

Tren desain arsitektur di indonesia yang mempengaruhi kerentanan bangunan terhadap gempa

Livian Teddy¹

¹Teknik Arsitektur/Indralaya, (0711-580645)/Universitas Sriwijaya, e-mail: livianteddy@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 May 2021

Received in revised form 2 June 2021

Accepted 10 June 2021

Available online July 2021

ABSTRACT

Indonesia is an earthquake-prone zone country. Many victims of life and material due to the earthquake that occurred in Indonesia. One of them is the result of the collapse of the building. Buildings in Indonesia should be designed to withstand earthquakes. The resistance of buildings to earthquakes is highly dependent on their geometric configuration which is closely related to form and space. With the development of the era, it also affects the architectural 'trend' favored by architects and clients. But without realizing this trend can affect the vulnerability of buildings to earthquakes. Design trends carried out by architects that can affect the vulnerability of buildings to earthquakes are: 1). Architectural styles that are developing in the world, 2). Transformation of the geometric form of the building, 3). Selection of building materials, 4). Placement of swimming pools on the roofs of high-rise buildings, and 5). Use of building modules.

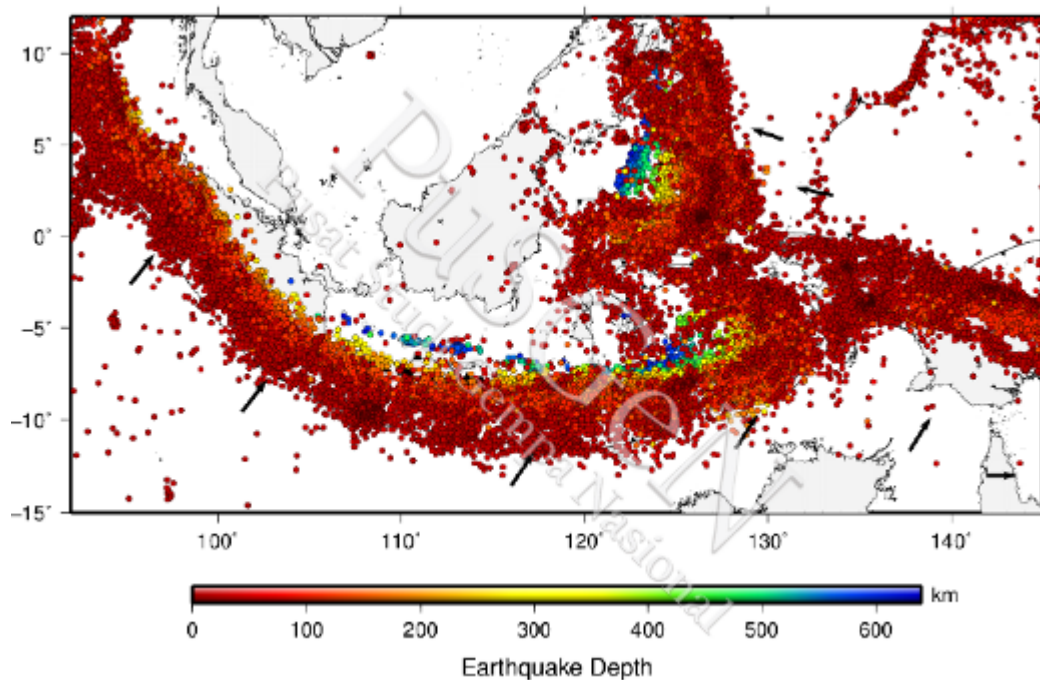
Keywords: Indonesia, earthquake, architectural trend

1. Pendahuluan

Baru-baru terjadi gempa skala M 6.2 di Sulawesi Utara. Gempa ini merupakan bagian kecil dari ratusan ribu gempa yang pernah terjadi di Indonesia (gambar 1). Sumber gempa di Indonesia tidak hanya bersumber dari lempeng-lempeng yang berada di dan sekeliling Indonesia seperti lempeng Eurasia, lempeng Indo-australia, lempeng Laut Filipina dan lempeng Pasifik tetapi juga patahan-patahan yang di darat dan lautan Indonesia seperti sesar Lembang, sesar Kendeng, sesar Semarang dan lainnya. Dan dengan kemajuan teknologi sumber-sumber gempa tersebut terus akan di temukan oleh para ahli gempa yang berarti potensi korban jiwa dan material kedepannya akan terus bertambah [1].

