PENERAPAN KONSEP MITIGASI STRUKTURAL PADA BANGUNAN MUSEUM DI PESISIR PANTAI WATUKARUNG

Muhammad Widad Bayuadi, Wiwik Setyaningsih, Yosafat Winarto
Prodi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta
bayuadalahsaya@gmail.com

Abstrak

Perubahan iklim global terutama pada abad 21 meningkat secara signifikan akibat perilaku pembakaran bahan bakar fosil yang tidak terkontrol khususnya pada negara berkembang. Perubahan iklim yang merusak keseimbangan alam memicu peningkatan frekuensi munculnya berbagai bencana alam. Peningkatan frekuensi bencana alam tersebut terjadi secara global sehingga diperlukan sistem untuk mencegah dampak yang lebih buruk. KTT PBB Polandia dan pertemuan tahunan IMF dengan World Bank tahun 2018 membahas perubahan iklim hingga tahun 2018 yang berdampak pada peningkatan frekuensi bencana. Meski telah diadakan banyak konferensi, hingga saat ini masih banyak wilayah yang rawan bencana seperti kawasan pesisir pantai di Indonesia yang belum berorientasi pada pengelolaan mitigasi. Kawasan pesisir pantai ini memerlukan penerapan konsep mitigasi struktural pada bangunan dengan mengimplementasikan prinsip-prinsip mitigasi sesuai karakteristik dan potensi Pesisir Pantai Watukarung. Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan konsep pendekatan mitigasi bencana struktural pada massa museum dalam kawasan eduwisata mitigasi bencana. Metode Penelitian yang digunakan adalah deskriptif-analitif yang menggunakan data dan sampel untuk merumuskan konsep perencanaan yang diterapkan. Hasil dari penelitian berupa konsep penerapan bangunan yang menggunakan konsep mitigasi bencana secara struktural dengan penerapan pola keseimbangan bangunan, struktur bangunan, penzonaan bangunan, dan perangkat peredam guncangan bangunan yang dapat meredam guncangan semaksimal mungkin sehingga mendekati titik 0 getaran.

***Kata kunci**: pesisir pantai watukarung, mitigasi struktural, museum, pengembangan kawasan*

1. PENDAHULUAN

Pengembangan sebuah kawasan diperlukan untuk memberikan dampak baik bagi kawasan dengan melakukan proses pencocokan data dan penyesuaian yang adaptif dan kontinu antara ketersediaan dan permintaan baik bagi masyarakat sekitar atau pengunjung sebuah kawasan dalam tujuan memenuhi misi yang telah ditentukan. Perencanaan terpadu yang mengarah pada keadaan aman dan edukasi mengenai bagaimana menerapkan keamanan atas kemungkinan terdampak bencana pada kawasan, menjadi hal yang dinilai penting sebagai tindak lanjut dari kawasan yang berorientasi pada wisata (Winarto, Y., dkk, 2018). Pemerintah Kabupaten Pacitan dalam riparkab 2016 menetapkan 9 destinasi unggulan, salah satu dari destinasi tersebut adalah Kawasan Pantai Watukarung yang identik dengan objek wisata pantai, desa wisata Limasan, area selancar berstandar internasional, dan wilayah batuan karst perlindungan geopark Gunung Sewu oleh UNESCO. Potensi-potensi dalam kawasan ini tengah terancam oleh isu peningkatan frekuensi berbagai bencana pada kawasan pesisir pantai yang berdampak pada penurunan pengunjung. Pengelolaan kawasan pesisir yang berorientasi pada mitigasi bencana harus dapat mempertahankan eksistensi wisatanya secara maksimal yang sekaligusberupaya menciptakan perasaan aman dan nyaman bagi pengunjung baik melalui edukasi atau mitigasi kebencanaan. Frekuensi atas bencana (khususnya gempa bumi dan tsunami) yang tinggi baik di Pacitan secara khusus maupun di Indonesia secara umum akhir-akhir ini dapat mengurangi minat dari wisatawan pada objek wisata pantai, terlebih objek yang mempunyai riwayat terdampak bencana. Bencana-bencana tersebut mempengaruhi kenyamanan wisatawan pada kawasan pesisir pantai dan cenderung untuk memilih objek yang dirasa lebih aman.

