

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Dalam perencanaan gedung ini , studi pustaka dimaksudkan untuk mengetahui dasar–dasar teori perhitungannya. Tujuannya adalah untuk memperoleh hasil perencanaan yang baik dan akurat sesuai dengan standar ketentuan yang berlaku. Dalam kajian ini akan dibahas mengenai aspek perencanaan, metode perhitungan, spesifikasi bahan, analisa pembebanan, dan analisa perhitungan.

2.2. ASPEK-ASPEK PERENCANAAN

Perencanaan adalah suatu unsur yang sangat penting sebelum melaksanakan suatu proyek. Hal ini bertujuan untuk menghindari kesalahan perencanaan yang berakibat kegagalan struktur. Kesalahan perencanaan dapat berupa kesalahan pelaksanaan pekerjaan ataupun urutan proses yang tidak benar dapat menyebabkan terjadinya kerugian. Perencanaan yang matang sebelum dimulainya suatu pekerjaan proyek tidak hanya akan menghemat biaya tetapi juga akan menghemat waktu dan tenaga. Dalam melakukan perencanaan diperlukan tinjauan pada beberapa aspek antara lain :

a. Aspek Teknis

Dalam merencanakan struktur perlu mempertimbangkan kemampuan bangunan terhadap beban yang harus dipikul baik beban vertikal maupun beban lateral, dan kestabilan struktur baik arah vertikal maupun arah lateral. Selain itu juga diperlukan survey lebih lanjut tentang keadaan tanah di lokasi bangunan. Pemilihan struktur yang digunakan harus mempertimbangkan kemudahan dalam pelaksanaan dan pemeliharaan struktur.

b. Aspek Fungsi

Dalam merencanakan struktur gedung ini juga melihat fungsi gedung yang akan dibangun. Misalnya perencanaan pembebanan pada gedung

yang difungsikan untuk perpustakaan berbeda dengan perencanaan pembebanan pada gedung yang difungsikan untuk tempat parkir mobil.

c. Aspek Ekonomi

Dalam perencanaan struktur bangunan harus mempertimbangkan efisiensi dana yang dibutuhkan sehingga diharapkan akan didapatkan bangunan yang kuat dengan penggunaan dana yang ada secara optimal.

d. Aspek Estetika dan Arsitektural

Aspek estetika dan arsitektural memiliki hubungan yang sangat erat dan tidak dapat dipisahkan. Suatu bangunan dengan nilai arsitektur yang tinggi biasanya juga memiliki nilai estetika yang tinggi. Hal tersebut berkaitan dengan rencana denah dan bentuk struktur yang akan dipilih. Bentuk denah dan struktur yang akan dibangun haruslah mempunyai nilai estetika dan artistik yang baik.

e. 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 ($f'c$) | : | 30 Mpa |
| 2. Mutu baja ($f'y$) | : | Bj 37 |
| 3. Mutu tulangan (f_y) untuk tulangan sengkang | : | 240 Mpa |
| 4. Mutu tulangan (f_y) untuk tulangan utama | : | 400 MPa |

2.4. METODE PERHITUNGAN

Struktur utama menggunakan material dari beton bertulang yang perhitungannya dilakukan dengan menggunakan metode kekuatan batas (*Ultimate Strength Design*).

Metode perhitungan dari tiap-tiap bagian struktur utama bangunan *existing* yaitu :

1. Menentukan berat atap dengan cara menghitung total berat profil rangka baja yang digunakan untuk atap.
2. Bagian portal utama perhitungannya dianalisa dengan program SAP-2000.
3. Pelat lantai diperhitungkan sebagai pelat bertumpu jepit pada keempat sisinya karena adanya struktur balok yang cukup kaku.
4. Tangga diperhitungkan sesuai dengan dimensi tangga *existing*.
5. Analisa perhitungan pondasi dilakukan dengan dasar pemilihan alternatif tiang pancang. Kelompok tiang pancang disatukan oleh *pile cap* untuk menahan beban masing-masing kolom pondasi. Perhitungan pondasi ini dilakukan dengan dasar berbagai pendekatan rumus yang ada. Tiap *pile cap* dihubungkan satu sama lain dengan *sloof (Tie Beam)* yang kaku untuk mencegah penurunan pondasi yang tidak bersamaan.
6. Perhitungan pengaruh gempa dilakukan atas dasar analisa statis mengingat tinggi struktur yang tidak lebih dari 40 m. Gaya gempa yang bekerja pada sistem struktur diasumsikan sebagai gaya lateral horisontal yang bekerja pada setiap lantai bangunan. Perhitungan ini didasarkan pada Peraturan Gempa Indonesia untuk Gedung –1983.

Metode perhitungan dari struktur utama bangunan *redesain* yaitu :

1. Redesain struktur balok – plat pada bangunan dengan struktur kolom cendawan Drop Panel, dengan memperhitungkan beban yang bekerja adalah beban gravitasi berupa beban mati dan beban hidup , sedangkan untuk beban lateral seperti gempa diperlukan balok tepi yang dibuat sangat kaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral tersebut.
2. Dalam struktur drop panel yang menjadi tumpuan pelat adalah kolom langsung sehingga semua beban yang bekerja pada pelat disalurkan pada drop panel dan diteruskan ke kolom.
3. Untuk perhitungan gaya dalam yang terjadi digunakan program SAP 2000.

