

TUGAS AKHIR

**PERHITUNGAN STRUKTUR BETON BERTULANG
PADA PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL SAKURA
ONE MANADO DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM
ETABS v9.6.0 DAN METODE PELAKSANAAN**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada
Program Studi Diploma IV Konstruksi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

Andhika E.P.Rumondor
NIM. 12 012 051



**KEMENRTIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2016**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada setiap konstruksi bangunan gedung, semua komponen struktur yang mendukung bangunan tersebut harus dipastikan kuat dan mampu menahan beban yang dipikul oleh struktur bangunan. Komponen struktur itu sendiri terbagi atas dua bagian besar yaitu struktur atas dan struktur bawah, dan yang dibahas dalam penulisan tugas akhir ini hanya dibatasi pada struktur atas saja. Yang termasuk dalam struktur atas itu adalah kolom, balok, dan pelat lantai.

Hal terpenting dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan suatu gedung adalah harus dipastikan gedung tersebut kuat, aman dan nyaman untuk digunakan. Tahan terhadap beban statis dan juga kemungkinan beban yang terjadi akibat bencana alam. Suatu struktur bangunan gedung harus mampu menahan beban yang terjadi, baik beban dari dalam maupun beban dari luar. Oleh karena itu diperlukan suatu perhitungan atau analisis struktur yang tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (*strength*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*durability*).

Pada struktur bangunan gedung Hotel Sakura One Manado ini direncanakan menggunakan struktur beton bertulang untuk 6 lantai. Namun dalam proses pelaksanaannya dilakukan perhitungan kembali dan didapati bahwa struktur bangunan tidak akan mampu memikul beban yang ada. Karena itu dilakukan perencanaan kembali untuk struktur atas dalam penulisan tugas akhir ini.

Untuk material yang digunakan untuk pembangunan gedung Hotel Sakura One Manado ini menggunakan beton bertulang yang memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya. Namun karena struktur yang direncanakan pada awalnya tidak memenuhi syarat kekuatan, maka dalam penulisan tugas akhir ini akan direncanakan kembali dengan menggunakan struktur beton bertulang.

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah merencanakan dan mendesain kembali struktur atas gedung Hotel Sakura One Manado yang meliputi kolom, balok dan pelat lantai dengan menggunakan material beton bertulang.

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Merencanakan dimensi dan penulangan struktur atas (kolom, balok dan pelat lantai) material beton bertulang menggunakan perhitungan program ETABS v9.6.0
- b. Menguraikan metode pelaksanaan pekerjaan kolom, balok, dan pelat lantai.

1.3 Pembatasan Masalah

Masalah yang akan penulis bahas pada penulisan Tugas Akhir ini meliputi:

- a. Bagaimana dimensi dan penulangan struktur atas berdasarkan luas tulangan dari perhitungan program ETABS v9.6.0 ?
- b. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan kolom, balok, dan pelat lantai di lapangan ?

1.4 Metode Penelitian

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini metode yang digunakan penulis adalah:

- a. Studi Pustaka
Mempelajari literatur yang berkaitan tentang:
 - Mekanika teknik;
 - Program ETABS;
 - Desain struktur yang menunjang materi tugas akhir.
- b. Analisis Data
 1. Merencanakan dan menghitung dimensi tulangan struktur atas dengan analisis hasil luas tulangan dalam program ETABS v9.6.0
 2. Menghitung penulangan dan menggambar desain dengan aplikasi program AutoCAD.
 3. Hasil akhir diperoleh perhitungan struktur dengan dimensinya dan penulangan

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dibuat sistematika penulisan yang diharapkan dapat mempermudah pembaca memahami tulisan ini. Berikut ini adalah sistematika penulisan Tugas Akhir penulis:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang penulisan, maksud dan tujuan penulisan tugas akhir, pembatasan masalah, metode penelitian yang digunakan dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Merupakan bab yang membahas tentang teori-teori yang melandasi penulisan tugas akhir ini.

BAB III PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas tentang uraian dari judul tugas akhir yang diangkat yaitu tentang perhitungan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur, dimensi elemen struktur atas (kolom, balok dan pelat) dan penulangan elemen struktur tersebut.

