

## **BAB II**

### **TEKNOLOGI BAHAN DAN KONSTRUKSI**

#### **2.1. PENGERTIAN BETON BERTULANG**

Beton bertulang (reinforced concrete) tersusun dari bahan beton dan baja, yang antara keduanya mempunyai ikatan/lekatan (bond) yang kuat sehingga membentuk suatu bahan komposit. Beton mempunyai kekuatan yang besar dalam menahan gaya tekan (compression), namun lemah dalam menahan gaya tarik. Bagian beton yang menahan gaya tarik akan diperkuat atau digantikan oleh baja tulangan.

Beton tersusun dari beberapa bahan yaitu:

1. semen
2. air
3. agregat halus (pasir), ukuran butir  $\leq 5$  mm
4. agregat kasar (kerikil, batu belah), ukuran butir  $> 5$  mm
5. bahan tambah (admixture)

Campuran semen dan air yang berupa pasta merupakan bahan pengikat pasir dan kerikil menjadi satu kesatuan. Semen dan air ini akan bereaksi secara kimiawi, sehingga bahan-bahan tersebut akan menjadi satu kesatuan yang padat dan keras seperti batu.

Beton keras mempunyai kuat tekan yang tinggi. Beberapa faktor yang berpengaruh pada mutu beton antara lain:

1. umur beton.
2. faktor air semen (water cement ratio).
3. proporsi campuran bahan penyusun dan bahan tambah.
4. sifat mudah dikerjakan (workability).
5. perawatan beton (curing).

Kuat tekan beton didapatkan dari pengujian silinder standar (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) pada saat umur mencapai 28 hari. Beberapa penentu sifat-sifat beton dan nilainya adalah sebagai berikut (berdasarkan SNI '02):

1. Tegangan tekan  $f_c'$
2. Modulus elastisitas untuk beton secara umum:  $E_c = 0,043 w_c^{1,5}$  ,  
untuk beton normal  $E_c = 4700$ .
3.  $c = 0,002$  atau 0,2 %,Regangan.
4.  $c_u = 0,003$  atau 0,3 %,Regangan.

Kuat tarik beton dibagi menjadi 2 kondisi:

1. Tarik lentur (modulus of rupture).
2. Tarik belah (splitting).

## 2.2. PENGENALAN BERBAGAI MACAM BETON

Beton spesial yang dimaksud adalah jenis beton selain beton normal seperti yang umum dijumpai sehari-hari yang biasanya terbuat dari campuran semen Portland dan agregat alami dan dibuat secara konvensional Beton spesial mempresentasikan kemajuan teknologi beton yang dikembangkan untuk menanggulangi kekurangan yang dimiliki beton normal.

Beberapa jenis beton yang bisa dikategorikan sebagai beton spesial diantaranya adalah :

### 1. Beton Ringan (Lightweight Concrete)

Dibuat dengan menggunakan agregat ringan atau dikombinasikan dengan agregat normal sedemikian rupa sehingga dihasilkan beton dengan berat isi yang lebih kecil (lebih ringan) daripada beton normal. Berat isi beton ringan mencapai 2/3 dari beton normal. Tujuan penggunaan beton ringan adalah untuk mengurangi berat sendiri dari struktur sehingga komponen struktur pendukungnya seperti pondasinya akan menjadi lebih hemat.

### 2. Beton mutu tinggi (High Strength Concrete)

Beton dengan kuat tekan yang lebih besar dari 40 MPa sudah bias dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Beton ini dikembangkan untuk membuat struktur yang menuntut tingkat kepentingan yang tinggi misalnya

bangunan2 dengan tingkat keamanan tinggi seperti jembatan, gedung tinggi, reaktor nuklir dan lain-lain.

3. Beton dengan workabilitas tinggi (High Workability Concrete)

Umumnya tingkat kesulitan dalam pengerjaan beton dikaitkan dengan tingkat keenceran campurannya atau kemampuannya mengalir (flowing consistency), semakin encer beton akan semakin mudah dikerjakan.encer yang dimaksud bukan semata encer karena diberi banyak air, justru dengan kebanyakan air mutu beton akan semakin rendah karena material penyusunnya bisa terpisah-pisah (segregated). Yang dimaksud disini adalah beton yang mudah mengalir tetapi tetap memiliki mutu yang baik seperti beton normal atau mutu tinggi.

4. Beton Serat (Fiber Reinforced Concrete)

Adalah beton yang materialnya ditambah dengan komponen serat yang bisa berupa serat baja, plastik, glass ataupun serabut dari bahan alami.Walaupun serat dalam campuran tidak terlalu banyak meningkatkan kekuatan beton terhadap gaya tarik, perilaku struktur beton tetap semakin baik misalnya meningkatkan regangan yang dicapai sebelum runtuh, meningkatkan ketahanan beton terhadap benturan dan menambah kerasnya beton.