BPBD Kabupaten Pacitan sendiri pada tahun 2015 telah menetapkan dua daerah yang telah ditetapkan sebagai berpotensi tinggi terdampak tsunami yang disiapkan untuk menjadi Desa

Tangguh Bencana dengan salah satunya adalah Desa Watukarung. Penerapan mitigasi strukturalmenjadi urgensi yang sesuai dengan program pemerintah kabupaten, dimana berbagai fasilitas dalam upaya mendukung pemitigasian bencana struktural memang dibutuhkan secara konkret bagi subjek pelaku kawasan Watukarung yang meliputi masyarakat pemukiman Watukarung, pengunjung objek wisata disekitar *site*, dan pengunjung yang memang bertujuan untuk mendapatkan edukasi kebencanaan pada zona pengedukasian mitigasi.Konsep pendekatan mitigasi bencana struktural padamassa museum mitigasi bencana menjadi bentuk nyata dari fasilitas mitigasi, evakuasi, dan edukasi mengenai kebencanaan di Indonesia. Fasilitas–fasilitas yang disediakan tadi berupaya untuk merangkul pihak-pihak yang membutuhkan edukasi mengenai pengurangan risiko kebencanaan secara kontinu, seperti pihak sekolah, swasta, pemerintahan, dan organisasi-organisasi.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan dan sasaran adalah metode deskriptif analisis. Metode ini meliputi unsur pencarian data seperti perumusan masalah, pengumpulan data, metode analisis, dan metode sintesis yang didasari oleh data-data dan sampel sebagai variabel pemecahan masalah (Suparno, 2009), sedangkan konsep yang digunakan untuk mengemas metode yang akan ditujukan adalah dengan menerapkan pendekatan interaktif sebagai salah satu upaya untuk menyelesaikan desain secara optimal. Pendekatan interaktif tersebut terdiri atas 3 proses utama yaitu pengumpulan data, analisis, dan sintesa dengan menentukan poin-poin penting pembahasan masalah yang kemudian diteliti dan ditentukan penyelesaian masalah terbaik.

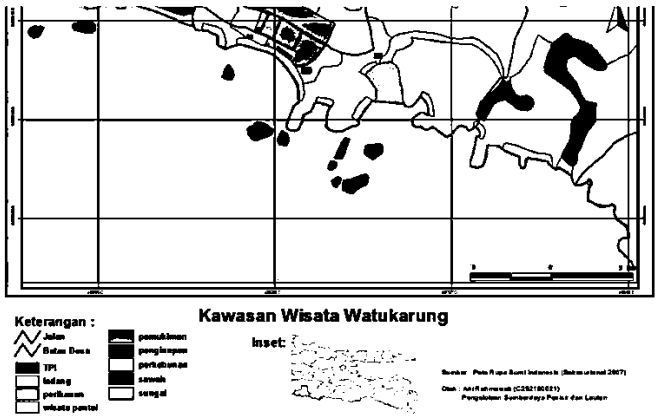
Perumusan masalah penelitian diawali dengan menganalisis unsur kawasan eduwisatayangakan mempengaruhi desain dan bentuk fisik lansekap serta massa dalam kawasan. Pengumpulan data dan metode analisis dirangkai untuk menelaah segmentasi pasar yang akan dituju oleh kawasan eduwisata serta perilaku-perilaku sosial para penggunanya. Perilaku-perilaku yang berkaitan dengan jenis pengguna akan langsung berpengaruh kepada sistem olah lansekap dan massa yang akan didesain. Penerapan sintesa pada metode ini dilakukan dengan mengurai penerapan konsep mitigasi bencana pada lansekap dan unsur massa pada kawasan sekaligus menerapkan struktur bangunan yang tahan bencana. Sintesa–sintesa yang telah diurai tadi akan diselesaikan dengan menghubungkan faktor-faktor pada *site* seperti segi geografis, potensi yang dimiliki, dan budaya sehingga dapat menetukan rancangan fasad, zonasi, dan keamanan mitigasi bencana sesuai studi literatur (teori para ahli), preseden, dan regulasi dari pemerintahan terkait.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara geografis Negara Kesatuan Republik Indonesia berada pada kawasan rawan bencana sehingga diperlukan penataan ruang yang berbasis mitigasi bencana sebagai upaya meningkatkan keselamatan dan kenyamanan kehidupan dan penghidupan (UU No. 26 Tahun 2007). Pesisir Pantai Watukarung Pacitan memiliki beberapa objek wisata yang sedang dalam perkembangan yang pesat akibat terhubungnya Jalur Lintas Selatan (JLS). Berkembangnya objek-objek wisata tersebut harus diiringi dengan menciptakan suasana aman dan nyaman, salah satunya adalah dengan mengorientasikanpengolahan sistem kawasan mitigasi bencana.