Bagaimana mengurangi potensi terjadinya korban jiwa dan material akibat gempa? Salah satunya dengan mendesain bangunan tahan gempa. Korban jiwa yang selalu terjadi pada saat gempa di Indonesia disebabkan banyak bangunan di Indonesia di desain tidak tahan gempa [2]. Korban jiwa lebih banyak disebabkan oleh keruntuhan bangunan dibandingkan oleh dampak gempanya secara langsung [3]. Ketahanan bangunan terhadap gempa sangat tergantung pada konfigurasi geometrinya dan konfigurasi geometri bangunan terkait erat dengan bentuk dan ruang [4]. Dengan berkembangnya jaman ternyata juga berpengaruh juga pada 'tren' arsitektur yang disukai arsitek dan klien. Tetapi tanpa disadari tren tersebut dapat mempengaruhi kerentanan bangunan terhadap gempa. Selanjutnya tren arsitektur apa saja dapat mempengaruhi secara signifikan ketahanan bangunan terhadap gempa di Indonesia?.

Received May 30, 2021; Revised June 2, 2021; Accepted June 10, 2021



Gambar 1. Data episenter gempa utama di Indonesia dan sekitarnya untuk magnituda $M \geq 5.0$ yang dikumpulkan dari berbagai sumber dalam rentang waktu tahun 1900-2016 (sumber : [1])

2. Tren Desain Arsitektur di Indonesia yang Memengaruhi Kerentanan Bangunan Terhadap Gempa

Apa yang didesain oleh arsitek pada bangunan bisa memengaruhi perilaku bangunan dalam menghadapi goyangan gempa. Kebiasaan-kebiasaan desain yang dapat memengaruhi kerentanan bangunan terhadap gempa yaitu :

2.1. Langgam Arsitektur

Indonesia juga tidak luput dari pengaruh langgam arsitektur yang berkembang di dunia. Langgam-langgam arsitektur tersebut, antara lain :

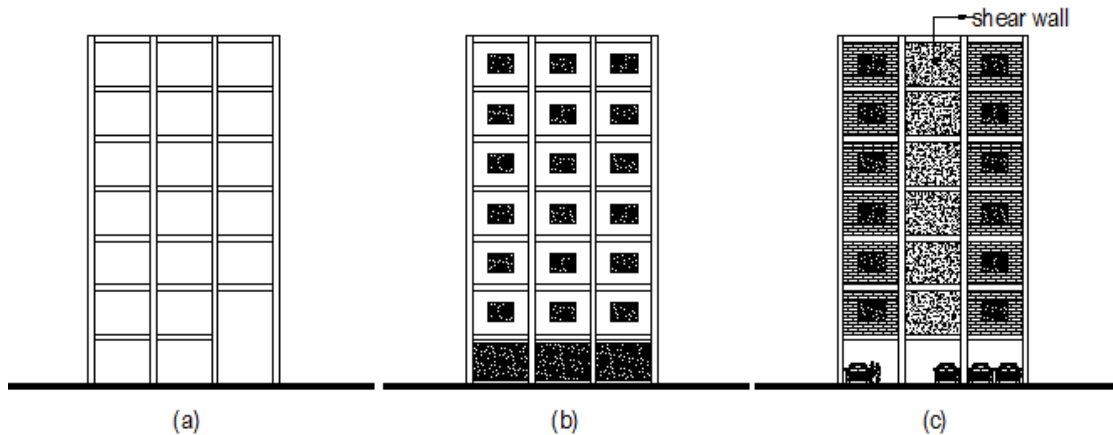
a. Arsitektur modern



Gambar 2. Karya Arsitektur Modern Le Corbusier Villa Savoy (sumber : [5])

Beberapa pengaruh arsitektur modern pada performa bangunan terhadap gempa yaitu (1) Pilotis, dengan mengangkat bangunan dari atas tanah dengan kolom (*pilotis*) sehingga memberi kesan “melayang” bangunan terhadap sekitarnya dan kesan mengalir (gambar 2).; (2) *Free design of the ground plan & free design of the façade*. Dengan menghapus dinding masif pada lantai

dasar, kolom lebih tinggi daripada kolom di atasnya, dibiarkan terbuka, dan bebas dianjurkan penggunaan dinding kaca seperti lobi hotel bank. Sedangkan lantai di atas ruangnya disekat-sekat dengan menggunakan dinding bata. Desain bangunan seperti ini dapat menimbulkan *soft story* akibat perbedaan kekakuan yang drastis lantai atas dan bawah dimana kekakuan lantai bawah lebih rendah dibandingkan lantai di atasnya. Sedangkan lantai bawah menerima gaya gempa yang paling besar dibandingkan lantai di atasnya [6].



