

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Struktur bangunan bertingkat tinggi memiliki tantangan tersendiri dalam desain untuk pembangunan strukturalnya, terutama bila terletak di wilayah yang memiliki faktor resiko yang cukup besar terhadap pengaruh gempa. Untuk itu dalam perancangan suatu struktur bangunan bertingkat tinggi haruslah memperhatikan unsur-unsur dasar bangunan. Unsur-unsur tersebut adalah:

(Schueller,2003)

1. Unsur linear yang berupa kolom dan balok yang mampu menahan gaya aksial dan rotasi.
2. Unsur permukaan yang terdiri dari dinding dan pelat.

Menurut Iswandi Imran (2010), karakteristik material beton dan baja tulangan yang digunakan pada struktur beton bertulang tahan gempa akan sangat mempengaruhi perilaku plastifikasi struktur yang dihasilkan. Parameter material beton yang paling berpengaruh dalam hal ini adalah nilai kuat tekan. Berdasarkan SNI 2847 kuat tekan f_c' , untuk material beton yang digunakan pada struktur bangunan tahan gempa sebaiknya tidak kurang dari 20 MPa. Dengan kekuatan sebesar itu maka bangunan akan memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan sehingga kinerjanya tidak akan mudah berubah seiring dengan bertambahnya umur bangunan.

Untuk baja tulangan, salah satu parameter yang paling berpengaruh terhadap perilaku plastifikasi yang dihasilkan pada elemen struktur tahan gempa adalah kondisi permukaan baja tulangan yang digunakan. Berdasarkan kondisi permukaannya, baja tulangan dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu baja tulangan polos dan baja tulangan ulir. Penggunaan tulangan polos sebagai baja tulangan struktur dapat memberi dampak yang negatif terhadap kinerja plastifikasi yang dihasilkan. Kuat lekatan baja tulangan polos pada beton, yang pada dasarnya hanya terdiri atas mekanisme adhesi dan friksi, diketahui hanyalah sekitar 10% kuat lekatan tulangan ulir. Selain itu, degradasi lekatan akibat beban bolak-balik disaat terjadi gempa pada tulangan polos sangatlah drastis dibandingkan dengan degradasi lekatan pada tulangan ulir. SNI 2847 hanya mengizinkan penggunaan baja tulangan polos pada tulangan spiral. Sedangkan untuk penulangan lainnya, disyaratkan untuk menggunakan baja tulangan ulir.

2.2. Beban Struktur

Pada suatu struktur gedung terdapat beberapa jenis beban yang terjadi. Beban yang akan diperhitungkan dalam tugas akhir ini sesuai dengan SNI 2847, adalah sebagai berikut :

1. Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan/atau beban akibat air hujan pada atap.

2. Beban rencana adalah beban yang digunakan untuk merencanakan komponen struktur.
3. Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan, *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.
4. Beban terfaktor adalah beban kerja yang telah dikalikan dengan faktor beban yang sesuai
5. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.

2.3. Perencanaan Terhadap Gempa

2.3.1. Tipe Profil Tanah

SNI 1726 pasal 4.6.3 menetapkan bahwa ada 4 macam jenis tanah, yaitu tanah keras, tanah sedang, dan tanah lunak, apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam Tabel 4 SNI 1726.

2.3.2. Wilayah Gempa

Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 Wilayah Gempa, dimana Wilayah Gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan Wilayah Gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi. Dalam hal pembebanan gempa, penentuan lokasi akan berpengaruh terhadap perhitungan beban gempa. Perancangan gedung

di wilayah gempa 1 dan 6 akan sangat jauh berbeda. Pembagian Wilayah Gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk setiap Wilayah Gempa ditetapkan dalam Tabel 5 SNI 1726.

2.3.3. Kategori Gedung

SNI 1726 Pasal 4.1 mencantumkan faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan yang dipakai untuk menghitung beban gempa nominal (V).

2.4. Struktur Beton Bertulang

Sebuah struktur bangunan sistem rangka merupakan rangkaian beberapa elemen struktur yang saling berhubungan sehingga menjadi satu kesatuan. Elemen-elemen struktur tersebut berupa : pelat, balok, kolom, pondasi, dan tangga. Struktur bangunan yang dibuat dengan menggabungkan beton dan tulangan baja disebut struktur beton bertulang. Beton berfungsi sebagai penahan gaya desak dan baja tulangan untuk penahan gaya tarik. (Wang, C.K. dan Salmon, 2007).

Karakteristik beton adalah kuat tekan atau kuat desaknya. Kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan kuat tariknya, sehingga beton baik untuk menahan gaya tekan tetapi tidak baik menahan tarik. Kuat tekan beton yang disyaratkan diberi notasi f_c' . Kuat tekan ini merupakan hasil pengujian silinder beton diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 28 hari. Tegangan f_c' bukanlah tegangan yang timbul pada saat benda uji hancur, melainkan tegangan maksimum pada saat tegangan beton mencapai nilai kurang lebih 0,002. Kuat

tarik beton berkisar 10% hingga 15% kuat tekannya. Ada 2 macam kuat tarik beton yaitu, kuat tarik belah beton dan kuat tarik lentur beton. Untuk modulus elastisitas beton merupakan nilai modulus sekan beton pada 25% hingga 50% kuat tekan f_c' . Sedangkan untuk karakterisitk dari tulangan baja adalah kuat tariknya, tetapi untuk nilai kuat tarik serta kuat tekan baja nilainya relatif sama. Dari kombinasi tersebut didapatkan daktilitas struktur.

