

## EVALUASI KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA DI INDONESIA Pinondang Simanjuntak<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia

Email: : [pinondang.simanjuntak@uki.ac.id](mailto:pinondang.simanjuntak@uki.ac.id)

Masuk:28-02-2020, revisi: 9-03-2020, diterima untuk diterbitkan: 22-04-2020

### ABSTRAK

Bangunan Tahan Gempa adalah kebutuhan mutlak bagi masyarakat Indonesia karena termasuk rawan resiko Gempa. Pengalaman kajain survey kerusakan bangunan akibat gempa menunjukkan bahwa setiap kejadian gempa di Indonesia banyak menelan kerugian material dan korban jiwa. Karena itu perlu pemahaman tentang konsep bangunan tahan Gempa pada masyarakat dan prkatisi konstruksi bangunan. Secara umum ada empat komponen yang mempengaruhi kinerja bangunan tahan Gempa: Kekuatan, Kekakuan, Daktilitas dan Konfigurasi struktur bangunan. Ke empat komponen ini perlu disosialisasikan untuk dipahami secara benar sehingga masyarakat mengerti tentang konsep bangunan tahan Gempa. Berdasarkan pengamatan kerusakan bangunan akibat gempa di berbagai daerah dan dibandingkan dengan standard dan konsep bangunan tahan Gempa maka dapat ditunjukkan bahwa kegagalan struktur bangunan terjadi karena detail sambungan elemen struktur tidak baik dan konfigurasi kekakuan struktur tidak merata yang mengakibatkan elemen elemen struktur bangunan tidak menjadi satu kesatuan yang kokoh dan kompak. Pada tulisan ini akan diuraikan dasar-dasar bangunan tahan gempa sesuai dengan konsep teori dan standard SNI 03-1726-2012 dan di bandingkan dengan pola kerusakan yang terjadi pada elemen struktur bangunan akibat gempa. Perbandingan teori dengan kerusakan bangunan hasil survey menunjukkan bahwa pada umumnya kerusakan yang terjadi adalah karena pelaksanaan bangunan dilapangan tidak sesuai dengan konsep teori dan standard bangunan tahan gempa yang sudah dimuat pada peraturan bangunan tahan Gempa SNI 03-1726-2012. Untuk itu disarankan perlu dilakukan program sosialisasi dan pelatihan pembuatan bangunan tahan gempa kepada masyarakat dan kepada para praktisi bangunan khususnya para tukang dan mandor. Diharapkan pelaksanaan program tersebut dapat mengurangi resiko kerugian materi dan korban jiwa akibat Gempa di Indonesia.

**Kata kunci: Tahan gempa; Kekuatan; Kekakuan; Daktilitas; Konfigurasi struktur bangunan.**

### ABSTRACT

Earthquake Resistant Building is the main requirement for Indonesian people because Indonesia is earthquake risk prone. Surveying showed that every earthquake in Indonesia caused many material losses and fatalities. Therefore the concept of earthquake resistant building is the main requirement for community and building construction practices. There are four components that affect the performance of earthquake resistant buildings: Strength, Stiffness, Ductility and Configuration of building structures. These need to be socialized to be understood correctly so that people understand the concept of earthquake resistant buildings. Based on the observations in various regions and compared to earthquake resistant building standards and concepts, it can be shown that the failure of building structures occurs due to the poor connection details of the structural elements and structural rigidity configuration of structure elements are not in a single entity, sturdy and compact. This paper discibes some of the basics theory of earthquake resistant and standards of SNI 03-1726-2012 and it compared to the pattern of damage of the structural elements due to earthquake. Comparison of that theory to the survey results show that the damage is due to the implementation in the field is not the same as result of the concept of theory and standards of earthquake resistant buildings regulations SNI 03-1726-2012. For this reason, it is recommended to conduct a socialization program and training in the construction of earthquake-resistant buildings to the community and to building practitioners, especially the builders and foremen Hopely that the implementation of the program can reduce the risk of material and life loss due to the earthquake in Indonesia.

