

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Gempa adalah fenomena getaran yang diakibatkan oleh benturan atau gesekan lempeng tektonik (*plate tectonic*) bumi yang terjadi di daerah patahan (*fault zone*). Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan tergantung dari beberapa faktor yaitu, massa, kondisi tanah, dan wilayah kegempaan dimana struktur bangunan tersebut didirikan. Massa dari struktur bangunan merupakan faktor yang sangat penting, karena beban gempa merupakan gaya inersia yang besarnya sangat tergantung dari besarnya massa dari struktur.

Pada bangunan gedung bertingkat, massa dari struktur dianggap terpusat pada lantai-lantai dari bangunan. Dengan demikian, beban gempa akan terdistribusi pada setiap lantai tingkat. Analisis dan perencanaan struktur bangunan tahan gempa, pada umumnya hanya memperhitungkan pengaruh dari beban gempa horizontal yang bekerja pada kedua arah sumbu utama dari struktur bangunan secara bersamaan.

2.2 Peraturan

Perancangan struktur sebuah bangunan gedung harus mengikuti peraturan-peraturan yang telah ditetapkan pemerintah antara lain :

1. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (SNI-1727-1989).

2. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).
3. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726-2012).

2.3 Prinsip Dasar Struktur

1. Kekuatan

Kekuatan merupakan kemampuan elemen dan komponen struktur bangunan yang bekerja secara vertikal ataupun horizontal bangunan dalam menahan beban-beban yang timbul. Komponen struktur vertikal berupa kolom yang fungsinya menahan gaya-gaya vertikal yang dialirkan dan disebarkan menuju sub-struktur dan pondasi bangunan. Komponen struktur horizontal berupa struktur lantai dan balok sebagai penahan beban mati dan beban hidup yang diteruskan ke kolom. (Zuhri, 2011)

2. Kestabilan

Kestabilan bangunan merupakan kemampuan bangunan dalam mengatasi gaya-gaya lateral dari luar, seperti angin, gempa, ataupun gaya gravitasi bumi. Hal ini dapat tercapai dari ekspresi massa ataupun pembentuk struktur bangunan yang memberikan perilaku struktur yang stabil. Kestabilan lateral sembarang struktur yang mengalami sembarang kondisi pembebanan harus dicapai dengan menggunakan pemikul beban lateral dengan memakai pengekangan lateral di sekeliling denah. (Zuhri, 2011)

3. Keseimbangan

Keseimbangan merupakan perilaku massa dalam mengatasi gaya gravitasi bumi dan angin, dimana perilaku struktur dicapai dengan memberikan bidang-bidang vertikal massif (*shear wall* atau *bearing wall*) yang berfungsi untuk meneruskan beban dan membentuk sudut dengan permukaan tanah. (Zuhri, 2011)

2.4 Struktur Beton Bertulang (*Reinforced Concrete Structure*)

Menurut Indarto (2005), struktur beton bertulang banyak digunakan untuk struktur bangunan tingkat rendah, tingkat menengah sampai bangunan tingkat tinggi. Struktur beton bertulang merupakan struktur yang paling banyak digunakan atau dibangun orang dibandingkan dengan jenis struktur yang lainnya.

Struktur beton bertulang lebih murah dan lebih monolit dibandingkan dengan struktur baja maupun struktur komposit. Karena elemen-elemen dari struktur beton bersifat monolit, maka struktur ini mempunyai perilaku yang baik di dalam memikul beban gempa.

2.5 Filosofi Bangunan Tahan Gempa

Pada perencanaan struktur bangunan tahan gempa, perlu ditinjau tiga taraf beban gempa, yaitu Gempa Ringan, Gempa Sedang, dan Gempa Kuat, untuk merencanakan elemen-elemen dari sistem struktur agar tetap mempunyai kinerja yang baik pada saat terjadi gempa.

1. Gempa Ringan

Gempa Ringan adalah gempa yang peluang atau resiko terjadinya dalam periode umur rencana bangunan 50 tahun adalah 92% ($R_N = 92\%$), atau gempa yang periode ulangnya 20 tahun ($T_R = 20$ tahun). Akibat Gempa Ringan, bangunan harus tetap berperilaku elastis. Ini berarti bahwa pada saat terjadi gempa, elemen-elemen struktur bangunan tidak diperbolehkan mengalami kerusakan structural maupun kerusakan non-structural.