2.5. RENCANA PEMBEBANAN

2.5.1. Beban-beban yang diperhitungkan

Pembebanan yang dipakai dalam perencanaan gedung ini sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, antara lain sebagai berikut:

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian pada suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan, *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung, sebagai contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung adalah :

- Beton bertulang = 2400 kg / m³
- Muatan dinding batu bata = 1700 kg / m³
- Beban tegel keramik/ cm tebal = 24 kg/m².
- Beban Plafon dan Penggantung = 18 kg/m².
- Beban adukan semen/ cm tebal = 21 kg/m².
- Penutup atap genting dengan reng dan usuk / m² = 50 kg/m²

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban akibat pemakaian atau penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, dan atau beban akibat air hujan pada atap.

Yang termasuk beban hidup adalah:

- Beban hidup untuk Gudang, hall = 500 kg/m².
 - Beban hidup untuk Ruang Kuliah = 250 kg/m²
 - Beban pada tangga dan bordes = 300 kg/m²
 - Beban akibat air hujan = (40-0.8α) kg/m²
- α = sudut kemiringan atap
- Beban atap yang dapat dibebani orang = 100 kg/m²
 - Beban terpusat pekerja dan peralatannya = 100 kg/m²

3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditunjukkan 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/m^2 , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang telah ditentukan dengan koefisien-koefisien angin yang telah ditentukan dalam peraturan ini. Tekanan angin diambil sebesar 25 kg/m^2 , sedangkan untuk koefisien angin tergantung pada sudut kemiringan atap dan dinding vertikalnya.

4. Beban Gempa

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 ataudengan 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 massa adalah :

$$F = m \times a$$

Dimana : m = massa bangunan

a = percepatan getaran gempa

Sedangkan menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung adalah :

$$V = C \times I \times K \times W$$

Sumber : SNI 03-1726-2003 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung

Dimana :

V = gaya geser total akibat gempa

C	=	koefisien gempa dasar
I	=	Faktor keutamaan
K	=	faktor jenis struktur
W	=	Berat total bangunan

Besarnya taraf pembebanan ini berlaku universal, melainkan sangat bervariasi dari satu wilayah ke wilayah lain, tergantung dari kondisi geografis dan geologi setempat. Dalam wilayah Indonesia terdapat beberapa daerah dengan perbedaan resiko gempa yang cukup berarti. Dengan pertimbangan bahwa tinggi gedung < 40 m, maka perencanaan struktur didasarkan pada Analisa Beban Statik Ekuivalen, yaitu suatu analisa dimana pengaruh gempa pada struktur gempa dianggap sebagai beban-beban gempa sesungguhnya.

Untuk memulai perhitungan distribusi gaya gempa bisa dimulai dengan menghitung berat tiap lantai (beban mati +beban hidup), waktu getar bangunan (T) yang dihitung dengan:

$$T = 0.06H^{3/4} \rightarrow \text{untuk portal beton tanpa pengaku}$$

Koefisienn gempa dasar (C) diperoleh dari diagram respon spektra, faktor keutamaan struktur (I) dan faktor jenis struktur (K) dapat ditentukan dari fungsi gedung dan jenis struktur yang dipakai. Untuk memilih harga C, ada tiga jenis tanah dasar yang harus dipilih, yaitu tanah keras, tanah sedang, dan tanah lunak. Definisi dari tiga jenis tanah ini ditentukan berdasarkan kekuatan geser tanah (*shear strength of soil*).

Gaya geser horisontal total diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$V = C \times I \times K \times W$$

Sumber : SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung

Tabel 2.1 Faktor Keutamaan Struktur (I)

Jenis struktur bangunan / gedung	I
Bangunan monumental untuk dilestarikan	1
Bangunan penting yang harus tetap berfungsi setelah terjadi gempa, seperti rumah sakit, instalasi air minum, pembangkit tenaga listrik	1.5
Bangunan tempat menyimpan gas, minyak, asam, dan bahan beracun instalasi nuklir	1.5
Gedung umum untuk penghunian, perniagaan, dan perkantoran	1
Cerobong, tangki diatas menara	1.25

Tabel 2.2 Faktor daktilitas (μ) dan Faktor jenis Struktur (K)

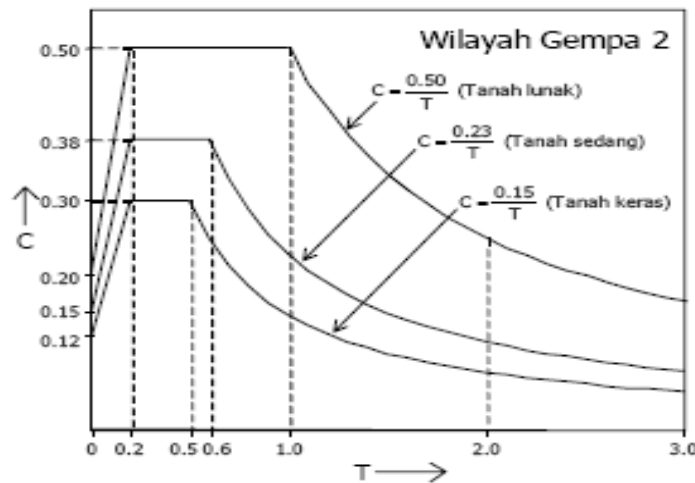
Jenis struktur bangunan		μ	K
1. tanpa daktilitas (elastis)	- struktur umum	1	4
2. daktilitas terbatas	- cerobong	1.3	3
	- portal dengan diagonal	1.6	2.5
	- struktur	$\mu \leq 2$	4
3. daktilitas penuh	- struktur umum	$\mu > 2$	$(1+10/\mu)/3$
	-portal beton prategang	3.12	1.4
	-dinding geser kantilever	3.85	1.2
	-portal terbuka	5	1