Gambar 3. a). Lantai pertama lebih tinggi dibandingkan lantai lainnya atau sebagian lantai pertama menjadi *banking hall* dengan ketinggian 2 lt, b). Lantai pertama menggunakan dinding transparan, lantai kedua & ketiga menggunakan dinding masif, c). Lantai pertama terbuka untuk parkir dan dinding geser menerus pada lantai atas tetapi terputus pada lantai pertama.

b. Arsitektur post-modern

Bentuk bangunan yang kembali simetris. Terjadinya percampuran arsitektur masa kini dan masa lampau sehingga banyak menggunakan ornamen (gambar 4). Perubahan *style* seperti ini menguntungkan ketahanan bangunan terhadap gempa. Bangunan yang simetris berarti mengurangi potensi terjadinya puntir dan penggunaan ornamen dari bahan non struktural juga baik karena tidak mempengaruhi kekakuan bangunan [7].



Gambar 4. Kombinasi arsitektur modern dan arsitektur Bali.

c. Arsitektur dekonstruksi

Langgam arsitektur dekonstruksi berusaha menampilkan arsitektur “yang tidak biasa”, diluar dari norma-norma arsitektur dan struktur pada umumnya dengan bentuk yang abstrak dan kontras melalui permainan bidang serta garis yang simpang siur. Bangunan dengan arsitektur

Tren desain arsitektur di indonesia yang mempengaruhi kerentanan bangunan terhadap gempa
(Livian Teddy)

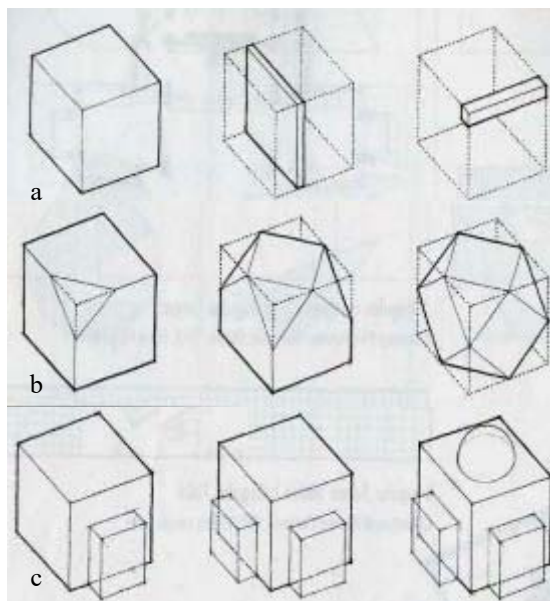
dekonstruksi cenderung *aseismic* (gambar 5). Untuk menjadikan *seismic resistant*, bangunan dengan langgam ini membutuhkan dana cukup besar sehingga jika diterapkan pada bangunan *low* atau *middle budget* sangat beresiko.