Gambar 1
Potensi wisata pada kawasan Watukarung, Kec.Pringkuku, Kab. Pacitan

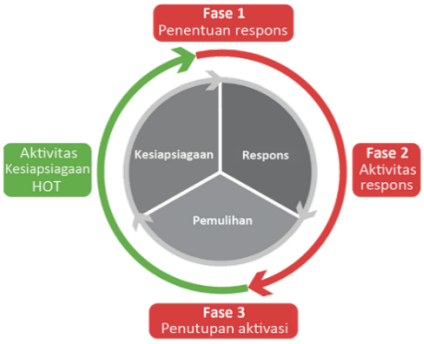
Beberapa objek wisata sebagai potensi Pesisir Pantai Watukarung antara lain adalah Pantai Watukarung yang merupakan objek wisata pantai skala nasional dengan pengunjung objek wisata pantai ketiga terbanyak di pacitan pada tahun 2017; batu karst putri samudera yang menjadi *icon* pada pesisir pantai selatan pacitan berupa batuan karst dengan bentuk kepala seorang putri; desa wisata limasan yang terdiri dari kawasan desa wisata dengan 6 objek rumah limasan dengan nuansa alam dan perbukitan;*homestay surfing* internasional sebagai penyedia fasilitas *surfing*; dan villa batu hill yang merupakan villa dengan standar internasional dan paling terkenal pada kawasan Watukarung.



Gambar 2
Site Terpilih Pada Kawasan Watukarung, Kec.Pringkuku, Kab. Pacitan
Sumber: *Survei dan Pemetaan Nusantara, 2009*

Potensi-potensi objek wisata yang ada pada Pesisir Pantai Watukarung harus memenuhi aspek-aspek yang dapat dikategorikan sebagai objek penunjang mitigasi struktural yang aman terhadap bencana, dimana terdapat beberapa kriteria yang mendukung keamanan pemitigasian bencana. Kriteria yang berpotensi mengamankan area*site* tersebut adalah letak *site* yang berbatasan dengan laut sehingga memudahkan dalam upaya mendapat sumber air dan mengurangi biaya operasional khususnya program pelatihan *water rescue*; telah terdapatnya berbagai fasilitas amenitas karena merupakan area objek wisata pantai; merupakan salah satu destinasi unggulan Pacitan dan terdapat area *surfing* kelas Internasional; dan terdapat batuan karst sebagai daya dukung dalam pewujudan kawasan mitigasi bencana.

Pengurangan risiko bencana dapat diciptakan dalam bentuk komunitas yang berkelanjutan dengan sebuah fondasi sosial yang meminimalisir dampak bencana, menghargai keragaman budaya, dan memperhatikan kebutuhan generasi mendatang. Pengurangan risiko tersebut haruslah berkaitan dan memnberi timbal balik pada keterkaitan dan konvergensi, serta intregrasi studi-studi tentang bahaya dalam kesadaran yang lebih luas tentang keberlanjutan dan pencegahan bencana (White, Gilbert F, 1974).Kegiatan Pencegahan bencana adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan sebagai upaya untuk menghilangkan dan/atau mengurangi ancaman bencana (UU No. 24 Tahun 2007 Pasal 1 ayat (6)). Pencegahan merupakan suatu upaya preventif atau pelindungan pada kawasan, pencegahan tersebut dapat berupa mitigasi struktural yang berkaitan dengan pencegahan melalui konstruksi fisik atau rekayasa *landscape*, massa, dan prasarana lainnya (BAPPENAS, 2010).



Gambar 3
Siklus Mitigasi Bencana
Sumber: *Panduan Perencanaan Kontinjensi Menghadapi Bencana (Edisi Kedua) BNPB, 2012*

a. Konsep Zonasi dan Lansekap Bangunan

Lansekap pelindung diterapkan dengan memberikan beberapa jalur masuk yang mudah dikenali dari luar zona aman (lihat gambar 4). Area taman edukasi menerapkan beberapa jalur utama yang mudah dikenali untuk masuk dalam zona aman kawasan. Jalur-jalur masuk *site* ditentukan dengan penarikan garis arah strategis yang paling mudah dijangkau oleh masyarakat dan pengunjung di luar zona edukasi mitigasi, sehingga saat masyarakat atau pengunjung berlari menghindari bencana dengan mengikuti jalur yang ada akan berujung pada jalur dan zona aman dari zona edukasi mitigasi ini.

Gambar 4
Zonasi Massa pada Lansekap Zona Edukasi Mitigasi and Zona TIC

Site terpilih yang berada diantara batuan karst, jalan lokal, dan bibir Pantai Watukarung, direncanakan dengan mengolah keamanan bangunan menurut skala kepadatan, jenis *user* di dalam bangunan, dan kerentanan aktivitasnya terhadap dampak kebencanaan. Kawasan yang tercipta harus terintegrasi dalam menciptakan sistem mitigasi bencana dengan beberapa persyaratan utama