Tabel 2.3 Faktor wilayah kegempaan (Z)

Wilayah / Zona kegempaan	Percepatan tanah maksimum pada tanah keras (g)	Z
1	0.26	2.6
2	0.18	1.8
3	0.14	1.4
4	0.10	1
5	0.06	0.6
6	0	0

Tabel 2.4. Definisi jenis tanah

Jenis tanah	Tanah keras	Tanah sedang	Tanah lunak
Kedalaman lapisan tanah keras	Nilai rata-rata kekuatan geser tanah : S (kPa)		
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	$S > 330$	$270 \leq S \leq 330$	$S < 270$



Gambar 2.1 Spektrum Respon Gempa Rencana untuk Wilayah Gempa 2

Sumber : SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung dan Buku Ajar Rekayasa Gempa, Ir. Himawan Indarto.

Gaya geser tersebut lalu didistribusikan pada tiap tingkat dengan menggunakan persamaan :

$$F_i = \frac{W_i \times h_i}{\sum (W_i \times h_i)} \times V$$

Sumber : SNI 03-1726-2003 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung

Dimana :

- F_i = Gaya geser horisontal pada lantai ke-i
- h_i = Tinggi lantai ke-i terhadap lantai dasar
- V = Gaya geser total akibat gempa

Waktu getar alami struktur diperoleh dengan rumus T Rayleigh :

$$T = 6.3 \left[\frac{\sum (W_i \times d_i)^2}{g \times \sum (F_i \times d_i)} \right]^{1/2}$$

Sumber : SNI 03-1726-2003 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung

Dimana :

- Wi = Berat lantai ke-i
- Fi = Gaya gempa lantai ke-i
- Di = Deformasi lateral akibat Fi yang terjadi pada lantai ke-i
- g = Percepatan gravitasi

Jika waktu getar alami (T) < T taksiran, maka distribusi gaya gempa pada tiap lantai harus dihitung kembali.

2.5.2. Faktor Beban

Ketidakpastian besarnya beban mati pada struktur lebih kecil dibandingkan ketidakpastian pada beban hidup. Hal ini dapat menimbulkan perbedaan dari besarnya faktor-faktor beban. Menurut SKSNI T-15-1991-03 beban yang bekerja pada struktur harus dikalikan dengan faktor beban sebagai berikut :

Untuk beban mati (D) = 1.2 dan beban hidup (L) = 1.6

Pembebanan ditinjau dari kondisi pembebanan yaitu :

- Pembebanan tetap

$$U = 1.2D + 1.6L$$

- Pembebanan sementara, dengan perhitungan beban gempa :

$$U = 1.2D + 0.5L + (I/R)E_x \pm 0,3(I/R)E_y$$

$$U = 1.2D + 0.5L + 0,3 (I/R)E_x \pm (I/R)E_y$$

- Dimana :
- U = Beban terfaktor
 - D = Beban mati
 - L = Beban hidup
 - E_x = Beban gempa. Arah X
 - E_y = Beban gempa Arah Y
 - I = Faktor keutamaan struktur
 - R = Faktor reduksi beban gempa

2.6. ANALISA PERHITUNGAN

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

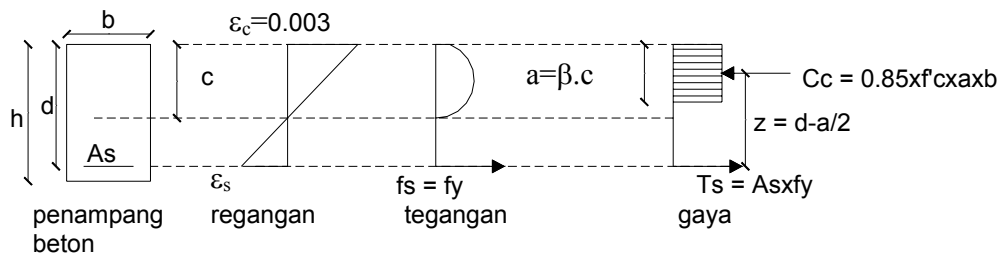
- a. Langkah-langkah dalam perencanaan struktur atas adalah :
- Penentuan denah dan konfigurasi struktur berikut sistem strukturnya.
 - Penentuan beban-beban yang bekerja pada struktur baik beban gravitasi (vertikal) maupun beban lateral (gempa).
 - Estimasi dimensi elemen struktur.
 - Analisa struktur bangunan.
 - Desain elemen struktur seperti kolom dan balok, balok anak, pelat lantai, dan sebagainya.
- b. Langkah-langkah dalam perencanaan struktur bawah adalah:
- 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.

o **Analisa Penampang Lentur Pelat**

Untuk menghitung komponen struktur terhadap beban lentur menurut SK SNI – T – 15 – 1991 – 03 , pasal 3.3.2.2-7 didasarkan pada terpenuhinya kondisi seimbang dan kompatibilitas regangan yang berlaku serta asumsi berikut :

1. Regangan dalam tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding langsung dengan jarak dari sumbu netral .
2. Regangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton tekan terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003.
3. Tegangan dalam tulangan dibawah kuat leleh yang ditentukan f_y untuk mutu tulangan yang digunakan harus diambil sebesar E_s dikalikan regangan baja. Untuk regangan yang lebih besar dari regangan yang memberikan f_y tegangan pada tulangan harus dianggap tidak tergantung pada regangan dan sama dengan f_y .
4. Dalam perhitungan lentur beton bertulang , kuat tarik beton diabaikan.

5. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dengan regangan beton dapat diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, parabola atau bentuk lain yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik.
6. Butir (5) boleh dianggap dipenuhi oleh suatu distribusi tegangan beton persegi ekuivalen yang didefinisikan sebagai berikut :
- Tegangan beton sebesar $0,85 f_c'$ harus diasumsikan terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejauh $a = \beta \cdot C$
 - Jarak c dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
 - Nilai β harus diambil sebesar 0,85 untuk f_c' maksimal 30 Mpa. Sedangkan untuk nilai kekuatan lebih dari 39Mpa maka β harus direduksi sebesar 0,008 tiap 1 Mpa. Dan nilai β minimal 0,65.



Gambar 2.2 Tegangan, regangan dan gaya yang terjadi pada perencanaan lentur murni beton bertulang

Dari gambar didapat :

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

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

Sehingga:

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

Dimana :

$$a = \beta \cdot c$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

dan besarnya nilai β untuk mutu beton :

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa}, \beta = 0,85$$

$$f_c' > 30 \text{ Mpa}, \beta = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$$

Pada Tugas Akhir ini digunakan $f_c' = 30$ Mpa, sehingga didapat:

$$0,85.f_c'. \beta.c.b = A_s.f_y$$

$$0,85.f_c'. 0,85c.b = \rho.b.d.f_y$$

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

$$c = \frac{\rho.b.d.f_y}{0,7225.b.f_c'}$$

$$c = 1,384\rho.\frac{f_y}{f_c'}.d$$

Besarnya momen yang mampu dipikul oleh penampang adalah:

$$M_u = C_c (d - 0,5a) \text{ atau } T_s (d - 0,5a)$$

$$= A_s.f_y (d - 0,5.0,85c)$$

$$M_u = A_s.f_y (d - 0,425c)$$

Berdasarkan Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung 2002 pasal 11.3, dalam suatu perencanaan diambil faktor reduksi kekuatan ϕ , dimana besarnya ϕ untuk lentur tanpa beban aksial adalah sebesar 0,8; sehingga didapat:

$$M_u = \phi.A_s.f_y (d - 0,425c)$$

$$= 0,8.\rho.b.d.f_y (d - 0,425c)$$

Substitusi harga c,

$$M_u = 0,8.\rho.b.d.f_y (d - 0,425.1,384\rho.\frac{f_y}{f_c'}.d)$$

Bentuk di atas dapat pula dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{M_u}{b.d^2} = 0,8.\rho.f_y \left(1 - 0,588.\rho.\frac{f_y}{f_c'} \right)$$

dimana:

M_u = momen yang dapat ditahan penampang (Nmm)

b = lebar penampang beton (mm)

d = tinggi efektif beton (mm)

ρ = rasio luas tulangan terhadap luas efektif penampang beton

f_y = mutu tulangan (Mpa)

f_c' = mutu beton (Mpa)

Dari rumus di atas, maka apabila momen yang bekerja dan luas penampang beton telah diketahui, maka besarnya rasio tulangan ρ dapat diketahui untuk mencari besarnya kebutuhan luas tulangan.

○ **Persentase Tulangan Minimum, Balance dan Maksimum**

a. Rasio tulangan minimum (ρ_{\min})

Rasio tulangan minimum ditetapkan tidak boleh kurang dari $\frac{f_y}{1.4}$

Untuk pelat struktural dengan tebal seragam, luas minimum dan spasi maximum tulangan dalam arah arah bentang yang ditinjau harus memenuhi untuk susut dan suhu

b. Rasio tulangan balance (ρ_b)

Dari gambar regangan penampang balok (Gambar 2.4) didapat:

$$\frac{c}{d} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} = \frac{0,003}{0,003 + f_y/E_s}$$

Berdasarkan Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung 2002 pasal 10.5(2) ditetapkan E_s sebesar 2×10^5 Mpa, sehingga didapat

$$\frac{c}{d} = \frac{600}{600 + f_y}$$

Keadaan balance:

$$0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot c \cdot b = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot c \cdot b}{b \cdot d \cdot f_y}$$

$$\rho = \frac{600}{600 + f_y} \beta \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y}$$

c. Rasio tulangan maximum (ρ_{\max})

Berdasarkan SNI Beton 2002 besarnya ρ_{\max} ditetapkan sebesar $0,75\rho_b$ terhadap lentur murni.

○ **Perhitungan Geser**

Untuk perencanaan komponen struktur lentur tinggi terhadap geser dalam SK SNI – T – 1991 – 03, pasal 3.4.8; ditentukan besarnya kekuatan gaya nominal sumbu beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

atau besarnya tegangan yang dipikul beton adalah:

$$v_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'}$$

Sedangkan besarnya tegangan geser yang harus dilawan tulangan geser adalah:

$$\phi v_s = v_u - \phi v_c$$

Besarnya tegangan geser yang harus dipikul tulangan geser dibatasi sebesar:

$$\phi v_s \text{ max} = \frac{2}{3} \sqrt{f'c}$$

Untuk besarnya gaya geser yang mampu dipikul oleh penampang ditentukan dengan syarat sebagai berikut:

$$V_u \leq \phi V_n$$

dimana:

V_u = gaya lintang pada penampang yang ditinjau.