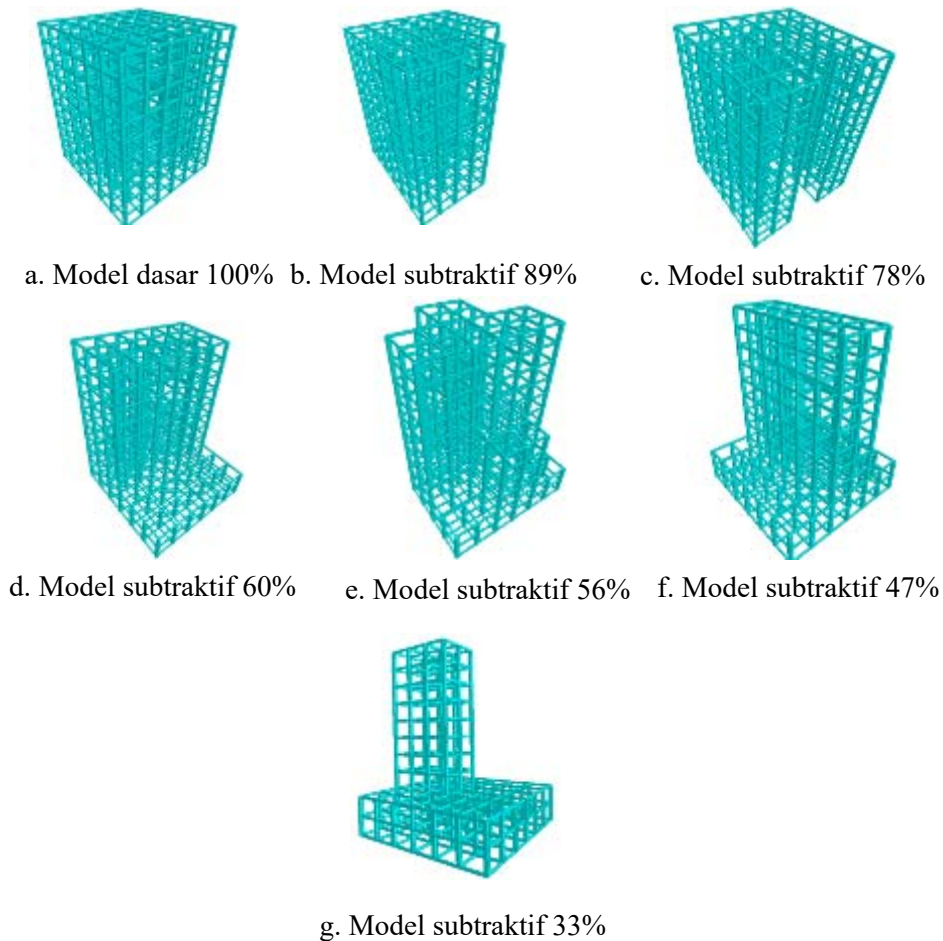
Gambar 5. Arsitektur dekonstruksi yang cenderung *aseismic*.

2.2. Transformasi bentuk

Dalam proses desain arsitektur dikenal proses *form finding* yaitu proses pencarian bentuk sampai akhirnya ditemukan bentuk yang sesuai. Biasanya dimulai dengan bentuk sederhana, kemudian dilakukan transformasi sehingga didapatkan bentuk yang lebih kompleks. Ada 3 macam bentuk transformasi [8], meliputi : 1). Dimensional yaitu merubah dimensi tetapi satu bentuk (gambar 6a), 2). Subtraktif yaitu merubah volume tetap satu bentuk atau bentuk lainnya (gambar 6b), dan 3). Aditif yaitu penambahan elemen tetap satu bentuk atau bentuk lainnya (gambar 6c).



Gambar 6. a). Transformasi dimensional, b). Transformasi subtraktif, c). Transformasi aditif (sumber :[8]).



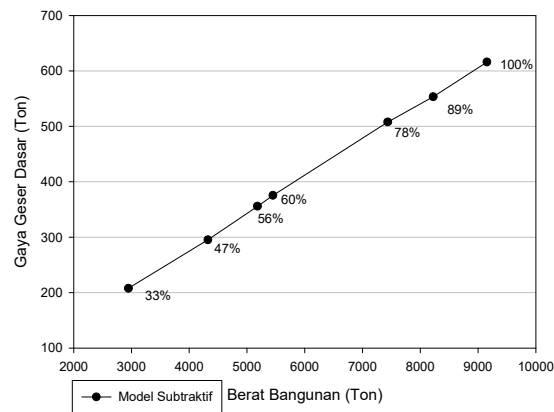
Gambar 7. Model dasar (100%) dan model subtraktif 89%, 78%, 60%, 56%, 47%, 33% (sumber : [9])

Pada proses transformasi ini biasanya arsitek lebih fokus pada aspek estetika saja. Padahal berdasarkan penelitian [9] perubahan dari bentuk dasar menjadi bentuk yang lebih kompleks mengakibatkan perubahan konfigurasi bangunan yang dapat memengaruhi respon struktur terhadap gempa, sehingga dalam mendesain bangunan arsitek perlu mempertimbangkan perubahan bentuk bangunan pada perubahan perilaku bangunan tersebut terhadap gempa (gambar 7).

