

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Struktur Gedung**

Gedung terbentuk dari struktur bangunan. Struktur bangunan adalah bagian dari sebuah sistem bangunan yang berkerja untuk meyalurkan beban yang diakibatkan oleh adanya bangunan di atas tanah. Fungsi struktur dapat diartikan juga untuk menompang atau mendukung kekuatan dankekakuan pada suatu bangunan untuk mencegah sebuah bangunan mengalami keruntuhan. Struktur juga berguna untuk menyalurkan beban – beban yang berkerja pada bangunan ke pondasi. Beban tersebut melalui elemen-elemen struktur. Berikut adalah elemen-elemen pada struktur gedung:

##### **2.1.1 Balok**

Balok adalah batang searah horizontal pada struktur bangunan. Berdasarkan fungsi strukturnya balok terdiri dari 3 jenis, yaitu balok lentur, balok geser dan balok tarik. Beban-beban yang berkerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (berarah vertical) maupun beban-beban lain, seperti beban anginnya (dapat berarah horizontal) atau juga beban karena susut dan beban karena perubahan temperature menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban dari luar. Apabila beban bertambah maka pada balok akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur disepanjang bentang balok. Dikarenakan daya tarik beton sangat kecil apabila beban semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Balok tarik terdapat dilantai pertama gedung karena terdapat perubahan kekakuan dari tingkat pertama dengan diatasnya, perubahan dari dinding struktur ke kolom. Terjadinya retak miring awal menentukan kekuatan geser balok tanpa penulangan. Karena bertambahnya retak fungsi dari kekuatan tarik pada balok.

### **2.1.2 Kolom**

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang besangkutan dan juga runtuh total (*Total Colapse*) seluruh struktur. Kolom berfungsi sebagai penerus beban dari keseluruhan struktur bangunan ke pondasi.

### **2.1.3 Pelat Lantai**

Selain memikul beban gravitas, pelat lantai berfungsi sebagai diafragma yang mendistribusikan gaya lateral dan menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal. Distribusi gaya lateral tergantung aksi diafragma sebagai balok tinggi, pelat berprilaku sebagai badan balok, sedangkan tepinya sebagai sayap yang memikul gaya tarik dan tekan.

## **2.2 Beton Konvensional**

Konstruksi beton konvensional adalah suatu konstruksi yang semua elemen strukturnya dikerjakan di lokasi proyek atau cor ditempat. Semua pekerjaan pembetonan dilakukan secara manual dimulai dari merakit cetakan dan merangkai tulangan sesuai dengan gambar rencana hingga pengecoran semua dilakukan di lokasi proyek

Menurut Ervianto pada buku Eksplorasi Konstruksi dalam Proyek Konstruksi (2006) keunggulan dan kelemahan dari beton konvensional adalah:

Keunggulan :

1. Mudah dan umum dalam penggerjaan dilapangan
2. Mudah dibentuk dalam berbagai penampang
3. Perhitungan relatif mudah dan umum
4. Sambungan pelat lantai, balok, dan kolom bersifat monolit atau terikat penuh

Kelemahan :

1. Diperlukan tenaga kerja buruh yang lebih banyak, relatif lebih mahal

2. Pemakaian bekisting relative banyak
3. Pekerjaan dalam pembangunan lebih lama karena pengeraannya berurutan saling tergantung dengan pekerjaan lainnya
4. Terpengaruh oleh cuaca, apabila hujan pekerjaan pengecoran tidak dapat dilakukan

### **2.3 Beton Pracetak**

Teknologi beton pracetak adalah teknologi konstruksi beton dimana seluruh atau sebagian elemen struktur dicetak di suatu tempat yang baik dan tidak berada pada lokasi proyek tersebut (pabrik) yang nantinya akan dipasangkan pada konstruksi. Beton pracetak pada umumnya diproduksi disebuah pabrik secara banyak atau masal dan diproduksi secara berulang dengan bentuk dan ukuran sesuai dengan pemesanan. Pada dasarnya beton pracetak relatif lebih mahal dikarenakan cetakan yang terbuat plat baja dan dapat digunakan +80 kali untuk setiap cetakannya.

