

PERANCANGAN BANGUNAN TAHAN GEMPA

Oleh :

M. Ade Kurnia H, ST, MT

Dosen Univrsitas Simalungun, Pematang Siantar

ABSTRAK

Kekuatan dalam sistem struktur adalah bagian terpenting dalam bangunan. Salah satu penyebab kerusakan dan kehancuran struktur bangunan adalah terjadinya gempa bumi dengan kekuatan tertentu yang tidak diperhitungkan sebelumnya oleh perencana. Kerugian tidak saja berupa material akan tetapi hilangnya jiwa manusia merupakan kerugian yang tidak ternilai. Sering perencana, perancang atau seorang arsitek mengabaikan akibat-akibat fatal yang dapat timbul akibat gempa ketika merancang suatu bangunan, apakah yang menyangkut ketentuan peraturan gempa ataupun prinsip-prinsip dasar teori untuk menghindari kerusakan lebih besar dari akibat gempa. Dalam tulisan ini akan dijelaskan dasar-dasar pemikiran untuk bangunan tahan gempa yang diutamakan dan disarankan kepada para perancang pemula atau para arsitek praktisi yang lebih ditekankan dengan pendekatan arsitektural. Seluruh pemikiran ini didasarkan atas usaha mencari titik temu atau kompromi antara perancang dengan ahli struktur sehingga aspek estetika bangunan juga diperhatikan, sehingga antara kekuatan dan keindahan/estetika tercapai secara optimal dalam rancang bangun.

Kata kunci : *perancangan dan bangunan tahan gempa*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Untuk menahan gaya gempa yang bekerja pada sistem bangunan maka diperlukan struktur bangunan yang direncanakan berdasarkan peraturan-peraturan untuk perencanaan tahan gempa. Peraturan ini menganut falsafah atau prinsip dasar sebagai berikut : “Struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan jika terjadi gempa bumi dengan kekuatan ringan, Jika terjadi gempa bumi berkekuatan sedang atau menengah kerusakan struktur boleh terjadi terbatas pada kerusakan ringan dan dapat diperbaiki. Sedangkan jika terjadi gempa

bumi dengan kekuatan besar bangunan tidak boleh roboh, meskipun sudah mengalami kerusakan yang parah; sehingga korban jiwa manusia dikurangi meskipun terjadi kerusakan dan kerugian material”.

Dengan demikian bangunan memiliki falsafah perencanaan dengan mempunyai ambang kekuatan minimum yang wajar dan ekonomis. Jika bangunan dipersiapkan dengan kekuatan maksimum untuk menahan gaya gempa besar maka struktur yang dirancang akan mahal dan tidak ekonomis. Selain dari pada itu dimensi struktur akan lebih besar dan sangat berpengaruh terhadap ekspresi estetika bangunan. Filosofi perencanaan ini

berlaku untuk bangunan dengan pengembangan arah vertikal ataupun untuk sisten bangunan rendah.

1.2. Tujuan Penulisan

Penulisan makalah ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perancangan bangunan tahan gempa.

1.3. Metode Penulisan

Penulisan makalah ini menggunakan metode tinjauan literatur (*library research*).

2. URAIAN TEORITIS

Gempa bumi adalah sebagian dari proses alam yang membentuk permukaan bumi dan terbentuknya gunung, bukit dan lembah-lembah. Gempa bumi yang sering terjadi adalah gempa tektonik yaitu terlepasnya energi pada kerak bumi yang dilepaskan secara tiba-tiba sehingga menimbulkan arah gaya yang tidak beraturan/acak kesegala arah. Hal ini disebabkan terlepasnya tegangan akibat gesekan-gesekan tanah pada lipatan-lipatan pada kulit bumi tersebut terlepas. Gempa bumi sangat sering terjadi dimuka bumi akan tetapi sangat sedikit yang dapat dirasakan manusia karena gempa tersebut terlalu lemah.

