bertransformasi pada kondisi darurat, dan tetap terarah oleh logika desain yang berbasis risiko (AIA and HKS, 2023).

2. METODE

Metode yang digunakan ada tiga tahapan utama, yaitu pengumpulan data, analisis data, dan sintesis konsep perancangan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, serta studi pustaka untuk memperoleh data primer dan sekunder yang relevan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis guna mengidentifikasi kondisi, potensi, serta permasalahan kawasan dari aspek ekologis, sosial, dan ekonomi. Hasil analisis selanjutnya disintesis menjadi konsep perancangan Yogyakarta Disaster Resilience Hub sebagai fasilitas *dual-use* berbasis resiliensi yang mendukung peningkatan *multi-hazard preparedness* serta kemampuan bangunan untuk beroperasi pada kondisi normal dan bertransformasi pada kondisi darurat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kerangka Analisis Berbasis AIA Resilience Design Toolkit

3.1.1 Alur Analisis Perancangan

Alur analisis perancangan disusun melalui empat tahap utama, yaitu *risk context*, *performance needs*, *design strategies*, dan *evaluation*. Keempat tahap tersebut digunakan untuk menjaga konsistensi antara kajian risiko, kebutuhan ruang, strategi desain, dan pengujian rancangan.

Tahap *risk context* digunakan untuk membaca kondisi tapak dan lingkungan sebagai konteks risiko. Analisis ini mencakup aksesibilitas, keterhubungan kawasan, utilitas, drainase, orientasi, iklim mikro, kebisingan, batas tapak, zona aman, dan potensi pengembangan. Hasil tahap ini menjadi dasar untuk merumuskan konsep respons tapak.

Tahap *performance needs* digunakan untuk mengidentifikasi pengguna, pola aktivitas, mode operasi, fungsi kritis, kebutuhan ruang, besaran ruang, dan hubungan ruang. Tahap ini menjelaskan bagaimana bangunan harus bekerja pada kondisi normal dan darurat. Hasil analisis ini menjadi dasar

untuk menyusun konsep program dan organisasi ruang.

Tahap *design strategies* digunakan untuk menerjemahkan hasil analisis ke dalam strategi desain. Strategi tersebut mencakup *zoning*, hirarki ruang, sirkulasi, kontrol akses, tata massa, transformasi *dual-use*, struktur, material, utilitas, dan teknologi. Hasil tahap ini menjadi dasar untuk merumuskan konsep strategi spasial dan sistem bangunan.

Tahap *evaluation* digunakan untuk menguji konsistensi rancangan terhadap *normal mode* dan *emergency mode*. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa fungsi edukatif, pelatihan, simulasi, riset, dan komunitas dapat berjalan pada kondisi normal, sementara fungsi koordinasi, komunikasi, logistik, layanan dasar, fungsi kritis, dan *continuity of operations* tetap dapat bekerja pada kondisi darurat.



Gambar 2. Alur Analisis Berbasis AIA Resilience Design Toolkit
Sumber: Analisis penulis berdasarkan AIA and HKS (2023).

3.1.2 Penerapan Alur Toolkit pada Objek Perancangan

Penerapan *AIA Resilience Design Toolkit* pada **Yogyakarta Disaster Resilience hub** dilakukan dengan menghubungkan tiga aspek utama perancangan, yaitu **multi-hazard preparedness**, sistem **dual-use**, dan **kebutuhan ketahanan** operasional bangunan. Ketiga aspek tersebut menjadi dasar agar analisis tidak hanya menghasilkan bentuk bangunan, tetapi juga sistem ruang yang adaptif, terkontrol, dan siap merespons gangguan.

Dalam konteks **multi-hazard preparedness**, analisis diarahkan untuk membaca bagaimana tapak dan bangunan dapat mendukung koordinasi, komunikasi, dukungan keputusan, logistik, edukasi, latihan, simulasi, serta keberlanjutan operasi. Oleh karena itu, fungsi seperti *operational core*, ruang komunikasi, ruang *briefing*, area logistik, dan utilitas cadangan perlu diposisikan sebagai bagian dari fungsi kritis bangunan.

Dalam konteks **dual-use**, analisis diarahkan untuk memastikan bahwa bangunan bekerja dalam dua mode operasi. Pada *normal mode*, bangunan perlu aktif sebagai fasilitas edukasi, pelatihan, simulasi, riset, dan komunitas. Pada *emergency mode*, bangunan perlu bertransformasi untuk mendukung koordinasi, komunikasi, registrasi darurat, informasi darurat, *staging area*, *first aid*, logistik, dan layanan

dasar. Skema pada PPT sidang juga menunjukkan bahwa transformasi *dual-use* dapat dibaca melalui mekanisme konversi ruang, intensifikasi fungsi, dan aktivasi penuh.

Dengan demikian, alur *toolkit* digunakan sebagai dasar penyusunan seluruh Bab IV. **Risk context** menjadi dasar konsep respons tapak, **performance needs** menjadi dasar konsep program dan organisasi ruang, **design strategies** menjadi dasar konsep strategi spasial dan sistem bangunan, sedangkan **evaluation** menjadi dasar konsep akhir resiliensi dan *dual-use*.



Gambar 3. Analisis Keterhubungan Tapak dengan Utilitas Kawasan
Sumber: Analisis penulis, 2026.

3.2 Risk context: Analisis Tapak dan Lingkungan

Tahap *risk context* digunakan untuk membaca tapak sebagai konteks risiko yang memengaruhi strategi perancangan. Dalam pendekatan *AIA Resilience Design Toolkit*, pembacaan tapak tidak hanya dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik, tetapi juga untuk memahami potensi gangguan, kerentanan, akses, utilitas, zona aman, dan peluang pengembangan yang berpengaruh terhadap performa bangunan (AIA and HKS, 2023).

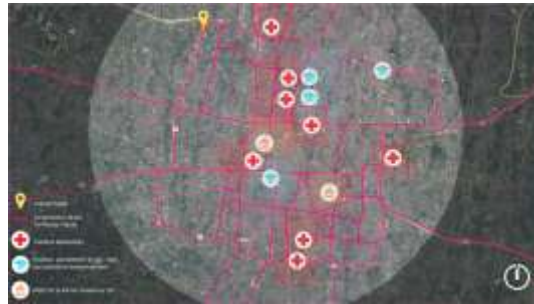
Pada perancangan Yogyakarta *Disaster Resilience hub*, analisis tapak diarahkan untuk mengetahui bagaimana lokasi dapat mendukung fungsi *multi-hazard preparedness* dan sistem *dual-use*. Oleh karena itu, tapak dibaca melalui aspek aksesibilitas, keterhubungan kawasan, dukungan utilitas, kondisi iklim mikro, kebisingan, batas tapak, potensi ruang terbuka, dan area efektif bangun. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk merumuskan konsep respons tapak yang mendukung fungsi bangunan pada *normal mode* maupun *emergency mode*.

3.2.1 Akses, Pencapaian, dan Keterhubungan Kawasan

Analisis akses dan pencapaian dilakukan untuk membaca kemampuan tapak dalam mendukung pergerakan publik, pengguna edukatif, pengelola, logistik, dan operasi darurat. Dalam konteks *Disaster Resilience hub*, akses tidak hanya berfungsi sebagai jalur masuk-keluar bangunan, tetapi juga sebagai bagian dari sistem kesiapsiagaan yang menentukan kelancaran koordinasi, distribusi, evakuasi, dan aktivasi fungsi darurat.

Tapak perlu memiliki keterhubungan yang baik dengan jaringan kawasan agar dapat dicapai oleh

masyarakat, peserta pelatihan, pengelola, aktor kebencanaan, dan kendaraan servis. Pada *normal mode*, akses utama mendukung aktivitas publik, edukasi, pelatihan, simulasi, riset, dan komunitas. Pada *emergency mode*, akses harus dapat mendukung pergerakan operasional, distribusi logistik, kendaraan darurat, dan alur evakuasi.



Gambar 4. Analisis Pencapaian dan Keterhubungan Kawasan

Sumber: Analisis penulis, 2026.

Implikasi desain dari analisis ini adalah perlunya pemisahan antara akses publik, akses servis, akses logistik, dan akses darurat. Pemisahan tersebut penting agar aktivitas harian tidak mengganggu kesiapan operasi darurat, dan sebaliknya, operasi darurat dapat berjalan tanpa terganggu oleh alur publik. Dengan demikian, analisis akses menjadi dasar awal untuk menyusun *zoning*, sirkulasi, dan kontrol pergerakan pada tapak.

3.2.2 Utilitas, Drainase, dan Dukungan Operasional

Analisis utilitas dilakukan untuk membaca ketersediaan dan keterhubungan tapak terhadap jaringan listrik, air bersih, drainase, sanitasi, telekomunikasi, dan sistem pendukung lainnya. Dalam perancangan fasilitas resiliensi, utilitas tidak hanya dipahami sebagai kelengkapan teknis bangunan, tetapi sebagai bagian dari kemampuan bangunan untuk menjaga *continuity of operations* saat terjadi gangguan.

Ketersediaan jaringan utilitas dasar menjadi modal awal bagi tapak untuk mendukung fungsi harian maupun fungsi darurat. Pada *normal mode*, utilitas mendukung aktivitas edukasi, pelatihan, simulasi, riset, komunitas, dan operasional harian. Pada *emergency mode*, utilitas perlu diperkuat melalui sistem cadangan agar fungsi komunikasi, koordinasi, logistik, layanan dasar, sanitasi, dan ruang kritis tetap dapat bekerja.

Aspek drainase dan keberadaan elemen air di sekitar tapak juga perlu dibaca sebagai bagian dari *risk context*. Jika tapak berbatasan dengan sungai atau area yang memiliki potensi aliran air, maka strategi desain perlu memperhatikan pengamanan tepi, *buffer*, pengendalian limpasan air hujan, dan perlindungan ruang kritis. Dengan demikian, analisis utilitas dan drainase menjadi dasar untuk merumuskan sistem bangunan yang lebih siap terhadap gangguan.



Gambar 5. Analisis Keterhubungan Tapak dengan Utilitas Kawasan
Sumber: Analisis penulis, 2026.

3.2.3 Iklim Mikro, Orientasi, Angin, Hujan, dan Kebisingan

Analisis iklim mikro digunakan untuk memahami bagaimana orientasi matahari, arah angin, curah hujan, dan kebisingan memengaruhi kenyamanan serta strategi penempatan massa. Aspek ini penting karena bangunan tidak hanya harus mendukung fungsi operasional, tetapi juga harus nyaman digunakan pada kondisi normal sebagai fasilitas edukasi, pelatihan, simulasi, riset, dan komunitas.

