

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pembebanan Struktur

Beban merupakan gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban dapat digolongkan seperti di bawah:

1. **Beban mati**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

2. **Beban hidup**

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup sangat sulit diprediksi, karena sifatnya yang berubah-ubah.

3. **Beban gempa**

Beban gempa merupakan semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung

ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, sehingga beban gempa dapat diartikan sebagai gaya-gaya yang ada di dalam struktur tersebut terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

## **2.2. Perancangan Struktur di Daerah Gempa**

Menurut Kusuma dan Vis (1993) struktur beban di daerah gempa dirancang dengan *capacity design* yang artinya ragam keruntuhan struktur akibat gempa yang besar ditentukan lebih dahulu dengan elemen-elemen kritisnya dipilih sedemikian rupa agar mekanisme keruntuhannya dapat mengeluarkan energi sebesar-besarnya. Filsafat yang dikenal dalam perencanaan *capacity design* adalah *strong column, weak beam* yang berarti elemen kolom harus selalu dibuat lebih kuat daripada elemen struktur balok yang merangka padanya, karena pada dasarnya plastifikasi balok menghasilkan perilaku yang lebih daktil dibandingkan dengan perilaku plastifikasi pada kolom. Konsep tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya leleh pada kolom yang pada dasarnya dirancang sebagai komponen pemikul beban lateral. Jika kolom dirancang tidak lebih kuat dari balok, maka terjadi perilaku plastifikasi pada ujung-ujung kolom. Besarnya beban aksial yang bekerja pada kolom mengakibatkan lebih rendahnya tingkat daktilitas kolom dibandingkan dengan daktilitas balok (Imran, Hendrik, 2010).

Faktor yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan struktur beton di daerah gempa, agar gaya-gaya gempa yang diperhitungkan tidak terlalu besar, antara lain:

1. Sistem struktur yang akan digunakan disesuaikan dengan lokasi dan tingkat kerawanan gempa dimana struktur bangunan akan dibangun.
2. Pendetailan tulangan dan sambungan agar bangunan menjadi satu kesatuan.
3. Material yang digunakan memenuhi syarat material untuk struktur bangunan tahan gempa.
4. Desain perancangan sesuai dengan pelaksanaan di lapangan.

Syarat perencanaan struktur tahan gempa telah diatur dalam pasal 21 SNI 2847:2013, yang mana disesuaikan dengan kategori resiko dan kategori desain seismik suatu bangunan.

### **2.3. Struktur Beton Bertulang**

Beton merupakan material yang memiliki karakteristik kuat tekan yang lebih besar dibanding kuat tariknya. Berlainan dengan beton, baja memiliki kuat tarik yang lebih besar dibandingkan dengan kuat tekannya. Material beton bertulang merupakan gabungan dari kedua material tersebut yang saling mendukung dalam menahan kuat tekan dan tarik.

Berdasarkan regangan tarik *netto* dalam lapisan terluar baja tarik longitudinal pada kuat nominal penampang balok dan kolom dikategorikan antara lain penampang tarik, tekan dan transisi. Penampang yang dibebani lentur atau aksial, ataupun kombinasi beban lentur dan aksial Penampang terkendali tekan jika regangan tarik netto dalam baja tarik terluar  $\epsilon_t$ , sama dengan atau kurang dari batas regangan terkontrol tarik bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi

sebesar 0,003. Batas regangan terkendali tekan adalah regangan tarik netto dalam tulangan pada kondisi regangan seimbang. Untuk tulangan mutu 420 MPa, dan untuk semua tulangan prategang, diizinkan untuk menetapkan batas regangan terkendali tekan sama dengan 0,002 (SNI 2847:2013 sub pasal 10.3.3).

Penampang terkendali tarik jika regangan tarik netto dalam baja tarik terjauh  $\varepsilon_t$ , sama dengan atau lebih besar dari 0,005 bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. Penampang dengan  $\varepsilon_t$  antara batas regangan terkendali tekan dan 0,005 membentuk daerah transisi antara penampang terkendali tekan dan terkendali tarik (SNI 2847:2013 sub pasal 10.3.4).