2. Gempa Sedang

Gempa Sedang adalah gempa yang peluang atau resiko terjadinya dalam periode umur rencana bangunan 50 tahun adalah 50% ($R_N = 50\%$), atau gempa yang periode ulangnya adalah 75 tahun ($T_R = 75$ tahun). Akibat Gempa Sedang, struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan structural, namun diperkenankan mengalami kerusakan yang bersifat non-structural.

3. Gempa Kuat

Gempa Kuat adalah gempa yang peluang atau resiko terjadinya dalam periode umur rencana bangunan 50 tahun adalah 2% ($R_N = 2\%$), atau gempa yang periode ulangnya adalah 2500 tahun ($T_R = 2500$ tahun). Akibat Gempa Kuat, struktur bangunan dapat mengalami kerusakan structural yang berat, namun struktur harus tetap berdiri dan tidak boleh runtuh sehingga korban jiwa dapat dihindarkan.

2.6 Perencanaan Kapasitas (*Capacity Design*)

Dalam ulasan Indarto (2005), disebutkan bahwa untuk mendapatkan sistem struktur yang daktail, disarankan untuk merencanakan struktur bangunan dengan menggunakan cara Perencanaan Kapasitas.

Pada prosedur Perencanaan Kapasitas ini, elemen-elemen dari struktur bangunan yang akan memancarkan energi gempa melalui mekanisme perubahan bentuk atau deformasi plastis, dapat terlebih dahulu dipilih dan ditentukan tempatnya, sedangkan elemen-elemen lainnya direncanakan dengan kekuatan yang lebih besar untuk menghindari terjadinya kerusakan.

Pada struktur beton bertulang, tempat-tempat terjadinya deformasi plastis yaitu tempat-tempat dimana penulangan mengalami pelelehan, disebut daerah sendi plastis. Karena sendi-sendi plastis yang terbentuk pada struktur portal akibat dilampauinya beban gempa rencana dapat diatur tempatnya, maka mekanisme kerusakan yang terjadi tidak akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan.

2.7 Beban Struktur

Pada suatu struktur bangunan, terdapat beberapa jenis beban yang bekerja. Beban-beban yang bekerja pada struktur suatu bangunan, yang diperhitungkan dalam penulisan tugas akhir ini sesuai SNI 1727-1989 adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati

ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin

serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu.

2. Beban Hidup

Ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

3. Beban Gempa

Ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dan gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

2.8 Sistem Ganda

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.2.5.1, Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

2.9 Dinding Geser Beton Bertulang

Dinding geser merupakan elemen struktural yang berfungsi sebagai penahan gaya-gaya lateral bangunan, dimana gaya-gaya lateral yang bekerja merupakan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada diafragma dinding geser. (Zuhri, 2011)

Jenis dinding geser biasanya dikategorikan berdasarkan geometrinya :

1. *Flexural Wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \geq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
2. *Squat Wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \leq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku geser.
3. *Coupled Shear Wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Beberapa kelebihan struktur dinding dapat diketahui berdasarkan fungsi yang diperankan. Beberapa keuntungan struktur dinding tersebut sebagai berikut : (Pawirodikromo, 2012)

1. Struktur dinding pada umumnya mempunyai kekuatan yang cukup besar sehingga dapat menahan beban horizontal yang cukup. Kadang-kadang direncanakan seluruh beban horizontal dibebankan pada struktur dinding. Agar *walls* dapat mengerahkan kekuatannya secara maksimal, maka *walls* harus stabil, misalnya selain *walls* harus cukup tebal juga dapat dipakai *barbell wall*.