Tabel 1. Analisis Orientasi Bangunan
Sumber: Analisis penulis, 2026.

Aspek analisis	Temuan utama	Arah konsep
Readability muka bangunan	Bangunan perlu memiliki arah hadap yang jelas terhadap jalur akses utama	Muka bangunan diarahkan pada sisi yang paling mudah dikenali dari sistem pencapaian tapak
Hubungan dengan akses	Orientasi perlu mendukung pembentukan entrance yang tegas dan mudah dicapai	Area penerima ditempatkan pada sisi yang paling terbaca dari akses masuk
Hubungan dengan zonasi	Orientasi yang kurang terkendali berpotensi mencampur area publik dan operasional	Orientasi massa digunakan untuk memperjelas pemisahan zona publik, edukatif, dan operasional
Hubungan dengan ruang luar	Arah bangunan memengaruhi hubungan antara ruang dalam, ruang transisi, dan batas tapak	Orientasi disusun agar hubungan ruang luar dan ruang dalam tetap terkontrol dan aman
Paparan matahari	Tapak yang relatif terbuka menerima penyinaran cukup intensif	Massa dan bukaan diarahkan untuk mengurangi paparan langsung pada area yang paling sensitif
Pengendalian termal	Paparan panas berlebih berpotensi menurunkan kenyamanan ruang dalam dan luar	Selubung bangunan, bukaan, dan peneduhan pasif perlu diperkuat

Tabel 2. Analisis Angin
Sumber: Analisis penulis, 2026.

Aspek analisis	Temuan utama	Arah konsep
Variasi kecepatan angin	Tapak mengalami periode lebih berangin pada Juni–November dan lebih tenang pada November–Juni	Massa bangunan perlu disusun agar tetap responsif terhadap perubahan intensitas angin musiman
Arah angin dominan	Arah dominan berubah dari barat, timur, hingga selatan sepanjang tahun	Bukaan dan susunan massa perlu dirancang agar dapat menangkap aliran udara dari beberapa arah dominan
Potensi ventilasi alami	Kecepatan angin rata-rata menunjukkan peluang pemanfaatan ventilasi alami pada tapak	Penghawaan alami dapat dioptimalkan melalui jarak antarmassa, bukaan silang, dan ruang transisi
Pengaruh terhadap zonasi	Aliran udara yang tidak terkendali berpotensi mengganggu area yang memerlukan kontrol operasional lebih tinggi	Area publik dan pembelajaran dapat lebih terbuka terhadap ventilasi, sedangkan area operasional perlu lebih terukur dan terlindungi

Tabel 3. Analisis Hujan
Sumber: Analisis penulis, 2026.

Aspek analisis	Temuan utama	Arah konsep
Periode hujan tinggi	Curah hujan dan hari basah tinggi menuntut perlindungan tapak dan akses	Area akses, ruang transisi, dan jalur luar perlu perlindungan terhadap hujan
Periode kering	Agustus menjadi periode dengan curah hujan dan hari basah terendah	Ruang luar dapat dimanfaatkan lebih terbuka pada musim kering
Pengaruh terhadap tapak	Limpasan berpotensi meningkat pada periode hujan tinggi, terutama pada area terbuka dan jalur masuk	Sistem drainase, resapan, dan perlindungan area akses perlu diperkuat
Keberlanjutan operasi	Kondisi hujan tinggi dapat mengganggu pencapaian dan penggunaan tapak	Respon desain perlu menjaga aksesibilitas dan operasional bangunan pada cuaca basah

Tabel 4. Analisis Kebisingan
Sumber: Analisis penulis, 2026.

Aspek analisis	Temuan utama	Arah konsep
Sumber kebisingan utama	Kebisingan relatif lebih tinggi berasal dari koridor jalan utama di sekitar tapak	Area yang berhadapan langsung dengan jalan perlu dikendalikan melalui <i>buffer</i> dan pengaturan fungsi

Sebaran gangguan suara	Bagian tepi tapak cenderung menerima gangguan lebih besar dibanding area yang lebih dalam	Zona publik yang lebih toleran terhadap kebisingan dapat ditempatkan pada sisi luar, sedangkan fungsi yang lebih sensitif diarahkan ke bagian dalam
Pengaruh terhadap fungsi bangunan	Kebisingan berpotensi mengganggu ruang belajar, pelatihan, dan fungsi operasional tertentu	Ruang yang memerlukan konsentrasi dan kontrol lebih tinggi perlu ditempatkan pada area yang lebih terlindungi
Kebutuhan pengendalian	Karakter tapak yang terbuka memerlukan strategi pengendalian suara sejak awal	<i>Buffer</i> vegetasi, jarak bangunan, dan pengaturan massa perlu digunakan untuk mereduksi gangguan kebisingan

Orientasi bangunan perlu mempertimbangkan paparan panas, potensi pencahayaan alami, dan kenyamanan ruang luar. Arah angin dapat dimanfaatkan untuk mendukung ventilasi dan penghawaan alami, sedangkan curah hujan perlu direspons melalui strategi atap, drainase, area resapan, dan pengelolaan ruang terbuka. Pada saat yang sama, kebisingan dari jalan atau aktivitas sekitar perlu dikendalikan melalui *zoning*, *buffer*, vegetasi, dan penempatan ruang yang sensitif terhadap suara.

Implikasi desain dari analisis ini adalah perlunya massa bangunan yang responsif terhadap iklim dan kenyamanan. Ruang publik, ruang edukasi, dan ruang komunitas perlu ditempatkan pada area yang nyaman dan mudah diakses, sementara ruang operasional dan ruang kritis perlu ditempatkan pada zona yang lebih terkendali. Dengan demikian, analisis iklim mikro dan kebisingan menjadi dasar bagi strategi orientasi massa, bukaan, shading, ruang terbuka, dan *buffer* tapak.

3.2.4 Batas Tapak, Zona Aman, dan Potensi Pengembangan

Analisis batas tapak dilakukan untuk membaca hubungan antara lahan, lingkungan sekitar, ruang terbuka, tepi sungai, akses jalan, dan area yang paling memungkinkan untuk dikembangkan. Dalam konteks *risk context*, batas tapak tidak hanya menjadi penanda fisik, tetapi juga dasar untuk menentukan zona aman, zona publik, zona operasional, zona servis, dan area yang perlu dilindungi.



Gambar 6. Analisis Kondisi Fisik dan Batas Tapak

Sumber: Analisis penulis, 2026.

Area yang berdekatan dengan sungai atau elemen alam perlu dipertahankan sebagai *buffer* dan

ruang terbuka pengaman. Area yang memiliki keterhubungan akses lebih baik dapat diarahkan sebagai zona publik dan zona penerimaan. Sementara itu, area yang lebih terlindungi dan mudah dikontrol dapat diarahkan untuk fungsi operasional, *operational core*, dan dukungan logistik.

Implikasi desain dari analisis ini adalah perlunya pembagian area tapak yang jelas antara ruang terbuka, area efektif bangun, zona publik, zona servis, dan area operasional. Pembacaan batas tapak juga menjadi dasar untuk menentukan titik akses, orientasi massa, ruang terbuka utama, serta hubungan antara bangunan dan lanskap.

3.2.5 Konsep Respons Tapak

Berdasarkan analisis *risk context*, konsep respons tapak diarahkan untuk membentuk struktur tapak yang terhubung, efisien, dan mendukung sistem *dual-use*. Tapak dikembangkan dengan mempertimbangkan keterhubungan kawasan, akses yang terpisah, area efektif bangun, ruang terbuka utama, ruang terbuka sisi sungai, serta dukungan utilitas dasar.

Konsep akses diarahkan melalui pemisahan akses utama, akses pendukung, dan akses servis. Akses utama digunakan untuk mendukung aktivitas publik dan edukatif pada *normal mode*, sedangkan akses servis dan akses operasional disiapkan untuk mendukung logistik, utilitas, dan kebutuhan darurat pada *emergency mode*. Pemisahan ini membantu mengontrol pergerakan pengguna, barang, dan operasi agar tidak saling mengganggu.

Konsep ruang terbuka diarahkan melalui pembentukan ruang terbuka utama sebagai orientasi tapak dan ruang aktivitas. Ruang terbuka ini dapat mendukung aktivitas luar, simulasi, titik kumpul, serta potensi *staging area* saat kondisi darurat. Sisi Sungai Bedog dipertahankan sebagai ruang terbuka *buffer* untuk menjaga keamanan tepi, perlindungan lingkungan, dan kualitas lanskap tapak.

Konsep area efektif bangun diarahkan pada bagian lahan yang paling rasional terhadap kondisi tapak, akses, keamanan, dan potensi pengembangan. Massa bangunan ditempatkan agar tetap terhubung dengan ruang terbuka utama, memiliki akses yang jelas, dan memungkinkan pemisahan antara fungsi publik, edukatif, operasional, logistik, dan servis.

Dengan demikian, konsep respons tapak menjadi dasar bagi strategi *zoning*, sirkulasi, tata massa, dan transformasi *dual-use* pada subbab berikutnya. Respons tapak tidak hanya menjawab kondisi fisik lahan, tetapi juga mendukung kesiapan bangunan untuk bekerja pada *normal mode* dan *emergency mode*.

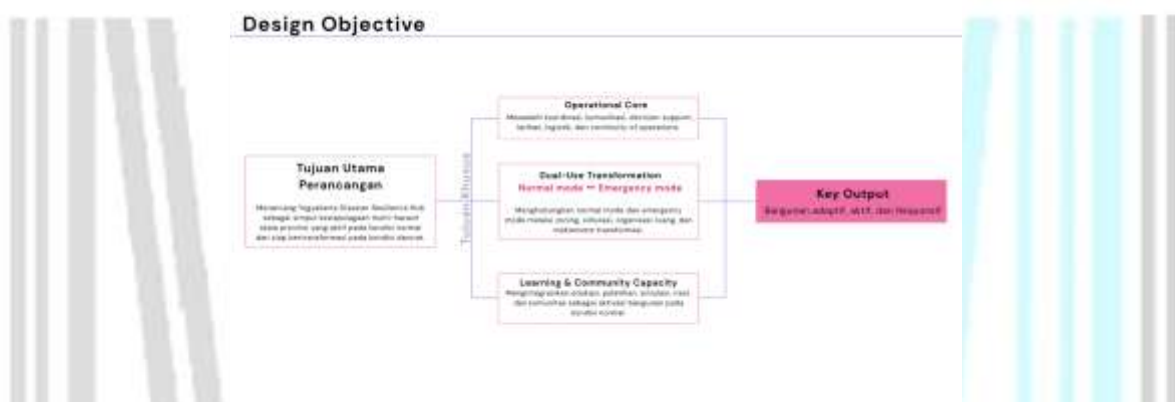
3.3 Performance needs: Aktivitas, Pengguna, dan Kebutuhan Ruang

Tahap *performance needs* digunakan untuk merumuskan kebutuhan performa bangunan berdasarkan pengguna, aktivitas, mode operasi, fungsi kritis, dan kebutuhan ruang. Dalam kerangka AIA *Resilience Design Toolkit*, tahap ini berfungsi untuk menerjemahkan hasil pembacaan risiko menjadi kebutuhan fungsi yang harus dipenuhi oleh bangunan (AIA and HKS, 2023).

