

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Studi Pustaka yang dimaksudkan dalam perencanaan struktur gedung Fakultas Ekonomi untuk mengetahui dasar-dasar teori perhitungannya. Tujuannya adalah untuk memperoleh hasil perencanaan dan perhitungan yang baik dan akurat sesuai dengan aturan standarisasi yang telah ditentukan. Dalam kajian ini akan dibahas mengenai aspek perencanaan, metode perhitungan, spesifikasi bahan, analisa pembebanan, dan analisa perhitungan.

2.2. ASPEK-ASPEK PERENCANAAN

Desain struktural berkaitan erat dengan desain gedung secara keseluruhan, antara sistem struktural yang digunakan dengan tujuan desain (tujuan yang dikaitkan dengan masalah arsitektural, efisiensi, service ability, kemudahan pelaksanaan, dan biaya).

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan struktur adalah :

a. Aspek Teknis

Dalam merencanakan dan memilih struktur dipertimbangkan kemampuan terhadap beban yang harus dipikul oleh struktur tersebut. Selain itu juga harus disesuaikan dengan keadaan tanah dilokasi yang akan direncanakan, untuk merencanakan jenis struktur yang akan digunakan.

b. Aspek Fungsi

Dalam merencanakan struktur gedung ini juga melihat fungsi gedung tersebut. Dalam kaitannya dengan penggunaan ruang, aspek fungsional sangat mempengaruhi besarnya dimensi bangunan yang direncanakan.

c. Aspek Finansial

Dalam perencanaan struktur bangunan selain memiliki syarat kuat, juga harus mempertimbangkan efisiensi dana yang dibutuhkan. Untuk mendapatkan struktur bangunan yang baik dan memenuhi persyaratan.

d. Aspek Estetika dan Arsitektural

Aspek ini berkaitan dengan rencana denah dan bentuk struktur yang akan dipilih. Bentuk denah dan struktur yang akan digunakan ini haruslah mempunyai nilai estetika dan artistik yang baik.

e. Aspek kekuatan dan stabilitas struktur

Berkaitan dengan kemampuan struktur untuk menerima beban-beban yang bekerja baik beban vertikal maupun beban lateral, dan kestabilan struktur baik arah vertikal maupun arah lateral.

f. Aspek Pelaksanaan dan Pemeliharaan

Pemilihan Struktur yang digunakan harus mempertimbangkan kemudahan dalam pelaksanaan dan pemeliharaan struktur. Hal ini sangat membantu dalam pencapaian struktur bangunan yang sesuai dengan persyaratan yang diharuskan.

g. Aspek Lingkungan dan Sosial Masyarakat.

Dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek tidak boleh menimbulkan dampak yang merusak bagi lingkungan baik fisik maupun sosial kemasyarakatan. Suatu proyek harus memiliki pengaruh yang baik bagi lingkungan dan sosial masyarakat.

2.3. SPESIFIKASI BAHAN

Spesifikasi bahan adalah material yang digunakan untuk struktur utama yang meliputi beton, baja, dan tulangan. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut :

1. Mutu beton ($f'c$) : 25 MPa
2. Mutu baja (f_y) : B37
3. Mutu tulangan (f_y) : 400 MPa

2.4. METODE PERHITUNGAN

a. Perhitungan Atap

Perhitungan untuk atap kuda-kuda baja menggunakan metode plastis

b. Perhitungan elemen struktur

Perhitungan dimensi dan penulangan pelat, balok, tangga, dan kolom dilakukan dengan mengacu pada Tata Cara Perhitungan Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 2847 - 2002) dan juga literatur-literatur lain yang mendukung.

c. Menghitung Mekanika Portal

Perhitungan mekanika portal menggunakan SAP 2000 dengan analisa 3D

d. Perhitungan Pondasi

Gedung ini direncanakan menggunakan pondasi sumuran dengan perhitungan menggunakan metode kapasitas daya dukung.

2.5. RENCANA PEMBEBANAN

2.5.1. Beban-beban yang diperhitungkan

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Hal penting yang mendasar adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis.

Gaya statik adalah gaya yang bekerja secara terus menerus pada struktur dan yang diasosiasikan dengan gaya-gaya ini juga secara perlahan-lahan timbul, dan juga mempunyai karakter steady state.

Gaya dinamis adalah gaya yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya tidak bersifat *steady state* dan mempunyai karakteristik besar dan lokasinya berubah-ubah dengan cepat. Deformasi pada struktur akibat beban ini juga berubah-ubah secara cepat. Gaya dinamis dapat menyebabkan terjadinya osilasi pada struktur hingga deformasi puncak tidak terjadi bersamaan dengan terjadinya gaya terbesar.

Pembebanan yang dipakai dalam perencanaan struktur gedung ini sesuai dengan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1983, antara lain sebagai berikut :

1. Beban Statis

Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1983 adalah sebagai berikut :

a. Beban Mati (*dead load*)

Beban mati adalah berat dari semua bagian pada suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang terpisahkan dari gedung itu.

Termasuk beban mati disini adalah beban akibat berat sendiri dari bahan-bahan bangunan gedung sebagai contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung adalah :

~ Beton bertulang	: 2400 kg/m ³
~ Dinding pasangan ½ bata	: 250 kg/m ³
~ Kaca setebal 120 mm	: 30 kg/m ³
~ Langit-langit + penggantung	: 18 kg/m ³
~ Lantai ubin semen portland	: 24 kg/m ³
~ Spesi per cm tebal	: 21 kg/m ³
~ Pertisi	: 130 kg/m ³
~ Batu alam	: 2600 kg/m ³

b. Beban Hidup (*life load*)

Beban hidup adalah semua beban akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpisah.

Yang termasuk beban hidup adalah :

~ Beban pada lantai	: 250 kg/m ²
~ Beban pada tangga dan bordes	: 400 kg/m ²
~ Beban pada lantai parkir	: 800 kg/m ²
~ beban akibat air hujan	: (40-8 α) kg/m ²
α = sudut kemiringan atap	
~ Beban atap yang dapat dibebani orang	: 100 kg/m ²
~ Beban terpusat pekerja dan peralatannya	: 100 kg

2. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m², ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang telah ditentukan dengan koefisien-koefisien angin yang telah ditentukan dalam peraturan ini.

Tekanan tiup di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai adalah 40 kg/m^2 , sedang untuk koefisien angin tergantung pada sudut kemiringan atap dan dinding vertikalnya.

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (**PIIG**) 1983 pasal 4.4.2. pada gedung tertutup dengan tinggi 16 meter dapat diberikan pembebasan atas pengaruh angin.

3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang meniru pengaruh gerakan tanah akibat gempa itu.

Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dalam gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. Pada saat terjadi gempa, suatu struktur akan mengalami getaran gempa dari lapisan tanah dibawah dasar bangunannya secara acak dalam berbagai arah. Apabila struktur tersebut sangat kaku atau dengan kata lain memiliki waktu getar alami T yang mendekati 0 detik, maka besarnya gaya inersia yang timbul akibat gempa dan yang bekerja pada titik pusat masa adalah :

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$$

Dimana : m = massa bangunan
 a = percepatan getaran gempa

Besar gaya tersebut bergantung pada banyak faktor yaitu:

- ~ Massa bangunan
- ~ Pendistribusian massa bangunan
- ~ Kekakuan struktur
- ~ Jenis tanah
- ~ Mekanisme redaman dan struktur
- ~ Perilaku dan besar alami getaran itu sendiri
- ~ Wilayah kegempaan
- ~ Periode getar alami

Besar beban Gempa Nominal yang digunakan untuk perencanaan struktur ditentukan oleh tiga hal, yaitu :

1. Besarnya Gempa Rencana
2. Tingkat daktilitas yang dimiliki struktur
3. Nilai faktor tahanan lebih yang terkandung di dalam struktur.

Berdasarkan pedoman gempa yang berlaku di Indonesia yaitu Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Rumah dan Gedung (SNI 03-1726-2002), besarnya beban gempa horizontal (V) yang bekerja pada struktur bangunan, ditentukan menurut persamaan :

$$V = \frac{C.I}{R} W_t$$

1. Faktor Keutamaan Struktur (I)

Dengan probabilitas terjadinya Gempa Rencana adalah 10% dalam kurun waktu umur rencana bangunan gedung 50 tahun, maka menurut teori probabilitas Gempa Rencana ini mempunyai periode ulang 500 tahun. Gempa Rencana ini akan menyebabkan struktur bangunan gedung mencapai kondisi di ambang keruntuhan, tetapi masih dapat berdiri sehingga dapat mencegah jatuhnya korban jiwa. Untuk berbagai kategori bangunan gedung, tergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur bangunan gedung selama umur rencananya, pengaruh Gempa Rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu Faktor Keutamaan Struktur (I) menurut persamaan :

$$I = I_1 \cdot I_2$$

Dimana : I_1 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan periode ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur rencana gedung.

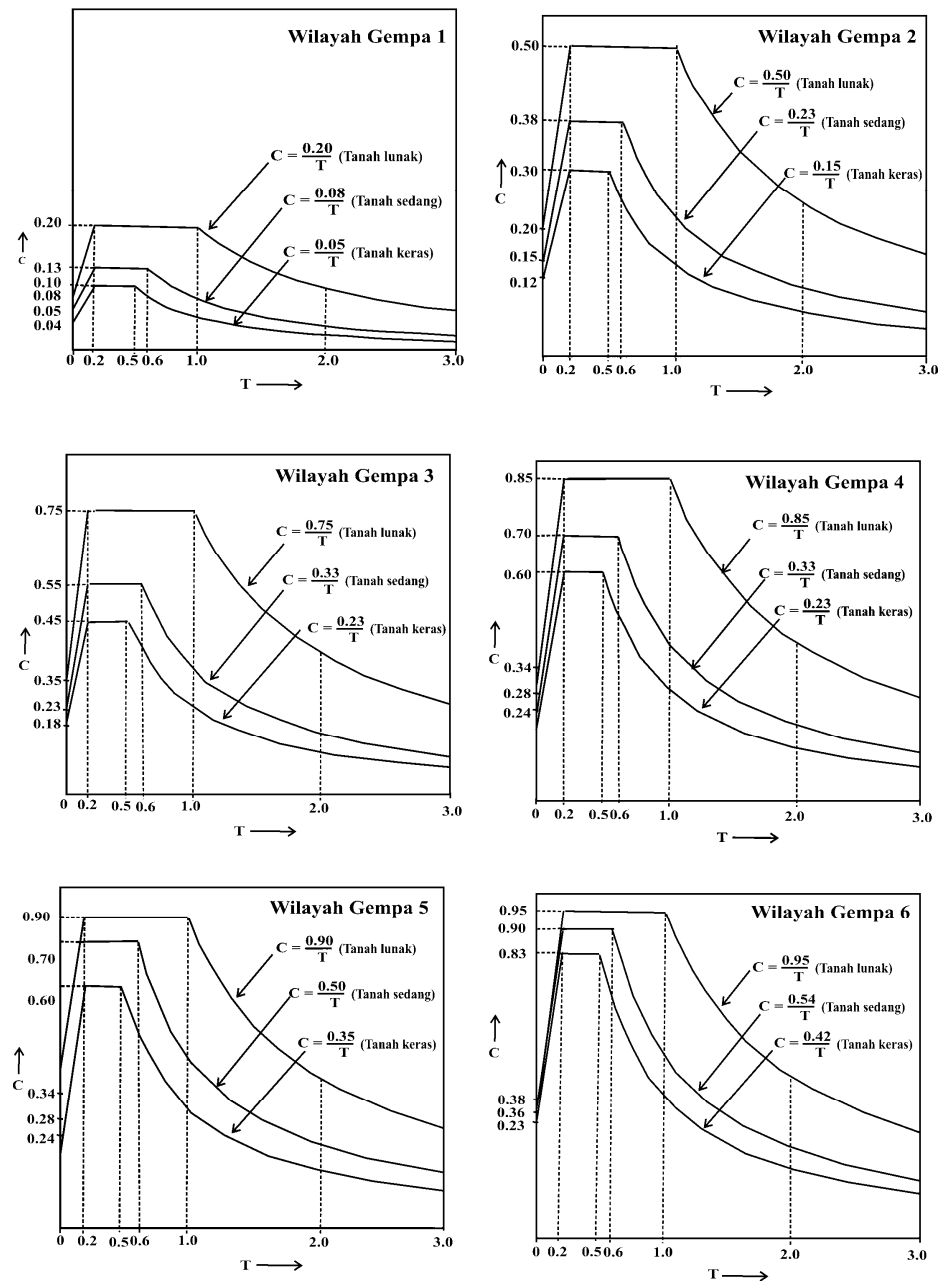
I_2 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan umur rencana gedung tersebut.

Tabel 2.1. Faktor Keutamaan untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Kategori gedung/bangunan	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	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 televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

2. Nilai Faktor Respon Gempa (C)

Salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan adalah faktor wilayah gempa. Dengan demikian, besar kecilnya beban gempa, tergantung juga pada lokasi dimana struktur bangunan tersebut akan didirikan dan jenis tanah yang akan didirikan.



Gambar 2.1 Spektrum Respon Gempa SNI 2002

Untuk menentukan harga C harus diketahui terlebih dahulu jenis tanah tempat struktur bangunan itu berdiri. Untuk menentukan jenis tanah menggunakan rumus tegangan tanah dasar sesuai dengan yang tertera pada Diktat Kuliah Rekayasa Pondasi sebagai berikut:

$$\tau = c + \Sigma \sigma_1 \tan \theta$$

$$\sigma_1 = \gamma_1 + h_1$$

Dimana:

τ = Tegangan geser tanah (kg/cm²)

c = Nilai kohesi tanah pada lapisan paling dasar lapisan yang ditinjau

σ_1 = Tegangan normal masing-masing lapisan tanah (kg/cm)

γ_1 = Berat jenis masing-masing lapisan tanah (kg/cm)

h_1 = Tebal masing-masing lapisan tanah

θ = Sudut geser pada lapisan paling dasar lapisan yang ditinjau

Tabel 2.2. Definisi Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak
Kedalaman Lapisan Keras (meter)	Nilai Rata-rata Kekuatan Geser Tanah		
5	$S > 55$	$45 \leq S \leq 55$	$S < 45$
10	$S > 110$	$90 \leq S \leq 110$	$S < 90$
15	$S > 220$	$180 \leq S \leq 220$	$S < 180$
≥ 20	$S > 330$	$270 \leq S \leq 330$	$S < 270$

3. Daktalitas Struktur (R)

Salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi besar kecilnya beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan adalah daktalitas struktur. Beberapa standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung, menggunakan asumsi *constant maximum displacement rule*, untuk mendefinisikan tingkat daktalitas struktur.