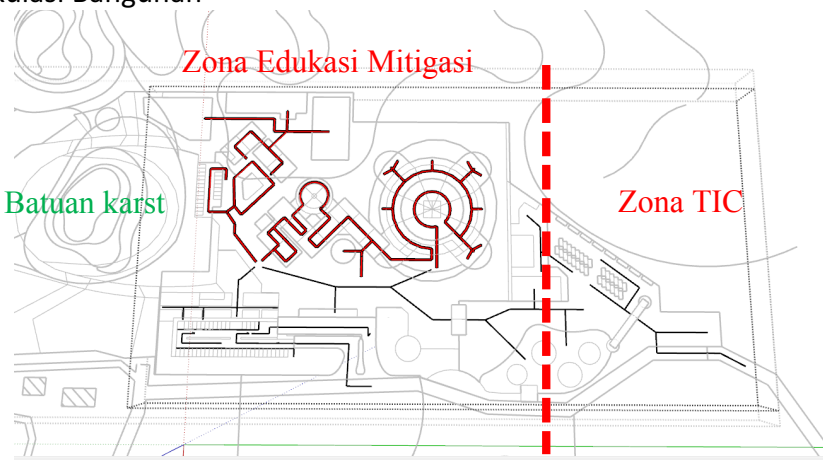
dan diantaranya adalah adanya beberapa unsur massa yang berupaya untuk mengedukasi sekaligus menerapkan prinsip-prinsip mitigasi bencana.

Gambar 5

Konsep Peletakan Massa pada Zona Mitigasi

Daerah-daerah yang telah terdampak bencana, akan meninggalkan bekas perasaan bagi masyarakat yang merasakan sendiri kejadian secara nyata dan perasaan tersebut dapat menimbulkan kesan emosi yang unik. Emosi inilah yang dapat memicu masyarakat terdampak bencana lebih merasa hati-hati dan lebih peduli dengan alam dan mitigasinya. Massa museum menerapkan bentuk dasar menggunakan pola Z yang merupakan pola planar seimbang dalam menghadapi bencana. Bentuk dasar tersebut di tambahkan dengan bentuk-bentuk sekunder berpola tahan bencana lainnya seperti lingkaran dan persegi panjang (lihat gambar 12).

b. Konsep Sirkulasi Bangunan



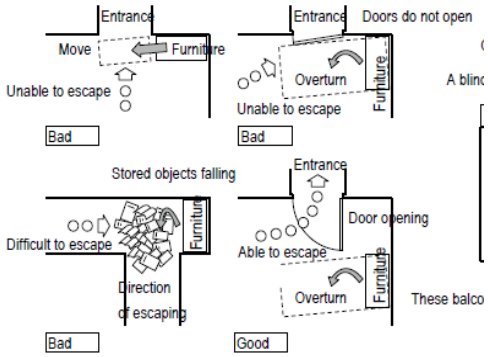
Gambar 6

Konsep Sirkulasi dalam Massa

Massa museum dan pusat edukasi pengurangan risiko bencana masing-masing memiliki lantai evakuasi yang dapat menjadi titik kumpul pengunjung yang berada dalam massa dalam upaya mewujudkan bangunan yang adaptif terhadap bencana. Massa museum yang dirancang menerapkan massa lingkaran yang menerapkan sirkulasi linier melingkar dimana menerapkan konsep *mezzanine*. Ruang ini menghadirkan diorama pasca bencana satu arah dengan 4 kategori bencana (gempa, tsunami, kebakaran, dan badai).

Massa museum mengangkat konsep *mezzanine* dimana pengunjung akan berada di setengah lantai atas untuk mengamati diorama secara maksimal, sedangkan diorama berada di lantai bawah yang sekaligus memberikan keamanan pengunjung saat gelombang besar atau tsunami

masuk dalam bangunan museum. Museum pada sisi bangunan terakhir dihadapkan pada opsi untuk menuju lobby massa pusat edukasi pengurangan risiko bencana atau memilih keluar massa bangunan, sedangkan pada massa pusat edukasi bencana diterapkan pola sirkulasi linier melingkar mengikuti bentuk massa utama bangunan. Pola ini akan menaikkan elevasinya hingga pada titik tengah massa yang sekaligus merupakan tempat evakuasi sementara dalam menghadapi bencana pada massa ini. Sirkulasi seperti ini akan memudahkan pengunjung yang panik saat terjadinya bencana, karena sirkulasi akan hanya tertuju pada satu titik dan menerapkan arus satu arah setelah sampai pada titik tengah tertinggi (zona aman) sirkulasi kembali turun pada bagian depan bangunan dan kembali pada lansekap.