Pada perancangan Yogyakarta *Disaster Resilience hub*, *performance needs* tidak hanya berkaitan

dengan penyediaan ruang berdasarkan aktivitas harian, tetapi juga dengan kemampuan bangunan untuk bekerja dalam dua mode operasi. Pada *normal mode*, bangunan perlu mendukung edukasi, pelatihan, simulasi, riset, komunitas, dan administrasi harian. Pada *emergency mode*, bangunan perlu mendukung koordinasi, komunikasi, dukungan keputusan, logistik, layanan dasar, *temporary refuge*, dan *continuity of operations*.

Dengan demikian, analisis aktivitas dan kebutuhan ruang pada subbab ini diarahkan untuk menjelaskan hubungan antara pengguna, fungsi, kapasitas ruang, fungsi kritis, serta prioritas operasi bangunan. Hasil analisis ini menjadi dasar bagi konsep program dan organisasi ruang yang akan menghubungkan fungsi publik, edukatif, operasional, logistik, dan servis dalam satu sistem bangunan *dual-use*.



Gambar 7. Kerangka *Performance needs* Yogyakarta Disaster Resilience hub

Sumber: Analisis penulis, diolah dari diagram presentasi sidang.

3.3.1 Pengguna dan Pola Aktivitas

Analisis pengguna dilakukan untuk mengidentifikasi kelompok pengguna yang akan mengakses bangunan pada *normal mode* dan *emergency mode*. Pada *normal mode*, pengguna utama meliputi masyarakat, peserta pelatihan, komunitas, akademisi, peneliti, pengelola, dan mitra kelembagaan. Kelompok ini menggunakan bangunan untuk kegiatan edukasi, pelatihan, simulasi, riset, pameran, diskusi, dan aktivitas komunitas.

Pada *emergency mode*, pengguna bangunan mengalami perluasan. Selain pengelola dan aktor kelembagaan, bangunan juga dapat digunakan oleh petugas kebencanaan, relawan, tenaga kesehatan pendukung, lembaga terkait, serta warga terdampak dalam skenario tertentu. Perbedaan karakter pengguna ini menuntut pengaturan ruang dan sirkulasi yang jelas agar fungsi publik, fungsi pelatihan, fungsi operasional, dan fungsi darurat tidak saling mengganggu.

Implikasi desain dari analisis pengguna adalah perlunya pengelompokan ruang berdasarkan tingkat akses dan prioritas operasi. Pengguna publik diarahkan pada zona penerimaan, edukasi, simulasi, dan komunitas; pengguna pengelola diarahkan pada zona administrasi dan kontrol kegiatan; sedangkan

aktor operasional dan darurat diarahkan pada ruang koordinasi, *operational core*, ruang komunikasi, logistik, dan akses servis. Dengan demikian, pola aktivitas pengguna menjadi dasar awal untuk menyusun organisasi ruang dan kontrol akses bangunan.



Gambar 8. Diagram Pengguna, Aktivitas, dan Mode Operasi Yogyakarta *Disaster Resilience hub*
 Sumber: Analisis penulis, 2026.

Tabel 5. Identifikasi Aktivitas Pengguna dan Mode Operasi
 Sumber: Analisis penulis, 2026.

Kelompok pengguna	Aktivitas utama	Mode operasi dominan	Implikasi
Publik dan komunitas (pengunjung umum, warga sekitar, komunitas lokal, peserta kegiatan publik)	Aktivitas publik dan komunitas	<i>Normal mode</i>	Memerlukan area penerima, ruang publik, dan fungsi bangunan yang tetap hidup dalam keseharian
Peserta pendidikan kebencanaan (peserta kelas, peserta seminar, peserta <i>workshop</i> , peserta simulasi, mahasiswa/peserta belajar)	Pembelajaran, simulasi, dan pelatihan	<i>Normal mode</i>	Menegaskan kebutuhan ruang belajar, simulasi, dan fungsi <i>learning-simulation environment</i>
Dosen, peneliti, dan instruktur (pengajar, peneliti, instruktur pelatihan, fasilitator/evaluator)	Pengajaran, riset, dan evaluasi	<i>Normal mode</i>	Mendukung fungsi pembelajaran lanjut, riset, evaluasi, dan kolaborasi akademik
Peserta pelatihan profesional (peserta pelatihan antarinstansi, peserta simulasi, peserta latihan kesiapsiagaan)	Pelatihan operasional	<i>Normal mode dan transisi operasi</i>	Mendukung fungsi pelatihan profesional, <i>table-top exercise</i> ,

Kelompok pengguna	Aktivitas utama	Mode operasi dominan	Implikasi
			<i>command-post exercise</i> , dan penguatan kapasitas lintas institusi
Pengelola dan staf (staf administrasi, manajemen bangunan, staf pendukung, operator teknis)	Operasional harian	Normal mode dan emergency mode	Menjaga keberlanjutan fungsi bangunan, administrasi, layanan fasilitas, dan dukungan teknis pada dua kondisi operasi
Pengelola inti (koordinators utama, pimpinan operasional, pengambil keputusan utama)	Kontrol operasional	Emergency mode	Mendukung pengambilan keputusan, pengaturan transisi, dan kestabilan operasi bangunan pada kondisi darurat
Petugas tanggap darurat dan staf operasional (petugas lapangan, petugas komunikasi, petugas logistik, operator ruang kendali)	Koordinasi, komunikasi, dan <i>briefing</i>	Emergency mode	Menegaskan kebutuhan <i>operational core</i> , <i>adjacency</i> kuat, dan sirkulasi yang lebih terkendali
Pengguna terdampak (penerima layanan darurat, penerima bantuan dasar, pengguna perlindungan sementara)	Layanan dasar dan perlindungan sementara	Emergency mode	Mendukung fungsi bangunan sebagai fasilitas <i>dual-use</i> yang responsif terhadap bantuan, perlindungan, dan dukungan dasar

3.3.2 Fungsi *Normal mode* dan *Emergency mode*

Bangunan dirancang untuk bekerja dalam dua mode operasi. *Normal mode* merupakan kondisi ketika bangunan digunakan sebagai fasilitas publik-edukatif yang aktif dalam keseharian. Fungsi utama pada mode ini meliputi edukasi kebencanaan, pelatihan, simulasi, riset, pameran, diskusi, aktivitas komunitas, dan pengelolaan harian. Fungsi *normal mode* penting untuk menjaga agar bangunan tetap hidup, dikenal,

dan digunakan oleh masyarakat sebelum kondisi darurat terjadi.

Emergency mode merupakan kondisi ketika bangunan bertransformasi untuk mendukung fungsi darurat. Fungsi utama pada mode ini meliputi koordinasi, komunikasi, dukungan keputusan, *briefing* respons, registrasi darurat, informasi darurat, logistik, *staging area*, *first aid* ringan, layanan dasar, *temporary refuge*, dan *continuity of operations*. Pada mode ini, sebagian ruang mengalami perubahan fungsi, sebagian fungsi mengalami intensifikasi, dan fungsi kritis diaktifkan secara penuh.

Pembagian *normal mode* dan *emergency mode* menjadi dasar untuk menentukan kebutuhan ruang dan strategi transformasi. Ruang publik, ruang edukasi, ruang simulasi, hall, dan ruang terbuka utama perlu memiliki kapasitas adaptif agar dapat berubah fungsi saat *emergency mode*. Sementara itu, *operational core*, ruang komunikasi, logistik, utilitas, dan akses servis perlu dipersiapkan sebagai fungsi yang tetap terlindungi dan dapat diaktifkan tanpa mengganggu alur publik.

Tabel 6. Fungsi Bangunan pada *Normal mode* dan *Emergency mode*

Kelompok Fungsi	<i>Normal mode</i>	<i>Emergency mode</i>	Mekanisme
Zona publik	Lobby, informasi, galeri, komunitas	Registrasi darurat, informasi darurat	Konversi
Zona edukatif dan simulasi	Kelas, <i>workshop</i> , <i>briefing</i> , simulasi	<i>Briefing</i> respons, <i>first aid</i> ringan	Konversi
Ruang terbuka utama	Orientasi, aktivitas luar, simulasi	<i>Staging area</i> , distribusi awal	Konversi
Zona pengelola	Administrasi kegiatan, kontrol harian	Kontrol alur, administrasi operasi	Intensifikasi
Pengelola inti	Riset, evaluasi, koordinasi internal	Koordinasi transisi, administrasi operasi	Intensifikasi
<i>Operational core</i>	Kesiapan sistem operasional	Koordinasi, komunikasi, <i>decision support</i>	Aktivasi penuh
Zona servis/logistik	Gudang, loading, utilitas, keamanan	Suplai, utilitas cadangan, keamanan	Intensifikasi

3.3.3 Fungsi Kritis dan Prioritas Operasi

Fungsi kritis merupakan fungsi yang harus tetap bekerja saat terjadi gangguan. Dalam Yogyakarta

Disaster Resilience hub, fungsi kritis mencakup *operational core*, ruang komunikasi, ruang *briefing*, ruang data, area logistik, utilitas cadangan, akses servis, akses darurat, sistem informasi, dan ruang layanan dasar. Fungsi-fungsi tersebut menjadi prioritas karena mendukung koordinasi, komunikasi, dukungan keputusan, distribusi sumber daya, dan keberlanjutan operasi.

Penetapan fungsi kritis diperlukan agar bangunan tidak hanya aktif secara publik pada kondisi normal, tetapi juga siap bekerja sebagai fasilitas pendukung operasi pada kondisi darurat. Ruang-ruang kritis perlu memiliki hirarki akses yang lebih terkendali, kedekatan dengan fungsi pendukung, perlindungan terhadap gangguan, serta hubungan yang jelas dengan jalur operasional dan logistik.