Pada prinsipnya gaya gempa bekerja sebanding dengan berat massa bangunan dan dapat dirumuskan dengan hukum Newton ; $F = m \cdot a$ (m = massa bangunan, a = percepatan yang dihasilkan). Sehingga semakin berat massa bangunan semakin besar gaya gempa yang bekerja pada bangunan tersebut. Hal ini sangat

berpengaruh pada konsep dasar perencanaan bangunan untuk dapat bertahan terhadap gaya gempa yang timbul. Gaya gempa yang bekerja pada elemen struktur dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

Gaya Vertikal ; berpengaruh terhadap elemen bangunan pendukung gaya normal, seperti kolom-kolom, jenis balok kantilever dan dinding-dinding pendukung. Terutama pada bagian kantilever, gaya gempa vertikal ini sangat berpengaruh karena akan mengakibatkan ayunan pada pada kantilever tersebut. Akibat ayunan tersebut momen pada bagian ujung yang terikat menjadi sangat besar dan selanjutnya akan mengakibatkan pembalikan arah tegangan pada kantilever tersebut.

Gaya Horizontal ; bekerja pada bangunan akibat respons bangunan dan sistem pondasinya dan bukan disebabkan oleh percepatan gerakan tanah. Muatan gempa horizontal dianggap bekerja dalam arah sumbu-sumbu utama bangunan yang pada bangunan bertingkat tinggi gaya yang lebih menonjol adalah gaya-gaya dorong yang berasal dari tiap lantai. Gaya horizontal ini bekerja sebagai muatan lateral terpusat pada elemen-elemen pendukung vertikal seperti kolom-kolom dan dinding geser pada “core” atau pengkaku lateral lainnya (ikatan silang).

Penyaluran gaya gempa denganarah horizontal akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk atau “**deformasi**” yaitu karena terjadinya tegangan-tegangan pada seluruh bangunan terutama pada elemen-elemen pendukungnya.

Ada 4 jenis deformasi yang terjadi pada struktur bangunan akibat gaya horizontal :

1. Deformasi Lentur

Terjadi pada struktur bangunan yang mempunyai massa yang terbagi rata. Misalnya ; bangunan-bangunan dengan komposisi dinding-dinding masif dan solid antara lain seperti dinding geser (shear wall), dinding pendukung beban vertikal (bearing wall). Pada dasarnya terjadi pada bangunan yang dipenuhi oleh elemen-elemen dinding yang struktural seperti pada sistem core, dimana hampir seluruh dinding core dibungkus oleh dinding/elemen masif. Akibat langsung adalah adanya bagian sisi bangunan yang mengalami gaya tekan dan dibagian sisi lainnya mengalami gaya tarik. Bangunan terlihat “melentur”.

2. Deformasi Geser

Terjadi akibat getaran horizontal kolom-kolom bangunan bertingkat banyak disertai dengan sistem plat lantai yang kaku. Umumnya terjadi pada sistem struktur rangka baja yaitu dimana plat-plat lantai kaku (sebagai diafragma) sedangkan sistem rangka, yaitu pertemuan elemen rangka dan sambungan-sambungan rangka kurang kaku. Struktur bangunan terlihat “doyong”.

3. Deformasi Torsi

Terjadi akibat “twisting” dari massa bangunan yang mempunyai kekakuan yang berbeda sebagai satu kesatuan. Misalnya pada bangunan dengan banyaknya perbedaan distribusi kekakuan pada bagian-bagiannya. Bangunan terpatah-patah pada arah vertikal. Setiap bagian

bangunan mempunyai reaksi yang berbeda-beda.

4. Deformasi Guling “Over Turning”

Terjadi efek guling akibat bagian dsar bangunan jauh lebih kaku dari bagian diatasnya. Sebagai contoh pada bangunan-bangunan dengan sistem balok-balok transfer yang kuat dan sangat kaku; pada podium-podium yang sangat kokoh, sementara bagian bangunan yang menjulang tinggi tidak menyatu utuh dengan dasarnya atau dudukannya.