5. Beton dengan Polimer (Polymers Concrete)

Dengan pemberian polimer sebagai bahan perekat tambahan pada campuran beton, akan dihasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi dan dalam waktu yang lebih singkat. Bahan yang ditambahkan bisa berupa latex maupun emulsi dari bahan lain. Jenis ini cocok digunakan pada pekerjaan-pekerjaan pembetonan dalam keadaan darurat seperti terowongan, tambang dan pekerjaan lain yang membutuhkan kekuatan beton dalam waktu singkat bahkan dalam hitungan jam. Disamping itu, jenis beton polimer bisa dibuat dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap bahan kimia tertentu.

Metode penambahan polimer selain pada campuran beton, bisa juga dilakukan pada saat beton sudah kering dengan tujuan untuk menutup pori-pori beton dan retak kecil (microcrac) karena pengeringan sehingga didapatkan beton yang kedap air (impermeable) sehingga keawetan beton bisa meningkat.

#### 6. Beton Berat (Heavyweight Concrete)

Kebalikan dari beton ringan adalah beton berat, dimana beton jenis ini memiliki berat isi yang lebih tinggi dari beton normal (2400 kg/m<sup>3</sup>) yaitu sekitar 3300 kg/m<sup>3</sup> sampai 3800 kg/m<sup>3</sup>. Beton berat biasanya digunakan pada bangunan-bangunan seperti untuk perlindungan biologi, instalasi nuklir, unit kesehatan dan bangunan fasilitas pengujian dan penelitian atom. Beton berat dibuat dengan menggunakan agregat berat seperti bijih besi maupun bahan alami yang berat.

#### 7. Beton Besar (Mass Concrete)

Merupakan beton pada struktur masif dengan dengan volume yang sangat besar seperti pada bendungan, pintu air maupun balok dan pilar besar dan masif. Beton berat dibuat dengan perlakuan yang berbeda dengan beton normal mengingat timbulnya panas yang berlebihan pada campuran beton dan terjadinya perubahan volume yang juga menjadi sangat besar. Perlakuan untuk penanganan beton berat bisa dilakukan dengan mengubah komposisi campuran seperti pengurangan semen, penambahan bahan aditif pembentuk gelembung udara dan penggunaan agregat yang memiliki kepadatan tinggi.

#### 8. Beton Dengan Pemadatan Roller (Roller Compacted Concrete)

Pada pekerjaan-pekerjaan besar dan khusus seperti jalan berbahan beton dan bendungan, pemadatan beton harus dilakukan dengan menggunakan roller vibrator. Untuk pemadatan dengan roller, campuran beton harus cukup kering agar roller tidak tenggelam tetapi tetap harus memiliki sifat basah agar distribusi bahan perekat (semen) ke seluruh permukaan agregat menjadi merata. Pada akhirnya penggunaan dan pemilihan jenis beton harus

disesuaikan dengan tujuan dan fungsi struktur bangunan yang ingin dibuat dan tentu saja dengan pertimbangan biaya. Tidak perlu menggunakan beton mutu tinggi untuk membuat rumah sederhana.

### 2.3. MUTU BAHAN STRUKTUR

Nilai kuat tekan beton  $f'c$  menurut SKSNI T-15-1991-03, Bab I butir 3 ayat 14 disebutkan “kuat tekan beton yang disyaratkan adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur”. Jika perencana merencanakan  $f'c = 25,0$  MPa. Dari mutu beton  $f'c = 25,0$  MPa, didapatkan nilai modulus elastisitas beton  $E_c = 4700 \sqrt{f'c} = 23500$  Mpa. Untuk bahan baja direncanakan  $f_y = 240$  MPa, untuk tulangan  $\emptyset < 16$  mm. Untuk tulangan  $\emptyset \geq 16$  mm digunakan  $f_y = 400$  MPa.  $E_s = 200.000$  MPa (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.5. ayat 2).

### 2.4. ANALISA PEMBEBANAN

Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 (PPIUG 1987) menyebutkan “suatu struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban mati (M), beban angin (A), beban gempa (G), dan beban khusus (K)”. Kombinasi pembebanan dapat dirumuskan seperti yang terdapat dalam PPIUG 1987 pasal 2.1 ayat 2 yaitu :

Pembebanan Tetap	= Mati + Hidup
Pembebanan Sementara	= Mati + Hdup + Angin
	= Mati + Hidup + Gempa
Pembebanan Khusus	= Mati + Hidup + Khusus
	= Mati + Hidup + Angin + Khusus
	= Mati + Hidup + Gempa + Khusus

Ketentuan-ketentuan pembebanan pada struktur berlaku sebagai berikut :

a. Ketentuan beban mati dan beban hidup

- Pelat mendukung beban hidup dan beban mati termasuk berat sendiri pelat.
- Balok anak mendukung berat sendiri dan beban tetap yang didukung pelat. Beban tetap adalah kombinasi beban mati dan beban hidup.
- Balok induk mendukung berat sendiri serta beban dari balok anak.