Implikasi desain dari fungsi kritis adalah perlunya organisasi ruang yang membedakan fungsi publik, edukatif, operasional, logistik, servis, dan ruang kritis. *Operational core* perlu ditempatkan pada zona yang terlindungi tetapi tetap terhubung dengan ruang *briefing*, ruang komunikasi, ruang data, logistik, dan akses operasional. Dengan demikian, fungsi kritis menjadi dasar dalam menentukan prioritas *zoning*, sirkulasi, dan strategi ketahanan bangunan.

Tabel 7. Fungsi Kritis dan Prioritas Operasi

Fungsi Kritis	Peran Utama	Kebutuhan Desain	Fungsi Kritis
<i>Operational core</i>	Koordinasi, komunikasi, <i>decision support</i>	Zona terkendali, dekat dengan ruang <i>briefing</i> dan komunikasi	<i>Operational core</i>
Ruang komunikasi	Pertukaran informasi dan komunikasi darurat	Dukungan teknologi, backup power, akses terbatas	Ruang komunikasi
Ruang <i>briefing</i>	Pengarahan latihan dan respons	Dekat dengan ruang simulasi dan <i>operational core</i>	Ruang <i>briefing</i>
Ruang data / <i>situational awareness</i>	Analisis informasi dan dukungan keputusan	Terhubung dengan ruang komunikasi dan <i>operational core</i>	Ruang data / <i>situational awareness</i>
Area logistik	Penyimpanan dan distribusi sumber daya	Dekat akses servis, loading area, dan jalur distribusi	Area logistik
Utilitas cadangan	Menjaga fungsi kritis saat gangguan	Ruang utilitas terlindungi dan mudah diakses teknis	Utilitas cadangan

3.3.4 Kebutuhan Ruang, Besaran Ruang, dan Hubungan Ruang

Kebutuhan ruang dirumuskan berdasarkan pengguna, aktivitas, mode operasi, dan fungsi kritis. Program ruang tidak hanya disusun berdasarkan fungsi harian, tetapi juga mempertimbangkan kemampuan ruang untuk beradaptasi pada kondisi darurat. Oleh karena itu, beberapa ruang perlu dirancang sebagai ruang fleksibel yang dapat berubah fungsi, sementara ruang kritis perlu memiliki posisi dan dukungan sistem yang lebih terlindungi.

Besaran ruang disusun berdasarkan kapasitas pengguna, karakter aktivitas, durasi penggunaan, dan kebutuhan peralatan. Ruang edukasi, ruang simulasi, ruang *briefing*, ruang komunitas, dan ruang

terbuka perlu mendukung aktivitas *normal mode*. Sementara itu, *operational core*, ruang komunikasi, area logistik, layanan dasar, dan akses servis perlu mendukung fungsi *emergency mode*.

Hubungan ruang disusun berdasarkan kedekatan fungsi, tingkat akses, dan prioritas operasi. Zona publik dan edukatif perlu mudah diakses dari area penerimaan, sedangkan zona operasional dan logistik perlu memiliki keterhubungan internal yang jelas dan tidak bercampur dengan alur publik. Diagram hubungan ruang digunakan untuk menunjukkan keterkaitan antara fungsi publik, edukatif, pengelola, *operational core*, logistik, servis, dan ruang luar.

Tabel 8. Identifikasi Kebutuhan Ruang Yogyakarta Disaster Resilience hub
Sumber: Analisis penulis, 2026.

Kelompok/Bangunan	Kebutuhan Ruang Utama	Peran	Mode Dominan	Zona
Public Area	<i>Exhibition & Gallery Area, Lobby, Plaza, Perpustakaan, R. Diskusi, Kantor Pengelola, Masjid, Wudhu, Toilet</i>	Penerimaan, edukasi publik, aktivitas komunitas, literasi, dan pengelolaan	N/S	Publik–pengelolaan
Institute – pembelajaran	Kelas, Lab Interaktif, R. Media, R. Diskusi, <i>Working Space, Workshop & Praktik Area</i>	Pendidikan, pembelajaran aplikatif, dan pelatihan	N/S	Edukatif
Institute – simulasi dan riset	R. Simulasi Skenario, R. TTX, R. CER, <i>Briefing & Debriefing, After Action, Dosen & Instruktur, Riset & Analisis, Control Room</i>	Latihan berbasis skenario, evaluasi, riset, dan peningkatan kapasitas	N/S	Edukatif–simulasi
Multipurpose Hall	<i>Multipurpose Hall, Lobby, Gudang, Kantor Pengelola, Control Room, Meeting Room, VIP Room, Pantry, Toilet</i>	Kegiatan skala besar dan ruang <i>shared/dual-use</i>	N/S/E	<i>Shared/dual-use</i>

Kelompok/Bangunan	Kebutuhan Ruang Utama	Peran	Mode Dominan	Zona
Operational core	Lobby, Security Check, R. Tunggu, Media & Conference, Gallery Edukasi, Server Room, Main Coordination Room, Situation Room, Communication center, Planning Room, Decision Room, Dispatch Room, Briefing Room, Barak dan Shower	Koordinasi, komunikasi, <i>decision support</i> , kesiapan, dan operasi darurat	S/E	<i>Operational core</i>
Servis dan logistik	Gudang, <i>Utility House</i> , <i>Storage Shelter</i>	Penyimpanan, distribusi, utilitas, dan dukungan operasional	N/S/E	Servis-logistik
Ruang luar <i>dual-use</i>	Ruang Terbuka Utama, Garden, Plaza, parkir	Aktivitas luar dan simulasi pada <i>normal mode</i> ; <i>staging/temporary refuge</i> saat emergency	N/S/E	Ruang luar <i>dual-use</i>
Pendukung publik	Retail dan area parkir	Mendukung aktivitas harian kawasan	N	Publik

Keterangan mode operasi:

N = *normal mode*

S = *shared/dual-use*

E = *emergency mode*.

Tabel 9. Transformasi Fungsi pada *Normal mode* dan *Emergency mode*

Sumber: Analisis penulis, 2026.

Ruang/Elemen Final	<i>Normal mode</i>	<i>Emergency mode</i>	Mekanisme
<i>Lobby/Public Area</i>	Penerimaan dan orientasi	Registrasi dan informasi darurat	Konversi

<i>Exhibition & Gallery</i>	Edukasi/pameran	Informasi dan dukungan pengguna	Konversi
<i>Kelas/Lab/Workshop</i>	Pendidikan dan pelatihan	<i>Briefing</i> , pelatihan respons, fungsi pendukung	Konversi
<i>Multipurpose Hall</i>	Pertemuan/kegiatan besar	<i>Briefing</i> massal dan dukungan darurat	Konversi
Ruang Terbuka Utama	Aktivitas luar dan simulasi	<i>Staging area</i> dan <i>temporary refuge</i>	Konversi
Gudang	Penyimpanan	Distribusi logistik dan sumber daya	Intensifikasi
<i>Storage Shelter</i>	Penyimpanan <i>shelter</i>	Deployment <i>shelter</i>	Aktivasi
<i>Operational core</i>	<i>Monitoring</i> dan kesiapan	Koordinasi, komunikasi, <i>decision support</i>	Aktivasi penuh
<i>Utility House</i>	Operasional utilitas normal	Dukungan utilitas fungsi kritis	Intensifikasi
Akses servis/logistik	Servis rutin	Distribusi dan akses operasional darurat	Intensifikasi

Tabel 10. Kriteria Pola Hubungan Ruang
Sumber: Analisis penulis, 2026.

Kriteria hubungan	Makna	Implikasi organisasi ruang
Hubungan utama	Ruang perlu berdekatan langsung karena memiliki aktivitas yang saling bergantung	Membentuk alur utama organisasi ruang
Hubungan pendukung	Ruang perlu mudah dijangkau, tetapi tidak harus berdampingan langsung	Mendukung fleksibilitas dan efisiensi penggunaan ruang
Hubungan selektif	Ruang dapat berhubungan, tetapi memerlukan perantara atau kontrol akses	Membentuk batas antara zona publik, semi-terbuka, dan terkendali
Perlu dipisah akses	Ruang tidak disarankan terhubung langsung karena perbedaan karakter pengguna atau keamanan	Mencegah konflik antara alur publik dan alur operasional

Berdasarkan kriteria tersebut, hubungan antar zona utama dirumuskan melalui matriks berikut.

Keterangan:

- = hubungan utama
- = hubungan pendukung
- Δ = hubungan selektif
- × = perlu dipisah akses

– = tidak menuntut kedekatan khusus

Tabel 11. Matriks Pola Hubungan Ruang Yogyakarta *Disaster Resilience hub*

Sumber: Analisis penulis, 2026.

Zona	ZP	ZE	ZH	OC	ZSL	RTD
ZP – Zona Publik	–	●	●	×	–	●
ZE – Zona Edukatif/Institute	●	–	●	Δ	○	●
ZH – <i>Multipurpose Hall/Shared</i>	●	●	–	Δ	○	●
OC – <i>Operational core</i>	×	Δ	Δ	–	●	○
ZSL – Servis/Logistik	–	○	○	●	–	●
RTD – Ruang Terbuka <i>Dual-use</i>	●	●	●	○	●	–

Matriks tersebut menunjukkan bahwa organisasi ruang perlu membentuk hirarki dari zona paling terbuka menuju zona paling terkendali. Zona publik memiliki hubungan utama dengan zona edukatif dan simulasi karena keduanya membentuk aktivitas utama pada *normal mode*. Zona edukatif dan simulasi kemudian berhubungan utama dengan zona transisi/pengelolaan karena kegiatan pelatihan, simulasi, evaluasi, dan pengelolaan membutuhkan koordinasi internal yang lebih selektif. *Operational core* memiliki hubungan utama dengan zona transisi/pengelolaan, zona dukungan darurat, dan zona servis/logistik karena ketiganya mendukung aktivasi fungsi koordinasi, komunikasi, logistik, dan pengambilan keputusan pada *emergency mode*.



Gambar 9. Diagram Pola Hubungan Ruang Yogyakarta *Disaster Resilience hub*

Sumber: Analisis penulis, 2026.

3.3.5 Konsep Program dan Organisasi Ruang

Berdasarkan analisis *performance needs*, konsep program dan organisasi ruang diarahkan untuk membentuk susunan fungsi yang mampu mendukung aktivitas *normal mode* dan *emergency mode*. Program ruang dibagi ke dalam kelompok utama, yaitu zona publik, zona edukatif dan simulasi, zona pengelola, zona pengelola inti, *operational core*, zona servis/logistik, ruang terbuka utama, dan ruang terbuka sisi sungai.