Pada umumnya dalam suatu kejadian terdapat hanya satu jenis deformasi saja yang lebih dominan, walaupun dalam kejadian tersebut terdapat lebih dari satu jenis deformasi. Sebaiknya dalam merancang dan mendisain sistem struktur khususnya bangunan tinggi, kekakuan dan kekuatan pada massa bangunan harus diusahakan selalu menerus dengan utuh atau kontinuitas sistem struktur harus terjaga, baik untuk kontinuitas elemen vertikal ataupun elemen horizontal.

Pengaruh gaya gempa dengan arah vertikal pada umumnya sudah diantisipasi oleh kekuatan sistem kolom-kolom pada bangunan yang memang diperhitungkan untuk gaya-gaya normal atau beban gravitasi, sehingga tidak berpengaruh besar terhadap deformasi yang akan terjadi.

3. PEMBAHASAN

3.1. Masa Bangunan

Berat masa bangunan diusahakan atau harus seringan mungkin ; pemilihan

bahan utama struktur, bahan finishing seringan mungkin. Hal ini untuk mengantisipasi kemampuan daya dukung tanah selain faktor jumlah lantai dan ketinggian bangunan. Dengan material ringan yang digunakan kemungkinan meninggikan bangunan atau menambah jumlah lantai lebih menjadi lebih besar.

Sedapat mungkin dihindarkan adanya massa –massa yang berat dalam bangunan terutama dibagian atas bangunan. Jika ada bagian-bagian atau benda-benda yang berat sebaiknya ditempatkan serendah mungkin, misalnya perletakan peralatan mekanikal elektrik, reservoir air.

Kurangi penonjolan-penonjolan yang berlebihan atau tidak diperlukan, seperti loncatan bidang muka (set-back), kantilever, tonjolan (over-steck) pada masa bangunan. Terlebih jika bangunan ini dirancang untuk massa bangunan tinggi.

Proporsi atau perbandingan ideal antara ketinggian bangunan terhadap lebar massa bangunan kurang lebih 4 (tinggi berbanding lebar) sehingga diperoleh proporsi estetika yang relatif masih baik. Pada perkembangan perencanaan bangunan tinggi angka perbandingan ini menjadi lebih relatif dan cenderung lebih besar diatas 4 dengan ditemukannya sistem dan bahan struktur yang lebih canggih.

3.2. Kekakuan

Bangunan harus diberikan kekakuan secukupnya, sehingga gaya inersia $F = m.a$ yang terjadi tidak besar dan lendutan atau simpangan (deviasi/sway-drift) antar tingkat bangunan

/lantai bangunan masih terletak pada batas yang dizinkan.

Apabila kekakuan bangunan sangat kecil, maka pada saat tanah bergerak akibat gempa bangunan praktis tidak mengalami percepatan atau tidak terbawa untuk bergerak, bangunan lebih terasa mengayun secara fleksibel atau dengan istilah bangunan lebih elastis. Bangunan yang demikian dikatakan memiliki respons yang kecil terhadap gempa. Apabila kekakuan bangunan sangat besar, maka massa bangunan akan dipaksa untuk mengikuti sepenuhnya pergerakan tanah, sehingga percepatan yang dialami bangunan akan praktis sama percepatan tanah. Bangunan yang demikian dikatakan mempunyai respons yang besar terhadap gempa.

Optimasi yang ideal adalah gabungan komposisi kedua prinsip diatas dalam batas yang diizinkan dengan tidak terlalu kaku dan tidak terlalu lentur. Dalam hal ini material struktur, sistem sambungan struktur sangat berpengaruh terhadap pergerakan massa bangunan.

3.3. Redaman

Sifatnya melawan gaya inersia yaitu gaya yang timbul akibat massa bangunan mengalami percepatan $F = m.a$ yang besar kecilnya tergantung dari bahan yang dipakai, bentuk struktur, sifat tanah dan sifat getaran yang dialami.