BAB IV PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari seluruh hasil perhitungan dan pembahasan dalam tugas akhir, dan juga saran yang berkaitan dengan kesimpulan yang diambil dalam tugas akhir ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Beton

Beton di definisikan sebagai “campuran antara semen portland atau semen hidrolok yang lain, agregat halus, *agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan pembentuk massa padat*” (SK SNI T-15-1991-03). Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang di buat. Pemilihan material yang memenuhi persyaratan sangat penting dalam perencanaan beton, sehingga di peroleh kekuatan yang optimum. Selain itu kemudahan pekerjaan (workabilitas) juga sangat di butuhkan pada perancangan beton. Meskipun suatu struktur beton di rancang agar mempunyai kuat tekan yang tinggi, tetapi jika rancangan tersebut tidak dapat di implementasikan di lapangan karena sulit untuk di kerjakan, maka rancangan tersebut menjadi percuma.

Beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tarikmya kecil. Karena itu untuk struktur bangunan beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi. Beton ditambah dengan tulangan baja menjadi beton bertulang dan jika ditambah lagi dengan baja prategang akan menjadi beton pratekan. (Nugraha, 2007)

Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot, beton fiber, beton berkekuatan sangat tinggi, beton mampat sendiri, dan lain-lain. Saat ini beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak di pakai di dunia.

2.2 Kelebihan Beton

Kelebihan dari beton antara lain :

- Material yang digunakan untuk menyusun beton dapat menggunakan bahan-bahan lokal kecuali semen portland sehingga menyebabkan anggaran untuk membuat beton relatif murah.
- Biaya perawatan termasuk rendah karena beton tahan aus dan tahan api.
- Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.

- Beton bertulang memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan beton tak bertulang atau pasangan batu.
- Beton segar dapat dengan mudah di angkut maupun di cetak dalam bentuk apapun dan ukuran seberapapun tergantung keinginan.

2.3 Kekurangan Beton

Adapun kekurangan beton adalah sebagai berikut :

- Beton perlu diperkuat dengan tulangan baja karena memiliki kuat tarik yang rendah.
- Harus ada dilatasi pada beton yang panjang dan lebar karena sifat beton yang mengerut pada saat pengeringan dan beton keras dapat mengembang jika basah, sehingga ada celah untuk beton mengembang dan mengerut.
- Selain tujuan diatas, dilatasi juga harus ada untuk mencegah retak-retak karena beton keras dapat mengembang dan menyusut akibat perubahan suhu.
- Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat di masuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
- Bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung di detail secara saksama agar setelah di kombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

2.4 Pembebanan Pada Struktur

Pembebanan pada struktur bangunan merupakan salah satu hal terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu dibutuhkan ketelitian dalam merencanakan pembebanan pada struktur agar bangunan yang didesain tersebut aman pada saat dibangun dan digunakan. Beban memiliki definisi utama yaitu sebagai sekelompok gaya yang bekerja pada suatu luasan struktur.

2.4.1 Jenis-jenis Beban

Jenis-jenis beban yang biasa diperhitungkan dalam perencanaan struktur bangunan gedung adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati q_d (*Dead Load / DL*).

Beban mati merupakan 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 struktur itu. Yang termaksud beban mati adalah berat struktur sendiri dan juga semua benda yang tetap posisinya struktur berdiri. Tabel 2.1 dibawah ini berisi tentang beban mati pada struktur.

Tabel 2.1 Beban Mati pada Struktur.

Beban Mati	Besar Beban
Batu alam	2600 kg/cm ³
Beton bertulang	2400 kg/cm ³
Dinding pasangan 1/2 bata	250 kg/cm ²
Langit-langit + penggantung	18 kg/cm ²
Lantai ubin	24 kg/cm ²
Spesi per cm tebal	21 kg/cm ²

Sumber: *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)*

2. Beban Hidup q_l (*Life Load / LL*).

Beban hidup merupakan beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meski dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja perlahan-lahan pada struktur. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung oleh banyak faktor. Oleh karena itu faktor beban-beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati. Beban hidup pada stuktur ditunjukkan seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Beban Hidup pada Struktur.