Nilai faktor daktalitas struktur gedung μ di dalam perencanaan struktur gedung dapat dipilih menurut kebutuhan, tetapi tidak boleh diambil lebih besar dari nilai faktor daktalitas maksimum μ_m yang dapat dikerahkan oleh masing-masing sistem atau subsistem struktur gedung.

Tabel 2.3. Faktor daktilitas maksimum (μ_m), faktor reduksi gempa maksimum (R_m), faktor kuat lebih struktur (f_i) dari beberapa jenis sistem dan subsistem struktur bangunan gedung

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m	f_i
1. Sistem dinding penumpu (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral di pikul dinding geser atau rangka bresing).	1. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	2. Dinding penumpu dengan rangka baja ringan dan bresing tarik	1,8	2,8	2,2
	3. Rangka bresing di mana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a. Baja	2,8	4,4	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	2,2
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing)	1. Rangka bresing eksentris baja (RBE)	4,3	7,0	2,8
	2. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja	3,6	5,6	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	3,6	5,6	2,2
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja	4,1	6,4	2,2
	5. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail	4,0	6,5	2,8
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur).	6. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail penuh	3,6	6,0	2,8
	7. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8
	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8
4. Sistem ganda (Terdiri dari : 1. rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi. 2. pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral. 3. kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi atau sistem ganda)	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang dengan SRPMB saja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RBE baja			
	a. Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8
	d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8
b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8	

5. Sistem struktur gedung kolom kantilever (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	3,4	5,5	2,8
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan balok beton pratekan (bergantung pada indeks baja total)	3,3	5,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail penuh	4,0	6,5	2,8
	5. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8

4. W_t (Berat Struktur)

Ditetapkan sebagai jumlah dari beban-beban berikut :

- Beban mati total dari struktur bangunan gedung
- Jika digunakan dinding partisi pada perencanaan lantai, maka harus diperhitungkan tambahan beban sebesar 0,5 kPa
- Pada gudang-gudang dan tempat penyimpanan barang, maka sekurang-kurangnya 25% dari beban hidup rencana harus diperhitungkan
- Beban tetap total dari seluruh peralatan dalam struktur bangunan gedung harus diperhitungkan

Perencanaan struktur di daerah gempa menggunakan konsep desain kapasitas yang berarti bahwa ragam keruntuhan struktur akibat beban gempa yang besar ditentukan lebih dahulu dengan elemen-elemen kritisnya dipilih sedemikian rupa agar mekanisme keruntuhan struktur dapat memencarkan energi yang sebesar-besarnya.

Konsep desain kapasitas dipakai untuk merencanakan kolom-kolom pada struktur agar lebih kuat dibanding dengan elemen-elemen balok (*Strong Coloumn Weak Beam*).

Hal ini dilakukan dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- ~ Pada mekanisme sendi plastis pada balok pemencaran energi gempa terjadi di dalam banyak unsur, sedang pada mekanisme sendi plastis kolom pemencaran energi terpusat pada sejumlah kecil kolom-kolom struktur.

- ~ Pada mekanisme sendi plastis pada balok, bahaya ketidakstabilan akibat efek perpindahan jauh lebih kecil dibandingkan dengan mekanisme sendi plastis pada kolom.
- ~ Keruntuhan kolom dapat menyebabkan keruntuhan total dari keseluruhan bangunan.

Pada prinsipnya dengan konsep desain kapasitas elemen-elemen utama penahan gempa dapat dipilih, direncanakan dan detail sedemikian rupa, sehingga mampu memencarkan energi gempa yang cukup besar tanpa mengalami keruntuhan struktur secara total, sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup sehingga mekanisme yang telah dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat.

2.5.2. Faktor Beban

Ketidakpastian besarnya beban mati pada struktur lebih kecil dibandingkan dengan ketidakpastian pada beban hidup. Hal ini dapat menimbulkan perbedaan dari besar faktor-faktor beban.

Menurut SNI 03 – 2847 - 2002 beban yang bekerja pada struktur harus dikalikan dengan factor beban sebagai berikut :

Untuk beban mati (D) = 1,2 dan beban hidup (L) = 1,6

Pembebanan ditinjau dari kondisi pembebanan yaitu :

" Pembebanan tetap

$$U = 1,2 (BM) + 1,6 (BH)$$

" Pembebanan sementara, dengan perhitungan beban gempa :

$$U = 1,2 (BM) + 1 (BH) \pm 1 (E)$$

Dimana, BM = Beban Mati

BH = Beban Hidup

EX = Beban Gempa

Pembebanan gempa tidak penuh tetapi biaksial atau sembarang dapat menimbulkan pengaruh yang lebih rumit terhadap struktur gedung ketimbang pembebanan gempa penuh tetapi uni-aksial. Untuk mengantisipasi kondisi ini *Applied Technology Council* (ATC, 1984) menetapkan bahwa, arah gempa yang biaksial dapat disimulasikan dengan meninjau beban Gempa Rencana yang disyaratkan oleh peraturan, bekerja pada ke dua arah sumbu utama struktur bangunan yang saling tegak lurus secara simultan. Besarnya beban gempa pada

struktur dapat diperhitungkan dengan menjumlahkan 100% beban gempa pada satu arah dengan 30% beban gempa pada arah tegak lurus nya. Kombinasi pembebanan sementara, dengan perhitungan beban gempa simulasi :

$$U = 1,2 (BM) + 1 (BH) \pm 1 (EX) \pm 0,3 (EY)$$

$$U = 1,2 (BM) + 1 (BH) \pm 0,3 (EX) \pm 1 (EY)$$

Dimana, BM = Beban Mati

BH = Beban Hidup

EX = Beban Gempa pada arah X

EY = Beban Gempa pada arah Y

2.5.3. Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan merupakan suatu bilangan yang bersifat mereduksi kekuatan bahan, dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi paling buruk jika pada saat pelaksanaan nanti terdapat perbedaan mutu bahan yang ditetapkan sesuai standar bahan yang ditetapkan dalam perencanaan sebelumnya. SNI 03 – 2847 - 2002 menetapkan berbagai nilai F untuk berbagai jenis besaran gaya yang didapat dari perhitungan struktur.