Dalam perkembangan teknologi struktur bangunan tahan gempa telah digunakan peredam mekanis yaitu berupa peredam dari logam yang cukup lunak atau sejenis karet yang dipasang pada landasan

bangunan dan kolom-kolom serta landasan balok sebagai bantalan.

Bangunan dengan dinding –dinding geser dan bagian non-struktur seperti cladding, partisi yang berat akan memberikan redaman yang lebih besar dari pada bangunan-bangunan portal terbuka dengan bagian-bagian non-struktur yang ringan. Getaran akan lebih besar diredam oleh bangunan diatas pasir dari pada yang berdiri diatas tanah liat atau lempung.

Pada prinsipnya redaman itu adalah penghapusan energi getaran yang kemudian diserap oleh bahan yang digunakan dan diubah menjadi energi panas.

3.4. Kekuatan

Pada prinsipnya struktur diberi kekuatan secukupnya, sehingga akibat gempa berkekuatan sedang struktur tersebut tetap elastis tanpa mengalami kerusakan struktur, tetapi kerusakan elemen non-struktural dapat diterima, misalnya untuk gempa bumi dengan periode waktu ulang 20 tahun.

Akibat gempa kuat struktur bangunan secara keseluruhan harus masih dapat bertahan tanpa runtuh walaupun sudah terjadi kerusakan pada bagian struktur maupun non-struktur. Misalnya untuk gempa besar dengan waktu ulang 500 tahun.

Sendi-sendii plastis sebaiknya terjadi pada balok dan bukan pada kolom sehingga keruntuhan balok bisa diterima akan tetapi keruntuhan total struktur bangunan seperti kolom/pilar dapat dihindari.

3.5. Duktilitas

Duktilitas dapat diartikan kekenyalan, kelenturan, atau keplastisan suatu sistem struktur. Besar kecilnya duktilitas didalam struktur bangunan sangat bergantung pada detail-detail unsur-unsur bangunan terutama didalam sambungan-sambungannya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada bagian ini adalah :

- Sistem sambungan pada elemen struktur vertikal maupun horizontal sangat menentukan faktor duktilitas.
- Salah satu syarat mutlak untuk tercapainya duktyilitas yang tinggi adalah kolom-kolom harus lebih kuat dari pada balok-balok sehingga sendi plastis selalu akan terjadi dalam balok dan tidak pada kolom struktur.
- Kemungkinan terjadinya sendi plastis pada portal-portal terbuka adalah lebih besar dari pada dinding geser. Hal ini dimungkinkan sistem portal mempunyai duktilitas yang lebih tinggi dari pada dinding geser.

Pemecahannya adalah dengan mendisain kekuatan kolom struktur lebih besar dari kekuatan balok. Jika dalam segi arsitektural balok-balok tinggi dibutuhkan sebaiknya rencanakan sitem balok tersebut dengan pra-cetak. Hal ini dimungkinkan sambungan pra-cetak tidak terlalu kaku atau “rigid” sehingga dapat berfungsi sebagai sambungan sendi.

Struktur Fleksibel

Keuntungan :

- Cocok untuk daerah yang mempunyai waktu getar pendek dan bangunan dengan waktu getar panjang.
- Mudah untuk mencapai duktilitas yang tinggi.
- Analisa strukturnya mudah.

Kerugian :

- Responsnya besar bila dibangun di daerah yang waktu getarnya panjang (long period).
- Kerangka beton bertulang sulit dalam penulangannya.
- Bagianbagian non-struktur sulit penyelesaian detailnya.

Struktur Kaku

Keuntungan :

- Cocok untuk daerah yang panjang waktu getarnya.
- Penulangan betonnya mudah (dengan shear wall).
- Bagian non-struktur detailnya mudah.

Kerugian :

- Respons tinggi di daerah atau tanah dengan waktu getar pendek.
- Duktilitasnya sulit dihitung.
- Analisanya tidak begitu mudah.