No	Beban Hidup Lantai Bangunan	Besar beban (kg/m ²)
1	kantor dan sarana penunjang	250
2	balkon luar	300
3	lantai ruang mesin, dan bangsal	400
4	tangga dan bordes	300
5	lantai leufel	100
6	atap	100

Sumber : *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)*

3. Beban Gempa

- Tipe Profil Tanah

SNI 03-1726-2002 menetapkan bahwa ada 4 macam jenis tanah yaitu keras, sedang, lunak dan khusus berdasarkan karakteristik dari lapisan tanah setebal maksimum 30m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel 4 :

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah

Jenis Tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, V_s (m/det)	Nilai hasil tes penetrasi standar rata-rata, N	Kuat geser niralir rata-rata, S_u (kPa)
Tanah keras	$V_s \geq 350$	$N \geq 50$	$S_u \geq 100$
Tanah sedang	$175 \leq V_s < 350$	$15 \leq N < 50$	$50 \leq S_u < 100$
Tanah lunak	$V_s < 175$	$N < 15$	$S_u < 50$
	Atau setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3m dengan $PI > 20$, $w_n > 40\%$ dan $S_u < 25\text{kPa}$		
Tanah khusus	Dapat dievaluasi khusus di setiap lokasi		

Sumber : SNI 03-1726-2002

- Wilayah Gempa

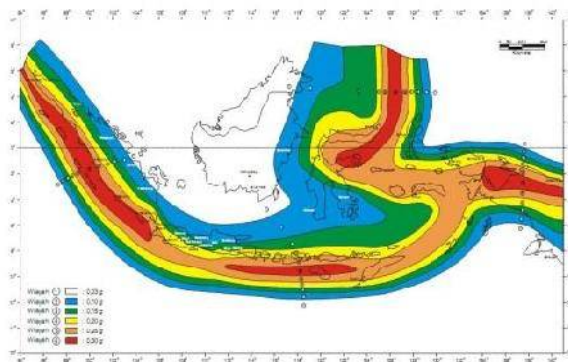
Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan potensi gempa paling rendah dan wilayah gempa 6 adalah wilayah dengan potensi gempa paling tinggi.

Penentuan lokasi akan berpengaruh terhadap perhitungan beban gempa. Oleh sebab itu dalam hal pembebanan gempa, perencanaan struktur gedung diwilayah gempa 1 akan jauh berbeda dengan wilayah gempa 6. Hal ini disebabkan oleh pembagian wilayah gempa didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun, yang memiliki nilai rata-rata berbeda di masing-masing lokasi.

Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah ditetapkan juga sebagai percepatan minimum yang harus diperhitungkan

dalam perencanaan struktur gedung untuk menjamin kekekaran minimum dari struktur tersebut.

Bangunan yang direncanakan berlokasi di Manado yang termasuk dalam wilayah gempa 5 di area berwarna oranye muda pada gambar pembagian wilayah gempa.



Gambar 2.1 Pembagian Wilayah Gempa Indonesia
(Sumber : SNI 03-1726-2002)

- Kategori Gedung

Setiap bangunan mempunyai kategori sesuai fungsinya. Kategori bangunan adalah rumah sakit. Dan untuk gedung umum sesuai dengan SNI 03-1726-2002 pasal 4.1 pada tabel 1 faktor keutamaannya (I) adalah 1,4.

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gedung

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan menumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisise	1,4	1,0	1,4

Lanjutan Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gedung

Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam bahan beracun	1,6	1,0	1,6
--	-----	-----	-----

Cerobong, tangki diatas menara	1,5	1,0	1,5
--------------------------------	-----	-----	-----