Menurut SNI 1726 Pasal 3.1.3.1 Daktilitas struktur adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali dan bolak balik akibat beban gempa diatas beban gempa yang mengakibatkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. Ada 2 parameter daktilitas, yaitu faktor daktilitas simpangan dan faktor reduksi gempa. Faktor daktilitas simpangan menyatakan rasio simpangan diambang keruntuhan dan simpangan pada terjadinya pelelehan pertama. Faktor reduksi gempa menyatakan rasio beban gempa rencana dan beban gempa nominal (indikator kemampuan daktilitas struktur).

2.5. Sistem Struktur

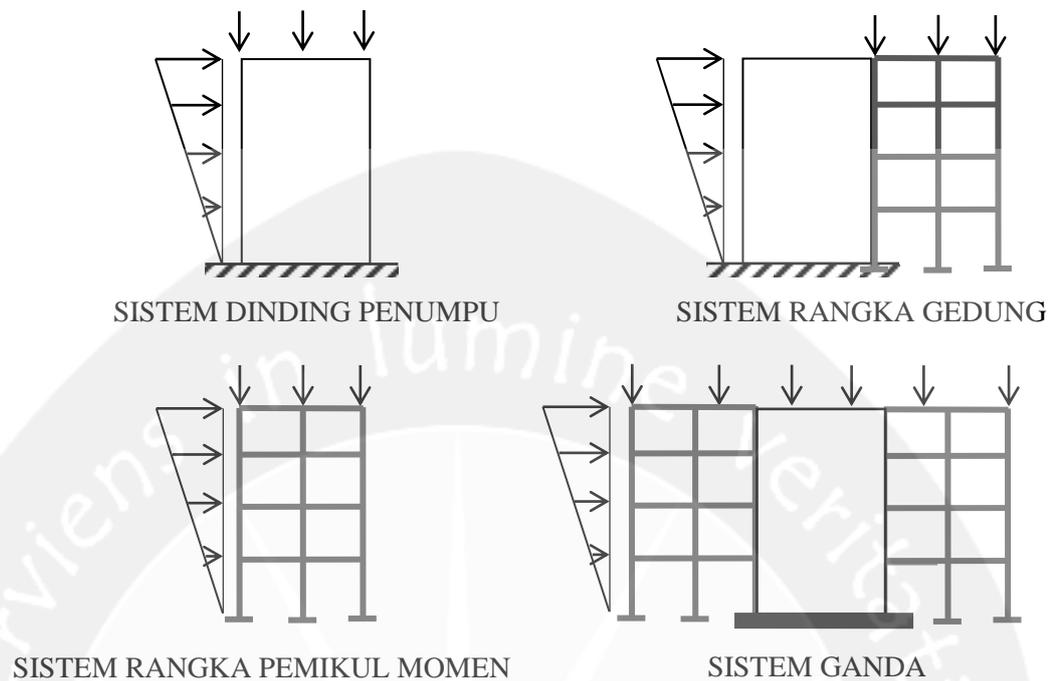
Dasar sistem struktur utama yang tercantum dalam SNI 1726 Tabel 3 di ilustrasikan pada Gambar 2.1. Pada sistem dinding penumpu, dinding penumpu memikul hampir seluruh beban lateral, beban gravitasi juga ditahan oleh dinding ini sebagai dinding struktural. Di wilayah gempa 5 dan 6 dinding struktur ini

harus didetail khusus sesuai SNI 2847 Pasal 23.6.6 disamping syarat-syarat yang masih berlaku di Pasal 3 hingga 20. Untuk wilayah 3 dan 4 tidak dituntut detail spesial untuk dinding struktur ini.

Pada sistem rangka gedung terdapat rangka ruang lengkap yang memikul beban gravitasi, sedangkan untuk beban lateral dipikul oleh dinding struktur. Walau dinding struktur direncanakan memikul seluruh beban gempa, namun rangka balok-kolom diatas harus diperhitungkan terhadap efek simpangan lateral dinding struktural oleh beban gempa rencana, mengingat rangka tersebut ditiap lantai masih menyatu dengan dinding struktur melalui lantai-lantai.

Sistem ganda memiliki 3 ciri dasar, pertama rangka ruang lengkap berupa SRPM yang penting berfungsi untuk memikul beban gravitasi. Kedua, pemikul beban lateral dilakukan oleh dinding struktur dan SRPM dimana yang tersebut terakhir sendiri ini harus secara tersendiri mampu memikul sedikitnya 25% dari beban dasar geser nominal V . Ketiga, dinding struktur dan SRPM direncanakan untuk menahan secara proporsional berdasarkan kekauan relatifnya.