### **2.3.1. Pelat**

Pelat merupakan elemen horizontal struktur (struktur bidang) yang menahan beban-beban luar (beban hidup dan beban mati) dan menyalurkan ke rangka vertikal dari suatu sistem strktuktur. Pelat lantai yang terbuat dari beton bertulang perlu mempertimbangkan faktor beban luar, jenis perletakan/tumpuan, dan jenis penghubung di tempat tumpuan. Pelat lantai yang dicetak di tempat biasanya ditumpu oleh balok-balok secara monolit, dimana balok dan pelat dicetak menjadi satu kesatuan (Dipohusodo, 1996).

Pelat lantai sebagai panel-panel beton bertulang dibedakan menjadi pelat satu arah dan pelat dua arah berdasarkan kemampuannya untuk menyalurkan gaya. Pelat satu arah ditumpu hanya pada ke dua sisi yang berlawanan, sedangkan pelat dua arah ditumpu pada keempat sisinya. Penentuan desain pelat menggunakan sistem satu arah atau dua arah ditentukan berdasarkan perbandingan antara

panjang dan lebar pelat. Apabila perbandingan panjang dan lebar pelat tidak lebih dari dua, digunakan penulangan dua arah.

### 2.3.2. Balok

Balok merupakan elemen struktur yang berperan menopang lantai atas dan sekaligus sebagai penyalur momen ke kolom-kolom yang menopangnya. Balok dicor secara monolit terhadap pelat (*slab*), sehingga elemen tersebut membentuk penampang balok T untuk tumpuan, sedangkan tumpuan tepi berbentuk balok L (Nawy, 1990).

Pada penetapan perilaku penampang balok, distribusi regangan dianggap linier, hal ini seperti yang dikemukakan hipotesis Bernoulli bahwa penampang datar, sebelum mengalami lentur akan tetap datar dan tegak lurus terhadap sumbu netral setelah mengalami lentur.

Menurut jenis keruntuhan, balok dapat dikelompokkan menjadi tiga, yakni keadaan berimbang, keadaan dengan penampang *over-reinforced* dan penampang *under-reinforced*. Keadaan berimbang jika tulangan tarik mulai mengalami leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya serta akan mengalami hancur karena tekan. Penampang *over-reinforced*, kondisi dimana keruntuhan ditandai mulai hancurnya beton yang tertekan, biasanya keadaan seperti ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak dari kebutuhan untuk keadaan berimbang. Penampang *under-reinforced* keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan baja, biasanya keadaan seperti ini disebabkan tulangan tarik yang dipakai kurang dari kebutuhan untuk keadaan berimbang. Pada umumnya perancangan menggunakan penampang *under-reinforced*.

### 2.3.3. Kolom

Berdasarkan ACI-2.1 kolom merupakan elemen struktur yang memikul beban aksial tekan dengan perbandingan dari tinggi terhadap ukuran sisi terkecil yang tidak kurang dari tiga (Wang dan Salmon,1986).

Kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang lantai atau atap bersebelahan yang ditinjau. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial harus juga ditinjau (SNI 2847:2013 sub pasal 8.10.1).

Prinsip dasar untuk mengevaluasi kekuatan kolom, sebagai berikut:

1. Distribusi regangan kolom dianggap linier di seluruh tebal kolom.
2. Regangan pada baja sama dengan regangan pada beton yang mengelilinginya, sehingga tidak ada gelincir antara beton dan tulangan baja.
3. Regangan beton maksimum yang diizinkan pada keadaan gagal adalah 0,003.
4. Kekuatan tarik beton diabaikan.

Kolom dibagi menjadi tiga berdasarkan bentuk dan susunan tulangan, yakni:

1. Kolom segi empat atau bujur sangkar menggunakan tulangan memanjang dan sengkang.
2. Kolom bundar menggunakan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang atau spiral.