**Keywords: Earthquake resistance; Stiffness; Strength; Ductility and Configuration of building structures**

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah termasuk wilayah yang rawan terhadap gempa, karena berada di atas pertemun tiga lempeng, yaitu Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia yang setiap saat dapat saling bertubrukan sehingga menghasilkan gempa tektonik. Walaupun kejadian gempa tidak dapat di prediksi, namun dampak yang ditimbulkan dapat diminimalisir jika dipahami cara membuat bangunan tahan gempa. Berdasarkan hasil survey kerusakan bangunan akibat gempa di berbagai wilayah Indonesia seperti Gempa Aceh 26 Desember 2004, Gempa

Sumatera Barat 30 September 2009, Gempa Jogjakarta 26 Mei 2006. Gempa Lombok 29 Juli 2018, Gempa Sulteng 30 September 2018, dll ditemukan banyak bangunan rusak berat dan runtuh yang menimbulkan banyak kerugian ekonomi dan korban jiwa pada masyarakat.

Fakta tersebut menunjukkan bahwa evaluasi kerusakan bangunan akibat gempa di Indonesia adalah penting dilakukan untuk menemukan model struktur bangunan tahan gempa khususnya bangunan rumah tinggal yang memiliki kapasitas dan kinerja baik sesuai dengan kondisi Indonesia. Hasil survey di berbagai daerah menunjukkan bahwa bangunan yang mengalami kerusakan berat dengan jumlah terbesar adalah bangunan rumah tinggal dan pola kegagalan struktur bangunan terjadi pada sambungan balok kolom, sambungan angkur dinding dengan struktur dan konfigurasi bangunan tidak simetri. Hasil survey tersebut dapat melengkapi pengetahuan dan pemahaman yang baik tentang perilaku bangunan terhadap gempa. Pada tulisan ini akan dibahas konsep teori gaya gempa dan standard SNI 03-1726-2012 untuk dibandingkan dengan pola kerusakan struktur bangunan dari hasil survey. Perbandingan teori dan SNI 03-1726-2012 menjadi evaluasi dan pembahasan untuk memahami penyebab utama kerusakan bangunan akibat gempa di Indonesia.

## **1. TINJAUAN TEORI**

### **2.1. Efek Gaya gempa pada bangunan**

Gaya gempa terjadi karena pengaruh getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba. Getaran tersebut menciptakan gelombang seismik dan menimbulkan kerusakan pada bangunan di atasnya seperti rumah tinggal dan bangunan fasilitas lainnya. Jenis gempa bumi ini adalah gempa tektonik dan beresiko memunculkan gaya yang tidak beraturan/acak kesegala arah pada bangunan.

Gaya yang dihasilkan adalah gaya dinamik yang disebut Gaya gempa. Gaya gempa tersebut berbanding lurus dengan massa bangunan dan percepatan gempa di permukaan tanah dimana bangunan itu berada. Hukum Newton merumuskan bahwa besar gaya gempa adalah  $F = m \cdot a$  ( $m$  = massa bangunan,  $a$  = percepatan tanah yang terjadi). Pada rumus ini ditunjukkan ada dua parameter yang menimbulkan perubahan pada gaya  $F$  yaitu massa bangunan dan percepatan tanah. Massa bangunan dapat kita kendalikan melalui berbagai pilihan material yang sesuai sedangkan percepatan gempa pada permukaan tanah tidak bisa dikendalikan. Konsep ini adalah dasar utama untuk mengendalikan besar gaya gempa terhadap bangunan.

Pada perhitungan struktur bangunan gaya gempa dibedakan dengan dua macam, yaitu :

#### **a. Gaya Vertikal**

Gaya vertikal membebani arah vertikal pada elemen struktur bangunan. Gaya ini dapat merusak kolom, balok kantilever dan dinding geser karena adanya beban ekstar searah vertikal terutama pada elemen struktur kantilever karena dapat menimbulkan terjadinya momen dan geser ekstra besar di daerah tumpuan jepit. Gaya vertikal terjadi bolak balik sehingga menimbulkan terjadi tegangan dua arah pada penampang balok.