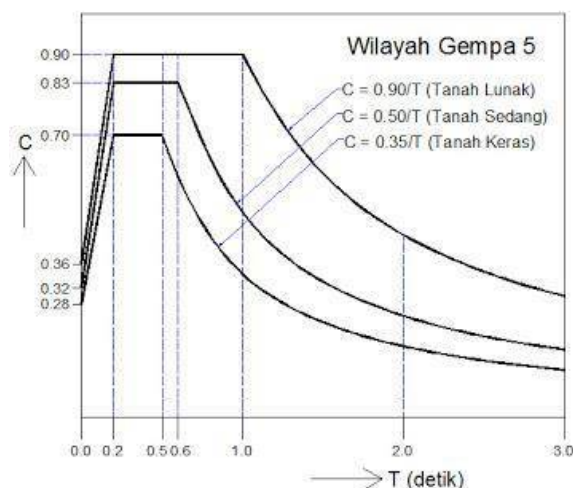
Sumber : SNI 03-1726-2002

- **Daktilitas Struktur**

Daktilitas struktur terbagi menjadi 2 parameter yaitu faktor daktilitas simpangan (μ) dan faktor reduksi gempa (R). Daktilitas simpangan (μ) menyatakan ratio simpangan diambang keruntuhan (δ_m) dan simpangan pada saat terjadinya pelelehan pertama. Faktor reduksi gempa adalah ratio beban gempa rencana dan beban gempa nominal. Faktor reduksi gempa merupakan indikator kemampuan daktilitas struktur gedung. Nilai μ dan R terdapat pada pasal 4.3 tabel 3 SNI 03-1726-2002. Jenis sistem struktur bangunan yang direncanakan kali ini adalah sistem pemikul rangka momen khusus (SPRMK), maka nilai Faktor Reduksi gempa yang digunakan adalah 8,5.

- **Faktor Respon Gempa**

Faktor respon gempa (C) dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung. Faktor respon gempa dapat ditentukan berdasarkan pasal 4.7.4 Gambar 2 Respon Spektrum Gempa Rencana SNI 03-1726-2002. Nilai (C) yang digunakan adalah 0,43 yang disesuaikan dengan wilayah gempa 5 dan nilai T adalah 0,69.



Gambar 2.2 Respon Spektrum Gempa Rencana Wilayah 5
Sumber : SNI 03-1726-2002

- **Beban Gempa Nominal**

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap beban gempa nominal akibat pengaruh beban gempa rencana terhadap arah sumbu utama denah struktur gedung rencana. Beban gempa nominal statik ekuivalen ditetapkan dalam pasal 6 SNI 03-1726-2002. Beban gempa nominal dapat dihitung dari hasil perhitungan gaya geser dasar nominal yaitu :

$$V = C \cdot I \cdot W / R \quad (1)$$

Dimana :

- V : Gaya geser dasar nominal
- C : Faktor respon gempa
- I : Faktor keutamaan gedung
- W : Berat total gedung termasuk beban hidup yang bekerja

Gaya geser dasar nominal (V) didistribusikan sepanjang tinggi struktur gedung rencana sebagai beban gempa nominal statik ekuivalen (F) yang bekerja pada pusat massa lantai tingkat ke I berdasarkan persamaan berikut :

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

Dimana :

- F_i : Gempa nominal statik ekuivalen
- W_i : Berat lantai tingkat I ke I termasuk beban hidup
- Z_i : Ketinggian lantai tingkat ke I diukur dari taraf penjepitan lantai

2.5 Elemen-elemen Struktur

Elemen-elemen struktur yang dapat dijumpai pada struktur bangunan secara khusus struktur atas adalah kolom, balok dan pelat lantai.

2.5.1 Kolom

Menurut Sudarmoko (1996), 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 lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total seluruh struktur.

Kolom berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan beban bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin.

Kolom harus di rencanakan untuk memikul beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban berfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang di tinjau. Untuk konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus di perhitungkan. Kolom bertulang hampir selalu mengalami lentur, selain juga gaya aksial, sebagai akibat kondisi pembebanan dan hubungan dengan elemen struktur lain.

Elemen struktur kolom mempunyai nilai perbandingan antara panjangnya dengan dimensi penampang melintang relatif kecil di sebut kolom pendek dan kegagalannya di tentukan oleh tekuk. Dalam perhitungan momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom dapat di anggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu dengan komponen struktur lainnya. Momen yang bekerja di setiap level lantai atau atap harus di pada kolom atas dan di bawah berdasarkan kekakuan relatif kolom.

Perbandingan b/h dari kolom tidak $<$ dari 0,3 dan dimensi minimumnya = 300 mm. diameter tulangan yang di gunakan pada kolom harus $>$ 12 mm. diameter minimum sengkang untuk kolom harus 8mm. lusan tulangan minimum untuk beban = 1% dari luas penampang dan luas tulangan maksimumnya = 6%.