3.6. Pengaruh Kolom Pendek

Hal ini merupakan variasi dari konfigurasi susunan kolom lemah dan balok kuat. Kasus kolom pendek atau kolom langsing umumnya terjadi pada disain bangunan dengan konsep atrium atau konsep bangunan dengan hal penerima

yang memerlukan ruang penerima besar, pintu masuk utama gedung dimana disain memerlukan ruang luas dan tinggi, sehingga terbentuk kolom-kolom struktur bangunan lebih tinggi. Sedangkan kasus kolom pendek dapat terjadi dikarenakan bangunan dibangun diatas tanah miring atau bertrap, sehingga ada kolom lebih pendek dan ada yang lebih tinggi pada bagian dasar bangunan.

Permasalahannya adalah kolom-kolom pendek umumnya akan mengalami keruntuhan geser yang getas dan bukan keruntuhan lentur yang duktail. Pemecahannya adalah dengan memisahkan kolom-kolom pendek dari dinding pengisi atau dinding struktur.

Dalam kasus kolom pendek pada tanah miring dapat dipecahkan dengan cara diberi kanya sambungan yang dapat bergerak sehingga dapat terjadi keseimbangan pergerakan antara kolom langsing dengan kolom pendek.

Perlu diketahui bahwa jika perbandingan panjang dua buah kolom 1 : 2 maka beban yang akan diterima pada kolom pendek berpangkat tiga dari angka perbandingan tersebut yaitu 8 kali lebih besar dari beban yang sama yang diterima kolom yang lebih langsing. Atau dengan kata lain kekakuan kolom yang lebih panjang dua kali adalah $1/8$ dari kekakuan kolom pendek. Oleh sebab itu distribusi penerimaan beban dan kekakuan dapat dipengaruhi panjang pendeknya kolom struktur.

3.7. Sifat Liat (Toughness)

Untuk menghasilkan bangunan yang kuat terhadap perilaku gempa, bangunan itu harus mempunyai kekuatan dan duktilitas yang kuat. Kombinasi sifat kuat dan duktilitas dari bangunan dinamakan sifat liat (toughness) dari bangunan. Semakin tinggi sifat liat dari bangunan semakin baik perilakunya terhadap gempa.

Keliatan sangat dipengaruhi oleh bahan dan jenis struktur bangunan yang dipakai. Untuk bangunan tinggi material baja dan beton bertulang yang dicor setempat adalah yang paling cocok untuk bangunan tahan gempa. Sedangkan untuk bangunan dengan ketinggian sedang bahan dan sistem struktur menuurut kecocokan adalah ; pertama adalah baja, kedua beton bertulang dengan dicor setempat, ketiga beton pracetak yang direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, keempat beton pra-tekan, dan kelima tembok (hollow blocb) dengan tulangan/reinforced masonry.

Sistem beton pra-cetak penuh, untuk ketahanan terhadap gempa kurang cocok disebabkan karena dalam sistem pra-cetak sulit untuk mendapatkan struktur yang monolit atau menerus dengan duktilitas yang tinggi. Dalam sistem pra-cetak sedikit lebih sulit untuk memperoleh sambungan-sambungan yang monolit.

3.8. Bentuk Geometri

Untuk lebih aman dalam merespons gempa pada bangunan, disarankan bentuk-brntuk gubahan massa bangunan lebih sederhana dan simetrik. Bangunan

sebaiknya simetrik dalam hal kekakuan , kekuatan, dan pembagian komposisi massa. Hindari konfigurasi massa bangunan yang sulit, hal ini disebabkan gempa akan menyerang bagian-bagian dari bangunan yang lemah dari segi struktur.

Perilaku bangunan secara keseluruhan terhadap gempa akan jauh lebih besar apabila bentuk massa bangunan dan strukturnya rumit jika dibandingkan dengan bentuk-bentuk yang lebih sederhana dan geometrik sempurna. Selain dari pada itu pekerjaan detail-detail pada bangunanyang lebih sederhana jauh lebih baik dan mudah jika dibandingkan dengan sistem struktur yang lebih rumit atau dengan bentuk-bentuk yang tidak beraturan (irregular form).