#### **b. Gaya Horizontal**

Gaya horizontal adalah akibat adanya respons bangunan dan sistem pondasinya terhadap gempa. Gaya gempa horizontal dianggap bekerja dalam arah sumbu-sumbu utama bangunan berupa Gaya geser lateral  $V$  pada lantai dasar kemudian terdistribusi gaya lateral  $F$  pada tiap tingkat bangunan proporsional sesuai dengan berat dan ketinggian lantai bangunan.

Struktur bangunan akan mengalami deformasi sesuai dengan arah gaya gempa yang terjadi dan besarnya adalah tergantung pada kekakuan strukturnya. Umumnya ada empat jenis deformasi pada struktur bangunan akibat gaya horizontal yaitu:

#### **a. Deformasi Lentur**

Terjadi pada struktur bangunan yang mempunyai massa yang terbagi rata yaitu bangunan dengan komposisi dinding masif dan solid seperti dinding geser (shear wall), dinding pemikul gaya vertikal (bearing wall). Pada dasarnya deformasi terjadi pada bangunan yang dipenuhi oleh elemen-elemen dinding yang struktural seperti pada sistem core, dimana hampir seluruh dinding core diisi oleh elemen masif. Akibat langsung adalah adanya bagian sisi bangunan yang mengalami gaya tekan dan dibagian sisi lainnya mengalami gaya tarik. Pada kondisi ini bangunan terlihat “melentur”.

b. Deformasi Geser

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

c. Deformasi Torsi

Terjadi akibat “twisting” dari massa bangunan yang mempunyai kekakuan yang berbeda dalam satuan sistem struktur misalnya bangunan yang banyak perbedaan distribusi kekakuan elemen strukturnya. Bangunan tidak kontinu ke arah vertical mengakibatkan Setiap elemen struktur bangunan mempunyai respon yang berbeda.

d. Deformasi Guling “Over Turning”

Terjadi efek guling akibat bagian dasar bangunan jauh lebih kaku dari bagian di atasnya. Contohnya pada bangunan dengan sistem balok kantilever yang kuat dan sangat kaku; pada bagian bawah sangat kokoh, sementara bagian bangunan yang lebih tinggi di atasnya tidak menyatu secara utuh dengan struktur bawahnya.

Walaupun setiap bangunan mengalami berbagai deformasi akibat gaya gempa tetapi umumnya hanya satu jenis deformasi yang dominan, Dalam perencanaan sistem struktur khususnya bangunan tinggi, kekakuan dan kekuatan pada bangunan harus diusahakan selalu menerus dengan baik atau sistem struktur harus kontinu, pada arah elemen vertikal dan elemen horizontal. Pengaruh gaya gempa vertikal dapat diantisipasi dengan meningkatkan kekuatan sistem struktur kolom sebagai elemen struktur yang direncanakan untuk memikul gaya-gaya normal sehingga tidak berpengaruh besar terhadap deformasi struktur bangunan yang akan terjadi.

## **2.2.Karakteristik seismik bangunan**

a. Masa Bangunan

Prinsip utama untuk mengurangi beban gempa adalah dengan pengurangan berat masa bangunan karena itu perlu kemampuan memilih bahan bangunan seringan mungkin tetapi kekuatan cukup. Ini adalah salah satu cara untuk mengantisipasi kerusakan bangunan akibat gaya gempa. Untuk itu sedapat mungkin dihindari adanya material dan benda yang memiliki massa berat pada bangunan terutama pada bangunan bagian atas.