Tabel 2.4. Reduksi Kekuatan

Kondisi Pembebanan	Faktor Reduksi
Beban lentur tanpa gaya aksial	0,80
Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	0,80
Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur	
• Dengan tulangan Spiral	0,70
• Dengan tulangan biasa	0,65
Lintang dan Torsi	0,60
Tumpuan pada Beton	0,70

2.6. ANALISA PERHITUNGAN

Dalam perencanaan struktur harus melalui tahapan-tahapan perencanaan mulai dari struktur atas (upper struktur) sampai ke struktur bawah (Sub Struktur). Adapun tahapan-tahapan perencanaan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. langkah-langkah dalam perencanaan struktur atas (upper structure) adalah :
 - ~ Penentuan denah dan konfigurasi struktur berikut sistem strukturnya.
 - ~ Penentuan beban-beban yang bekerja pada struktur baik beban gravitasi/vertikal maupun beban lateral/gempa.
 - ~ Estimasi dimensi elemen struktur.

- ~ Analisa struktur bangunan.
 - ~ Desain elemen struktur seperti kolom dan balok, balok anak, pelat lantai dan sebagainya.
- b. Langkah-langkah dalam perencanaan struktur bawah (sub structure)
- ~ Analisa dan penentuan parameter tanah.
 - ~ Pemilihan jenis pondasi yang akan digunakan.
 - ~ Analisa beban-beban yang bekerja pada pondasi.
 - ~ Estimasi dimensi pondasi.
 - ~ Perhitungan daya dukung pondasi.

Struktur atas diperhitungkan sebagai rangka terbuka (open frame), yaitu kekuatan hanya ditentukan oleh rangka dimana elemennya bersifat independent, sedangkan dinding dan struktur pendukung lainnya dianggap tidak memberikan pengaruh pada struktur utama dalam menerima beban yang bekerja.

2.6.1. Atap

Dasar perencanaan kuda-kuda yang menggunakan konstruksi baja mengacu pada Peraturan Bangunan Baja Indonesia. Tegangan-tegangan leleh (σ_y) dan tegangan-tegangan dasar (σ) berbeda untuk tiap-tiap mutu baja.

Tegangan-tegangan baja yang dipakai adalah :

- 1) Untuk dasar perhitungan tegangan-tegangan yang diijinkan pada suatu kondisi pembebanan tertentu, dipakai tegangan dasar (σ) yang besarnya dapat dihitung dari persamaan $\sigma = \sigma_1 : 1,5$
- 2) Untuk pembebanan tetap, besarnya tegangan normal yang diijinkan sama dengan tegangan dasar sedangkan untuk tegangan geser (τ) adalah
$$\tau = 0,58 \sigma$$
- 3) Untuk elemen baja yang mengalami kombinasi tagangan normal dan tegangan geser, maka tegangan idiil (σ_i) adalah tidak melebihi tegangan dasarnya atau dapat dituliskan $\sigma_i \leq \sigma$
- 4) Untuk pembebanan sementara, maka besarnya tegangan boleh dinaikkan menjadi 30% $\sigma_{\text{sementara}} = 1,3 \sigma$

Batang-batang yang menerima gaya tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga terjamin stabilitasnya terutama terhadap bahaya tekuk. Konstruksi atap harus diperiksa terhadap tegangan dan lendutan, dimana

tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan ijinnya, demikian juga lendutan yang terjadi harus lebih kecil dari syarat lendutan maksimum yang diijinkan.

Pembebanan pada atap mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung Tahun 1983.

Karena konstruksi yang direncanakan simetris, maka dalam perhitungan sambungan hanya akan ditinjau sebagian saja. Alat sambung yang dipakai adalah baut. Tegangan-tegangan yang diijinkan dalam menghitung kekuatan baut adalah sebagai berikut :

- ~ Tegangan yang diijinkan : $\tau = 0,6 \sigma$
- ~ Tegangan tarik yang diijinkan : $\sigma_{\text{tarik}} = 0,7 \sigma$
- ~ Kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik yang diijinkan :

$$\sigma = (\sigma^2 + 1,56 \tau^2)^{1/2} \leq \sigma$$

Sambungan yang digunakan merupakan merupakan sambungan irisan dua sehingga harus memenuhi syarat-syarat :

$\delta/d < 0,628$: pengaruh desak

$2,5d \leq s \leq 7d$ atau $14t$

$2,5d \leq u \leq 7d$ atau $14t$

$1,5d \leq s_1 \leq 7d$ atau $6t$

$s_2 \geq 7d - 0,5u$ atau $14t - 0,5u$

dimana,

d : diameter baut (mm)

t : tebal terkecil bagian yang disambung (mm)

s_1 : jarak dari sumbu baut yang paling luar ke tepi bagian yang disambung.

s_2 : jarak antara satu baut dengan baut terdekat pada baris lain (mm)

u : jarak anatara baris-baris baut (mm)

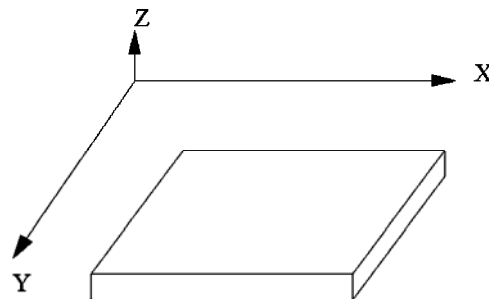
2.6.2. Pelat

Pelat adalah struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit dengan tinggi yang kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan, tetapi harus juga ukuran dan syarat-syarat dan peraturan yang ada. Pada perencanaan ini digunakan tumpuan terjepit penuh untuk

mencegah pelat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir dan juga di dalam pelaksanaan pelat akan dicor bersamaan dengan balok.

Pelat 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 dan 2, maka akan mengalami lendutan pada kedua arah sumbu. Beban pelat dipikul pada kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling panel pelat, dengan demikian pelat menjadi suatu pelat yang melentur pada kedua arah. Dengan sendirinya pula penulangan untuk pelat tersebut harus menyesuaikan. Apabila panjang pelat sama dengan lebarnya, perilaku keempat balok keliling dalam menopang pelat akan sama. Sedangkan apabila panjang tidak sama dengan lebar, balok yang lebih panjang akan memikul beban lebih besar dan balok yang pendek (penulangan satu arah).

Dimensi bidang pelat L_x dan L_y dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.2. Sumbu Global pada Pelat

Langkah perencanaan penulangan pelat adalah sebagai berikut ini:

1. Menentukan syarat - syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.
2. Menentukan tebal pelat. Berdasarkan SNI 03 – 2847 - 2002 maka tebal ditentukan berdasarkan ketentuan sebagai berikut :

$$h \geq \frac{\ln\left(0,8 \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta}$$

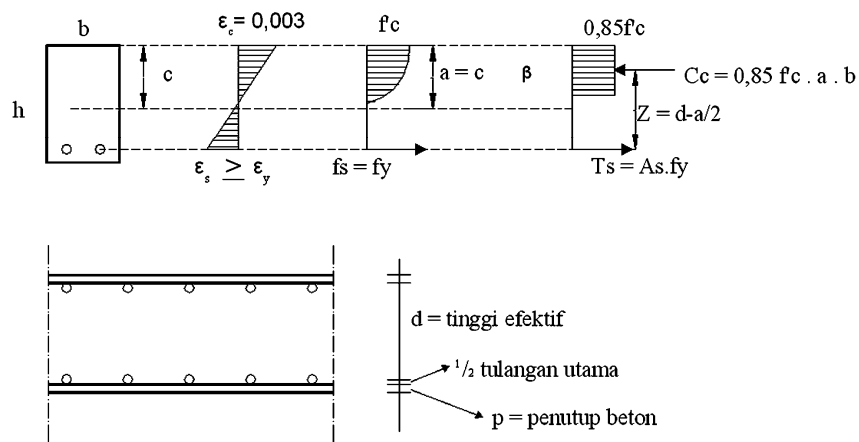
$$h \leq \frac{\ln\left(0,8 \frac{f_y}{1500}\right)}{36}$$

Dimana : $\beta = L_y / L_x$

\ln = panjang bersih pelat

3. Memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada pelat.
4. Tentukan L_x / L_y .
5. Tentukan momen yang menentukan (M_u) dengan bantuan program SAP 2000.
6. Hitung penulangan (arah-x dan arah-y)
Data-data yang diperlukan : tebal pelat (h), tebal selimut beton (p), M_u , ϕ_D , tinggi efektif (d_x dan d_y).