2.3. Pemilihan material bangunan

Hal yang paling memengaruhi besar kecilnya gaya gempa yang datang pada bangunan yaitu kondisi seismik suatu tempat dan berat bangunan. Kondisi seismik suatu tempat di luar kendali manusia dan tergantung karakteristik geologi suatu tempat, tetapi untuk berat bangunan arsitek dan ahli struktur dapat mengontrolnya karena semakin berat bangunan semakin besar gaya gempa yang akan terjadi pada bangunan (gambar 8).

Berat bangunan tergantung berat struktur dan non struktur. Untuk mengurangi berat bangunan yang paling kemungkinan dapat dilakukan yaitu dengan berat non struktur. Sebaliknya, berat struktur sangat bergantung pada hasil perhitungan ahli struktur, misalnya dengan menggunakan material dinding (partisi) atau ornamen yang ringan dan relatif fleksibel. Selain mengurangi beban mati gedung juga tidak mengganggu kekakuan bangunan (gambar 9 dan 10).



Gambar 8. Berat bangunan Vs Gaya geser dasar gempa (sumber : [9]).



Gambar 9. Penggunaan sirip-sirip beton sebagai ornamen hias yang mempengaruhi kekakuan struktur utama bangunan (sumber : [10]).



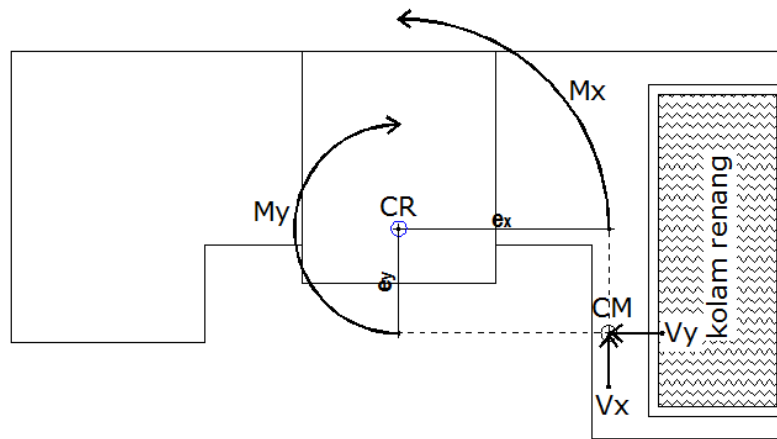
Gambar 10. Penggunaan sirip-sirip ACP sebagai ornamen hias pada bangunan.

2.4. *Swimming pool on roof top*

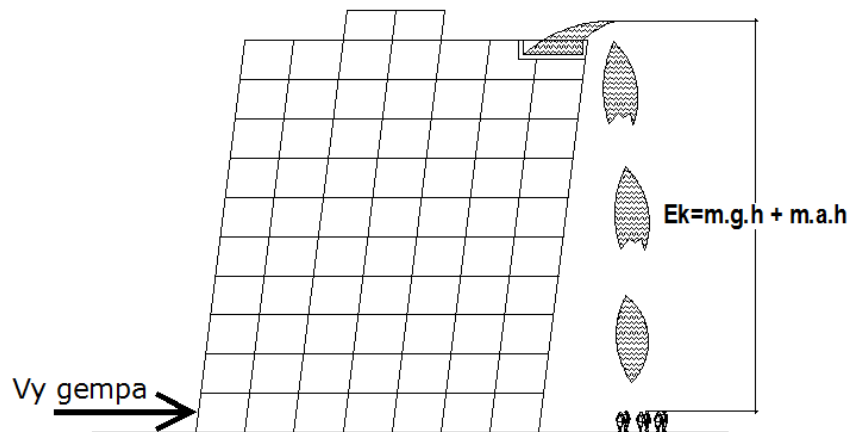
Perletakan kolam renang di atap gedung bertingkat > 3 lantai akan menimbulkan potensi *p-delta effect* atau efek pendulum dan perletaknya, jika tidak merata pada suatu lantai akan menimbulkan efek torsi atau puntir (gambar 11). Torsi terjadi akibat eksentrisitas (e_x dan e_y) akibat pusat massa (CM) dan pusat kekakuan (CR) tidak berimpit. Eksentrisitas tersebut akan semakin besar jaraknya jika bentuk bangunan tidak beraturan, sehingga ketika terjadi gempa (F_x & F_y) akan terjadi momen puntir (M_x dan M_y) dan hal tersebut sangat berbahaya bagi bangunan (gambar 12).