Semua dimensi kolom berbentuk bujur sangkar dengan lebar minimal sama dengan lebar balok yang di tumpuhnya, dan harus memenuhi ketentuan pada "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*" pasal 3.14.4 ayat 1.

$$\frac{b}{h} \geq 0,4 \text{ dan } \frac{L}{b} \leq 16 \quad (3)$$

dimana :

b = dimensi penampang terpendek (mm)

h = dimensi penampang yang tegak lurus penampang terpendek (mm)

L = tinggi kolom (mm)

Langkah selanjutnya adalah menentukan rencana tulangan kolom dengan menggunakan kurva diagram interaksi, sebagai berikut:

- Menentukan luas penampang bruto kolom (A_{gr}).

$$A_{gr} = b \times h \quad (3)$$

- Menentukan nilai sumbu vertikal.

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \quad (4)$$

dimana: P_u adalah beban aksial kolom

- Menentukan nilai sumbu horisontal.

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{e_t}{h} \quad (5)$$

- Menentukan nilai d'/h (6)

- Plot nilai sumbu vertikal dan sumbu horizontal sehingga didapatkan nilai r .

- Tentukan nilai presentase tulangan (ρ) dengan $\rho = r \times \beta$ (nilai β tergantung dari mutu beton f'_c . Untuk f'_c 30 MPa $\beta = 1,2$). (7)

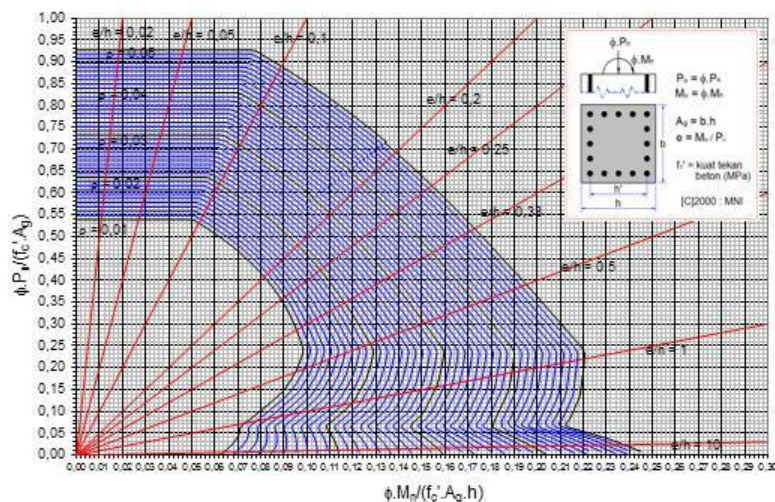
- Pembatasan rasio tulangan, dimana:

$$\rho_{maks} = 0,06 A_{gr} \quad (8)$$

$$\rho_{min} = 0,01 A_{gr} \quad (9)$$

- Menentukan luas tulangan (A_s).

$$A_s = \rho_{desain} \times A_{gr} \quad (10)$$



Gambar 2.3 Grafik Interaksi Kolom

Sumber : Ray Norman, Kolom Beton Bertulang

2.5.2 Balok

Menurut Nawy (1998) balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari plat lantai ke penyangga yang vertikal. Balok merupakan elemen struktur yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja secara transversal terhadap sumbunya sehingga mengakibatkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya.

Balok merupakan bagian struktur bangunan yang penting dan bertujuan untuk memikul beban transversal yang dapat berupa beban lentur, geser, maupun torsi. Oleh karena itu perencanaan balok yang efisien, ekonomis dan aman sangat penting untuk suatu struktur bangunan terutama struktur bertingkat tinggi atau struktur berskala besar.

Balok berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horizontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima plat lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban horizontal berupa beban angin dan gempa.

Balok harus mempunyai perbandingan lebar/tinggi $> 0,3$ dan lebar balok harus lebih besar dari 250 mm dan tidak boleh lebih besar dari kolom yang mendukungnya di tambah $\frac{3}{4}$ kali tinggi balok.