Dalam tugas akhir ini digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Menurut Tabel 3 SNI 1726 tercantum 3 jenis SRPM yaitu SRPMB (B=Biasa); SRPMM (M=Menengah; dan SRPMK (K=Khusus). SRPMB tidak perlu pendetailan spesial, komponen-komponen strukturnya harus memenuhi syarat Pasal 3 sampai dengan 20 dan hanya dipakai untuk Wilayah Gempa 1 dan 2. SRPMM harus memenuhi persyaratan pendetailan di Pasal 23.8 dan Pasal sebelumnya yang masih relevan dan dipakai untuk SRPM yang berada di Wilayah Gempa 3 dan 4.



Gambar 2.1 Gambar Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa

Sedang yang terakhir SRPMK harus dipakai Wilayah Gempa 5 dan 6, dan harus memenuhi persyaratan desain pada Pasal 23.2 sampai dengan 23.7 disamping pasal-pasal sebelumnya yang masih berlaku. Pada tugas akhir ini digunakan SRPMK karena termasuk dalam Wilayah Gempa 5.

Tabel 2.1. Hubungan Wilayah Gempa dan Resiko Gempa

SNI 2847	Rendah	Menengah	Tinggi
ACI	Low	Moderate	High
UBC	Zone 0 & 1	Zone 2A & 2B	Zone 3 & 41
	PGA = 0,075 g	PGA = 0,15 - 0,20 g	PGA = 0,25 - 0,30 g
SNI 2847	Rendah	Menengah	Tinggi
SNI 1726	WG 1 & 2	WG 3 & 4	WG 5 & 6
	PGA = 0,03-0,10 g	PGA = 0,15 - 0,20 g	PGA = 0,25 - 0,30 g

(dikutip dari Rachmat Purwono, 2005)

Tabel 2.2. Perencanaan dan Syarat Pendetailan

Resiko Gempa	Wilayah Gempa	Pasal SNI 2847		
		3 s/d 20 syarat umum	3 s/d 20 + 23.10 syarat moderat	3 s/d 20 + 23.2 s/d 23.8 syarat khusus
Rendah	1 & 2	SRPM; Rangka plat, kolom, dinding struktur	----	----
Menengah	3 & 4	Dinding Geser	SRPM; Rangka plat, kolom,	----
Tinggi	5 & 6	----	----	SRPM, dinding struktur

(dikutip dari Rachmat Purwono, 2005)

2.6. Struktur Atas

Pada penulisan tugas akhir ini, bagian struktur yang ditinjau adalah struktur atas gedung yang meliputi: pelat, balok, kolom, dan tangga.

2.6.1. 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 cuaca. Menurut McCormac dan Nilson (2010), elemen – elemen pelat tersebut dapat dirancang sebagai pelat satu arah atau pelat dua arah.

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

2.6.2. 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 dengan balok induk, sedangkan yang bertumpu pada balok induk disebut balok anak. Tulangan rangkap pada perancangan balok pada umumnya ditujukan untuk meningkatkan daktilitas tampang, pengendalian defleksi jangka panjang akibat adanya rangkap dan susut. (MacGregor, 2005).

Dalam ulasan Nawy (2003), berdasarkan jenis keruntuhannya ada beberapa keruntuhan yang terjadi pada balok diantaranya:

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 $\epsilon_y = f_y/E_c$.

2. Penampang *over reinforced*

Pada Pada keadaan ini 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

2.6.3. **Kolom**

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang fungsi utamanya untuk mendukung beban aksial desak yang lebih besar atau sama dengan $0,1.A_g.f_c'$ dan momen yang terjadi. Jika terjadi kerusakan / kegagalan pada kolom, maka dapat berakibat keruntuhan komponen struktur yang berhubungan dengannya atau bahkan terjadi keruntuhan total pada struktur bangunan (SNI 2847 Pasal 12.3).

Kolom dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangannya, posisi beban pada penampangnya, dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateralnya. Bentuk dan susunan tulangan pada kolom dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: (Nawy, 2003)

1. Kolom segiempat atau bujursangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang.
2. Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang atau spiral.
3. Kolom komposit yang terdiri atas beton dan profil baja struktural didalamnya.

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 yang tertarik.
2. Keruntuhan tekan, yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan.

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

2.7. Arah Pembebanan Gempa

Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh Gempa Rencana harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga memberi pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur gedung secara keseluruhan.

Untuk mensimulasikan arah pengaruh Gempa Rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan yang ada, tetapi dengan efektifitas hanya 30% (SNI 1726 Pasal 5.8).

Dalam perancangan ini digunakan beban gempa nominal statik ekuivalen yang biasa digunakan untuk struktur gedung beratuan. Berikut adalah syarat-syarat struktur gedung beratuan menurut SNI 1726 Pasal 4.2.1:

1. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40m.
2. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan, dan walaupun punya tonjolan, panjang tonjolan tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.

3. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut, dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
4. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
5. Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya.
6. Gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan tanpa adanya tingkat lunak.
7. Gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan (beda tidak lebih dari 150%)
8. Gedung memiliki unsur-unsur vertikal
9. Gedung mempunyai lantai tingkat yang menerus tanpa bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh tingkat.