

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1. Dasar-dasar Pembebanan**

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan sebaiknya mengikuti peraturan-peraturan pembebanan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Dalam Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, dicantumkan bahwa struktur gedung direncanakan kekuatannya terhadap beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Pengertian dari beban-beban tersebut adalah.

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 yang tak terpisahkan dari gedung.
2. Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan atap dan lantai tersebut.
3. Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja dalam gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah

akibat gempa itu, maka yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.

Suatu konstruksi beton bertulang merupakan suatu kombinasi dari balok, kolom, dan pelat yang dihubungkan bersama secara tegar yang membentuk suatu kerangka. Setiap bagian secara tersendiri harus mampu menahan gaya yang bekerja padanya (Mosley dan Bungey, 1989).

Jenis rangka portal yang digunakan dalam perencanaan beton bertulang ini adalah *open frame*, yaitu struktur bangunan yang terdiri dari rangka-rangka portal kaku sebagai pendukung utama bangunan. Elemen struktur tersebut meliputi kolom, balok dan pelat. Bagian lain dari bangunan, seperti dinding dan tangga dianggap sebagai beban serta tidak memiliki daya dukung terhadap struktur.

Proses perancangan bangunan tahan gempa harus mempertimbangkan gaya-gaya horizontal yang timbul akibat beban gempa yang bekerja pada struktur. Pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002 tercantum bahwa pemilihan cara menganalisa bangunan tahan gempa untuk gedung yang tidak beraturan ( simetris ) dan untuk gedung yang bentuk, ukuran dan penggunaanya tidak umum akan dianalisa menggunakan analisa dinamik.

Analisa dinamik dari struktur bangunan yang menderita beban gempa dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu analisa riwayat waktu ( Time History Analysis ) dan analisa respon spectrum (Response Spectrum Analysis).

Perencanaan gedung ini akan digunakan analisa beban dinamik dengan metode respons spectrum.

Balok merupakan elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke kolom penyangga vertikal. Balok ialah batang struktural yang menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan. Dua hal utama yang dialami oleh balok ialah tekan dan tarik, yang antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral (Wahyudi L dan Rahim, 1999)

Kolom merupakan elemen bangunan yang berfungsi utama sebagai pendukung gaya tekan. Dalam prakteknya, kolom tidak hanya menahan gaya tekan saja, tetapi juga menahan gaya lain seperti momen dan geser. Secara struktural kolom mempunyai peran yang relatif lebih penting dan kritis daripada balok. Kolom menahan lantai lebih luas dan banyak hal yang berkaitan dengan momen pada kolom belum diketahui secara pasti, sehingga kolom juga berfungsi sebagai elemen penjamin stabilitas bangunan (Ferguson, 1979).

Pelat lantai merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horisontal dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar. Pelat lantai biasanya ditumpu oleh gelagar atau balok beton bertulang, oleh dinding pasangan batu atau beton bertulang, batang-batang struktur baja, secara langsung oleh kolom, atau bertumpu secara menerus oleh tanah. Pelat lantai mungkin bertulang satu atau dua arah tergantung sistem strukturnya. Pelat satu arah ialah pelat yang ditumpu hanya pada kedua sisi yang berlawanan saja, pada keadaan ini aksi struktural dari pelat bersifat satu arah dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam

arah tegak lurus terhadap gelagar-gelagar penunjang. Pelat dua arah merupakan pelat yang ditumpu pada ke empat sisinya sehingga terdapat aksi pelat dua arah (Winter dan Arthur, 1993).

Pada pelat lantai, apabila nilai perbandingan antara panjang dan lebar pelat tidak lebih dari dua, maka digunakan penulangan dua arah. Apabila nilai perbandingan antara panjang dan lebar pelat lebih dari dua, maka digunakan penulangan satu arah (Dipohusodo, 1994).

## **2.2. Analisis Pembebanan**

### **2.2.1. Analisis Pembebanan**

Beban yang akan ditinjau dan dihitung dalam perancangan gedung ini ialah beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan kombinasi pembebanan yang telah ada dalam Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002

#### 1. Kuat perlu (U)

- a. Kuat perlu (U) untuk menahan beban mati (D) paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,4D \quad (2-1)$$

- b. Kuat Perlu (U) yang menahan beban mati (D) dan beban hidup (L):

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (2-2)$$

- c. Kuat perlu (U) yang menahan kombinasi beban mati (D), beban hidup (L), dan beban gempa (E):

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E \quad \text{atau} \quad (2-3)$$

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E$$

dengan:  $D$  = beban mati

$L$  = beban hidup

$E$  = beban gempa

$R$  = beban hujan

$A$  = beban atap

## 2. Kuat rencana

Dalam menentukan kuat rencana suatu komponen struktur, maka kuat minimalnya harus direduksikan dengan faktor reduksi kekuatan yang sesuai dengan sifat beban. Dalam SNI 03-2847-2002 diberikan faktor reduksi kekuatan  $\Phi$  untuk berbagai mekanisme sebagai berikut.