Zona publik berfungsi sebagai ruang penerimaan, informasi, galeri, dan aktivasi komunitas. Zona edukatif dan simulasi menjadi ruang utama untuk pembelajaran, pelatihan, simulasi, *briefing*, dan *debriefing*. Zona pengelola dan pengelola inti mendukung administrasi, riset, evaluasi, dan koordinasi internal. *Operational core* menjadi pusat fungsi koordinasi, komunikasi, *decision support*, dan operasi darurat. Zona servis/logistik mendukung utilitas, suplai, keamanan, dan keberlanjutan fungsi bangunan. Organisasi ruang dibentuk secara berlapis dari zona paling terbuka menuju zona paling terkendali. Lapisan ini memungkinkan bangunan tetap terbuka dan aktif pada kondisi normal, tetapi dapat dikontrol saat *emergency mode*. Dengan demikian, konsep program dan organisasi ruang menjadi dasar bagi strategi *zoning*, sirkulasi, tata massa, dan transformasi *dual-use* pada subbab berikutnya.

3.4 Design strategies: Strategi Spasial dan Sistem Bangunan

Tahap *design strategies* merupakan tahap penerjemahan hasil analisis *risk context* dan *performance needs* ke dalam keputusan desain. Dalam kerangka AIA *Resilience Design Toolkit*, strategi desain disusun untuk merespons risiko, kebutuhan fungsi, target ketahanan, dan kemampuan bangunan dalam mempertahankan fungsi kritis saat terjadi gangguan (AIA and HKS, 2023).

Pada perancangan Yogyakarta *Disaster Resilience hub*, strategi desain diarahkan pada dua kebutuhan utama. Pertama, bangunan harus aktif pada *normal mode* sebagai fasilitas edukasi, pelatihan, simulasi, riset, dan komunitas. Kedua, bangunan harus siap bertransformasi pada *emergency mode* untuk mendukung koordinasi, komunikasi, dukungan keputusan, logistik, layanan dasar, dan *continuity of operations*. Oleh karena itu, strategi desain mencakup *zoning*, sirkulasi, tata massa, transformasi ruang, serta sistem struktur, material, utilitas, dan teknologi.

3.4.1 Strategi *Zoning* dan Hirarki Ruang

Strategi *zoning* disusun berdasarkan tingkat keterbukaan, fungsi, dan kebutuhan kontrol ruang. Organisasi ruang diarahkan secara berlapis dari zona paling publik menuju zona yang lebih terkendali. Prinsip ini digunakan agar bangunan tetap terbuka dan aktif pada *normal mode*, tetapi dapat dikendalikan saat *emergency mode*.

Zona publik ditempatkan sebagai lapisan awal yang mudah diakses oleh masyarakat. Zona ini mencakup *Lobby*, informasi, galeri, ruang komunitas, dan area penerimaan. Zona edukatif dan simulasi menjadi lapisan berikutnya yang mendukung kelas, *workshop*, simulasi, *briefing*, dan *debriefing*. Zona pengelola dan pengelola inti berperan sebagai ruang administrasi, riset, evaluasi, serta koordinasi internal. Sementara itu, *operational core* ditempatkan sebagai zona paling kritis yang mendukung koordinasi, komunikasi, dan *decision support*.

Zona servis dan logistik perlu ditempatkan pada area yang memiliki hubungan langsung dengan akses servis, loading, utilitas, dan ruang pendukung operasi. Dengan pembagian tersebut, *zoning* tidak hanya mengatur letak fungsi, tetapi juga membentuk hirarki akses, keamanan, dan kesiapan operasi.



Gambar 10. Strategi Zoning dan Hirarki Ruang

Sumber: Analisis penulis, diolah dari konsep *zoning* dan diagram presentasi sidang

3.4.2 Strategi Sirkulasi dan Kontrol Akses

Strategi sirkulasi disusun untuk memisahkan alur publik, edukatif, operasional, logistik, servis, dan evakuasi. Pemisahan ini penting karena Yogyakarta *Disaster Resilience hub* memiliki karakter *dual-use*, sehingga bangunan harus mampu menerima aktivitas publik sehari-hari sekaligus menjaga kesiapan fungsi darurat.

Pada *normal mode*, sirkulasi publik diarahkan menuju zona penerimaan, zona edukatif, ruang komunitas, dan ruang terbuka utama. Sirkulasi pengelola diarahkan menuju area administrasi dan kontrol kegiatan. Sementara itu, sirkulasi servis dan logistik dibuat terpisah agar distribusi barang, utilitas, dan operasional teknis tidak mengganggu aktivitas publik.

Pada *emergency mode*, sirkulasi harus dapat mendukung alur registrasi darurat, informasi darurat, *briefing* respons, *staging area*, logistik, *first aid*, dan akses menuju *operational core*. Oleh karena itu, jalur servis dan operasional perlu memiliki hubungan yang jelas dengan area logistik, ruang komunikasi, ruang koordinasi, dan akses darurat.

Implikasi desain dari strategi ini adalah perlunya sistem kontrol akses berlapis. Zona publik dapat tetap terbuka, zona edukatif dapat dikontrol sesuai kegiatan, sedangkan zona operasional dan *operational core* memiliki akses terbatas. Dengan demikian, sirkulasi menjadi instrumen penting untuk menjaga keamanan, efisiensi, dan keberlanjutan fungsi bangunan.

Tabel 12. Strategi Sirkulasi dan Kontrol Akses

Sumber: Analisis penulis.

Jenis Sirkulasi / Akses	Pengguna Utama	Mode Operasi	Ruang / Zona yang Dilayani	Strategi Kontrol Akses	Implikasi Desain
Akses utama	Publik, peserta pelatihan, komunitas, tamu	Normal mode	Lobby, informasi, galeri, ruang komunitas, zona edukatif	Terbuka dan mudah dibaca dari kawasan	Menjadi orientasi utama pengguna dan pintu masuk aktivitas publik-edukatif

Jenis Sirkulasi / Akses	Pengguna Utama	Mode Operasi	Ruang / Zona yang Dilayani	Strategi Kontrol Akses	Implikasi Desain
Akses keluar	Publik, peserta pelatihan, pengelola	<i>Normal mode</i> dan <i>emergency mode</i>	Jalur keluar dari zona publik, edukatif, dan ruang terbuka utama	Dipisahkan dari akses masuk untuk mengurangi konflik arus	Mempermudah pelepasan massa dan mendukung evakuasi
Akses servis	Staf teknis, logistik, kendaraan servis, petugas operasional	<i>Normal mode</i> dan <i>emergency mode</i>	Loading area, gudang, utilitas, zona servis/logistik	Terbatas dan tidak bercampur dengan akses publik	Mendukung distribusi barang, utilitas, dan operasi darurat
Sirkulasi publik	Masyarakat, pengunjung, peserta kegiatan	<i>Normal mode</i>	Zona publik, ruang edukatif, ruang komunitas, ruang terbuka utama	Terbuka sampai zona edukatif, lalu dikontrol pada zona berikutnya	Menjaga bangunan aktif, terbuka, dan mudah digunakan pada kondisi normal
Sirkulasi edukatif	Peserta pelatihan, instruktur, komunitas, akademisi	<i>Normal mode</i>	Kelas, <i>workshop</i> , ruang simulasi, <i>briefing</i> , <i>debriefing</i>	Semi-terkontrol sesuai kegiatan	Mendukung alur pembelajaran, simulasi, dan evaluasi latihan
Sirkulasi operasional	Pengelola, BPBD/aktor kebencanaan, relawan, lembaga terkait	<i>Normal mode</i> dan <i>emergency mode</i>	Pengelola inti, ruang <i>briefing</i> , <i>operational core</i> , ruang komunikasi	Terbatas dan berlapis	Menjaga fungsi koordinasi, komunikasi, dan <i>decision support</i> tetap terkendali
Sirkulasi logistik	Staf logistik, petugas servis, relawan operasional	<i>Emergency mode</i>	Akses servis, loading, gudang, ruang distribusi, ruang terbuka/ <i>staging area</i>	Terpisah dari jalur publik	Memastikan distribusi suplai tidak mengganggu aktivitas publik atau evakuasi
Sirkulasi evakuasi / darurat	Seluruh pengguna bangunan	<i>Emergency mode</i>	Zona publik, edukatif, <i>operational core</i> , ruang terbuka utama, titik kumpul	Harus jelas, langsung, dan mudah dikenali	Mendukung keselamatan pengguna dan pelepasan massa saat gangguan
Titik kontrol akses	Pengelola dan petugas operasional	<i>Normal mode</i> dan <i>emergency</i>	Transisi publik–edukatif, edukatif–	Menggunakan hirarki akses	Membatasi pergerakan ke ruang kritis dan

Jenis Sirkulasi / Akses	Pengguna Utama	Mode Operasi	Ruang / Zona yang Dilayani	Strategi Kontrol Akses	Implikasi Desain
		<i>mode</i>	pengelola, pengelola inti— <i>operational core</i>		menjaga keamanan operasional

Berdasarkan strategi tersebut, sirkulasi bangunan tidak hanya berfungsi sebagai jalur pergerakan, tetapi juga sebagai sistem kontrol operasional. Pemisahan akses publik, edukatif, operasional, logistik, servis, dan evakuasi memungkinkan bangunan tetap terbuka pada *normal mode*, tetapi dapat dikendalikan saat *emergency mode*. Dengan demikian, strategi sirkulasi menjadi dasar penting untuk menjaga keterbacaan ruang, keamanan fungsi kritis, dan keberlanjutan operasi bangunan.

3.4.3 Strategi Tata Massa dan Respons Tapak

Strategi tata massa dikembangkan berdasarkan hasil pembacaan *risk context* dan konsep respons tapak. Dalam kerangka *AIA Resilience Design Toolkit*, tata massa tidak hanya disusun berdasarkan bentuk lahan, tetapi juga berdasarkan kemampuan bangunan untuk merespons risiko, mengatur akses, melindungi fungsi kritis, dan mendukung operasi pada *normal mode* maupun *emergency mode* (AIA and HKS, 2023).

Pada perancangan Yogyakarta *Disaster Resilience hub*, massa bangunan ditempatkan pada area efektif bangun yang paling rasional terhadap akses, kondisi tapak, ruang terbuka utama, *buffer* sungai, dan kebutuhan pemisahan fungsi. Zona publik dan zona edukatif-simulasi ditempatkan pada area yang mudah dicapai untuk mendukung aktivitas harian. Sementara itu, zona pengelola inti, *operational core*, serta zona servis-logistik ditempatkan pada area yang lebih terkendali untuk mendukung fungsi operasional dan kesiapan darurat.

Ruang terbuka utama berperan sebagai orientasi tapak sekaligus elemen *dual-use*. Pada *normal mode*, ruang ini mendukung aktivitas luar, simulasi, dan kegiatan komunitas. Pada *emergency mode*, ruang terbuka utama dapat berfungsi sebagai titik kumpul, *staging area*, atau area distribusi awal. Pemisahan akses utama, akses keluar, dan akses servis juga diterapkan untuk mengurangi konflik pergerakan antara pengguna publik, operasional, logistik, dan darurat.