b. Kekakuan

Bangunan harus memiliki kekakuan yang cukup, sehingga tidak terjadi simpangan antar tingkat yang melebihi batas izin akibat gaya inersia. Apabila kekakuan bangunan kecil, maka ketika ada getaran gempa percepatan bangunan akan kecil artinya bangunan tidak ikut bergerak sesuai dengan gerak tanah. Bangunan akan bergerak elastis karena memiliki fleksibilitas besar akibatnya respon bangunan terhadap gempa menjadi kecil. Apabila kekakuan bangunan besar, maka massa bangunan akan dipaksa mengikuti pergerakan tanah, sehingga percepatan yang dialami bangunan akan mendekati sama dengan percepatan tanah. Bangunan seperti ini akan mempunyai respon besar terhadap gempa. Bangunan tahan gempa idealnya adalah gabungan dari kedua prinsip tersebut diatas yaitu berada pada batas yang diizinkan dengan tidak terlalu kaku dan tidak terlalu lentur.

c. Redaman

Redaman adalah perubahan energi getaran menjadi energi panas melalui material yang memiliki daya serap energi yang baik. Redaman memiliki Sifat kemampuan meredam gaya inersia akibat adanya percepatan pada massa bangunan. Besar redaman tergantung dari material, bentuk struktur, sifat tanah dan sifat getaran yang dialami. Sesuai dengan perkembangan teknologi belakangan ini pada struktur bangunan tahan gempa dapat dipasang peredam yang disebut peredam mekanis, peredam ini terbuat dari logam lunak atau sejenis karet yang dipasang pada landasan bangunan yaitu diantara pondasi dan kolom bawah. dan kolom-kolom serta landasan balok sebagai bantalan. Bangunan yang memiliki dinding geser dan bagian non-struktur lainnya seperti cladding, partisi yang berat juga memberikan redaman yang besarnya melebihi redaman bangunan portal terbuka dengan bagian-bagian non-struktur yang ringan. Bangunan diatas pasir juga akan menyerap getaran lebih besar dari pada yang berdiri diatas tanah liat atau lempung.

d. Kekuatan

Struktur bangunan tahan gempa direncanakan untuk dapat memiliki kekuatan yang cukup. Jika bangunan mengalami gempa sedang struktur tetap elastis tanpa mengalami kerusakan berarti, elemen non-struktural boleh mengalami kerusakan. Jika bangunan mengalami gempa kuat walaupun mengalami kerusakan pada struktur dan non strukturnya tetapi bangunan masih dapat berdiri dan tidak runtuh. Karena itu perlu mengendalikan tempat terjadinya kerusakan dengan perencanaan penempatan sendi plastis. Sendi plastis direncanakan supaya terjadi pada balok tidak pada kolom supaya terhindar dari keruntuhan struktur bangunan total. Dalam hal ini harus dihindari kerusakan pada kolom agar tetap kuat memikul beban vertikal.

e. Daktilitas

Daktilitas adalah kekenyalan, kelenturan atau keplastisan suatu sistem struktur. Ukuran daktilitas struktur bangunan sangat bergantung pada detail komponen strukturnya terutama pada setiap sambungan yang dibuat. Untuk menentukan daktilitas beberapa hal perlu diperhatikan dengan baik sebagai berikut:

- a) Sistem sambungan elemen struktur vertikal maupun horizontal dipastikan memenuhi standard.
- b) Kolom harus lebih kuat dari pada balok sehingga sendi plastis selalu terjadi pada balok.
- c) Kemungkinan terjadinya sendi plastis pada portal terbuka adalah lebih besar dari pada dinding geser. Jadi sistem portal mempunyai daktilitas yang lebih tinggi dari pada dinding geser.

f. Keliatan (Toughness)