Semakin berkembangnya ilmu teknologi khususnya pada sistem beton pracetak itu sendiri, pada saat ini banyak ditemukan berbagai macam inovasi mengenai teknologi sistem beton pracetak seperti sistem *column-slab* (1996), sistem *L-Shape Wall* (1996), sistem *All Load Bearing Wall* (1997), sistem *Beam Column Slab* (1998), sistem Jasubakim (1999), sistem Bresphaka (1999), dan sistem *T-cap* (2000)

Keunggulan dan kelemahan pada sistem pracetak :

Keunggulan :

1. Bangunan dapat segera dimanfaatkan/dioperasikan, sebab dengan sistem pracetak dapat mempercepat proses waktu penyelesaian pekerjaan.
2. Tuntutan terhadap mutu pekerjaan proyek dapat ditingkatkan sebab sebagian *quality control* sudah dilakukan dipabrik yang jauh lebih mudah pengawasanya.
3. Penggunaan tenaga kerja manusia dapat dikurangi secara drastis sebab metode ini mensyaratkan lebih banyak menggunakan peralatan, sehingga proyek dapat lebih terkendali tanpa banyak terpengaruh oleh kebutuhan tenaga manusia.

Kelemahan ;

1. Keruksakan yang mungkin timbul selama proses transportasi.
2. Dibutuhkan peralatan lapangan yang kapasitas angkut yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi dan menempatkan pada posisi tertentu.
3. Diperlukan perencanaan yang detail pada sambungan.
4. Diperlukan gudang yang luas
5. Perubahan struktur baik saat pelaksanaan maupun dimasa yang akan dating tidak mungkin dilakukan
6. Keruksakan pada salah satu elemen pracetak dapat mengacaukan jadwal pelaksanaan pemasangan di lapangan (*Erection Programmed*)

Tidak mudah dalam menentukan metode mana yang akan digunakan antara metode beton konvensional atau menggunakan metode beton pracetak. Maka dari itu untuk mereduksi biaya dan waktu pelaksanaan proyek maka harus dilakukan evaluasi konstruksi.

### **2.3.1 Sambungan pada Elemen Struktur Gedung Precetak**

Sambungan adalah komponen penting pada sistem beton pracetak karena berfungsi untuk meneruskan beban pada komponen yang disambung. Kelemahan pada sistem pracetak terletak pada sistem sambungannya yang relatif kurang kaku atau monolit yang berakibat lemahnya menahan gaya yang terjadi.

Dikarenakan sambungan pada sistem pracetak lemah maka perencana harus merencanakan sambungan dengan prilaku yang mendekati sama dengan struktur monolit. Gaya dapat disalurkan antara komponen melalui berbagai sistem sambungan diantaranya sambungan *grouting*, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat, atau kombinasi dari cara-cara tersebut. Sambungan berupa sambungan antara pelat pracetak dengan balok pracetak, sambungan balok pracetak dengan kolom pracetak, dan kolom pracetak dengan kolom pracetak.

## 2.4 Dasar Perencanaan Struktur

### 2.4.1 Jenis Pembebanan

Pada perencanaan bagunan bertingkat tinggi, komponen struktur direncanakan cukup kuat untuk memikul semua beban kerjanya. Pengertian beban itu sendiri adalah beban – beban baik secara langsung maupun tidak langsung yang mempengaruhi struktur bangunan tersebut. Berdasarkan SNI 1727: 2013 bangunan dikatakan aman apabila mampu menahan beban - beban sebagai berikut:

#### 2.4.1.1 Beban Mati (Dead Load)

Beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding pertisi tetap, *finishing*, kladding gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727: 2013 pasal 3.1)

#### 2.4.1.2 Beban Mati Tambahan (Super Dead Load)

Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat – berat tambahan atau *finishing* yang bersifat permanen. Mengacu pada definisinya bahwa beban mati berupa unsur tambahan, bersifat tetap, dan merupakan kesatuan dengan elemen struktur bisa dikategorikan sebagai SDL. Termasuk didalamnya berupa dinding pemasangan setengah bata, elemen plafon, lantai keramik, space untuk kramik + finishing lantai, atau bisa juga kolam renang.