Gambar 11. Strategi Tata Massa dan Respons Tapak

Sumber: Analisis penulis, diolah dari konsep respons tapak dan pengembangan tata massa.

Tabel 13. Strategi Tata Massa dan Respons Tapak

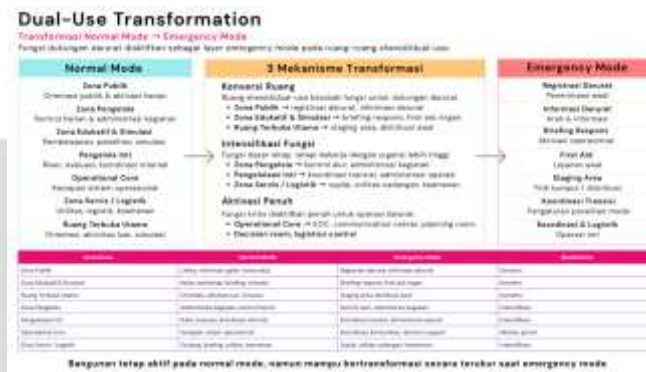
Aspek Strategi	Keputusan Desain	Implikasi terhadap Perancangan
Area efektif bangun	Massa ditempatkan pada bagian tapak yang paling rasional terhadap akses, kondisi lahan, dan potensi pengembangan	Membentuk komposisi massa yang efisien dan mudah dikembangkan
Ruang terbuka utama	Ruang terbuka utama dijadikan orientasi tapak dan pengikat antar-zona	Mendukung aktivitas harian, simulasi, titik kumpul, dan <i>staging area</i>
Zona publik	Ditempatkan dekat akses utama	Memperkuat keterbacaan, penerimaan pengguna, dan aktivasi <i>normal mode</i>
Zona edukatif dan simulasi	Ditempatkan dekat zona publik dan ruang terbuka utama	Mendukung pembelajaran, pelatihan, simulasi, <i>briefing</i> , dan kegiatan komunitas
Zona pengelola dan pengelola inti	Ditempatkan sebagai lapisan transisi menuju fungsi operasional	Membentuk hirarki ruang dari area terbuka menuju area terkendali
Operational core	Ditempatkan pada area yang lebih terlindungi dan terkendali	Melindungi fungsi koordinasi, komunikasi, dan <i>decision support</i>
Zona servis dan logistik	Ditempatkan dekat akses servis	Mendukung loading, distribusi, utilitas, dan operasi darurat tanpa mengganggu publik
Buffer Sungai Bedog	Sisi sungai dipertahankan sebagai ruang terbuka <i>buffer</i>	Menjaga keamanan tepi, kualitas lanskap, dan perlindungan lingkungan
Pemisahan akses	Akses utama, akses keluar, dan akses servis dipisahkan	Mengurangi konflik sirkulasi dan mendukung kontrol pada <i>emergency mode</i>

Berdasarkan strategi tersebut, tata massa dirancang sebagai susunan ruang yang berlapis, terhubung, dan responsif terhadap tapak. Komposisi ini memungkinkan fungsi publik, edukatif, operasional, logistik, dan ruang terbuka bekerja sebagai satu sistem bangunan *dual-use*. Diagram pada PPT sidang juga menunjukkan integrasi zona, akses, ruang terbuka utama, *operational core*, dan servis-logistik sebagai dasar pengembangan tata massa akhir.

3.4.4 Strategi Transformasi *Dual-use*

Strategi transformasi *dual-use* menjelaskan kemampuan bangunan untuk bekerja pada *normal mode* dan beralih secara terukur menuju *emergency mode*. Transformasi ini tidak dipahami sebagai perubahan fungsi yang bersifat improvisasional, tetapi sebagai mekanisme ruang yang dirancang sejak awal melalui *zoning*, sirkulasi, kontrol akses, dan prioritas fungsi. Prinsip ini sejalan dengan konsep *resilience hub*

yang menempatkan bangunan sebagai fasilitas publik yang aktif pada kondisi normal sekaligus siap mendukung masyarakat saat terjadi gangguan (USDN, 2019; AIA and HKS, 2023).



Sumber: Analisis penulis.

3.4.5 Strategi Struktur, Material, Utilitas, dan Teknologi

Sebagai fasilitas kesiapsiagaan bencana, Yogyakarta *Disaster Resilience hub* perlu merespons risiko gempa bumi, hujan ekstrem, limpasan air, abu vulkanik, cuaca ekstrem, gangguan utilitas, dan peningkatan beban penggunaan saat kondisi darurat. Oleh karena itu, strategi sistem bangunan diarahkan pada tiga prinsip utama: struktur beton bertulang yang aman dan daktil, material-selubung yang tahan lama dan sesuai iklim, serta utilitas-teknologi yang mendukung *continuity of operations*.

Tabel 14. Acuan Standar Sistem Bangunan

Aspek Sistem	Acuan	Peran dalam Perancangan
Ketahanan gempa	SNI 1726:2019	Dasar konseptual strategi struktur terhadap risiko gempa
Beban minimum bangunan	SNI 1727:2020	Dasar pembacaan beban gravitasi, angin, hujan, dan beban operasional
Beton struktural	SNI 2847:2019	Dasar konseptual sistem beton bertulang
Resiliensi bangunan	AIA <i>Resilience Design Toolkit</i>	Dasar hubungan risiko, fungsi kritis, strategi desain, dan evaluasi
Sistem lingkungan bangunan	Kwok and Grondzik (2018)	Dasar strategi iklim, energi, ventilasi, selubung, dan utilitas bangunan

Standar tersebut digunakan sebagai acuan konseptual untuk mengarahkan strategi sistem bangunan. Perhitungan teknis struktur, utilitas, dan performa bangunan tetap memerlukan pengujian lanjutan pada tahap pengembangan desain teknis.

Strategi struktur utama diarahkan pada penggunaan beton bertulang daktail dengan sistem rangka pemikul momen dan penguatan pada elemen inti bangunan. Sistem ini dipilih karena sesuai dengan konteks wilayah rawan gempa, mendukung kestabilan bangunan, dan memungkinkan pembentukan ruang yang relatif fleksibel. Pada bagian yang menampung fungsi kritis, seperti *operational core*, ruang komunikasi, ruang data, ruang *briefing*, dan utilitas cadangan, struktur perlu dirancang lebih terlindungi melalui penguatan *core*, dinding geser, dan pengamanan elemen nonstruktural (BSN, 2019a; BSN, 2019b).

Untuk ruang dengan kebutuhan fleksibilitas lebih tinggi, seperti ruang simulasi, ruang pelatihan, ruang *briefing*, dan ruang *shared/dual-use*, modul struktur perlu dibuat efisien agar ruang tidak terlalu terfragmentasi oleh kolom. Strategi ini penting agar ruang dapat mendukung kegiatan pelatihan pada *normal mode* dan tetap mudah dikonversi untuk kebutuhan *emergency mode*. Pada massa bangunan yang terpisah atau memiliki perbedaan konfigurasi, dilatasi antarmassa perlu dipertimbangkan untuk mengurangi risiko benturan struktur saat gempa.

Strategi material dan selubung bangunan diarahkan untuk mendukung durabilitas, kenyamanan iklim tropis, dan kemudahan perawatan. Material luar perlu tahan terhadap panas, hujan, kelembapan, serta paparan debu atau abu vulkanik. Selubung bangunan dirancang untuk mengoptimalkan pencahayaan alami, ventilasi silang, shading, dan pengendalian panas. Atap diarahkan memiliki kemiringan yang cukup, sistem talang yang mudah dibersihkan, serta akses pemeliharaan untuk mengurangi risiko gangguan akibat hujan deras dan akumulasi abu vulkanik.

Strategi utilitas menggunakan prinsip redundansi dan kemandirian terbatas. Pada kondisi normal, bangunan tetap memanfaatkan jaringan kota seperti PLN dan PDAM. Namun, sebagai fasilitas kesiapsiagaan, bangunan perlu dilengkapi cadangan berupa tandon air, sumber air alternatif, pemanenan air hujan, panel surya, genset, dan UPS. Sistem energi berlapis digunakan untuk memastikan *operational core*, *communication center*, CCTV, sistem keamanan, lampu darurat, pompa penting, dan perangkat komunikasi tetap bekerja saat terjadi gangguan layanan umum (Kwok and Grondzik, 2018).

Strategi teknologi diarahkan untuk mendukung *monitoring*, komunikasi, informasi, dan *decision support*. *Operational core* membutuhkan jaringan data, ruang server, komunikasi cadangan, CCTV, kontrol akses, sistem deteksi kebakaran, alarm, dan jalur evakuasi yang jelas. Pada *emergency mode*, sistem tersebut mendukung koordinasi, distribusi informasi, pengendalian akses, dan pengaturan pengguna terdampak.

3.4.6 Konsep Strategi Spasial dan Sistem Bangunan

Konsep strategi spasial dan sistem bangunan dirumuskan sebagai hasil dari strategi *zoning*, sirkulasi, tata massa, transformasi *dual-use*, serta sistem bangunan. Konsep ini menempatkan Yogyakarta *Disaster Resilience hub* sebagai bangunan yang berlapis, adaptif, dan terkendali: terbuka untuk fungsi publik-edukatif pada *normal mode*, tetapi siap mendukung fungsi koordinasi dan operasi pada *emergency mode*. Secara spasial, konsep diwujudkan melalui *zoning* berlapis dari zona publik menuju zona paling terkendali, pemisahan sirkulasi publik-operasional-logistik, tata massa yang merespons tapak, serta ruang terbuka utama yang dapat bekerja sebagai orientasi, area simulasi, titik kumpul, dan *staging area*. Secara sistem bangunan, konsep diwujudkan melalui perlindungan fungsi kritis, utilitas cadangan, sistem komunikasi, material yang tahan lama, dan teknologi pendukung informasi.

Dengan demikian, konsep strategi spasial dan sistem bangunan menjadi dasar untuk tahap evaluasi berikutnya. Pada tahap tersebut, rancangan perlu diuji terhadap kemampuan bekerja pada *normal mode*, *emergency mode*, transformasi fungsi, perlindungan fungsi kritis, dan *continuity of operations*.