Bangunan yang memiliki respon yang baik terhadap gempa adalah bangunan yang memiliki kekuatan dan daktilitas yang cukup. Kombinasi kedua sifat inilah yang disebut sifat keliatan (toughness) bangunan. Jika sifat keliatan bangunan semakin tinggi maka perilakunya terhadap gempa akan semakin baik. Keliatan struktur bangunan sangat dipengaruhi oleh sifat keliatan bahan material komponen strukturnya, karena itu pemilihan material struktur adalah salah satu hal penting pada bangunan tahan gempa. Pada jenis bangunan tinggi pemilihan material baja dan beton bertulang adalah paling banyak dilakukan oleh para perencana konstruksi bangunan tahan gempa. Sedangkan pada bangunan dengan ketinggian sedang selain bahan baja dan beton bertulang dapat dipilih beton pracetak yang memiliki sistem sambungan monolit dan reinforced masonry atau dinding bertulang

g. Bentuk Geometri

Konfigurasi geometri bangunan akan mempengaruhi kemampuan bangunan dalam merespon gaya gempa. Selalu diusahakan konfigurasinya sederhana dan simetri.

Komposisi kekakuan, kekuatan dan komposisi massa dibuat simetri. Karena itu harus di hindari konfigurasi struktur dan massa bangunan yang rumit karena akan membuat struktur bangunan memikul beban tambahan torsi akibat adanya eksentrisitas yang berlebihan akibatnya perencanaan dan pembuatan detail sambungannya akan lebih sulit. Karena itu pada pembuatan bangunan tahan gempa selalu dihindari bentuk yang tidak simetris karena akan menambah beban ekstra momen puntir horizontal akibat “eksentrisitas” pusat massa dengan pusat kekakuan.

#### h. Kompatibilitas

Untuk mencegah inkompatibilitas adalah dengan cara membuat pemisahan sistim struktur bangunan. Struktur menjadi dua sistim kekakuan dan massa yang berbeda maka akan memiliki respon yang berbeda pula. Perlu diperhatikan bahwa akan terjadi perubahan deformasi yang tidak kompatibel dan seragam sehingga mengakibatkan terjadinya benturan. Untuk menghindari benturan antara massa bangunan tersebut mak dibuat pemisahan dengan dilatasi.

Untuk denah bangunan yang panjang juga akan menimbulkan kemungkinan adanya respon deformasi yang berbeda dalam waktu yang bersamaan sehingga perlu dibuat dilatasi.

#### i. Kontinuitas

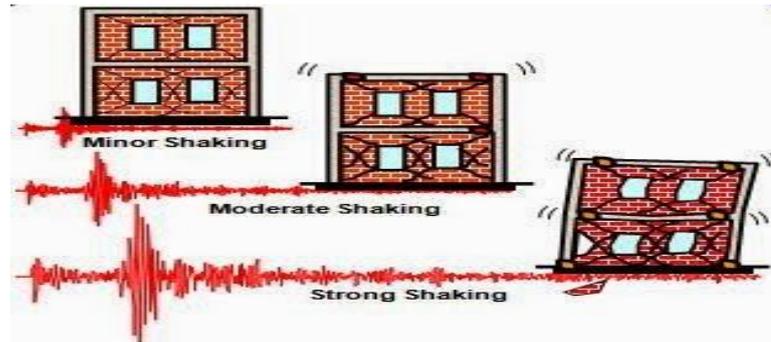
Sistem struktur bangunan harus dibuat berkesinambungan supaya terdapat kekakuan dan kekuatan yang merata pada sistem struktur bangunan. Untuk itu perlu diperhatikan agar terhindar dari adanya tonjolan dan lekukan pada elemen struktur. Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan berkaitan dengan kontinuitas struktur bangunan sebagai berikut:

- a) Struktur kolom dan dinding harus tersebar merata, beraturan dan seragam.
- b) Semua Kolom dan dinding harus menerus dan sentris tiap level mulai dari tingkat paling atas sampai ke pondasi.
- c) Hindari adanya dimensi balok yang lebih besar dari dimensi kolom.
- d) Hindari adanya perubahan dimensi penampang elemen struktur yang mendadak.
- e) Penempatan struktur penahan beban lateral agar sedekat mungkin dengan batas luar keliling bangunan