Syarat dimensi awal balok harus memenuhi ketentuan pada *“Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.”*

Syarat minimum :

untuk balok dengan dua tumpuan sederhana

$$h_{\min} = \frac{L}{12} \quad (11)$$

$$b_{\min} = \frac{b}{h} \geq 0,3 \quad (12)$$

dimana :

b = lebar penampang balok (mm)

h = tinggi penampang balok (mm)

L = panjang bentang balok, di ukur dari As ke As (mm)

Setelah proses *preliminary design* balok selesai, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai-nilai dibawah ini berdasarkan hasil Mu (momen negatif max. di tumpuan) hasil *output* gaya-gaya dalam ETABS, yang kemudian akan menghasilkan dimensi tulangan pada balok di tumpuan dan lapangan. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, nilai-nilai yang harus ditentukan untuk mendapatkan dimensi tulangan tersebut adalah sebagai berikut:

- Menentukan Mu (momen negatif max. di tumpuan)
- Menentukan ρ_{balance}

$$\rho_{\text{balance}} (\rho_b) = \beta_1 \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (13)$$

- Menentukan ρ_{min}

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

- Menentukan ρ_{max}

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b \quad (15)$$

- Menentukan nilai Mn perlu

$$M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi} \quad (16)$$

- Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_n \text{ perlu}}{b \times d^2} \quad (17)$$

- Menentukan m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \quad (18)$$

- Menentukan ρ perlu

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (19)$$

- Menentukan A_s perlu

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (20)$$

- Menentukan jumlah tulangan n

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4\pi} \times D_{\text{tul}}^2} \quad (21)$$

- Menentukan A_s ada

$$A_s \text{ ada} = 4 \times \frac{1}{4\pi} \times D_{\text{tul}}^2 \quad (22)$$

- Menentukan nilai a

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times B} \quad (23)$$

- Menentukan M_n ada

$$M_n \text{ ada} = A_s \text{ ada} \times f_y \times (d - a/2) \quad (24)$$

Catatan: syarat $M_n \text{ ada} > M_n$

Perhitungan untuk tulangan geser yang berada pada wilayah gempa 5 harus memenuhi persyaratan pada SNI-03-2847-2002 pasal 13 dan 23.10 sebagai berikut:

Perencanaan penampang untuk menahan geser:

$$\Phi V_n \geq V_u \quad (25)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (26)$$

$$\Phi (V_c + V_s) \geq V_u \quad (27)$$

Dimana:

Φ = faktor reduksi kuat geser senilai 0,75

V_u = kuat geser terfaktor

V_n = kuat geser nominal

V_c	= kuat geser nominal yang disumbangkan beton
V_s	= kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
B_w	= lebar badan balok
d	= tinggi efektif balok
f'_c	= kuat tekan beton yang disyaratkan
s	= jarak sengkang

2.5.3 Pelat

Pelat adalah komponen struktur yang merupakan sebuah bidang datar yang lebar dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar dan merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja tergantung sistem strukturnya. Apabila pada struktur pelat perbandingan bentang panjang terhadap lebar kurang, maka akan mengalami lendutan pada kedua arah sumbu. Beban pelat dipikul pada kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling panel plat, dengan demikian pelat menjadi satu plat yang melentur pada kedua arah. Dengan sendirinya pula penulangan untuk pelat tersebut harus menyesuaikan.

Pelat lantai berfungsi untuk menahan beban mati (berat sendiri pelat, beban tegel, beban spesi, beban penggantung, dan beban plafond), serta beban hidup yang bekerja di atasnya, kemudian menyalurkan beban-beban tersebut ke balok dibawahnya.

Tebal plat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan pada “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*” Pasal 3.2.5 Ayat 3, yaitu:

Menentukan l_{n1} , l_{n2} , β , h_{maks} , h_{min} .

dimana:

l_{n1} = bentang bersih terpanjang, diukur dari muka kolom dan atau balok.

l_{n2} = bentang bersih terpendek, diukur dari muka kolom dan atau balok.

$$\beta = \frac{l_{n1}}{l_{n2}} \quad (28)$$

$$h_{\text{maks}} = \ln 1 \frac{\left(0.8 + \frac{F_y}{1500}\right)}{36} \quad (29)$$

$$h_{\text{min}} = \ln 1 \frac{\left(0.8 + \frac{F_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \quad (30)$$

dimana :

β = rasio panjang bentang terpanjang dengan panjang bentang terpendek

F_y = tegangan leleh baja (MPa)

H = tebal plat (mm)

Langkah selanjutnya adalah menyelesaikan perhitungan penulangan plat lantai dengan metode koefisien momen. Langkah-langkah yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Menentukan panel yang akan ditinjau.
- Menentukan tebal plat.
- Menentukan beban-beban yang bekerja.
- Menghitung momen-momen pada panel berdasarkan tinjauan panel dengan rumus: $M = (0,01 \times q \times L_x^2 \times X)$. (31)
- Kontrol perbandingan L_y dan L_x dari masing-masing panel.
- Menentukan momen maksimum yang bekerja dari setiap panel yang ditinjau.
- Desain tulangan plat.
- Menggambar tulangan.