3. Kolom komposit yang tersusun dari beton dan profil baja struktural di dalamnya.

Kolom juga dapat dibagi menjadi dua berdasarkan posisi beban terhadap tampang melintang. Kolom sentris merupakan kolom yang tidak mengalami momen lentur. Kolom eksentris merupakan kolom yang mengalami gaya aksial dan momen lentur. Namun dalam perancangan hendaknya dirancang terhadap eksentrisitas yang diakibatkan oleh hal-hal tak terduga, seperti tidak tepatnya pembuatan acuan beton dan sebagainya (Nawy, 1990).

Apabila keruntuhan kolom akibat kegagalan material, seperti lelehnya tulangan baja atau hancurnya kolom, maka kolom tersebut dapat dikategorikan kolom pendek dengan  $kl/r$  (angka kelangsingan)  $\leq 22$ . Kolom panjang atau langsing kebalikan dari kolom pendek, dan rentan terhadap tekuk.

Kolom dibagi menjadi dua kondisi berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik, yakni keruntuhan tarik karena diawali dengan lelehnya tulangan yang menahan tarik, sedangkan keruntuhan tekan karena diawali dengan hancurnya beton yang menahan tekanan. Kondisi seimbang kolom terjadi pada saat transisi keruntuhan tarik utama ke keruntuhan tekan utama, hal ini terjadi jika tulangan mengalami regangan lelehnya  $\varepsilon_y$  dan pada saat itu juga beton mengalami regangan batas 0,003 dan mulai hancur.

#### **2.3.4. Dinding Geser**

Dinding geser merupakan dinding beton bertulang vertikal yang tinggi serta memberikan stabilitas lateral terhadap struktur dengan menahan geser dan momen tekuk pada bidang datar yang disebabkan gaya lateral. Dinding ini

menjadi efisien, jika ditempatkan pada lokasi-lokasi tertentu yang cocok dan strategis. Dinding geser dengan kombinasi pelat biasanya digunakan pada bangunan apartemen dan bangunan residensial lain (McCormac, 2003).

### 2.3.5. Dilatasi

Dilatasi merupakan sambungan pada sebuah bangunan yang karena sesuatu hal memiliki sistem struktur berbeda. Dilatasi baik digunakan pada pertemuan antara bangunan yang rendah dengan yang tinggi, atau antara bangunan yang mempunyai kelemahan geografis.

Suatu bangunan yang besar atau bentuknya tidak simetris perlu dibagi menjadi beberapa bangunan, sehingga diharapkan setiap bangunan dapat bereaksi secara kompak dalam menghadapi pergerakan bangunan yang akan terjadi. Dilatasi dapat dibagi dalam beberapa bentuk, seperti:

1. Dilatasi dengan balok kantilever

Bentuk dilatasi dengan balok kantilever yang terdapat pada kedua sisi kolom yang berdekatan dengan batasan bentang balok kantilever  $1/3$  bentang balok induk, sehingga dimungkinkan pada lokasi dilatasi terjadi perubahan bentang antar kolom menjadi  $2/3$  bentang antar kolom.

2. Dilatasi dengan balok gerber

Penggunaan balok gerber mirip bentuk dilatasi dengan balok kantilever. Balok gerber sebagai media penyambung yang terbuat dari campuran semen. Penggunaan balok gerber ini dapat digunakan tanpa harus merubah bentang antar kolom atau syarat seperti pada dilatasi dengan



balok kantilever, namun dilatasi dengan sistem ini jarang untuk digunakan, dikhawatirkan akan lepas.

3. Dilatasi dengan konsol

Dilatasi dengan pemberian konsol pada kolom dapat diterapkan jika ingin mempertahankan jarak antar kolom. Pemberian konsol berakibat penempatan langit-langit yang lebih rendah, sehingga mempengaruhi estetika dan kenyamanan.

4. Dilatasi dengan dua kolom

Dilatasi dengan dua kolom merupakan sistem yang umum digunakan, terlebih pada bangunan dengan bentuk memanjang. Dilatasi dimungkinkan dengan jarak antar kolom 15 cm.