Bentuk-bentuk yang tidak simetris sebaiknya dihindarkan karena menimbulkan momen-momen puntir horizontal akibat adanya “eksentrisitas” antara titik berat massa dengan titik berat/pusat kekakuan.

3.9. Kompatibilitas

Pada pasal ini sebaiknay bagian-bagian bangunan yang berbeda dalam kekakuan dan massanya harus dipisahkan satu terhadap lainnya, karena pada perbatasannya sulit diusahakan kompatibilitas perubahan bentuk/deformasi yang seragam sehingga untuk menghindari benturan satu massa bangunan dengan dengan bagian lainnnnya sistem struktur harus dipisahkan dengan celah pemisah (delatasi)

Celah pemisah atau sistem delatasi harus cukup untuk menghindari

bertubruknya bagian-bagian bangunan yang berbatasan terhadap waktu getar gempa.

Hindari bentuk massa bangunan atau denah yang terlalu panjang sebab pada bangunan panjang kemungkinan adanya pergerakan yang berbeda secara bersamaan akibat gerakan tanah lebih besar (lebih berbahaya) jika dibandingkan massa bangunan yang pendek atau gempal./kompak.

3.10. Kontinuitas

Dalam sistem struktur harus diberikan kesinambungan (kontinuitas) kekakuan dan kekuatan yang merata pada massa bangunan. Hindari tonjolan-tonjolan, lekukan-lekukan, atau set-back pada massa bangunan yang dirancang.

Pada pasal ini butir pokok yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Unsur pemikul beban kolom dan dinding harus tersebar merata, modular dan beraturan dan seragam.
2. Semua kolom dan dinding harus menerus (kontinu) dan sentris dari atap hingga ke pondasi serta hindari eksentrisitas dalam pembebanan.
3. Unsur-unsur atau elemen-elemen pokok struktur tidak berubah penampang secara mendadak. Hal ini dapat menimbulkan efek lantai lemah “**soft storey**”.
4. Unsur-unsur penahan beban lateral harus diletakkan atau sedekat mungkin pada batas keliling bangunan. Hal ini untuk merespons beban/gaya lateral pada sisi kulit atau perimeter bangunan sehingga komponen struktur yang ada ditengah massa bangunan tidak terlalu dibebani.

3.11. Kontinuitas Struktur dan *Soft Storey*

Lantai lemah atau “soft storey” adalah suatu disain bangunan dimana ada beberapa bagian lantai tertentu memiliki kekuatan dan kekakuan berbeda, sehingga sangat berbahaya terhadap beban gempa dan bangunan akan terancam runtuh. Kasus ini adalah kasus yang sangat sering ditemui dari runtuhan-runtuhan bangunan akibat gempa yang terjadi dimuka bumi dan dinegara manapun.

Konsep lantai lemah ini adalah persoalan struktur yang selalu diperdebatkan antara kepentingan kekuatan struktur dengan estetika dan fungsi ruang arsitektur. Pada prinsipnya arsitek dalam merancang bangunan tinggi memerlukan ruang penerima pada lantai dasar bangunan yang akan difungsikan sebagai hal penerima, lobby atau tempat pintu masuk utama. Pada bagian ini sering terjadi sirkulasi manusia yang lebih padat sehingga arsitek perlu membuka lantai dasar lebih lebar untuk memberikan keleluasaan ruang gerak manusia dengan membukadinding atau kulit bangunan yang lebih transparan Namun akibatnya bagian ini menjadi berkurang kekakuannya .

Selain itu ada kekeliruan dalam menerapkan konsep ini yaitu bahwa dahulu dipertimbangkan soft storey ditingkat paling bawah akan menguntungkan karena dapat berfungsi sebagai isolasi bagi penyebaran pengaruh gerakan tanah akibat gaya gempa untuk menjalar ketingkat yang lebih atas (gaya gempa bergerak dari struktur bawah ke bagian struktur atas).