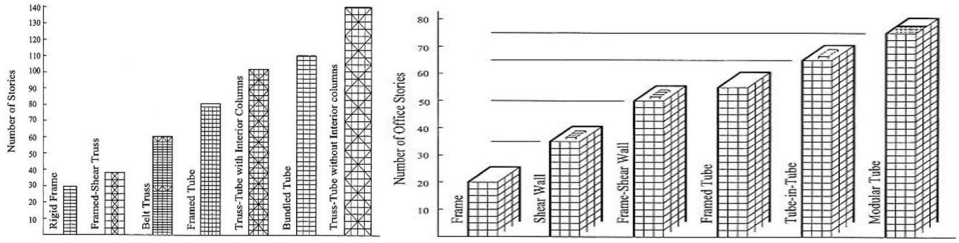


Gambar 7
Rute Pelarian Horizontal Bangunan Tahan Bencana
Sumber: *Japan Institute of Architect dan Japan Aseismic Safety Organitation (JASO), 2015*

Gempa yang mengguncang bangunan akkan mempengaruhi sistem yang bekerja dalam bangunan, sistem perpindahan gaya horizontal dan kerusakan elemen bangunan saat terjadinya guncangan akan berkonsentrasi pada struktur horizontal dengan kekakuan terendah (bagian bangunan dengan area pilotis atau ketinggian *floor to floor* yang lebih tinggi) sehingga hal ini perlu diantisipasi (Edgar, D., 1940). Contoh-contoh khas yang mudah rawan akan keretakan kolom adalah bangunan dengan pilotis serta sebuah bangunan yang menggunakan *floor ratio* yang berbeda pada salah satu lantainya.

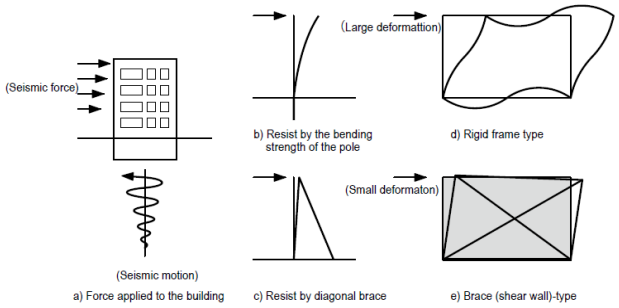
c. Konsep Struktur Bangunan

Saat ini khususnya di Indonesia, bangunan-bangunan pesisir pantai belum mengimplementasikan struktur yang tahan terhadap bencana dan hanya adaptif terhadap gaya yang dihasilkan dari lingkungan, sehingga dalam penerapannya bangunan yang berada pada kawasan rawan bencana, memerlukan sistem struktur yang adaptif terhadap jenis kebencanaan yang mungkin menerpa bangunan.



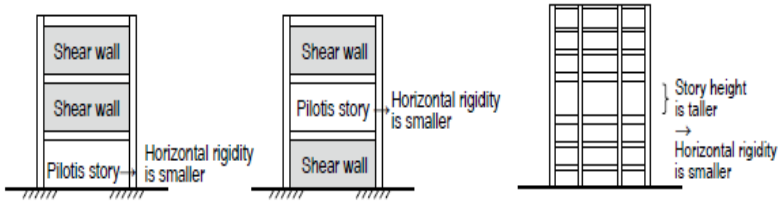
Gambar 8
Innovative Application of Dispersed Shear Wall to a Kilometer-High Concrete Skyscraper
Sumber*: Feroz Alam, 2016*

Untuk menahan guncangan gempa bumi, diperlukan mekanisme yang dapat menahan suatu gaya yang mendorong struktur ke arah horizontal dan sistem yang jelas untuk menentukan sistem kontruksi yang sesuai.



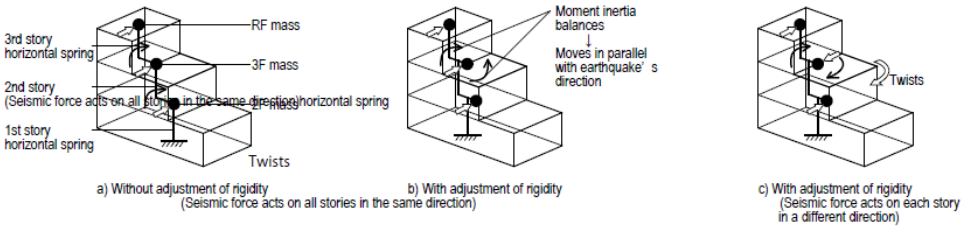
Gambar 9
Gaya seismic yang mengenai bangunan
Sumber: *Japan Institute of Architect dan Japan Aseismic Safety Organitation (JASO), 2015*

Konsep sistem struktur yangditerapkan pada massa museum menggunakan sistem *rigid frame* yang dikombinasikan dengan pengikat pada ujung atas kolom berupa batang karbon fiber (berfungsi sekaligus menjadi angker) yang menjuntai di luar massa bangunan dan ujung dasarnya tertanam pada pondasi *strauss pile* (borepile manual) dengan kedalaman 6 meter. Kolom yang terikat oleh Batang Karbon Fiber tersebut juga terhubung dengan *strauss pile* namun disisipkan perangkat redaman guncangan berupa bantalan karet. Kolom-kolom yang berada pada bagian dalamn bangunan terikat oleh sistem brace sehingga tidak terlihat pada fasad luar bangunan.