Gambar 11. Perletakkan kolam renang di sebagian *roof top* akan menimbulkan potensi *P Delta effect* dan *torsion effect*.



Gambar 12. Efek puntir pada perletakkan kolam renang di sebagian *roof top*

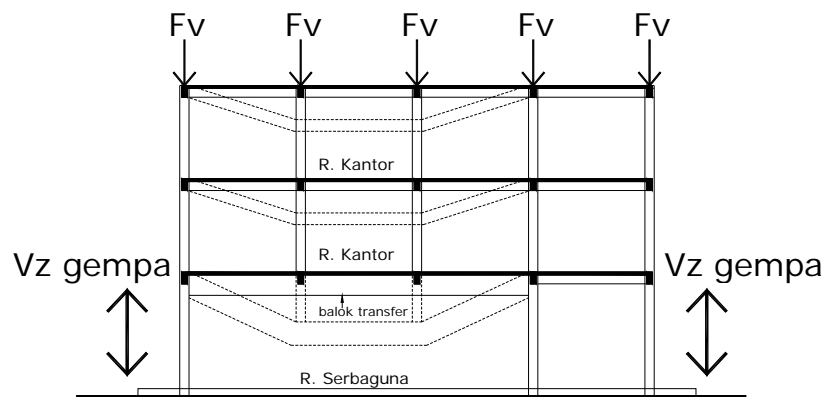


Gambar 13. Energi mekanik (E_k) jatuhnya air dari *roof top* merupakan kombinasi dari energi potensial ($m.g.h$) dan energi kinetik ($m.a.h$) dimana ; m =massa air, g =percepatan gravitasi, a =percepatan air akibat goyangan gempa dan h =tinggi air dari *roof top* ke *ground*.

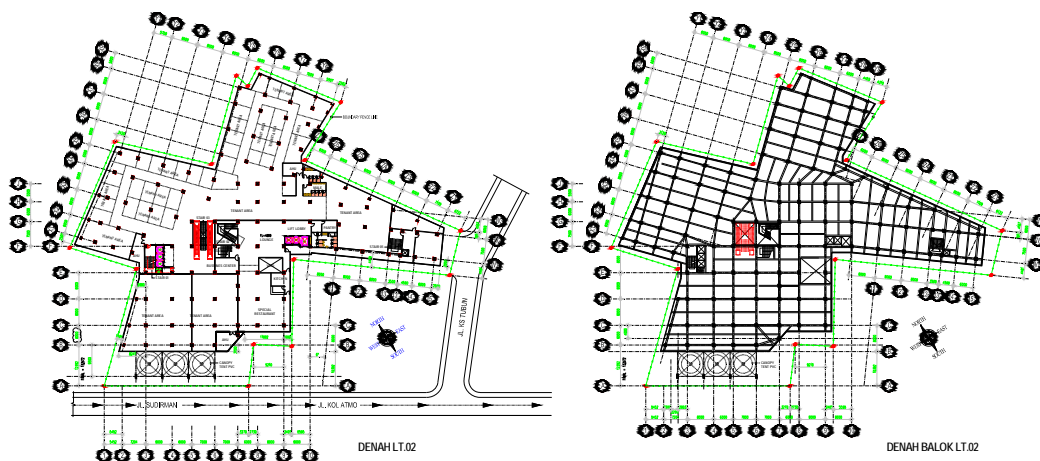
Hal lain yang mungkin tidak pernah terbayangkan arsitek dalam mendesain kolam renang di *roof top* terutama yang berada di pinggir bangunan bahwa akibat goyangan gempa air dari dalam kolam bisa keluar dan menimpa orang dibawahnya. Secara hukum fisika sederhana bahwa jatuhnya air menciptakan energi potensial akibat gravitasi dan energi kinetik akibat goyangan gempa (gambar 13). Jatuhan air akibat goyangan gempa pada kolam yang diletakkan di tanah dengan kolam yang diletakkan di lantai 5 energi kejatuhannya (energi mekanik) akan 20 kali lebih besar dan hal tersebut sangat membahayakan jika menimpa orang-orang dibawahnya. Untuk itu, Nathan Madutujuh [11] tidak merekomendasikan perletakkan kolam renang di *roof top* pada bangunan *middle rise* dan *highrise* di zona rawan gempa.