2. Di samping mempunyai kekuatan yang cukup besar, struktur dinding umumnya sangat kaku dibanding dengan kolom, sehingga struktur ini memberikan kekakuan tambahan terhadap struktur secara keseluruhan. Kekakuan yang cukup diharapkan dapat mengendalikan simpangan yang terjadi.
3. Kekakuan struktur dinding juga mempunyai keuntungan yang lain yaitu kemampuannya dalam melindungi tingkat yang relatif lemah (*soft story*). *Soft story* yang sering dijumpai misalnya adanya tinggi tingkat yang melebihi tinggi tingkat tipikal.
4. Struktur dinding dapat mengeliminasi simpangan antar tingkat khususnya pada tingkat-tingkat bawah sampai tengah. Dengan perkataan lain, pengendalian simpangan pada daerah ini akan dilakukan secara efektif oleh struktur dinding.

2.10 Pelat

Pelat adalah elemen struktur yang fungsinya menyalurkan beban kepada elemen pendukung seperti balok dan kolom. Pelat yang difungsikan sebagai pelat lantai dan atap tidak terlalu berbeda, hanya pelat atap langsung terpengaruh dengan cuaca. Menurut McCormac (2003), elemen-elemen pelat tersebut dapat dirancang sebagai pelat satu arah atau pelat dua arah.

Menurut Kusuma (2003), yang perlu dipertimbangkan pada perencanaan pelat beton bertulang tidak hanya pembebanan tetapi juga ukuran dan syarat-syarat tumpuan pada tepi.

2.11 Balok

Balok adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya serta sebagai penyalur momen ke kolom-kolom yang menopangnya. Balok yang bertumpu langsung pada kolom disebut balok induk, sedangkan balok yang bertumpu pada balok induk disebut balok anak. Tulangan rangkap pada perancangan balok pada umumnya ditujukan untuk meningkatkan daktilitas penampang, pengendalian defleksi jangka panjang akibat adanya rangkakan dan susut. (McCormac, 2003)

Menurut Nawy (2003), ada beberapa jenis keruntuhan yang terjadi pada balok :

1. Penampang Seimbang (*balance*), tulangan tarik beton mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batas dan akan hancur karena tekan. Pada saat awal terjadinya keruntuhan, regangan tekan yang diijinkan pada serat tepi yang tertekan adalah 0,003, sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya yaitu $\varepsilon_y = f_y/E_c$.
2. Penampang *Over Reinforced*, keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, regangan baja ε_s yang terjadi masih lebih kecil dari regangan lelehnya, ε_y . Dengan demikian, tegangan baja f_s juga lebih kecil dari tegangan lelehnya, f_y . Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak dari yang diperlukan dalam keadaan *balance*.
3. Penampang *Under Reinforced*, keruntuhan terjadi ditandai dengan lelehnya tulangan baja. Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi

apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi seimbang.

2.12 Kolom

Kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/ tanpa momen lentur. Pada struktur atas, kolom merupakan komponen struktur yang paling penting untuk diperhatikan, karena apabila kolom ini mengalami kegagalan, maka dapat berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan. (Asroni, 2010).

Kolom dibedakan beberapa jenis menurut bentuk dan susunan tulangan, serta letak/ posisi beban aksial pada penampang kolom. Di samping itu juga dapat dibedakan menurut ukuran panjang-pendeknya kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateral.

Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik, penampang kolom dapat dibagi menjadi dua kondisi awal keruntuhan, yaitu :

1. Keruntuhan tarik, yang diawali dengan lelehnya tulangan tertarik.
2. Keruntuhan tekan, yang diawali dengan hancurnya beton tertekan.

Kondisi *balanced* terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan.

2.13 Joint Balok-Kolom

Daerah *joint* balok kolom merupakan daerah kritis pada suatu struktur rangka beton bertulang, yang harus didesain secara khusus untuk berdeformasi

inelastik pada saat terjadi gempa kuat. Sebagai akibat yang timbul dari momen kolom di atas dan di sebelah bawahnya, serta momen-momen dari balok pada saat memikul beban gempa, daerah hubungan balok kolom akan mengalami gaya geser horizontal dan vertikal yang besar.

Gaya geser yang timbul ini besarnya akan menjadi beberapa kali lipat lebih tinggi daripada gaya geser yang timbul pada balok dan kolom yang terhubung. Akibatnya, apabila daerah *joint* balok-kolom tidak didesain dengan benar akan menimbulkan keruntuhan geser yang bersifat getas dan membahayakan pengguna bangunan. (Setiawan, 2011)