2.6.2.1 Perencanaan Terhadap Lentur



Gambar 2.3 Diagram tegangan – regangan

Didapat :

$$a = \beta \cdot c \text{ dengan nilai minimal } \beta = 0,65$$

$$C_c = 0,85 f_c \cdot a \cdot b$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

dimana :

T_s = Tension Steel

C_c = Compression Concrete

Untuk $f_c = 25 \text{ Mpa}$ maka $\beta = 0,85$

Dengan kesetimbangan $\sum H = 0$ didapatkan :

$$C_c = T_s$$

$$0,85 f_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y \quad \text{dengan } a = \beta \cdot c$$

$$0,85 f_c \cdot \beta \cdot b \cdot c = A_s \cdot f_y \quad \text{dimana } A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad \text{dan } \beta = 0,85$$

$$0,7225 f_c \cdot b \cdot c = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

dari diagram tegangan didapat:

$$c = \left(\frac{\epsilon'_{cu}}{\epsilon'_{cu} + \epsilon_y} \right) d = \left(\frac{\epsilon'_{cu}}{\epsilon'_{cu} + \frac{f_y}{E_s}} \right) d$$

$$c = \left(\frac{0,003}{0,003 + \frac{240}{210000}} \right) d = 0,72414 d$$

Dimana :

$$f_y = \text{Tegangan leleh baja tulangan} = 240 \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_{cu} = \text{Regangan leleh beton} = 0,003$$

$$E_s = \text{Modulus Elastisitas baja} = 210000 \text{ MPa}$$

$$\text{Sehingga : } 0,7225 f'c.b.c = \rho.b.d.fy$$

$$0,7225 f'c (0,72414 d) = \rho.d.fy$$

Dengan $f_y = 240 \text{ Mpa}$ dan $f'c = 25 \text{ Mpa}$

Jadi ρ_{balance} yang didapatkan = 0,0545

Dengan kesetimbangan momen $\sum M = 0$ akan didapat :

$$M_u = Cc \left(d - \frac{1}{2} a \right) = T_s \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$T_s = \rho.b.d.fy$$

$$M_u = \rho.b.d.fy \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\text{Dimana : } a = 0,85.c \quad c = 0,72414d \quad a = 0,61552 d$$

$$= 0,0545 b.d.240 \left(d - \frac{1}{2} 0,61552 d \right)$$

$$M_u = 9,05463 b.d^2 \text{ Mpa}$$

2.6.2.2 Prosentase Pembesian Minimum

Hubungan antara ε dan σ , baik untuk baja ataupun untuk beton masih linier sehingga :

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} \quad \text{dan} \quad \varepsilon_c = \frac{\sigma_c}{E_c} \quad \text{dimana} \quad \varepsilon_s = \varepsilon_c$$

$$\text{maka } \sigma_s = \left(\frac{E_s}{E_c} \right) \sigma_c \quad \text{dimana} \quad \sigma_s = \text{Tegangan baja}$$

$$\sigma_c = \text{Tegangan beton}$$

$$\sigma_s = n \cdot \sigma_c \quad \text{perbandingan } \frac{E_s}{E_c} = n \text{ disebut ekivalensi}$$

Modulus keruntuhan lentur (tarik) untuk beton normal (fr) ditentukan oleh SNI 03 – 2847 – 2002 sebesar : $fr = 0,7\sqrt{f_c}$

Modulus Elastisitas beton (E_c) ditentukan ditentukan SNI 03 – 2847 - 2002 sebesar :

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} \text{ MPa} \quad E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \frac{210000}{4700\sqrt{f_c}} 0,7\sqrt{f_c} = 21,28 \text{ MPa}$$

Pada saat terjadi retak awal untuk $f_c = 25 \text{ MPa}$ dan $f_y = 240 \text{ MPa}$ maka untuk momen retak pada saat diperkirakan akan terjadi retak awal adalah:

$$Mr = fr \cdot W_{\text{ret}} = fr \left(\frac{1}{6} b \cdot h^2 \right) = fr \left(\frac{1}{6} b \left(\frac{d}{0,9} \right)^2 \right) = 0,72 b \cdot d^2$$

$$\text{Asumsi } \frac{d}{h} = 0,9$$

$$fr = 0,7\sqrt{f_c} = 0,7\sqrt{25} = 3,5 \text{ MPa}$$

Untuk $\Phi = 1,0$ (tanpa reduksi), berlaku rumus :

$$\begin{aligned} Mu &= As \cdot f_y (d - 0,425c) & \Rightarrow & d - 0,425c = 0,9d \\ &= As \cdot f_y (0,9d) & & As = \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,9\rho \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y \end{aligned}$$

$$Mr = Mu$$

$$0,72b \cdot d^2 = 0,9\rho \cdot d^2 \cdot f_y \quad f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0,0033 \quad \text{diambil } \rho_{\min} = 0,0033$$

2.6.2.3 Prosentase Pembesian Maximum

Dari Analisa diagram tegangan didapat :

$$c = \left(\frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + \varepsilon_y} \right) d$$

Pada saat baja meleleh $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{f_y}{210000}$

Untuk $f_c = 25$ Mpa dan $f_y = 240$ Mpa maka :

$$c = \left(\frac{0,003}{0,003 + \frac{240}{210000}} \right) d = 0,72414d$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = \rho \cdot b \left(\frac{c}{0,72414} \right)$$

dari kesetimbangan $\sum H = 0$

$$0,7225 f_c \cdot b \cdot c = A_s \cdot f_y \quad f_y = 240 \quad \text{dan} \quad f_c = 25$$

$$0,7225 (25 b \cdot c) = \rho \cdot b \left(\frac{c}{0,72414} \right) 240$$

$$\rho = 0,0545$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho$$

$$\rho_{\max} = 0,040875$$

2.6.2.4 Perhitungan Perencanaan

Untuk $f_c = 25$ Mpa $f_y = 240$ MPa $a = \beta \cdot c$ $c = 0,72414 d$

Maka : $0,85 f_c \cdot \beta \cdot b \cdot c = A_s \cdot f_y$

$$0,7225 f_c \cdot b \cdot c = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$c = 1,384 \rho \left(\frac{f_y}{f_c} \right) d$$