### **2.3. Struktur bangunan tahan gempa**

Standar Perencanaan Struktur bangunan tahan gempa di Indonesia saat ini (SNI 03-1726-2012) mengisyaratkan bahwa struktur bangunan harus kuat untuk mencegah terjadinya keruntuhan atau kegagalan struktur akibat gaya gempa. Oleh karena itu dalam perencanaan diharuskan agar memenuhi beberapa kondisi batas sebagai berikut:

- a. Bila terjadi gempa kecil struktur bangunan mampu bertahan dan masih bersifat elastis.
- b. Bila terjadi gempa sedang, struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan structural namun dapat mengalami kerusakan rinagan pada nonstruktural.
- c. Pada gempa kuat, struktur bangunan dapat mengalami kerusakan struktural namun harus tetap berdiri sehingga korban jiwa dapat dihindarkan.



Gambar 1. Konsep Keruntuhan Bangunan Tahan Gempa (Sumber : Strukts 2012)

Dalam perencanaan bangunan struktur tahan gempa harus diperhitungkan dampak dari gaya lateral akibat gaya gempa yang sifatnya siklis (bolak-balik). Karena itu penting dipahami bahwa struktur harus dapat memiliki daktilitas yang cukup di daerah pertemuan balok kolom atau pada elemen struktur penahan gempa lainnya seperti dinding geser (*shearwall*).

Untuk membuat struktur bangunan dapat berdeformasi maksimum maka untuk menjamin bangunan masih tetap berdiri walaupun sudah terjadi kerusakan pada struktur bangunan perlu penempatan terjadinya sendi-sendi plastis pada balok. Dalam perencanaan dirancang supaya sendi plastis terjadi pada balok di kedua ujung dekat pertemuan balok-kolom dan pada kaki kolom lantai dasar.

Konsep struktur yang memiliki karakteristik seperti ini adalah konsep kolom kuat balok lemah atau yang sering disebut sebagai “*strong column weak beam*”. Dengan konsep struktur ini, maka pada saat terjadi proses mekanisme keruntuhan, sendi plastis akan terjadi lebih dahulu pada semua balok di kedua ujung dekat pertemuan balok kolom dan pada tahap akhir disusul kemudian pada ujung bawah kolom lantai dasar. Hal ini disyaratkan agar sejumlah besar sendi plastis yang terjadi membuat struktur memiliki daktilitas yang cukup yang dapat memencarkan sebagian energi gaya gempa melalui proses terjadinya sendi plastis.

### 3. KAJIAN HASIL SURVEY LAPANGAN

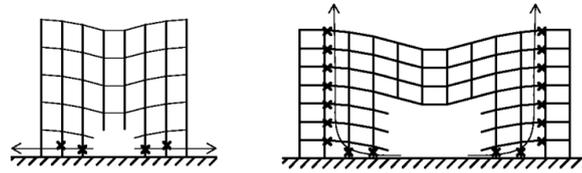
#### 3.1. Kerusakan bangunan akibat gempa

Bangunan dikatakan sudah runtuh adalah pada saat terjadi deformasi elemen struktur tak terbatas tanpa ada peningkatan beban yang bekerja. Salah satu hal yang perlu diperhatikan pada saat terjadi keruntuhan adalah terbentuknya jumlah sendi plastis yang cukup untuk mengubah struktur atau elemen struktur mengikuti pola mekanisme keruntuhan yang diinginkan. Jumlah sendi plastis yang terjadi dapat dijadikan menjadi patokan untuk menetapkan struktur telah mengalami keruntuhan atau belum. Hal ini dapat dikaitkan dengan besarnya redaman pada struktur. Setiap terbentuknya sendi plastis maka akan diikuti dengan berkurangnya jumlah redaman sampai batas struktur masih berdiri. Jika jumlah sendi plastis melebihi jumlah redaman maka kondisi ini disebutkan telah terjadi keruntuhan pada struktur. Pada kenyataannya kondisi seperti ini jarang terjadi pada bangunan bertingkat dua atau lebih karena pada saat jumlah sendi plastis yang terjadi tidak melebihi redaman namun dapat juga menyebabkan keruntuhan struktur.