Gambar 10
Gaya seismic yang mengenai bangunan
Sumber: *Japan Institute of Architect dan Japan Aseismic Safety Organitation, 2015*

Bangunan dengan bentuk titik planar simetris seperti persegi panjang, plus, dan bangunan berbentuk Z adalah bangunan seimbang yang tidak menghasilkan torsi karena eksentrisitas pada pusat gravitasi dan pusat kekakuan bertepatan (seimbang). Bangunan dengan massa yang tidak simetris pada derah rawan bencana akan mengalami perputaran atau torsi saat guncangan, hal ini dikarenakan gerakan dari guncangan pada gempa bumi tidak berarah. Gerakan torsi yang berputar dalam poros bangunan pada arah yang tidak tentu dapat bertampak buruk saat struktur dari bangunan tidak disiapkan untuk mengatasi perputaran tersebut.

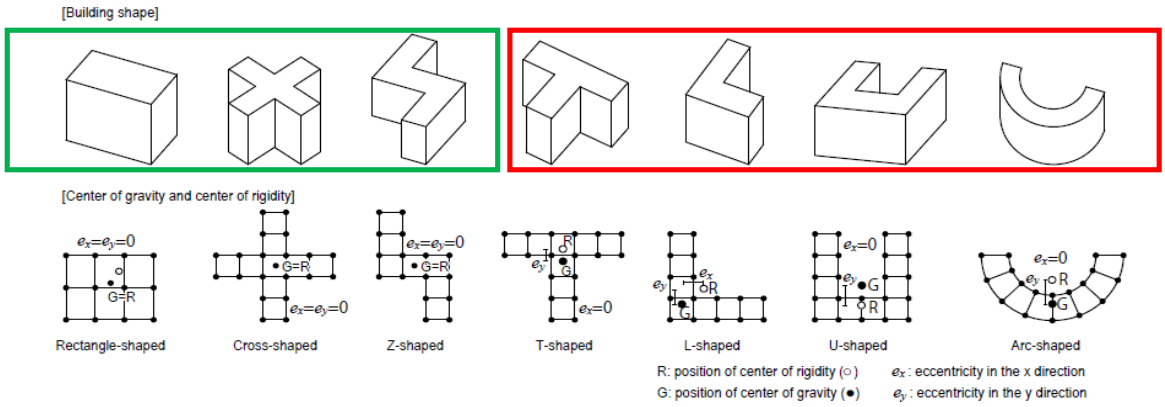


Gambar 11
Gaya Putar yang Mengenai Massa Bangunan
Sumber: *Japan Institute of Architect dan Japan Aseismic Safety Organitation, 2015*

Bentuk massa yang rentan untuk memutar akibat terkena torsi perlu dilakukan penanganan khusus dalam massa bangunan (Gambar 11). Bangunan dengan massa yang berdekatan membutuhkan perhatian khusus karena rawan menghasilkan konsentrasi tegangan pada bagian atas bangunan, sehingga jika ketinggian dari kedua atau beberapa bangunan tersebut berbeda saat

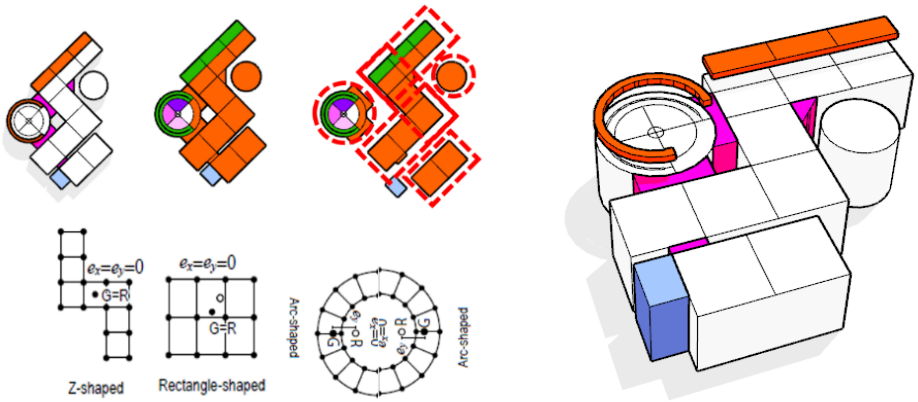
gempa terjadi dapat merusak bangunan yang ada disekitarnya sehingga diperlukan perhatian pada momen puntir pada bagian bawah bangunan

d. Pola Massa Bangunan



Gambar 12
Analisa Karakteristik Massa Adaptif Guncangan
Sumber: *Japan Institute of Architect dan Japan Aseismic Safety Organitation (JASO), 2015*