V_n = kekuatan geser nominal yang dihitung secara $V_n = V_c + V_s$

V_c = kekuatan geser nominal sumbangan beton

V_s = kekuatan geser nominal sumbangan tulangan geser

v_u = tegangan geser yang terjadi pada penampang

v_c = tegangan geser nominal sumbangan beton

v_s = tegangan geser nominal sumbangan tulangan geser

ϕ = faktor reduksi kekuatan = 0,75 – 0,6

b = lebar balok (mm)

d = tinggi efektif balok (mm)

$f'c$ = kuat mutu beton (Mpa)

Tulangan geser dibutuhkan apabila $v_u > \phi v_c$. Besarnya tulangan geser yang dibutuhkan ditentukan dengan rumus berikut :

$$A_v = \frac{(v_u - \phi v_c) b \cdot s}{\phi f_y}$$

dimana:

A_v = luas tulangan geser yang berpenampang ganda dalam mm^2

s = jarak sengkang dalam mm

Rumus di atas juga dapat ditulis sebagai berikut :

$$A_v = \frac{(v_u - \phi v_c) b \cdot 1000}{\phi f_y}$$

dimana A_v adalah luas tulangan geser yang berpenampang ganda untuk tiap meter panjang yang dinyatakan dalam mm^2 .

Namun apabila $v_u > \frac{1}{2} \phi v_c$ harus ditentukan besarnya tulangan geser

minimum sebesar $A_v = \frac{b_w s}{3 f_y}$

dimana:

A_v = luas tulangan geser yang berpenampang ganda dalam mm^2

s = jarak sengkang dalam mm

Rumus ini juga dapat ditulis sebagai berikut :

$$A_v = \frac{b_w 1000}{3 f_y}$$

dimana A_v adalah luas tulangan geser yang berpenampang ganda untuk tiap meter panjang yang dinyatakan dalam mm^2 . Jarak sengkang dibatasi sebesar $d/2$, namun apabila $\phi v_s > \frac{1}{3} \sqrt{f_c'}$ jarak sengkang maksimum harus dikurangi setengahnya.

2.6.1. Atap

Pada perencanaan atap terdiri dari pendimensionan gording dan pendimensionan kuda-kuda baja. Terlebih dahulu dibuat denah atap dengan mempertimbangkan letak kuda-kuda dan gording. Perencanaan konstruksinya dibuat sesuai dengan Pedoman Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI) dan SK SNI untuk baja tahun 2002.

2.6.2. Pelat Lantai

Untuk merencanakan pelat lantai beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan tetapi juga ukuran dan syarat-syarat tumpuan pada tepi.

Pelat lantai pada bangunan mempunyai fungsi antara lain :

- a. Memisahkan ruangan dalam bangunan secara vertikal,
- b. Menahan beban di atasnya, seperti partisi atau sekat lainnya dan beban hidup,
- c. Menyalurkan beban ke balok bawahnya

o **Ketentuan Khusus Untuk Pelat**

Menurut SK-SNI-T-15-1991-03 , pasal 3.4.11 Kuat geser (V_n) pelat terhadap beban terpusat atau reaksi ditentukan oleh kondisi terberat aksi dua arah . Aksi dua arah ini terjadi pada pelat dengan drop panel .

- a. Aksi balok penampang kritis adalah sejajar dengan garis pusat panel dalam arah transversal dan menerus pada seluruh jarak antara dua garis pusat longitudinal yang berdekatan.
- b. Aksi dua arah penampang kritis adalah sedemikian sehingga keliling bo berada pada jarak setengah tinggi efektif melalui pertebalan dari keliling kepala kolom, dan juga berada pada jarak setengah tinggi efektif di luar keliling pertebalan. Bila pertebalan tidak digunakan hanya ada satu penampang kritis untuk aksi dua arah .

Jika tulangan geser tidak digunakan maka kekuatan geser nominalnya adalah:

$$V_n \leq V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \cdot bo \cdot d \leq \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{3}\right) \cdot bo \cdot d$$

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek dari daerah beban terpusat, reaksi , atau kolom

bo = keliling dari penampang kritis pelat.

Jika tulangan digunakan maka nilai kekuatan nominal dibatasi sebesar:

$$V_n = V_c + V_s \leq \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{3}\right) \cdot bo \cdot d$$

Dimana untuk

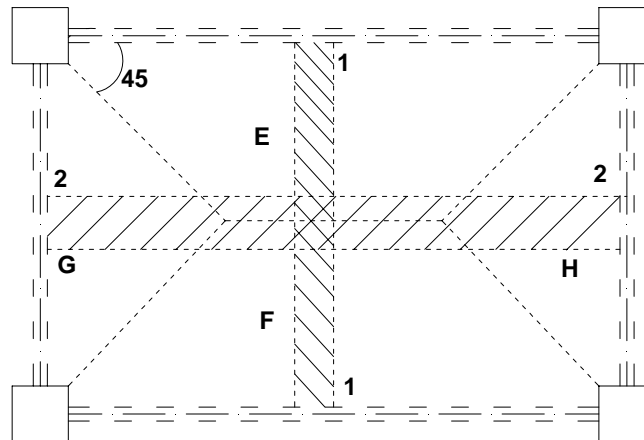
$$V_c \leq \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \cdot bo \cdot d$$