- |  |         |
|--|---------|
| a. Reduksi lentur tanpa beban aksial                   | = 0,8.  |
| b. Aksial tarik, dan aksial tarik dengan lentur        | = 0,8.  |
| c. Aksial tekan, aksial tekan dengan lentur (spiral)   | = 0,7.  |
| d. Aksial tekan, aksial tekan dengan lentur (sengkang) | = 0,65. |
| e. Geser dan torsi                                     | = 0,6.  |
| f. Tumpuan pada beton                                  | = 0,7   |

### 2.2.2. Perhitungan Beban Gempa

Beban gempa yang diperhitungkan ialah beban hidup ditambah dengan beban mati yang telah direduksi. Untuk mencari beban geser gempa untuk analisis beban statik ekuivalen digunakan rumus:

$$V = \frac{C.I.Wt}{R} \quad (2-4)$$

dengan:

$V$  = gaya geser horisontal

$C$  = koefisien gempa dasar

$I$  = faktor keutamaan gedung

$R$  = faktor reduksi gempa (SK SNI 03-1726-2002, tabel 2)

$Wt$  = berat total bangunan

Nilai waktu fundamental  $T_1$  dari struktur gedung sesuai SK SNI 03-1726-2002 pasal 5.6 9Bsn, 2002b, halaman 260, dibatasi bergantung pada koefisien  $\zeta$  untuk Wilayah Gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatannya menurut persamaan :

$$T_1 < \zeta n$$

Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik

Waktu getar alami ( $T_1$ ) fundamental struktur dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}} \quad (2-5)$$

dengan:

$T_1$  = waktu getar alami fundamental

$d_i$  = simpangan horisontal lantai tingkat  $i$

$g$  = percepatan gravitasi ( 9810 mm/dt<sup>2</sup>)

$W_i$  = berat lantai tingkat ke- $i$ , termasuk beban hidup yang sesuai

$F_i$  = beban gempa nominal statik ekuivalen

Syarat  $T_1 < \zeta n$

dengan penjelasan :

$\zeta$  = koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung

$n$  = jumlah tingkat gedung

Beban geser akibat gempa yang dibagikan sepanjang tinggi gedung menjadi beban-beban horisontal terpusat yang bekerja pada lantai ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$F_i = \frac{W_i \times z_i^2}{\sum_{i=1}^n W_i \times z_i} \times V \quad (2-6)$$

dengan:

$F_i$  = beban gempa horisontal

$W_i$  = berat lantai

$H_i$  = tinggi lantai

$V$  = beban geser akibat gempa

Pesyaratan yang harus dipenuhi dalam merencanakan struktur dengan analisis dinamik adalah.

$$V \geq 0,8 V_1 \quad (2-7)$$

### 2.2.3. Perencanaan Pelat Lantai

Perhitungan pelat dilakukan menggunakan perhitungan pelat dua arah, karena perbandingan antara panjang dan lebar pelat tidak lebih dari dua. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan buku grafik dan tabel perhitungan beton bertulang. Langkah-langkah perhitungannya ialah sebagai berikut.

1. Penentuan syarat-syarat batas dan bentangnya ( $l_x$  dan  $l_y$ ).
2. Penentuan tebal pelat untuk nilai  $f_y$  dan bentang terpendek  $l_x$  atau  $l_y$  sehingga diperoleh tebal minimum ( $h_{min}$ ).
3. Penghitungan beban-beban pelat dengan:

$$W_u = 1,2W_D + 1,6W_L + 0,5W_A \quad (2-8)$$

4. Penghitungan tulangan dengan syarat  $\rho \leq \rho_{maks}$ , apabila  $\rho > \rho_{maks}$  maka tebal pelat perlu ditambah, kemudian tulangan dihitung ulang.

### 2.2.4. Perencanaan Balok

Perencanaan penulangan balok menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Penentuan dimensi balok, mutu beton, dan mutu baja.



2. Penghitungan kuat lentur perlu balok total ( $M_{u,b}$ ).
3. Penentuan rasio penulangan ( $\rho$ ).
4. Penghitungan luas tulangan.
5. Penentuan diameter dan jumlah tulangan.