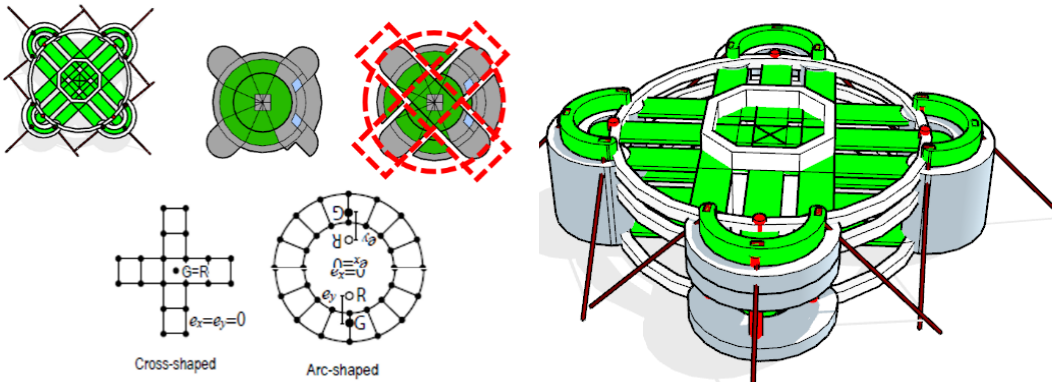
Perancangan pola massa bentuk dasar mengimplementasi massa dan struktur yang dapat mengurangi dampak guncangan yang dapat diterapkan pula isolator seismik berupa perangkat redaman. Struktur yang terisolasi secara seismik ini dapat mengurangi gaya seismik yang diterapkan ke sebuah bangunan oleh isolator seismik dan menyerap energi seismik dengan perangkat redaman. Struktur terisolasi seismic dapat mengurangi kerusakan yang tidak hanya pada struktur bangunan, tetapi juga pada material bahan *finishing*, kaca, dan ornament bangunan lainnya. Struktur seismik yang diimplementasikan secara sempurna memiliki mekanisme yang dapat mengurangi efek gerakan seismik yang disebarkan tanah ke struktur hingga ke nol getaran. Konsep sistem struktur yang bekerja bertujuan mewujudkan mekanisme yang memungkinkan bangunan meluncur pada getaran tanpa gesekan, namun tetap mendukung berat bangunan.Massa museum dengan bentuk dasar yang menggunakan pola Z adalah penerapan pola planar seimbang dalam menghadapi bencana. Bentuk dasar tersebut di tambahkan dengan bentuk-bentuk sekunder berpola tahan bencana lainnya seperti lingkaran dan persegi panjang (lihat gambar 13).



Gambar 13
Bentuk Dasar Pola Keseimbangan Planar dan
Penerapan pada Massa Museum

Massa pusat edukasi pengurangan risiko bencana yang berhadapan langsung dengan arah gelombang mengadaptasi bentuk-bentuk massa yang tahan terhadap guncangan gempa dan hempasan gelombang besar atau tsunami (menerapkan massa *streamline*).

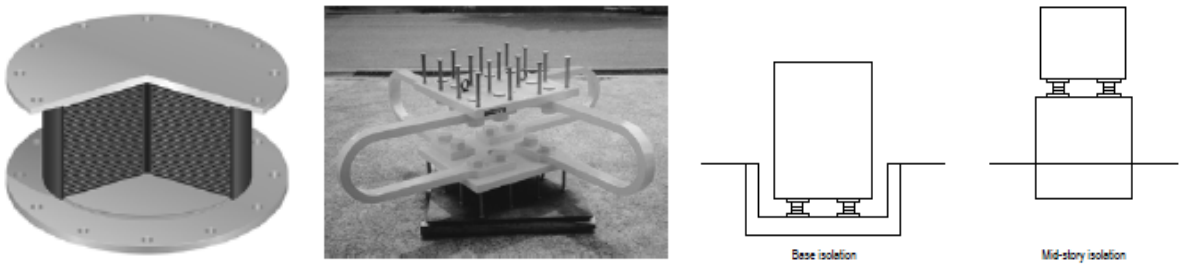
Massa pusat edukasi ini menerapkan kombinasi modul massa plus dan lingkaran dimana kedua modul ini tahan terhadap tekanan dan guncangan. Modul plus yang diterapkan dirancangan dengan sisi yang berbatasan dengan lansekap berbentuk*streamline* (lihat gambar 14).