Persyaratan geser untuk pelat dengan balok – balok dapat diperiksa dengan mengamati jalur 1-1 dan 2- 2 pada Gambar 2.3 . Balok- balok dengan hargab $\alpha_1 I_1/I_2$ yang melebihi 1,0 dimisalkan memikul beban yang bekerja pada permukaan lantai yang dibatasi oleh garis-garis yang digambar dengan arah 45% dari sudut panel dan garis tengah panel yang

sejajar dengan sisi panjang (SK SNI-T-15-1993-03, pasal 3.6.6.8). jika ini merupakan keadaan yang terjadi, beban-beban pada permukaan trapesium E dan F dalam Gambar 2.2. masuk ke balok-balok panjang ; dan yang bekerja pada permukaan segitiga G dan H pada gambar 2.2. masuk ke balok-balok pendek. Geser per satuan lebar pelat sepanjang balok paling maksimum pada ujung-ujung jalur pelat 1-1 dan 2-2, dengan meninjau geser yang bertambah pada sisi luar dari tumpuan dalam yang pertama, secara pendekatan besarnya adalah:

$$Vu = 1,15 \left(\frac{Wu \cdot s}{2} \right)$$

Jika $\alpha_1 I_1/I_2$ sama dengan nol , tentu tidak ada beban-beban karena balok setebal lantai. Bila harga dari $\alpha_1 I_1/I_2$ berada diantara 0 dan 1,0 persentase dari beban lantai yang masuk balok-balok harus diperoleh dengan interpolasi linier.



Gambar 2.3 Gambaran Penyaluran Beban

o **Analisa Struktur Pelat Dua Arah**

Perencanaan pelat dua arah dalam peraturan SK SNI – T – 15 -0 1991 – 03 adalah dengan Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*) dan dengan Metode Portal Ekvivalen (*Equivalent Frame Method*). Pada metode Perencanaan Langsung , yang diperoleh adalah pendekatan Momen dengan menggunakan koefisien – koefisien yang disederhanakan . Batasan Metode metode perencanaan langsung menurut SK SNI–T–15– 1991– 03 antara lain :

1. Minimum harus terdapat tiga bentang menerus dalam setiap arah.
2. Panel harus berbentuk persegi dengan ratio antara bentang panjang dan bentang pendek diukur antara sumbu ke sumbu tumpuan tidak lebih dari 2.
3. Panjang dari bentang yang berturutan , diukur antara sumbu ke sumbu dalam tiap arah tidak boleh berbeda lebih dari sepertiga dari bentang terpanjang.
4. Posisi kolom boleh menyimpang maksimum 10 persen dari bentang (dalam arah penyimpangan) dari sumbu antara garis pusat kolom yang berurutan .
5. Beban yang diperhitungkan adalah beban gravitasi saja dan tersebar merata pada seluruh panel . Beban hidup tidak boleh melebihi tiga kali beban mati.
6. Untuk suatu panel yang mempunyai balok diantara tumpuan pada semua sisinya , kekakuan relatif dari balok dalam dua arah yang tegak lurus ($\alpha_1 \cdot L_2^2$) / ($\alpha_2 \cdot L_1^2$). Tidak boleh kurang 0,2 dan tidak boleh lebih dari 5.

o **Momen Statis Terfaktor**

$$\frac{M_{neg(kiri)} + M_{neg(kanan)}}{2} + M_{pos} \leq \frac{W_u L_2 L_n^2}{8}$$

$$M_o = \frac{W_u L_2 L_n^2}{8}$$

o **Kekakuan Elemen Struktur**

a. Kekakuan Pelat (K_s) = $\frac{4 E_s I_s}{L_1}$

dimana $I_s = \sum L_2 \left(\frac{t^3}{12} \right)$

b. Kekakuan Balok (K_b) = $\frac{4 E_{cb} I_b}{L_1}$

dimana $I_b = k \frac{(b h^3)}{12}$,

nilai k diambil berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 2.5 Penentuan nilai k

t/h	b _g /b _w		
	2	3	4
0,1	1,222	1,407	1,564
0,2	1,328	1,564	1,744
0,3	1,366	1,605	1,777
0,4	1,372	1,608	1,781
0,5	1,375	1,625	1,825
0,6	1,396	1,694	1,956
0,7	1,454	1,844	1,212
0,8	1,565	12,098	2,621
0,9	1,743	2,477	3,209
1,0	2,000	3,000	4,000

c. Kekakuan Kolom (K_c)

$$\sum K_c = K_{c1} + K_{c2} = \frac{4E_{c1}I_{c1}}{L_{c1}} + \frac{4E_{c2}I_{c2}}{L_{c2}}$$

Perhitungkan perbandingan antara balok memanjang dengan pelat $\alpha = (E_{cb}I_b) / (E_sI_s)$ dan dengan harga dari perbandingan antara beban mati dan beban hidup (β_a). Maka dari tabel akan didapat nilai dari α_{min} , nilai dari α_c (kekakuan lentur kolom terhadap balok dan pelat).

$$\alpha_c = \frac{K_{c1} + K_{c2}}{\sum K_s + \sum K_b}$$

jika nilai α_c ini lebih kecil dari α_{min} maka momen positif harus dikalikan dengan faktor δ .

$$\delta = 1 + \frac{2 - \beta_s}{4 + \beta_s} \left(1 - \frac{\alpha_c}{\alpha_{min}} \right)$$