Kuat lentur perlu balok ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan, harus memenuhi:

$$M_{u,b} = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{L,b} + 0,5 M_{A,b} \quad (2-9)$$

$$M_{u,b} = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{L,b,R} \pm 1,0 M_{E,b} \quad (2-10)$$

$$M_{u,b} = 0,9 M_{D,b} \pm 1,0 M_{E,b} \quad (2-11)$$

dengan:

$M_{D,b}$  = momen lentur balok akibat beban mati tak terfaktor

$M_{L,b,R}$  = momen lentur balok akibat beban hidup tak terfaktor dengan memperhatikan faktor reduksinya

$M_{E,b}$  = momen lentur balok akibat beban gempa tak terfaktor

$M_{A,b}$  = momen lentur balok portal akibat beban atap tak terfaktor

Rasio tulangan dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2-12)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (2-13)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2-14)$$

Luas tulangan dihitung menggunakan persamaan:

$$As = \rho . b . d \quad (2-15)$$

Gaya geser rencana balok portal dengan daktilitas penuh dalam SNI 03-2847-2002, dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{e,b} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L} \pm \frac{W}{2} \quad (2-16)$$

dengan:

$V_{e,b}$  = gaya geser rencana balok

$M_{pr1}$  = kuat momen lentur 1

$M_{pr2}$  = kuat momen lentur 2

$L$  = bentang bersih balok

$W$  = beban gravitasi

#### 2.2.5. Perencanaan Kolom

Kuat kolom portal dengan daktilitas penuh harus memenuhi :

$$\sum Me \geq \frac{6}{5} \sum Mg \quad (2-17)$$

dengan :

$\sum Me$  = jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom sehubungan dengan kuat lentur nominal kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut.

$\sum Mg$  = jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom sehubungan dengan kuat lentur balok-balok yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut.

Gaya geser rencana  $V_e$  pada kolom harus dihitung dari :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{H} \quad (2-18)$$

dengan :  $V_e$  = gaya geser rencana kolom

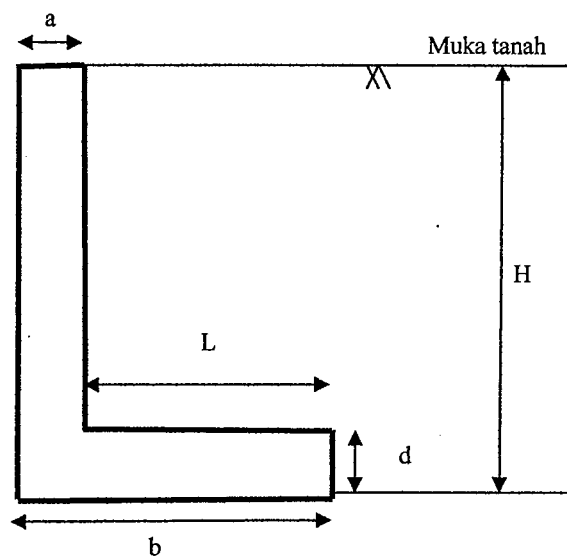
$M_{pr1}$  = kuat momen lentur 1

$M_{pr2}$  = kuat momen lentur 2

$H$  = tinggi kolom

### 2.2.6. Perancangan Dinding Penahan Tanah

Perancangan dinding penahan tanah akan dilakukan untuk bagian basement sebanyak 1 lantai yang akan digunakan sebagai lahan parkir. Dinding kantilever akan digunakan untuk bangunan basement 1 lantai.



Gambar 2.2. Dinding penahan tanah kantilever

Keterangan:

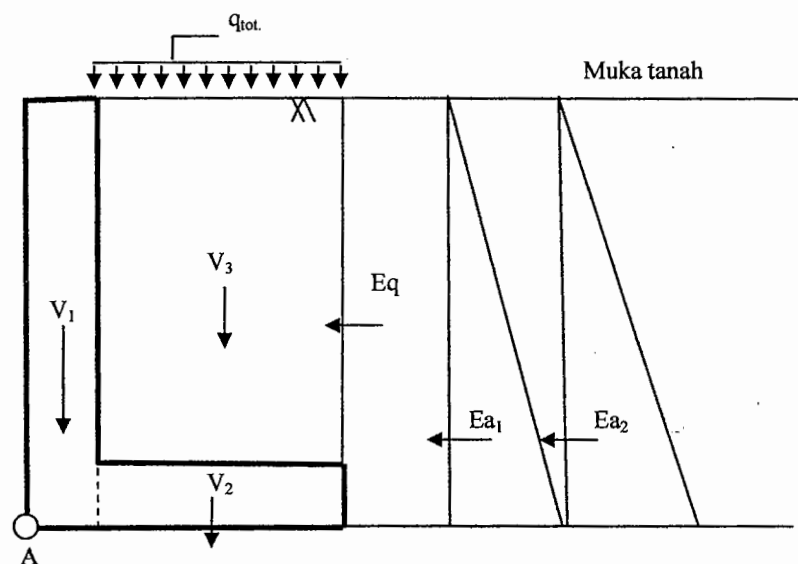
$a$  = lebar puncak  $\geq 30$ cm,

$b$  = lebar dasar pondasi (0,4-0,70)  $H$ ,

$d$  = tebal kaki tumit (1/12 – 1/10)  $H$ ,

$H$  = tinggi dinding penahan tanah,

$L$  = lebar kaki tumit (1/12 – 1/10)  $H$ ,



Gambar 2.3. Diagram tekanan tanah

Keterangan:

$q$  = Beban merata.

$E_q$  = Tekanan tanah aktif akibat muatan terbagi rata pada tanah.

$$= q \cdot K_a \cdot \frac{1}{2} \cdot H$$

$E_{a1}$  = Tekanan tanah aktif pengaruh tanah di belakang dinding setinggi  $H$ .

$$= 0,5 \cdot h_{a1}^2 \cdot \gamma \cdot K_a$$

$Ea_2$  = Tekanan tanah aktif akibat kohesi.

$$= 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \cdot h_{a2}$$

$V_1$  = Gaya vertikal akibat berat sendiri.

$V_2$  = Gaya vertikal akibat berat sendiri.

$V_3$  = Gaya vertikal akibat berat tanah.

$E_p$  = Gaya pasif tanah.

$$= 0,5 \cdot \gamma_b \cdot h_p$$

A = Titik putar.

Analisa yang perlu dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah yang akan dipaparkan sebagai berikut .

#### 1. Stabilitas Terhadap Penggulingan

Konstruksi akan terguling jika momen penahan tidak mampu menahan momen pengguling yang terjadi padanya, dengan mengambil satu titik putar pada salah satu ujungnya.

membuat profil diagram tekanan dinding penahan tanah agar didapat gaya-gaya seperti: momen (  $M$  ), gaya geser (  $V$  ).

Dalam kondisi seimbang maka  $\Sigma M = 0$ , yaitu  $Ma = Mp$

Memperbesar SF (angka keamanan) dengan cara :

$$\Sigma Mp = V \cdot e + E_p \cdot h_p \quad (2-19)$$

Untuk keamanan maka diambil angka keamanan (SF) sebesar:

$$SF = \Sigma Mp / \Sigma Ma \quad (2-20)$$

$Ma$  = momen guling akibat  $Ea$ (gaya aktif) =  $Ea \cdot h$

$Mp$  = momen perlawanan akibat berat sendiri konstruksi =  $V \cdot e$

Dengan :  $SF \geq 1,5$  untuk jenis tanah non kohesif, misal tanah pasir

$SF \geq 2,0$  untuk jenis tanah kohesif, misal tanah lempung

2. Menggunakan gaya momen dan gaya geser yang diperoleh dari langkah 1 untuk mengecek geser balok untuk menghitung penulangan yang akan dipasang pada alas badan dinding dan penulangan vertikal per kaki panjang dinding.

- a. Untuk geser, dilakukan pengecekan kedalaman efektif beton

$$d1 = D - l \quad (2-21)$$

$$v_c \cdot d2 = Pa(LF) \quad (2-22)$$

dengan :

$d1$  = kedalaman beton efektif,

$D$  = lebar atas dinding penahan tanah,

$l$  = jarak tepi dengan tulangan baja yang terpasang,

$v_c$  = nilai gaya geser,

$d2$  = kedalaman beton efektif,

$Pa$  = luas diagram tekanan,

$LF$  = factor beban, diambil nilai sebesar 2.

dari kedua nilai  $d1$  dan  $d2$ , jika  $d1 > d2$  maka  $d1$  perhitungan dapat dilanjutkan.

- b. Untuk momen, data yang ada akan dipakai untuk menghitung penulangan.

$$Mu = \phi Asfy \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (2-23)$$

$$a = \frac{Asfy}{0,85 f'_c b} \quad (2-24)$$

dengan :

$Mu$  = Momen rencana

$\phi$  = factor aman kelenturan, diambil nilai sebesar 0,9

$fy$  = mutu baja tulangan

$As$  = luas total tulangan yang dibutuhkan