Dalam kenyataannya akibat gempa yang terjadi pada sistem struktur yang memiliki lantai lemah justru runtuh total. Hal ini merobah cara pemecahan struktur bangunan dikemudian hari terutama pada bagian bawah bangunan (lantai dasar).

Efek soft storey dapat diakibatkan juga oleh adanya dinding-dinding struktural, dinding beton pengisi rangka, tembok/masonry yang tidak menerus sampai kesistem pondasi (bawah dari bangunan) dengan demikian kekuatan bangunan pada bagian bawah tidak sekuat bagian diatasnya, terjadilah lantai lemah pada dasar bangunan. Meskipun pada lantai dasar diberikan balok-balok transfer berukuran besar akan tetapi konsep ini kurang tepat diterapkan didaerah berkekuatan gempa besar.

Konsep atrium atau ruang-ruang lebar dengan membuka lantai bangunan pada bagian tengah bangunan, vide, void, dsb. adalah sama dengan memotong diafragma horizontal struktur bangunan sehingga dapat mengurangi kekuatan struktur bangunan secara keseluruhan. Dengan kata lain jika arsitek ingin menerapkan konsep ini harus membayar mahal dalam kekuatan strukturnya.

4. PENUTUP

1. Dalam merancang bangunan tinggi atau rendah pengetahuan sistem struktur bagi seorang arsitek sangat diperlukan untuk mengurangi kesalahan yang dapat merugikan manusia baik material maupun jiwa manusia.
2. Kerja sama yang terorganisir antara berbagai disiplin ilmu sangat

diperlukan terutama ketika diperlukan pengambilan keputusan yang menyangkut nilai ekonomis ataupun kekuatan bangunan.

3. Dengan dijelaskannya butir-butir penuntun untuk merancang bangunan tahan gempa sebagai tip untuk arsitek diharapkan perbedaan filosofis antara kepentingan estetika dan fungsi bagi seorang arsitek dengan ahli struktur dapat dipersempit atau dicarikan titik temu.
4. Meskipun usulan ahli struktur menginginkan kriteria tersebut diatas agar diterapkan oleh arsitek secara praktis sangat banyak dijumpai bangunan-bangunan tinggi yang melanggar ketentuan tersebut meskipun harus dibayar dengan mahalnya biaya struktur untuk menutupi kelemahan sistem struktur.
5. Perlu dipahami bahwa masih banyak dijumpai kerusakan vatal pada bangunan akibat gempa di belahan muka bumi ini seperti, Taiwan, Turki, Negara Eropa Timur, Mexico, dan hal ini sangat mungkin terjadi di Indonesia untuk beberapa daerah tertentu seperti Liwah Lampung, Sukabumi, tarutung Sumatra Utara, dsb. dimana pusat-pusat sumber gempa sangat dekat dengan daerah tersebut.
6. Diperlukan disiplin tinggi dalam pengawasan atau kontrol dilapangan terhadap disain-disain bangunan yang kurang memperhatikan peraturan bangunan tahan gempa yang berlaku di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Council on Tall Buildings & Urban Habitat
 , “Development in Tall Buildings”,
 Van Nostrand Reinhold, New York,
 1983.
- Lagorio, Hendry J., “Earthquakes: An
 Architect’s Guide to Nonstructural
 Seismic Hazards, John Wiley & Sons
 Inc., New York, 1990.
- Lin, T.Y., “Structural Concepts and
 Systems for Architects and
 Engineers, Van Nostrand Reinhold,
 New York, 1988.
- Naeim, Farzard, “The Seismic Design
 Handbook”, Van Nostrand Reinhold,
 New York, 1989.
- Schodek, Daniel L. “Structure”, Prentice
 Hall, New Jersey, 1980.
- Schueller, W. “ The Vertical Building
 Structure”, Van Nostrand Reinhold,
 New York, 1990.
- Schueller, W. “High Rise Building
 Structure”, John Wiley & Sons Inc.,
 New York, 1977.
- Schueller, W. “Horizontal-Span Building
 Structure”, John Wiley & Sons Inc.,
 New York, 1989.