Tabel 2.6 Nilai α_{\min}

β	Rasio dari l_1 / l_2	Kekakuan relatif balok, α				
		0	0,5	1,0	2,0	4,0
2,0	0,5 - 2,0	0	0	0	0	0
1,0	0,5	0,6	0	0	0	0
	0,8	0,7	0	0	0	0
	1,0	0,7	0,1	0	0	0
	1,25	0,8	0,4	0	0	0
	2,0	1,2	0,5	0,2	0	0
0,5	0,5	1,3	0,3	0	0	0
	0,8	1,5	0,5	0,2	0	0
	1,0	1,6	0,6	0,2	0	0
	1,25	1,9	1,0	0,5	0	0
	2,0	4,9	1,6	0,8	0,3	0
0,33	0,5	1,8	0,5	0,1	0	0
	0,8	2,0	0,9	0,3	0	0
	1,0	2,3	0,9	0,4	0	0
	1,25	2,8	1,5	0,8	0,2	0
	2,0	13,0	2,6	1,2	0,5	0,3

2.6.3. Tangga

Struktur tangga digunakan untuk melayani akses antar lantai pada gedung yang mempunyai tingkat lebih dan satu. Tangga merupakan komponen yang harus ada pada bangunan berlantai banyak walaupun sudah ada peralatan transportasi vertikal lainnya, karena tangga tidak memerlukan tenaga mesin.

2.6.4. Struktur Portal

Perencanaan struktur portal mengacu pada SKSNI T-15-1991-03. Dimana struktur dirancang sebagai portal daktail dengan penempatan sendi-sendi plastis pada balok (*strong coloum-weak beam*).

Dalam menentukan kuat rencana suatu komponen struktur, maka kuat minimalnya harus direduksi dengan faktor reduksi kekuatannya sesuai dengan sifat beban, hal ini dikarenakan ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan.

Faktor reduksi Φ menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah sebagai berikut :

- $\Phi = 0,8$, untuk beban lentur tanpa gaya aksial
- $\Phi = 0,7$, untuk gaya aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur

- $\Phi = 0.8$, untuk gaya aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur
- $\Phi = 0.6$, untuk geser dan torsi

Beban hidup yang bekerja pada komponen struktur, diatur menurut ketentuan berikut :

1. Beban hidup dianggap hanya bekerja pada lantai atau atap yang sedang ditinjau dan ujung kiri dari kolom yang bersatu dengan struktur boleh dianggap terjepit.
2. Pengaturan dari beban hidup yang bekerja pada balok menggunakan pola pembebanan papan catur dan boleh dibatasi pada kombinasi berikut :
 - a. Beban mati terfaktor pada semua bentang dengan beban hidup penuh terfaktor yang bekerja pada dua bentang yang bersebelahan
 - b. Beban mati terfaktor pada semua bentang dengan beban hidup penuh terfaktor yang bekerja pada bentang yang berselang

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang mungkin memperlemah kekuatan atau kemampuan kelayakan struktur pada beban kerja.

2.6.4.1 Perencanaan Balok

a. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Momen Lentur

Kuat lentur pada balok portal dinyatakan dengan Mu_b harus ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban gempa, sebagai berikut:

$$Mu_b = 1.2 MD_b + 1.6 ML_b$$

$$Mu_b = 1.05 (MD_b + ME_{bR} \pm ME_b)$$

Dimana:

- Mu_b = Momen lentur pada balok untuk perencanaan
- MD_b = Momen lentur portal akibat beban mati tak berfaktor
- ML_b = Momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor dengan memperhitungkan reduksinya

sehubung dengan peluang terjadinya pada lantai yang ditinjau

ME_b = Momen lentur portal akibat beban gempa tak berfaktor

ME_{bR} = Momen lentur portal akibat beban gempa berfaktor

Sumber : SKSNI T-15-1991-03

Dalam perencanaan kapasitas balok portal, momen tumpuan negatif akibat kombinasi beban gravitasi dan beban gempa balok boleh direstribusi dengan menambah atau mengurangi dengan prosentase yang tidak melebihi :

$$Q = 30[1 - 4/3((\rho - \rho')/\rho_b)] \text{persen}$$

Dengan syarat apabila tulangan lentur balok telah direncanakan sehingga $(\rho - \rho')$ tidak melebihi $0.5 \rho_b$ (persyaratan gempa). Momen lapangan dan momen tumpuan pada bidang muka kolom yang diperoleh dari hasil redistribusi selanjutnya digunakan untuk menghitung penulangan lentur yang diperlukan.

Sumber: SKSNI T-15-1991-03

Berdasarkan buku Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, langkah-langkah perhitungan tulangan pada balok adalah sebagai berikut :

- a. Menetapkan tebal penutup beton menurut Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang halaman 14.
- b. Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y.
- c. Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y.
- d. Mencari $Rn = \left(\frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \right)$
- e. Mencari rasio penulangan (ρ) dengan persamaan :

$$\rho = \frac{0,85 \times fc}{fy} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right)$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc}$$

f. Memeriksa syarat rasio penulangan ($\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \frac{\beta_1 \times 600}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 600}{600 + 400} \times \frac{0,85 \times 25}{400} = 0,0203$$

g. Mencari luas tulangan yang dibutuhkan

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

b. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser

SKSNI T-15-1991-03 menetapkan bahwa gaya geser yang bekerja pada penampang yang ditinjau harus direncanakan sehingga :

$$V_u \leq \phi \times V_n$$

Dimana :