2.5. Penggunaan modul bangunan

Aktivitas manusia di dalam bangunan mewadahi di dalam ruang. Ruang dibentuk oleh modul-modul struktur yang biasanya disesuaikan dengan aktivitas dalam ruangan seperti retail, kantor, serbaguna, parkir, kolam renang, hunian, kelas dan lainnya. Gabungan aktivitas-aktivitas yang berbeda dalam satu gedung dapat mengakibatkan ketidakberaturan modul struktur (gambar 14).



Gambar 14. Penggunaan balok transfer dalam mengakomodasi r. serbaguna di lantai bawah akan meningkatkan potensi kegagalan lentur balok transfer akibat gempa vertikal.



Gambar 15. Bentuk ireguler bangunan dapat membentuk modul struktur yang ireguler juga.

Selain bentuk bangunan yang ireguler juga dapat menghasilkan susunan modul-modul struktur yang tidak beraturan (gambar 15). Ketidakberaturan modul struktur akan mengakibatkan terkonsentrasinya gaya gempa elemen-elemen struktur tertentu sehingga dapat mengakibatkan

kerusakan setempat dan efek torsi pada bangunan akibat pusat massa dan pusat kekakuan tidak berimpit.

3. Kesimpulan

Dari penjelasan diatas, tren desain yang dilakukan oleh arsitek yang dapat mempengaruhi kerentanan bangunan terhadap gempa yaitu :

- Langgam arsitektur yang berkembang di dunia
- Transformasi bentuk geometri bangunan
- Pemilihan material bangunan
- Perletakan kolam renang diatap bangunan tinggi
- Penggunaan modul bangunan

Tren desain diatas merupakan bagian kecil tren-tren lainnya yang mungkin berkembang di Indonesia tetapi paling tidak hal-hal diatas bisa menjadi '*early warning*' bagi arsitek dalam mendesain bangunan di zona rawan gempa Indonesia.

Referensi

- [1] PuSGen PGN. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Bandung: Puskim. 2017.
- [2] Boen T. Belajar dari Kerusakan akibat Gempa Bumi: Bangunan Tembokan Nir-Rekayasa di Indonesia. UGM PRESS; 2016.
- [3] Teddy L, Hardiman G, Nuroji, Tudjono S. The Soft Story Challenge to Architectural Design in Earthquake-Prone Areas. *J Kejuruter*. 2018;30(2):141–51.
- [4] Wangsadinata W. Arsitektur Sebagai Seni Struktur. In: Budihardjo E, editor. Pengaruh Budaya dan Iklim Dalam Perancangan Arsitektur. Bandung: PT. Alumni; 2009.
- [5] Ching FDK, Jarzombek M, Prakash V. A Global History of Architecture. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.; 2011.
- [6] Mezzi M. Enhancing the Seismic Performance of Existing “Pilotis” Configurations. In: IABSE Symposium Report. 2006. p. 10–7.
- [7] Arnold C. Architectural Aspects of Seismic Resistant Design. In: Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. Elsevier Science Ltd.; 1996.
- [8] Ching FDK. Arsitektur, Bentuk, Ruang dan Tatanan. Jakarta: Erlangga; 2008.
- [9] Teddy L, Hardiman G, Nuroji. Behavior Identification of Subtractive Transformation in Building Design Process Against Earthquake. In: Ohgai A, editor. The 10th International Symposium on City Planning and Environment Management in Asian Countries. Gowa: Asian Urban Research Group Kyushu University; 2016. p. 221–5.
- [10] Wilkinson SM, Alarcon JE, Mulyani R, Whittle J, Chian SC. The Padang Sumatra-Indonesia Earthquake of 30 September 2009. A F Rep by EEFIT. 2009;
- [11] Madutujuh N. Effects of Horizontal and Vertical Earthquake Accelerations to Rooftop Pool During Medium Earthquake. In: Sukamta D, Et.al., editors. Challenges in the Future. Jakarta: HAKI; 2015. p. 1–10.