Untuk $\Phi = 0,8$ dan dengan kesetimbangan momen $\sum M = 0$

maka :

$$\begin{aligned}
 Mu &= A_s \{0,8 f_y (d - 0,5 a)\} \\
 &= A_s \{0,8 f_y (d - 0,5 [0,85 c])\} \\
 &= 0,8 A_s \cdot f_y (d - 0,425 c) \\
 &= 0,8 \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y (d - 0,425 c) \\
 &= 0,8 \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y \left(d - 0,425 \left[1,3841 \rho \left(\frac{f_y}{f_c} \right) d \right] \right) \\
 \frac{Mu}{b \cdot d^2} &= 0,8 \rho \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \left(\frac{f_y}{f_c} \right) \right) \\
 &= 0,8 \rho (240) \left(1 - 0,588 \rho \left(\frac{240}{25} \right) \right) \\
 &= 192 \rho (1083 \rho^2) \dots \dots \dots \text{persamaan rasio pembesian } \rho
 \end{aligned}$$

Dimana $\frac{Mu}{b \cdot d^2}$ dalam satuan Mpa ($1 \text{ KN/m}^2 = 10^{-3}$)

Persamaan rasio pembesian ρ diselesaikan dengan rumus persamaan akar kuadrat dari $ax^2 + bx + c = 0$

$$\text{Dengan akar-akar } x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 a}$$

Nilai yang diambil adalah nilai x_1 dan atau x_2 yang berharga positif

Cek Tulangan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= \left(\frac{\beta 4501}{(600 + f_y)} \right) \left(\frac{R_L}{f_y} \right) \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 \rho_{\text{terpasang}} &= \frac{A_{s \text{ terpasang}}}{b \cdot d} \dots \dots \dots (\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max})
 \end{aligned}$$

2.6.3. Tangga dan Lift

Lift merupakan alat transportasi manusia dalam gedung dan satu tingkat ke tingkat lain. Perencanaan lift disesuaikan dengan pemikiran jumlah lantai dan perkiraan jumlah pengguna lift. Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift.

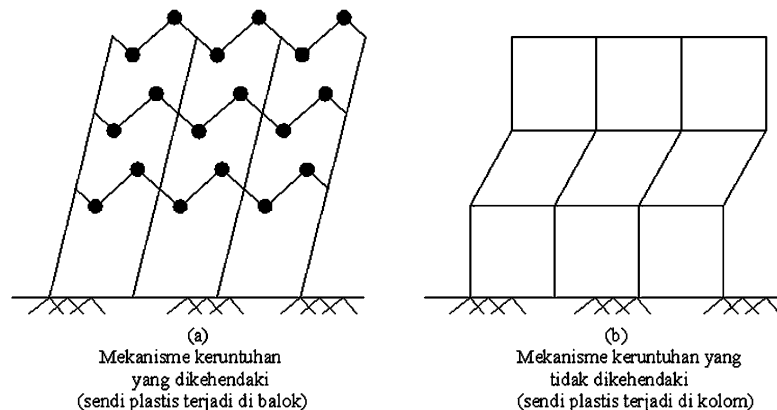
Ruang landasan diberi kelonggaran supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus.

2.6.4. Perencanaan Struktur Portal

Perencanaan portal mengacu pada SNI 03 – 2847 - 2002 dimana struktur dirancang sebagai portal daktail penuh ($K=1$) dimana penempatan sendi-sendi plastis pada balok (*strong column weak beam*). Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan lebih dahulu dapat dilakukan secara pasti terlepas dan kekuatan dan karakteristik gempa. Filosofi perencanaan seperti itulah yang kita kenal sebagai *Konsep Desain Kapasitas*.

2.6.4.1 Prinsip Dasar Desain Kapasitas

Dalam Konsep Desain Kapasitas, untuk menghadapi gempa kuat yang mungkin terjadi dalam periode waktu tertentu, maka mekanisme keruntuhan suatu portal dipith sedemikian rupa, sehingga pemencaran energi gempa terjadi secara memuaskan dan keruntuhan yang terjadi secara katastrofik dapat dihindarkan. Gambar 2.4. memperlihatkan dua mekanisme khas yang dapat terjadi pada portal-portal rangka.



Gambar 2.4. Mekanisme khas yang dapat terjadi pada portal

Mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok-balok lebih dikehendaki daripada mekanisme dengan pembentukan sendi plastis yang terpusat hanya pada ujung-ujung kolom suatu lantai, karena:

1. Pada mekanisme pertama (Gambar 2.4 a) penyebaran energi gempa terjadi dalam banyak unsur, sedangkan pada mekanisme kedua

(Gambar 2.4 b) penyebaran energi terpusat pada sejumlah kecil kolom-kolom struktur.

2. Daktilitas kurvatur yang dituntut dan balok untuk menghasilkan daktilitas struktur tertentu, misalnya $u = 5$, pada umumnya jauh lebih mudah dipenuhi daripada kolom yang seringkali tidak memiliki cukup daktilitas akibat gaya aksial tekan yang bekerja.

Guna menjamin terjadinya mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok, *Konsep Desain Kapasitas* diterapkan untuk merencanakan agar kolom-kolom lebih kuat dan balok-balok portal (*Strong Column-Weak Beam*). Keruntuhan geser balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi lebih dahulu dan kegagalan akibat beban lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi plastis yang cukup besar.

Pada prinsipnya, dengan *Konsep Desain Kapasitas* elemen-elemen utama penahan beban gempa dapat dipilih, direncanakan dan didetail sedemikian rupa, sehingga mampu memencarkan energi gempa dengan deformasi inelastisitas yang cukup besar tanpa runtuh, sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup, sehingga mekanisme yang telah dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat.

2.6.4.2 Perencanaan Struktur Balok

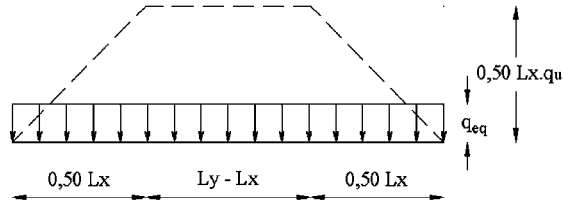
Dalam pra desain tinggi balok menurut SNI 03 – 2847 - 2002 merupakan fungsi dan bentang dan mutu baja yang digunakan. Secara umum pra desain tinggi balok direncanakan $L/10$ - $L/15$, dan lebar balok diambil $1/2H$ - $2/3H$ dimana H adalah tinggi balok.

Pada perencanaan balok maka pelat dihitung sebagai beban dimana pendistribusian gayanya menggunakan metode amplop. Dalam metode amplop terdapat 2 macam bentuk yaitu pelat sebagai beban segi tiga dan pelat sebagai beban trapesium.