Gambar 14
Bentuk Dasar Pola Keseimbangan Planar dan
Penerapan pada Massa Pusat Edukasi

e. Perangkat Struktur yang Terisolasi secara Seismic

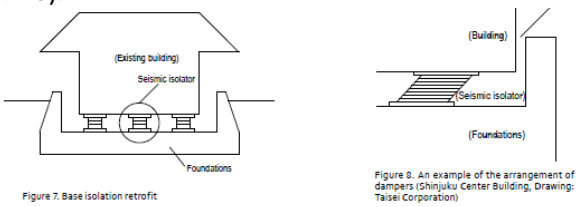
Struktur yang terisolasi secara seismik dapat mengurangi gaya seismik yang diterapkan ke sebuah bangunan oleh perangkat isolator seismik sehingga dapat menyerap energi seismik dengan perangkat redaman. Penerapan perangkat peredam dapat menahan dan menyalurkan beban gaya horizontal dan vertikal secara optimal merata pada sistem-sistem struktur inti (kolom, balok, dinding *shear wall*, dan pondasi *strauss pile*) dan struktur pendukung (bantalan peredam gempa karet, *steel damper*, dan batang karbon fiber), sehingga bangunan dapat memikul beban horizontal dan vertikal maupun gaya lateral (angin dan gempa) dengan baik.



Gambar 15
Perangkat Redaman Steel Damper, Sliding Bearings, dan implementasi
Sumber: *Japan Institute of Architect dan Japan Aseismic Safety Organitation (JASO), 2015*

Struktur seismik yang sempurna memiliki mekanisme yang dapat mengurangi efek gerakan seismik yang disebarkan tanah ke struktur hingga ke nol getaran. Penerapan Steel Damper bertujuan untuk mewujudkan mekanisme yang memungkinkan bangunan bergeser pada getaran tanpa gesekan, namun tetap mendukung berat bangunan. Perangkat redaman dapat ditempatkan secara efektif di mana perpindahan horisontal besar terjadi karena isolator seismik. Perangkat peredam ini dapat meredam bangunan yang gerak akibat tanah yang berguncang. Bantalan karet yang diimplementasikan memiliki steker utama yang dimasukkan di tengah laminasi karet seperti yang terlihat pada gambar 15, bantalan yang dapat berada diantara ruang isolator seismic yang tertanam di tanah.

Perangkat peredam yang diterapkan berbentuk peredam hidrolik dan baja yang memanfaatkan viskositas tolak dari bahan material sehingga dapat membuat bangunan kembali pada titik asalnya (lihat gambar 16).



Gambar 16
Bantalan Karet pada Sistem Peredam Seismik
Sumber: *Earthquake-Proof Buildings. US Patent No. 845.046.* 1907

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari pembahasan adalah kawasan pesisir pantai Watukarung membutuhkan penerapan mitigasi struktural sebagai berikut,

1. Pengolahan konsep zonasi dan lansekap bangunan diimplementasikan dalam bentuk kemudahan sirkulasi bagi masyarakat dan pengunjung di luar zona edukasi mitigasi;
2. Pengimplementasian bangunan yang adaptif terhadap bencana diterapkan dalam zona edukasi bencana yang dirancang dengan memiliki lantai evakuasi yang dapat menjadi titik kumpul pengunjung yang berada dalam massa;
3. Konsep struktur yang diterapkan berupa sistem *rigid frame* yang dikombinasikan dengan pengikat ujung atas kolom berupa batang karbon fiber yang menjuntai di luar massa bangunan dan ujung dasarnya tertanam pada pondasi strauss pile dengan kedalaman 6 meter;
4. Pola massa bangunan dan struktur planar diterapkan dalam upaya meredam gerakan seismik yang disebarkan tanah ke struktur hingga ke nol getaran;
5. Struktur redaman yang diterapkan dalam bangunan bertujuan untuk meminimalisir guncangan dari getaran gempa.

Saran dari perancangan ini adalah upaya pemaksimalan sistem mitigasi struktural sehingga dapat menahan bangunan pada suatu titik atau posisi sampai tingkat tertentu ini harus menerapkan pula sistem non struktural yang bekerja pasca terjadinya bencana.

REFERENSI

Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2012, Indeks Risiko Bencana Indonesia, Jakarta: BNPB

BAPPENAS, 2010, Rencana Aksi Nasional Pengurangan Risiko Bencana. Jakarta: Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana.

Edgar, D., 1940, Building a learning environment. Los Angeles: Phi Delta Kappa Educational Foundation dan Bloomington, Ind.

Japan Institute of Architect dan Japan Aseismic Safety Organitation (JASO), 2015, Earthquake-resistant Design for Architect. Tokyo: Brocade

MAPIPTEK, 2009, Survei dan Pemetaan Nusantara. Jakarta: BAKOSURTANAL

Suparno, M. Y. , 2009, Keterampilan Dasar Menulis. Jakarta: Universitas Terbuka

White, Gilbert F., 1974, Natural hazards, local, national, global, Oxford: Oxford University Press

Winarto, Y., Wiwik Setyaningsih, E., danYuliani, S.2018, Kawasan Wisata Ekologis Berkelanjutan Yang Tanggap Bencana di Pacitan, Jawa Timur. Jurnal Arsitektura 2019. Vol 17. No.1