Keruntuhan suatu struktur dapat dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

- a. Keruntuhan Lokal adalah keruntuhan yang diakibatkan oleh kegagalan pada elemen struktur yang mengalami sendi plastis. Kegagalan ini terjadi karena kapasitas penampang dari suatu elemen telah terlampaui. Parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi keruntuhan lokal adalah kelengkungan dan sudut rotasi plastis.

- b. Keruntuhan Global umumnya berkaitan dengan simpangan antar tingkat (interstory drift) pada saat terjadi deformasi in-elastis yang dibatasi pada nilai tertentu dan bergantung pada periode struktur. Keruntuhan ini terjadi jika deformasi lateral suatu struktur telah melebihi batas maksimum yang telah ditentukan oleh peraturan yang berlaku.

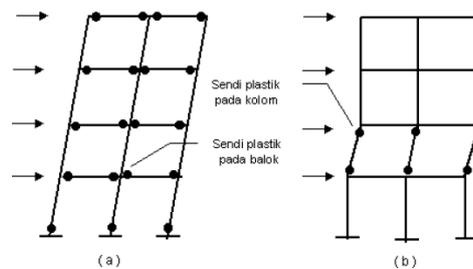


a. Keruntuhan Lokal      b. Keruntuhan Global  
Gambar 2 Jenis Keruntuhan Bangunan Tahan Gempa

Ada dua tipe mekanisme keruntuhan yang terjadi pada analisis static dibuat sebagai batas analisis, yaitu “*beam sway mechanism*” dan “*column sway mechanism*”. “*Beam sway mechanism*” adalah pembentukan sendi plastis pada ujung-ujung balok, sedangkan “*column sway mechanism*” adalah pembentukan sendi plastis pada kedua ujung atas dan bawah elemen struktur vertikal.

Dalam perencanaan, mekanisme keruntuhan yang diharapkan adalah “*beam sway mechanism*”, hal ini disebabkan beberapa alasan yaitu:

- Pada “*beam sway mechanism*”, jumlah sendi plastis terbentuk dalam banyak elemen sehingga energi yang dipancarkan akan semakin banyak.
- Pada “*column sway mechanism*”, sendi plastis hanya akan terbentuk pada ujung ujung kolom pada suatu lantai saja, sehingga pemencaran energi hanya terjadi pada sejumlah kecil elemen struktur.
- Daktilitas kurvatur yang harus dipenuhi oleh balok pada umumnya jauh lebih mudah dipenuhi daripada oleh kolom karena kolom memiliki daktilitas terbatas akibat besarnya gaya tekan aksial yang bekerja.



a. *Beam sway mechanism*      b. *Column sway mechanism*

Gambar 3. Mekanisme Keruntuhan elemen struktur akibat Gempa

Tujuan perancangan bangunan tahan gempa adalah merancang bangunan yang mempunyai daya tahan terhadap gempa bumi, dimana jika bangunan terkena gempa tidak akan mengalami kehancuran struktural yang merobohkan bangunan tersebut. Untuk menahan gaya gempa yang bekerja pada system struktur bangunan maka diperlukan struktur bangunan yang direncanakan berdasarkan peraturan perencanaan tahan gempa SNI 03-1726-2012 seperti disebutkan diatas. Dengan demikian bangunan memiliki falsafah perencanaan dengan mempunyai ambang kekuatan minimum yang wajar dan ekonomis. Karena jika bangunan dirancang untuk memiliki kemampuan menahan gaya gempa besar maka struktur nya akan mahal dan tidak ekonomis. Selain dari pada itu dimensi struktur akan sangat besar