Adapun persamaan bebannya adalah sebagai berikut :

Perataan beban pelat pada perhitungan balok

Perataan Beban Trapesium



Gambar 2.5. Perataan beban trapesium

Momen Maximum beban trapesium berdasarkan grafik dan tabel penulangan beton bertulang adalah :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \frac{w(3L^2 - 4a^2)}{24} \\
 &= \frac{\frac{1}{2} Lx \cdot q_u \left\{ 3Ly^2 - 4 \left(\frac{Lx}{2} \right)^2 \right\}}{24} \\
 &= \frac{\frac{1}{2} Lx \cdot q_u \left\{ 3Ly^2 - 4 \frac{1}{4} Lx^2 \right\}}{24} \\
 &= \frac{1}{48} Lx \cdot q_u (3Ly^2 - Lx^2) \quad \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

Momen max beban segi empat berdasarkan grafik dan tabel penulangan beton bertulang adalah :

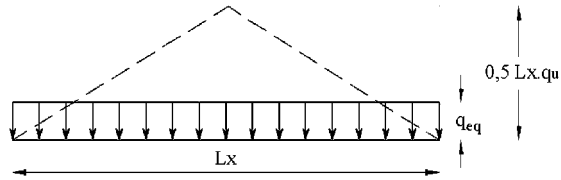
$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \frac{1}{8} w \cdot L^2 \\
 &= \frac{1}{8} q_{ek} \cdot Ly^2 \quad \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

Pers(1) = Pers(2)

$$\frac{1}{48} Lx \cdot q_u (3Ly^2 - Lx^2) = \frac{1}{8} q_{ek} \cdot Ly^2$$

$$q_{ek} = \frac{Lx \cdot q_u (3Ly^2 - Lx^2)}{6Ly^2}$$

Perataan beban segitiga



Gambar 2.6. Perataan beban segitiga

Momen Maximum beban trapesium berdasarkan grafik dan tabel penulangan beton bertulang adalah :

$$\begin{aligned}
 M_{Max} &= \frac{1}{12} w.L^2 \\
 &= \frac{1}{12} \left(\frac{1}{2} Lx.q_U \right) Lx^2 \\
 &= \frac{1}{24} q_U.Lx^3 \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

Momen Maximum beban trapesium berdasarkan grafik dan tabel penulangan beton bertulang adalah :

$$M_{Max} = \frac{1}{8} q_{eq}.Lx^2 \dots\dots\dots (2)$$

Pers (1) = Pers (2)

$$\frac{1}{24} q_U.Lx^3 = \frac{1}{8} q_{eq}.Lx^2$$

$$q_{eq} = \frac{1}{3} q_U.Lx$$

Perhitungan penulangan balok struktur beton menggunakan program SAP 2000. Prosedur desain elemen-elemen balok dari struktur dengan SAP 2000 terdiri dua tahap sebagai berikut:

- ~ Desain tulangan pokok untuk menahan momen lentur
- ~ Desain tulangan geser (sengkang) untuk menahan gaya geser

2.6.4.3 Perencanaan Struktur Kolom

Elemen kolom menerima beban lentur dan beban aksial, menurut SNI 03 – 2847 - 2002 untuk perencanaan kolom yang menerima beban lentur dan beban aksial ditetapkan koefisien reduksi bahan 0,65 sedangkan pembagian tulangan pada kolom (berpenampang segi empat) dapat dilakukan dengan:

~ Tulangan dipasang simetris pada dua sisi kolom (two faces)

~ Tulangan dipasang pada empat sisi kolom (four faces)

Pada perencanaan gedung hotel ini dipakai perencanaan kolom dengan menggunakan tulangan pada empat sisi penampang kolom (two faces).

Perhitungan penulangan kolom dan struktur beton ini menggunakan program SAP2000. Prosedur desain elemen-elemen kolom dari struktur dengan SAP 2000 terdiri dua tahap sebagai berikut:

~ Desain tulangan pokok untuk menahan momen lentur

~ Desain tulangan geser (sengkang) untuk menahan gaya geser

2.6.5. Pondasi

2.6.5.1. Penentuan Parameter Tanah

Kondisi tanah selalu mempunyai peranan penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah landasan pendukung suatu bangunan. Untuk dapat mengetahui susunan lapisan tanah yang ada, serta sifat-sifatnya secara mendetail, untuk perencanaan suatu bangunan yang akan dibangun maka dilakukan penyelidikan dan penelitian.

Pekerjaan penyelidikan dan penelitian tanah ini merupakan penyelidikan yang dilakukan di laboratorium dan lapangan.

Maksud dari penyelidikan dan penelitian tanah adalah melakukan investigasi pondasi rencana bangunan untuk dapat mempelajari susunan lapisan tanah yang ada, serta sifat – sifatnya yang berkaitan dengan jenis bangunan yang akan dibangun di atasnya.

2.6.5.2. Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung tanah (*Bearing Capacity*) adalah kemampuan tanah untuk mendukung beban baik dari segi struktur pondasi maupun bangunan di atasnya tanpa terjadi keruntuhan geser.

Daya dukung batas (*ultimate bearing capacity*) adalah daya dukung terbesar dari tanah dan biasanya diberi symbol q_{ult} . Daya dukung ini

merupakan kemampuan tanah mendukung beban, dan diasumsikan tanah mulai terjadi keruntuhan.

Besarnya daya dukung yang diijinkan sama dengan daya dukung batas dibagi angka keamanan, rumusnya adalah $q_a = q_{ult} / FK$.

Perancangan pondasi harus dipertimbangkan terhadap keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Untuk terjaminnya stabilitas jangka panjang, perhatian harus diberikan pada perletakan dasar pondasi. Pondasi harus diletakkan pada kedalaman yang cukup untuk menanggulangi resiko adanya erosi permukaan, gerusan, kembang susut tanah dan gangguan tanah di sekitar pondasi.

2.6.5.3. Pemilihan Type Pondasi

Dalam sebuah gedung arti sebuah pondasi sangatlah penting. Pondasi adalah tempat pijakan sebuah gedung dimana beban-beban gedung baik beban mati dan beban hidup akan masuk sepenuhnya ke dalam pondasi. Sehingga kekuatan pondasi mutlak harus diperhatikan.

Dalam perencanaan pondasi ada beberapa pemilihan tipe pondasi yang digunakan berdasarkan analisa tanahnya, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Adapun pondasi dalam yang digunakan adalah pondasi tiang pancang, bore pile, kaison dan lain-lain.

Dalam menentukan jenis pondasi apa yang akan dipakai, ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu data tanah (*sondir* dan *boring*), lingkungan tempat dimana bangunan akan didirikan dan yang terakhir adalah efisiensi.

Analisa pemilihan pondasi:

1. Lingkungan

Lingkungan tempat dimana gedung akan didirikan merupakan salah satu parameter yang menentukan jenis pondasi yang akan digunakan. Jika lokasi terletak ditengah kota maka perencanaan gedung dengan menggunakan pondasi tiang pancang sangatlah tidak dianjurkan, karena pemancangan tiang akan menimbulkan polusi udara dan suara. Getaran yang dihasilkan dari pemancangan itu sendiri bisa merusak gedung-gedung disekitarnya.

2. Analisa Tanah

Analisa tanah juga merupakan parameter yang penting dalam menentukan jenis dari pondasi yang akan digunakan. Jika tanah keras didapatkan pada kedalaman yang dangkal maka pondasi yang bisa digunakan adalah pondasi sumuran atau pondasi dangkal. Tetapi jika tanah keras ditemukan dikedalaman yang dalam, maka perencanaan pondasi akan dilakukan dengan dengan pondasi dalam yaitu tiang pancang, bore pile atau kaison.