3.5 Evaluation and Looping: Iterasi Penerapan dan Penyempurnaan Strategi Desain

Tahap *evaluation and looping* digunakan untuk menguji penerapan strategi desain yang telah dirumuskan pada Subbab 3.4. Evaluasi dilakukan untuk memastikan keterkaitan antara konteks risiko, kebutuhan performa, fungsi kritis, dan keputusan desain sebelum rancangan ditetapkan sebagai final design. Dalam AIA *Resilience Design Toolkit*, evaluasi dipahami sebagai bagian dari proses desain yang berulang, sehingga temuan pada satu tahap dapat digunakan untuk memperbaiki keputusan pada tahap berikutnya (AIA and HKS, 2023).

Pada perancangan Yogyakarta *Disaster Resilience hub*, evaluasi dilakukan melalui dua iterasi. Iterasi 1 merupakan penerapan awal strategi *zoning*, sirkulasi, tata massa, ruang terbuka, fungsi kritis, dan servis-logistik. Iterasi 2 merupakan penyempurnaan berdasarkan celah performa yang ditemukan pada

Iterasi 1. Hasil Iterasi 2 selanjutnya disatukan dengan sistem struktur, utilitas, *shelter*, dan skenario perubahan mode operasi melalui tahap integrasi akhir. Dengan demikian, final design tidak diposisikan sebagai Iterasi 3, tetapi sebagai hasil penetapan keputusan setelah dua tahap evaluasi.

3.5.1 Dasar *Evaluation and looping* dalam *AIA Resilience Design Toolkit*

Tahap *evaluation and looping* digunakan untuk menguji konsistensi antara konteks risiko, kebutuhan performa, fungsi kritis, dan strategi desain sebelum rancangan ditetapkan sebagai final design. Dalam *AIA Resilience Design Toolkit*, evaluasi ditempatkan sebagai bagian dari proses desain yang bersifat iteratif, sehingga hasil pengujian dapat digunakan untuk memperbaiki keputusan desain pada tahap berikutnya (AIA and HKS, 2023).

Pada tahap konseptual, evaluasi dilakukan secara kualitatif terhadap penerapan *zoning*, sirkulasi, tata massa, ruang terbuka *dual-use*, *operational core*, servis-logistik, serta sistem pendukung. Pembacaan diarahkan pada kemampuan rancangan dalam mendukung *normal mode*, *emergency mode*, perlindungan fungsi kritis, dan *continuity of operations*. Prinsip *Choosing by Advantages* digunakan secara terbatas untuk membaca manfaat yang dihasilkan oleh setiap perubahan desain, bukan untuk menentukan pilihan berdasarkan bentuk visual semata.

Proses looping dilakukan melalui dua tahap iterasi. Iterasi 1 merupakan penerapan awal strategi desain ke dalam konfigurasi tapak, sedangkan Iterasi 2 merupakan penyempurnaan berdasarkan temuan pada tahap sebelumnya. Hasil Iterasi 2 kemudian disatukan dengan sistem bangunan dan kebutuhan operasional melalui tahap integrasi akhir sebelum ditetapkan sebagai final design. Dengan demikian, setiap tahap merupakan bagian dari proses pengembangan rancangan yang sama, bukan alternatif desain yang berdiri sendiri.

3.5.2 Parameter Evaluasi dan Logika Dua Iterasi Desain

Parameter evaluasi disusun untuk membaca keterkaitan antara strategi desain pada Subbab 4.4 dengan tujuan perancangan Yogyakarta *Disaster Resilience hub*. Parameter tersebut digunakan secara konsisten pada setiap tahap agar perkembangan rancangan dapat ditelusuri berdasarkan peningkatan performa, bukan perubahan bentuk semata. Dalam kerangka *AIA Resilience Design Toolkit*, evaluasi tetap mengacu pada hubungan antara konteks risiko, kebutuhan performa, strategi desain, serta kemampuan bangunan untuk bekerja pada kondisi normal dan darurat (AIA and HKS, 2023).

Evaluasi diringkas ke dalam enam parameter utama, yaitu *risk context*, *performance needs*, *design strategies*, *normal mode*, *emergency mode*, dan *continuity of operations*. Keenam parameter tersebut digunakan untuk membaca penerapan strategi pada Iterasi 1, penyempurnaannya pada Iterasi 2, serta kelengkapan sistem pada tahap integrasi akhir.

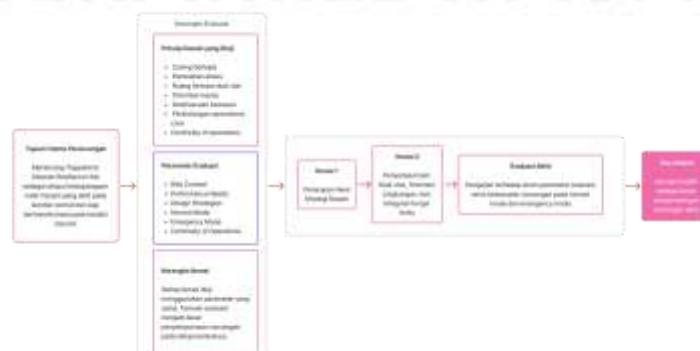
Tabel 15. Parameter Evaluasi dan Prinsip Desain yang Diuji

Parameter Evaluasi	Prinsip yang Diuji
Risk context	Respons terhadap akses kawasan, kondisi tapak, ruang terbuka, orientasi lingkungan, zona aman, dan potensi gangguan
Performance needs	Kesesuaian terhadap pengguna, aktivitas, kebutuhan ruang, fungsi kritis, dan hirarki akses
Design strategies	Konsistensi <i>zoning</i> , sirkulasi, tata massa, ruang terbuka <i>dual-use</i> , struktur, utilitas, material, dan teknologi
Normal mode	Kemampuan mendukung edukasi, pelatihan, simulasi, riset, komunitas, dan aktivitas publik
Emergency mode	Kemampuan mendukung registrasi, <i>briefing</i> , <i>staging area</i> , <i>temporary refuge</i> , logistik, koordinasi, dan transformasi fungsi
Continuity of operations	Perlindungan <i>operational core</i> , servis-logistik, utilitas cadangan, komunikasi, kontrol akses, dan keberlanjutan fungsi kritis

Sumber: Analisis penulis berdasarkan AIA and HKS (2023).

Parameter tersebut menjadi dasar untuk membaca perkembangan rancangan secara berurutan. Iterasi 1 menguji penerapan awal *zoning*, akses, tata massa, ruang terbuka, *operational core*, dan servis-logistik. Iterasi 2 digunakan untuk menyempurnakan ruang terbuka *dual-use*, orientasi massa, keterbacaan kawasan, pemisahan akses, serta hubungan fungsi kritis. Hasil Iterasi 2 kemudian diintegrasikan dengan sistem *shelter*, utilitas, komunikasi, dan sistem pendukung lainnya untuk membentuk final design.

Dengan alur tersebut, tahap evaluasi tidak digunakan untuk memilih beberapa alternatif yang berbeda, tetapi untuk menunjukkan bagaimana satu rancangan berkembang melalui proses pengujian, perbaikan, dan integrasi. Uraian mengenai hasil masing-masing tahap dijelaskan pada Subbab 3.5.3.



Gambar 13. Diagram Kerangka *Evaluation* and Looping
Sumber: Analisis penulis berdasarkan AIA and HKS (2023).

3.5.3 Integrasi Akhir dan Penetapan *Final Design*

Integrasi akhir dilakukan setelah strategi spasial pada Iterasi 2 dinilai mampu mendukung kebutuhan utama rancangan. Pada tahap ini, *zoning*, sirkulasi, ruang terbuka *dual-use*, *operational core*, servis-logistik, *shelter*, dan utilitas disatukan menjadi satu sistem. Tahap integrasi tidak mengubah prinsip dasar tata massa, tetapi menyelesaikan hubungan antara konfigurasi ruang dan kebutuhan operasional bangunan pada *normal mode* maupun *emergency mode*.

Pada *normal mode*, final design mendukung kegiatan edukasi, pelatihan, simulasi, riset, komunitas, dan operasional harian. *Operational core* tetap berfungsi sebagai bagian dari sistem kesiapsiagaan, sementara ruang terbuka utama digunakan untuk kegiatan luar dan aktivitas simulasi. Gudang, *storage shelter*, *utility house*, *public area*, *Multipurpose Hall*, dan *institute* bekerja sesuai fungsi hariannya.

Pada *emergency mode*, ruang terbuka utama bertransformasi menjadi *temporary refuge*. Berdasarkan konfigurasi final, area tersebut menampung 216 unit *shelter* dengan kapasitas enam orang per unit atau sekitar 1.296 jiwa. *Shelter* menggunakan modul 3×6 m dengan sistem rangka lipat serta komponen dinding dan atap yang dapat dibongkar-pasang. *Storage shelter* dan gudang terhubung dengan area deployment melalui jalur servis-logistik sehingga proses distribusi dapat berlangsung tanpa bergantung pada sirkulasi publik.

Perubahan mode operasi juga diikuti oleh aktivasi fungsi pendukung. *Operational core* digunakan secara penuh untuk koordinasi, komunikasi, pemantauan, dan dukungan keputusan, sedangkan fungsi publik dan edukatif dapat digunakan untuk registrasi, *briefing*, atau kebutuhan pendukung darurat. Pemisahan akses publik, operasional, dan servis-logistik dipertahankan agar fungsi kritis tetap dapat berjalan ketika sebagian kawasan mengalami perubahan fungsi.

Sistem utilitas kemudian diintegrasikan untuk mendukung keberlanjutan operasi. Sistem air bersih menghubungkan sumber utama dan sumber alternatif dengan penyimpanan serta distribusi menuju bangunan dan area *shelter*. Air kotor diarahkan melalui sistem sanitasi dan pengolahan sebelum terhubung dengan jaringan kawasan. Kelistrikan pada kondisi darurat diprioritaskan untuk *operational core*, komunikasi, layanan dasar, dan area *temporary refuge*. Integrasi tersebut melengkapi hubungan antara fungsi spasial dan kebutuhan *continuity of operations*.



Gambar 14. Integrasi Final Design pada *Normal mode* dan *Emergency mode*

Sumber: Analisis penulis, 2026.

Gambar memperlihatkan satu konfigurasi final pada dua kondisi operasi. Perbandingan menunjukkan perubahan fungsi ruang terbuka menjadi *temporary refuge*, aktivasi *operational core*, peningkatan fungsi gudang dan storage *shelter* sebagai sistem distribusi, serta keberlanjutan akses servis dan fungsi pendukung.