- Beban dari balok induk diteruskan ke kolom dan selanjutnya ke pondasi.

b. Ketentuan beban Gempa

- Beban gempa yang diperhitungkan adalah beban mati ditambah beban hidup yang direduksi.
- Untuk bangunan kurang dari 40 meter tidak perlu dianalisis secara dinamis, karena tinggi bangunan ini seperti yang tercantum dalam Peraturan Perancangan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983 halaman 9 bahwa strukturnya beraturan, kekuatan merata, dan memiliki bentuk, ukuran dan penggunaan yang umum. Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung beban gempa adalah sebagai berikut :

1. Untuk mencari beban geser desain gempa untuk dianalisis beban statis ekuivalen digunakan rumus :

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$$

(Struktur Beton Bertulang jilid 3 yang disusun oleh W.C. Vis dan Gedeon Kusuma).

Dimana :

- V = beban gempa horizontal  
C = koefisien gempa  
I = Koefisien keutamaan gedung  
K = faktor jenis gedung  
W<sub>t</sub> = berat total gedung

2. Dalam menentukan waktu geser alami struktur gedung T dalam detik untuk portal beton adalah :

$$T = 0,06 H^{3/4}$$

Dimana :

- T = waktu geser  
H = tinggi gedung

3. Beban geser dasar akibat gempa (V) yang dibagikan sepanjang tinggi gedung menjadi beban-beban horizontal terpusat yang bekerja pada tiap lantai, dengan rumus :

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V$$

Dimana :

$F_i$  = beban gempa horizontal pada lantai  $i$

$W_i$  = berat lantai  $i$

$h_i$  = tinggi lantai  $i$

$V$  = beban geser dasar akibat beban gempa

## 2.5. KUAT PERLU

Berdasarkan SKSNI T15-1991-03 pasal 3.2.2, kuat perlu diperhitungkan dengan tujuan agar struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi kekuatan dari faktor beban berikut :

1. Kuat perlu  $U$  sama dengan beban mati  $D$  dan beban hidup  $L$  paling tidak harus sama dengan :  $U = 1,2 D + 1,6 L$
2. Apabila ketahanan struktur terhadap beban angin  $W$  harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban  $D$ ,  $L$ , dan  $W$  berikut harus dipelajari untuk menentukan nilai  $U$  terbesar.

$$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W)$$

Dimana kombinasi beban harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup  $L$  yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, dan

$$U = 0,9 D + 1,3 W$$

Dengan catatan bahwa untuk setiap kombinasi beban  $D$ ,  $L$ , dan  $W$  akan diperoleh kekuatan  $U$  yang tidak kurang dari  $1,2 D + 1,6 L$

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa  $E$  harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai  $U$  harus diambil sebagai :

$$U = 1,05 (D + L_R + E) \text{ atau}$$

$$U = 0,9 (D \pm E)$$

$L_R$  adalah beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan ketentuan SKBI 1987.

4. Bila ketahanan tekanan tanah H harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan U minimum harus sama dengan :

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 1,6 H$$

5. Bila pengaruh struktural T dari perbedaan penurunan, rangkai, susut, atau perubahan suhu mungkin menentukan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan U harus sama dengan :

$$U = 0,75 (1,2 D - 1,2T + 1,6 L)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$U = 1,2 (D + T)$$

Kuat perlu U yang dipakai adalah kuat perlu U yang nilainya terbesar, karena pada perhitungan portal bangunan hotel ini beban angin dan beban khusus tidak ditinjau maka kuat perlu yang diperhitungkan adalah kuat perlu point (1) dan (3).

## 2.6. KUAT RENCANA

Dalam menentukan kuat rencana suatu komponen struktur, maka kuat minimum harus direduksi dengan faktor reduksi kekuatan sesuai dengan sifat beban yang ditentukan dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.3. (2) sebagai berikut :

Lentur tanpa beban aksial  $\phi = 0,80$

Aksial tarik, dan aksial tarik dengan lentur  $\phi = 0,80$

Aksial tekan, dan aksial tekan dengan lentur

☞ Komponen struktur dengan tulangan spiral

maupun sengkang ikat  $\phi = 0,70$

☞ Komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa  $\phi = 0,65$

Geser dan torsi  $\phi = 0,60$

Tumpuan pada beton  $\phi = 0,70$

Bila kekuatan geser yang ada pada setiap komponen struktur kurang dari geser yang berhubungan dengan pengembangan kuat lentur nominall untuk kombinasi beton terfaktor termasuk pengaruh gempa, maka faktor reduksi kuat geser harus diambil sebesar 0,5 kecuali untuk menentukan kekuatan-kekuatan join dimana faktor reduksi kekuatan harus diambil sebesar 0,6.