#### 2.4.1.3 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan pernghuni bangunan gedung atau struktur lain. (SNI 1727: 2013 pasal 4.1). Beban hidup selalu berubah – ubah dan sulit diperkirakan. Perubahan tersebut terjadi sepanjang waktu, baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang (Schueler,2010). Beban hidup atap merupakan beban yang diakibatkan pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material. Selain itu juga beban selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh

benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghuni (SNI 1727: 2013 pasal 4.1).

#### **2.4.1.4 Beban gempa**

Beban gempa merupakan beban yang berkerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan adanya gempa bumi (baik gempa bumi tektonikataupun gempa bumi vulkanik) dan mempengaruhi struktur. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya – gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa tersebut.

#### **2.4.2 Kombinasi pembebanan**

Sesuai dengan SNI 1727:2013. Struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi sebagai berikut :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 ( $L_r$  atau S atau R)
3. 1,2D + 1,6 ( $L_r$  atau S atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 ( $L_r$  atau S atau R)
5. 1,2D + 1,0E + L 0,2S
6. 0,9D + 1,0W
7. 0,9D + 1,0E

Dimana:

- D = beban mati
- L = beban hidup
- $L_r$  = beban hidup atap
- R = beban hujan
- S = beban salju
- W = beban angin

$$E \quad = \text{beban gempa}$$

### 2.4.3 Pemodelan Struktur

Pada penelitian kali ini peneliti menggunakan program ETABS18 yang bertujuan untuk mempermudah peneliti menganalisis struktur gedung. Program ETABS18 secara khusus difungsikan untuk menganalisis lima perencanaan struktur, yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis balok komposit, analisis baja rangka batang, analisis dinding geser. Penggunaan program ini untuk menganalisis struktur, terutama untuk bangunan tinggi sangat tepat bagi perencana struktur karena ketepatan dari output yang dihasilkan dan efektifitas waktu dalam menganalisis.

Program ETABS sendiri telah teruji aplikasinya di lapangan. Di Indonesia sendiri, konsultan-konsultan prencana struktur ternama telah menggunakan program ini untuk menganalisis struktur dan banyak gedung yang telah dibangun dari hasil perencanaan tersebut. Maka dari itu peneliti menggunakan program ETABS untuk membantu perhitungan analisis struktur bangunan gedung. Tahapan pemodelan pada ETABS18 adalah sebagai berikut

1. Membuat grid pada ETABS sesuai dengan gambar kerja yang ada berupa jarak antar balok, antara kolom, tinggi elevasi setiap lantainya.
2. Membuat setiap *material property* yang digunakan sesuai dengan rencana.
3. Membuat setiap *Frame Section* meliputi dimensi balok, dimensi kolom, dimensi pelat, beserta dengan tulangan dan mutu material.
4. Setelah semua data yang dibutuhkan di input selanjutnya melakukan pemodelan sesuai dengan gambar kerja sehingga terlihat gambar kasar konstruksi bangunan.
5. Setelah pemodelan selesai maka masukan pembebanan yang meliputi beban mati (*Dead Load*), beban mati tambahan (*Super Dead Load*), beban hidup (*Live Load*), beban gempa sesuai dengan lokasi bangunan, dan beban angin.
6. Setelah semua selesai maka dilakukan *Run Analysis* dan menghasilkan *Output*

#### **2.4.4 Analisa Struktur**

Analisis struktur merupakan ilmu untuk menentukan efek dari beban pada struktur fisik dan komponennya. Beban yang berkerja pada struktur akan menimbulkan reaksi gaya dalam pada struktur. Analisis struktur sangat penting untuk memastikan bagaimana alur, distribusi dan dampak beban terhadap struktur yang ditinjau.