Berdasarkan hasil dua tahap iterasi dan integrasi akhir, final design ditetapkan karena mampu menghubungkan strategi tapak, kebutuhan ruang, transformasi *dual-use*, perlindungan fungsi kritis, dan sistem pendukung dalam satu konfigurasi. Penetapan tersebut tidak didasarkan pada perubahan bentuk secara visual, tetapi pada peningkatan kemampuan rancangan dalam mendukung kegiatan normal sekaligus mempertahankan fungsi operasional pada kondisi darurat. Dengan demikian, proses *evaluation and looping* menghasilkan rancangan yang tetap aktif dalam keseharian dan dapat bertransformasi secara terarah ketika diperlukan.

4. PENUTUP

Perancangan Yogyakarta Disaster Resilience Hub menunjukkan bahwa pendekatan berbasis risiko dan resiliensi dapat diterapkan untuk menghasilkan fasilitas yang tidak hanya merespons kebutuhan kesiapsiagaan bencana, tetapi juga mampu menjalankan fungsi edukatif dan operasional secara terpadu. Penerapan AIA Resilience Design Toolkit mengarahkan proses perancangan melalui pembacaan konteks risiko multi-hazard, identifikasi kebutuhan kinerja dan fungsi kritis, perumusan strategi desain, serta evaluasi rancangan secara iteratif.

Pendekatan tersebut diterjemahkan ke dalam pengaturan tapak, zoning, sirkulasi, tata massa, sistem ruang, serta strategi transformasi *dual-use* yang memungkinkan bangunan beroperasi pada kondisi normal dan beradaptasi pada kondisi darurat. Dengan demikian, rancangan ini dapat menjadi model fasilitas ketahanan yang mengintegrasikan edukasi, pelatihan, simulasi, koordinasi, komunikasi, dan dukungan operasional dalam satu sistem arsitektural yang adaptif. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk menguji performa rancangan secara lebih rinci melalui simulasi, kajian teknis, serta

pengembangan sistem bangunan agar strategi resiliensi yang dirumuskan dapat diterapkan secara optimal pada tahap perancangan berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- AIA and HKS (2023) AIA Resilience Design Toolkit. Washington, DC: The American Institute of Architects.
- Alinier, G. and Sonesson, L. (2025) 'Combining forces to improve simulation-based practices for emergency preparedness and disaster responses', *Advances in Simulation*, 10(1), article 3.
- Allen, T. and Spencer, R. (2023) 'Barriers and enablers to using an emergency operations center in public health emergency management: A scoping review', *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 17.
- Architectus (n.d.) Queensland Emergency Operations Centre. Architectus.
- Auda, J. (2008) *Maqasid al-Shariah as Philosophy of Islamic Law: A Systems Approach*. London: International Institute of Islamic Thought.
- AUN-QA (2020) *Guide to AUN-QA Assessment at Programme Level Version 4.0*. Bangkok: ASEAN University Network.
- Baltimore Office of Sustainability (n.d.) *Community Resiliency Hub Program*. Baltimore: Baltimore Office of Sustainability.
- BAPPENAS, World Bank and Asian Development Bank (2006) *Preliminary Damage and Loss Assessment: Yogyakarta and Central Java Natural Disaster*. Jakarta: BAPPENAS.
- BNPB (2022) *Kajian Risiko Bencana Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2022–2026*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BPBD DIY (2024) *Kegiatan Table-top exercise dan Command-post exercise BPBD DIY*. Yogyakarta: Badan Penanggulangan Bencana Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta.
- BPBD DIY (2025) *Data dan Informasi Kebencanaan Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Badan Penanggulangan Bencana Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta.
- BPS Daerah Istimewa Yogyakarta (2025) *Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2025*. Yogyakarta: Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta.
- BSN (2019a) SNI 1726:2019 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN (2019b) SNI 2847:2019 *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN (2020a) SNI 1727:2020 *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN (2020b) SNI 1729:2020 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Cambridge Community center (n.d.) *Resilience hub*. Cambridge, MA: Cambridge Community center.
- Ciriaco, T.G.M. and Wong, S.D. (2022) 'Review of resilience hubs and associated transportation needs', *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 16, 100697.
- Ciriaco, T.G.M. and Wong, S.D. (2024) 'Travel behaviour and community needs for resilience hubs', *Sustainability Analytics and Modeling*, 4, 100030.

- Climable (n.d.) Cambridge Community center Resilience hub. Cambridge, MA: Climable.
- De Chiara, J., Panero, J. and Zelnik, M. (2014) *Time-Saver Standards for Interior Design and Space Planning*. 2nd edn. New York: McGraw-Hill.
- Dinas Kesehatan Daerah Istimewa Yogyakarta (n.d.) *Data Fasilitas Kesehatan Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Dinas Kesehatan Daerah Istimewa Yogyakarta.
- FEMA (2025) *Homeland Security Exercise and Evaluation Program*. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency.
- FEMA (n.d.) *National Emergency Training Center / Emergency Management Institute*. Emmitsburg, MD: Federal Emergency Management Agency.
- Geoportal Daerah Istimewa Yogyakarta (n.d.) *Geoportal DIY*. Yogyakarta: Pemerintah Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta.
- GITEWS (n.d.) *Peta Bahaya Tsunami Wilayah Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta*. German-Indonesian Tsunami Early Warning System.
- Hizbaron, D.R., Ruslanjari, D. and Mardiatno, D. (2021) 'Amidst COVID-19 pandemic: An adaptive disaster governance in Yogyakarta, Indonesia', *Social Sciences*, 10(3), 92.
- Hutchinson Builders (n.d.) *Queensland Emergency Operations Centre*. Brisbane: Hutchinson Builders.
- ICMA (2024) *Consider Resilience hubs*. Washington, DC: International City/County Management Association.
- IEMA-OHS (n.d.) *About IEMA-OHS*. Springfield, IL: Illinois Emergency Management Agency and Office of Homeland Security.
- IFRC (n.d.) *Public Awareness and Public Education for Disaster Risk Reduction: Key Messages*. Geneva: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.
- inaRISK (2023) *inaRISK*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- ISO (2013) *ISO 22398:2013 Societal Security—Guidelines for Exercises*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO (2018) *ISO 22320:2018 Security and Resilience—Emergency Management—Guidelines for Incident Management*. Geneva: International Organization for Standardization.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023) 'CPX - Penyampaian Materi Pengantar Command Post Exercise', Pusat Krisis Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 22 June.
- Kim, K.-J., Choi, M.-J. and Kim, M. (2025) 'Effects of virtual reality-based disaster simulation education on nursing students' disaster triage accuracy, disaster triage time required, disaster triage confidence, learning immersion, and cognitive flexibility', *PLOS ONE*, 20(10), e0329563. doi: 10.1371/journal.pone.0329563.
- Krisdiyanto, D. and Farihah, U. (2024) 'Analysis of school disaster preparedness in Mount Merapi eruption-prone areas: A case study in Sleman Regency, Yogyakarta', *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, 8(1), pp. 1–9.
- Kwok, A.G. and Grondzik, W.T. (2018) *The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design*. 3rd edn. London: Routledge.
- LVD Architecture (n.d.) *State Emergency Operations Center*. Springfield, IL: LVD Architecture.
- Lynch, K. and Hack, G. (1984) *Site planning*. 3rd edn. Cambridge, MA: MIT Press.
- MCR2030 (n.d.) *Resilience hub*. Geneva: Making Cities Resilient 2030.
- Neufert, E. and Neufert, P. (2019) *Architects' Data*. 5th edn. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.

- Next City (2021) Resiliency Hubs Help Baltimore Plan for Climate Emergency in Vulnerable Neighborhoods. New York, NY: Next City.
- NFPA (2019) NFPA 1600: Standard on Continuity, Emergency, and Crisis Management. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- Pemerintah Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta (n.d.) Data dan Informasi Kelembagaan Pemerintah Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: Pemerintah Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Pemerintah Kabupaten Sleman (2026) Sistem Informasi Tata Ruang Kabupaten Sleman. Sleman: Pemerintah Kabupaten Sleman.
- PSBA UGM (2025) Kegiatan dan Pengembangan Kapasitas Kebencanaan. Yogyakarta: Pusat Studi Bencana Universitas Gadjah Mada.
- Radar Jogja (2026) Awal Tahun 2026, Gunung Merapi Luncurkan 4 Kali Guguran Lava ke Arah Kali Krasak. Yogyakarta: Radar Jogja.
- RSUD Sleman (n.d.) Profil Rumah Sakit Umum Daerah Sleman. Sleman: RSUD Sleman.
- RSUP Dr. Sardjito (n.d.) Profil Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Sardjito. Yogyakarta: RSUP Dr. Sardjito.
- Sederholm, T. et al. (2021) 'Inter-organisational communication and situational awareness in an emergency operation centre during major incidents', *International Journal of Emergency Management*, 17(1).
- Sienkiewicz-Małyjurek, K. and Owczarek, T. (2021) 'Complementarity of communication and coordination in ensuring effectiveness of emergency management networks', *Sustainability*, 13(1), 221.
- Simona, T., Taupo, T. and Antunes, P. (2023) 'A scoping review on agency collaboration in emergency management based on the 3C model', *Information Systems Frontiers*, 25, pp. 291–302. doi: 10.1007/s10796-020-10099-0.
- Sphere Association (2018) *The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response*. 4th edn. Geneva: Sphere Association.
- TEEX (n.d.) Disaster City. College Station, TX: Texas A&M Engineering Extension Service.
- Texas A&M Health (n.d.) Disaster Day. College Station, TX: Texas A&M University Health Science Center.
- UKDW (n.d.) Magister Arsitektur Universitas Kristen Duta Wacana. Yogyakarta: Universitas Kristen Duta Wacana.
- UNDRR (n.d.) Terminology on Disaster Risk Reduction. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- UNESCO (n.d.) Disaster Risk Reduction in Education. Paris: UNESCO.
- UNY (2022) Pusat Mitigasi Bencana dan Perubahan Iklim Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- UPN "Veteran" Yogyakarta (n.d.) Magister Manajemen Bencana UPN "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- USDN (2019) Resilience hubs: Shifting Power to Communities and Increasing Community Capacity. Washington, DC: Urban Sustainability Directors Network.
- Wan, S. and Wong, S.D. (2024) 'Equity in resilience hub design and transportation through community discussions', *Findings*, article 91270.
- Waring, S., Moisi, I., Barrett, C. and Gordts, S. (2024) 'Identifying what components of full-scale

emergency exercises improve disaster response learning: A rapid evidence assessment', *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 104, 104390.

World Architecture Community (2009) *State of Illinois Emergency Operations Center*. Istanbul: World Architecture Community.

Xin, F., Ma, Y., Liao, P. and Fu, B. (2025) 'Evaluation of the university campus layout for the dual use as a city-level emergency shelter', *Habitat International*, 156, 103285. doi: 10.1016/j.habitatint.2025.103285..