2.6 Program ETABS v 9.7.0

2.6.1 Sejarah Singkat Program Etabs

Program ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems*) merupakan suatu program yang digunakan untuk melakukan analisis dan desain pada struktur bangunan dengan cepat dan tepat yang dikembangkan oleh perusahaan *Computers and Structures, Incorporated* (CSI) yang berlokasi di Berkeley, California, Amerika Serikat. Berawal dari penelitian dan pengembangan

riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di University of California, Berkeley Amerika Serikat, maka pada tahun 1975 didirikan perusahaan CSI oleh Ashraf Habibullah.

Selain program analisis struktur ETABS, ada beberapa program yang dikembangkan oleh CSI diantaranya program SAP, dan program SAFE. Ketiga program ini sudah dipakai dan diaplikasikan (teruji) di lapangan oleh konstruksi-konstruksi di lebih dari 100 negara di dunia.

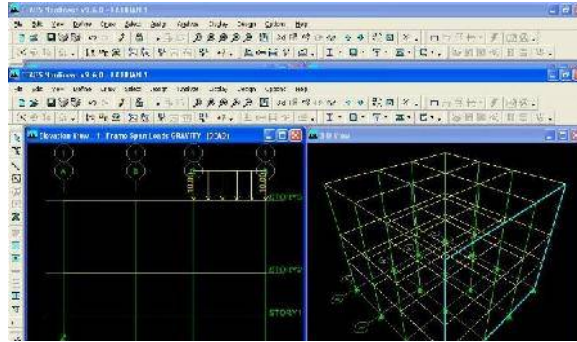
Program ETABS digunakan secara spesialis untuk analisis struktur *high rise building* seperti bangunan perkantoran, apartemen, rumah sakit, dan lain sebagainya. Dengan tampilan yang menarik dan aplikasi yang mudah digunakan, program ETABS akan sangat membantu dalam merencanakan serta menganalisis suatu struktur bangunan gedung berlantai banyak.

Program ETABS sendiri telah teruji aplikasinya di lapangan. Di Indonesia sendiri, konsultan-konsultan perencana struktur ternama telah menggunakan program ini untuk analisis struktur dan banyak gedung yang telah dibangun dari hasil perencanaan tersebut.

2.6.2 Kelebihan dan Kekurangan *Software* Etabs

Kelebihan *Software* ETABS adalah memiliki ketepatan mendesain dan menganalisis gedung bertingkat banyak karena bisa menghitung joint yang lebih banyak daripada aplikasi software lainnya, sebut saja software SAP2000 yang unggul pada pendesainan jembatan. Software ETABS disarankan dalam mendesain atau menganalisis kekuatan struktur bangunan berlantai banyak yang simetris, karena hasil *output* lebih efisien, ekonomis, dan teruji.

Kekurangan *software* ETABS adalah hanya lebih akurat digunakan pada proses desain dan analisis bangunan gedung saja, tetapi untuk ketepatan dan keunggulan dalam pendesaian jembatan dan bentuk struktur yang tidak simetris, software SAP jauh lebih unggul dan disarankan untuk dipakai daripada software ETABS.



Gambar 2.4 Contoh Pemodelan ETABS

Sumber : *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung Dengan ETABS*

Adapun sistem struktur yang di desain dalam Tugas Akhir ini berbentuk simetris, sehingga untuk perencanaan maupun analisis struktur ini, penulis memilih aplikasi *software* ETABS, untuk menganalisis gaya-gaya dalam struktur yang kemudian berdasarkan gaya-gaya dalam tersebut akan direncanakan dimensi tulangan dari struktur yang dibahas.

Dipilihnya *software* ini karena ketepatan dari perencanaan serta analisis struktur telah terbukti lebih baik dibandingkan dengan aplikasi *software* lainnya ditinjau dari kekuatan sampai hasil akhir dimensi penulangan yang keluar terbukti lebih efisien dan ekonomis.