Selain beban yang mempengaruhi perilaku struktur adalah bahan yang digunakan dan geometri struktur. Dengan melakukan analisis struktur maka dapat diketahui bagaimana perilaku struktur dan tingkat keamanannya saat dikenai beban yang diperkirakan akan berkerja

#### **2.4.5 Pengencekan Kinerja Struktur**

Menurut Undang-Undang RI Nomor 28 Tahun 2002, keandalan bangunan gedung harus memenuhi persyaratan keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan. Persyaratan keselamatan yaitu kemampuan struktur bangunan gedung yang stabil dan kukuh dalam mendukung beban muatan merupakan kemampuan struktur bangunan struktur yang stabil dan kukuh sampai kondisi pembebanan maksimum dalam mendukung beban muatan hidup dan beban muatan mati, serta untuk daerah/zona tertentu kemampuan untuk mendukung beban muatan yang timbul akibat perilaku alam.

##### **2.4.5.1 Kinerja Batas Ultimit**

Menurut RSNI 03-1726-2012 simpangan antar lantai ditentukan hanya berdasarkan satu kinerja, yaitu kinerja batas ultimit, yang ditentukan oleh simpangan antar tingkat maksimum akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi gedung diambang keruntuhan, sehingga dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela dilatas)

Syarat kinerja batas ultimit berdasar RSNI 03-1726-2012 adalah penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau

- a) Simpangan antar lantai, simpangan antar lantai (*story drift*) dihitung berdasarkan data analisis pada struktur, deformasi struktur pada level X:

$$\delta_x = \frac{c_d \delta_{xc}}{I_c} \quad (1)$$

Dimana:

$c_d$  = Faktor pembesaran

$\delta_{xc}$  = Defleksi yang ditentukan oleh analisis elastis

$I_c$  = Faktor keutamaan

- b) Pengaruh P-Delta dalam perencanaan bangunan tinggi, pergerakan lateral kolom akibat pengaruh beban aksial P dan horizontal *displacemet* akan menimbulkan momen skunder pada balok dan kolom, serta tambahan *story drift*. Stabilitas dari sistem struktur akibat pengaruh P-delta setiap tingkat dihitung:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_c}{V_x h_{sx} c_d} \quad (2)$$

Dimana:

$P_x$  = Beban desain vertikal total pada tingkat di atas level x

$\Delta$  = *Drift* tingkat (simpangan antar lantai) yang dihitung pada level desain (termasuk  $c_d$ )

$I_c$  = Faktor keutamaan

$V_x$  = Gaya geser seismic total tingkat yang ditinjau

$c_d$  = Faktor pembesaran defleksi dalam tabel 9 (RSNI 03-1726-2012)

Jika  $\theta < 0,1$  pengaruh P-delta dapat diabaikan

## 2.5 Manajemen Proyek

Manajemen adalah ilmu dan seni mengatur proses pemanfaatan sumber daya manusia dan sumber – sumber lainnya secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Dimana unsur-unsur manajemen terdiri dari : *Man, Money, method, machines, material, dan market.*

## 2.6 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala

Diatas telah disebutkan bahwa tiap proyek memiliki tujuan khusus, misalnya rumah, gedung kuliah, jembatan. Didalam proses mencapai tujuan tersebut telah ditentukan batasan yaitu biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal serta mutu yang harus dipenuhi.



Gambar 2.1 Sasaran Proyek dan Tiga kendala (*Triple Constraint*)

Seperti pada gambar 2.1 ini merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek, yaitu:

- A. Anggaran

Proyek harus diselesaikan dengan anggaran biaya yang telah ditetapkan. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal bertahun-tahun, anggarannya bukan hanya ditentukan untuk total proyek tetapi diuraikan kedalam komponen atau sub-unit yang telah ditentukan, dapat pula diuraikan per periode tertentu yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan.

B. Jadwal

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan. Bila hasilnya produk baru maka penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

C. Mutu

Produk atau hasil kerja kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan.

Ketiga batasan tersebut bersifat tarik menarik. Artinya jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam kontrak, maka umumnya harus diikuti dengan menaikkan mutu, yang selanjutnya akan berakibat pada naiknya biaya yang melebihi anggaran. Sebaliknya bila ingin menekan biaya, maka biasanya berkompromi dengan mutu dan jadwal. (Iman Soeharto. 1999 :2)

## 2.7 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Penjadwalan atau *Scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka penyelesaian suatu proyek hingga tercipta hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Husen,2011)