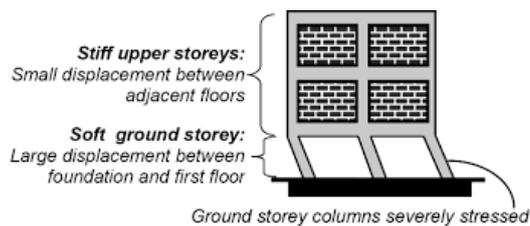
dan tidak memenuhi pada estetika bangunan. Filosofis perencanaan ini berlaku pada bangunan tingkat tinggi atau untuk bangunan tingkat rendah.

### 3.2. TIPIKAL KERUSAKAN STRUKTUR BANGUNAN

Secara umum pola kelemahan struktur terhadap gaya gempa sehingga mengakibatkan bangunan mengalami keruntuhan adalah sebagai berikut:

a. *“Soft Story”*

Kekuatan dan kekakuan struktur pada level tertentu lemah, dimana ada beberapa bagian level lantai tertentu memiliki kekuatan dan kekakuan berbeda. Hal ini sangat berbahaya pada bangunan terhadap gaya Gempa. Kasus seperti ini sering ditemukan di berbagai wilayah Indonesia dan umumnya berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan estetika dan fungsi ruang arsitektur. Pada lantai dasar difungsikan untuk lobby atau tempat pintu masuk utama, sehingga arsitek perlu membuka lantai dasar lebih lebar untuk memenuhi kebutuhan luasnya ruang gerak manusia. Akibatnya kekakuan struktur pada bagian lantai dasar menjadi berkurang. Efek *“soft storey”* juga dapat terjadi karena adanya dinding struktural atau dinding beton pengisi rangka tembok (masonry) yang tidak menerus sampai kesistem pondasi bangunan. Dengan demikian kekuatan bangunan pada bagian bawah tidak sama dengan bagian di atasnya. Meskipun pada lantai dasar diberikan balok berukuran besar tetap tidak cukup untuk menahan gaya gempa besar.



a. Mekanisme keruntuhan



b. Keruntuhan akibat *Soft Storey*

Gambar 4. Keruntuhan struktur *soft storey*

b. Kolom Pendek

Ketika rasio panjang efektif dengan dimensi lateral paling kecil dari kolom kurang dari 12, maka itu disebut kolom pendek. Kasus kolom pendek umumnya dijumpai pada bangunan yang berada pada tebing miring dan pada bangunan yang dinding pengisi tidak dipasang penuh mengikuti tinggi kolom. Kelemahan Kolom pendek adalah terjadi keruntuhan geser yang kejadiannya mendadak sehingga berbahaya bagi penghuni. Berbeda dengan keruntuhan lentur karena lebih daktail sehingga keruntuhan terjadi tidak mendadak. Karena itu perlu menghindari adanya kolom-kolom pendek pada dinding pengisi atau dinding struktur.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-02. “*Minimum Design Loads for Buildings and other Structures*”, American Society of Civil Engineers. (2002). ASCE Standard, USA.
- Faisal L “*Konstruksi Bangunan Tahan Gempa*” Pusat Studi Gempa bumi Nasional PuSGeN *National Center for Earthquake Studies 2017*  
<https://id.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>
- Irsyam, M, dkk (2010). “*Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010* “, edisi 2, Kementrian Pekerjaan Umum, Bandung, Juli 2010
- Lin, T.Y., “*Structural Concepts and Systems for Architects and Engineers*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1988.
- Murty C.V.R “*Some Concepts in Earthquake Behaviour of Buildings*” Gujarat State Disaster Management Authority Government of Gujarat
- Naeim, Farzard, “*The Seismic Design Handbook*”, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
- 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.
- SNI 1726-2002 (2002). “*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*”, Departemen Kimpraswil PU, Bandung.
- SNI 1726-2012 (2012). “*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*”. Badan Standardisasi Nasional BSN.