3. Efisiensi

Apabila setelah analisis tanah dan lingkungan ada beberapa jenis pondasi yang bisa digunakan maka parameter selanjutnya yang dipakai untuk menentukan jenis pondasi adalah efisiensi. Efisiensi yang dimaksud adalah efisiensi baik dari segi biaya maupun dari segi waktu.

2.6.5.4. Perencanaan Pondasi Sumuran

Penggunaan pondasi sumuran dipakai bila tanah padat agak dalam (>3m), sehingga jika menggunakan pondasi dangkal/lembaran memakan biaya yang besar, karena :

1. Penggalian tanah terlalu besar
2. Pengeringan air tanah membutuhkan biaya yang besar

Pondasi sumuran kadang-kadang dipakai sebagai pengganti tiang pancang untuk lapisan tanah yang mempunyai lapisan pasir cukup padat dengan tebal > 2m. Apabila tiang pancang ditumbukkan pada lapisan ini tiang tidak dapat masuk dan menyebabkan getaran yang sangat besar.

Umumnya bentuk pondasi sumuran adalah bulat atau berbentuk ellips. Pembuatannya bisa dengan cor ditempat atau dengan beton pracetak. Tempat yang akan dipasang pondasi sumuran terlebih dahulu digali.

Untuk tanah berpasir lebih berhati-hati dalam penggalian jangan sampai air yang didalam galian terambil, karena air yang diluar galian akan masuk kedalam sehingga dapat mengakibatkan kelongsoran.

Pada waktu pelaksanaan penurunan sumuran (pracetak) atau pengecoran ditempat (*cast in place*) tidak dianjurkan dengan penggalian terbuka (seperti pada pelaksanaan pondasi langsung), karena akan merusak struktur tanah disekitar sumuran dan gaya geser menjadi hilang.

Daya Dukung Pondasi Sumuran

- Berdasarkan Data Sondir

$$P_{ult} = R_b + R_f$$

$$P_{ult} = q_c * A_b + f_s * A_s$$

$$P_{all} = \frac{P_{ult}}{3}$$

Dimana :

P_{all} : Daya dukung tanah ijin

q_c : Tahanan ujung

A_b : Luas ujung sumuran

f_s : Lekatan permukaan

A_s : Luas permukaan (selimut)

$$P_{all} = q_a * A_b$$

$$q_a = \left(\frac{q_c}{10 - 15} \right) \text{kg/cm}^2$$

- Berdasarkan Data NSPT

$$P_{all} = q_a * A_b$$

$$q_a = \left(\frac{\text{NSPT}}{2,5} \right) \text{kg/cm}^2$$

A_b = luas ujung

NSPT = jumlah pukulan per-30 cm

Beban Maksimum Yang Diterima Tiang Sumuran (P_{maks})

- **Kelompok Tiang Sumuran**

Dalam kenyataan dilapangan tidak dijumpai kelompok tiang yang menerima beban statis tepat pada titik berat, akan tetapi kelompok tiang akan selalu menerima beban normal yang sifatnya eksentris. Kondisi beban eksentris akan menyebabkan timbulnya momen luar disamping adanya beban terpusat.

$$P_{maks} = \sum \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{maks}}{(n_y \cdot \sum X^2)} \pm \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{(n_x \cdot \sum Y^2)}$$

Dimana :

P_{maks} = Beban maksimum yang diterima tiang

$\sum V$ = Jumlah total beban-beban vertikal/normal

n = Banyaknya tiang

X_{maks} = Absis maksimum dari tiang kepusat berat kelompok tiang

Y_{maks} = Ordinat maksimum dari tiang kepusat berat kelompok tiang

M_x = Momen yang bekerja pada kelompok tiang yang tegak lurus sumbu Y

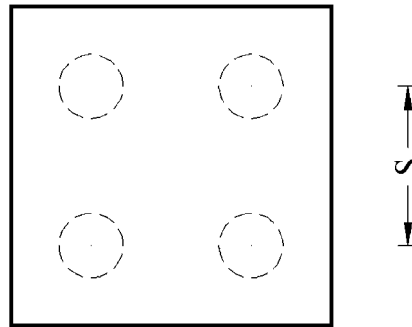
M_y = Momen yang bekerja pada kelompok tiang yang tegak lurus sumbu X

n_x = Banyak tiang dalam satu baris dalam arah sumbu X

n_y = Banyak tiang dalam satu baris dalam arah sumbu Y

$\sum X^2$ = Jumlah kuadrat absis jarak tiang-tiang kepusat kelompok tiang

$\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat jarak tiang-tiang kepusat berat kelompok tiang



$$\text{Effisiensi} = 1 - \frac{\theta}{90} * \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m * n}$$

Dimana:

m = jumlah baris tiang

n = jumlah kolom tiang

D = diameter tiang

S = jarak tiang (2D s/d 3D)

θ = arc tan (D/S)

- **Tiang Tunggal Sumuran**

$$P_{\text{maks}} = \sum \frac{V}{n}$$

Menentukan Tebal Cincin Sumuran

$$2 \cdot S \cdot \sigma_b = \rho_a \cdot 2R$$

$$2 \cdot S \cdot \sigma_b = \rho_a \cdot D$$

$$S = \frac{\rho_a \cdot D}{2 \cdot \sigma_b}$$

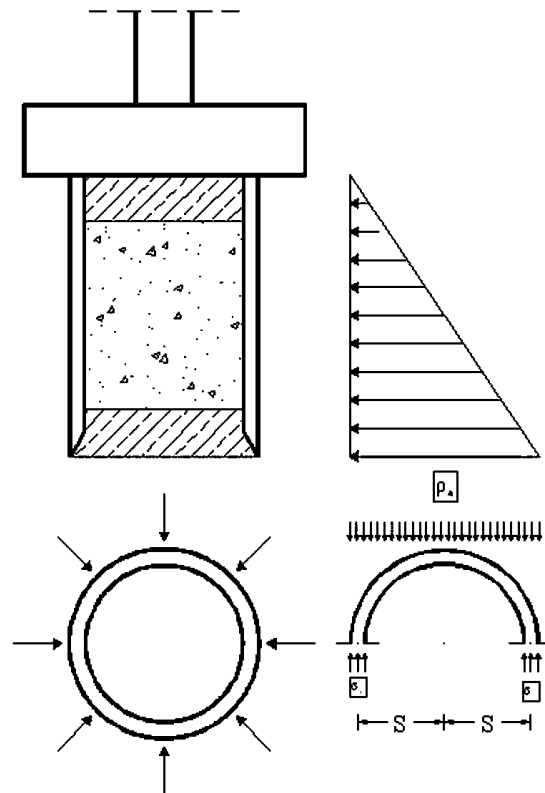
Dimana:

S = tebal cincin (m)

ρ_a = tekanan tanah (ton/m²)

D = diameter sumuran (m)

σ_b = tegangan karakteristik beton (ton/m²)



Gambar 2.7. gaya yang menentukan Tebal Dinding Sumuran

Check Terhadap Pergeseran Lateral

$$Q = 54 \cdot K_p \cdot \gamma \cdot D^3$$

Dimana:

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

γ = berat jenis tanah (N/m^3)

D = diameter sumuran (m)