V_u = Gaya lintang yang terjadi pada penampang yang ditinjau $1,2 V_D + 1,6 V_L$

V_n = Kekuatan geser nominal yang besarnya $= V_c + V_s$

V_c = Kekuatan geser nominal sumbangan beton

V_s = Kekuatan geser nominal sumbangan tulangan geser

Sumber : SKSNI T-15-1991-03

Apabila gaya lintang yang terjadi lebih besar dari kekuatan geser nominal sumbangan beton, maka diperlukan tulangan geser untuk menopang sisa gaya lintang yang terjadi atau $V_u \geq \phi \times V_c$, maka diperlukan tulangan geser dengan menggunakan rumus :

$$\phi \times V_c = \phi \times (1/6) \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

– Jika $(V_u - \phi \times V_c) \leq 0,33 \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$, maka dapat ditentukan jarak sengkang maksimal (S_{\max}) = $d/2$

– Jika $(V_u - \phi \times V_c) > 0,33 \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$, maka dapat ditentukan jarak sengkang maksimal (S_{\max}) = $d/4$

$$\phi \times V_s = V_u - \phi \times V_c$$

$$\phi \times V_{s_{\max}} = \frac{2 \sqrt{f'_c}}{3} \times b_w \times d$$

Sumber : SKSNI T-15-1991-03

Luas tulangan geser yang diperlukan harus lebih besar dari luas tulangan geser minimum.

$$A_v \text{ (seengkang)} \geq A_{v_{\min}} \text{ (seengkang minimum)}$$

$$A_v = (\phi \times V_s \times s) / (f_y \times d)$$

$$A_{v_{\min}} = (b_w \times s) / (3 f_y)$$

Sumber: SKSNI T-15-1991-03

c. Perencanaan Tulangan Balok terhadap Beban Kombinasi Geser Lentur dan Puntir / Torsi

Didalam praktek, puntir bekerja sama dengan lentur

$$T_u \leq \phi T_n$$

T_u = momen torsi terfaktor

$T_n = T_c + T_s$ adalah kekuatan puntir nominal tanpa geser lentur

$V_n = V_c + V_s$, adalah kuat geser nominal tanpa puntir

$$T_n = (1/5) \sqrt{f'_c} \times \sum x^2 \times y$$

Apabila terdapat kombinasi antara gaya lintang dan torsi, maka torsi yang terjadi boleh diabaikan asal memenuhi syarat :

$$T_u \leq \phi \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{20} \sum x^2 \times y \right),$$

tetapi pengaruh T_u dan V_u juga harus diperhitungkan.

Sehingga akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$V_c = (1/6) \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \left[1 + (T_u / V_u)^2 \times (0.4 / C_t)^2 \right]^{1/2}$$

$$T_c = (1/15) \sqrt{f'_c} \times \sum x^2 \times y \left[1 + (0.4 / C_t)^2 \times (T_u / V_u)^2 \right]^{1/2}$$

$$T_n = T_c + T_{s_{maks}}$$

$$T_{s_{maks}} = T_u - \phi T_c$$

Untuk mencegah bahaya kehancuran tekan (mendadak) pada beton sebelum tulangan meleleh, maka momen puntir maksimum dibatasi sebesar:

$$T_{s_{maks}} = 4 \times T_c$$

$$T_{s_{maks}} = (T_u - \phi T_c)$$

- Luas penampang satu kaki sengkang penahan puntir

$$At = (Tu - \phi \times Tn^n) \times s / (\alpha t \times \phi \times fy \times X_1 \times Y_1)$$

$$At = (Tu / \phi \times Tn^n) \times s / (\alpha t \times \phi \times fy \times X_1 \times Y_1)$$

Dimana:

$$\alpha t = [2 + (X_1 + Y_1)] / 3 \leq 1.5$$

- Luas penampang total tulangan memanjang puntir

$$A_1 = 2 \times At \times (X_1 + Y_1) / s$$

Yaitu diperoleh dari *shear-flow* melalui tulangan memanjang puntir sejauh s

s = Shear – flow dalam sebuah sengkang atau :

$$A_1 = [(2.8 \times bw \times s / fy) \times \{Tu / (Tu + Vu / (3Ct))\} - (2 \times At)] \times ((X_1 + Y_1) / s)$$

Dimana nilai A₁ ini tidak perlu melebihi nilai yang diperoleh dengan mengganti $bw \times s / (3 \times fy)$ untuk suku 2x At, s dipilih yang terkecil dari nilai $(X_1 + Y_1) / 4$ atau 30 cm.

Diameter tulangan untuk tulangan memanjang puntir minimum adalah 10 mm. Jika ada gaya aksial Nu, maka Vc dan Tc harus direduksi dengan faktor $(1 + 0.3 Nu / Ag)$ dimana Nu bernilai positif untuk tekan dan bernilai negatif untuk tarik.

Sumber: SKSNI T-15-1991-03, Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Ir.W.C. Vis dan Ir. Gideon H. Kusuma, M.Eng, 1997

2.6.4.2 Perencanaan Kolom

a. Perencanaan Kolom Terhadap Beban Lentur Kolom

Dalam struktur *half slab* dengan menggunakan drop panel diharapkan tidak terjadi pertambahan momen karena dapat menyebabkan keruntuhan. Oleh karena itu kekakuan kolom terhadap balok dan pelat harus terpenuhi.

Jumlah kekakuan kolom α_c harus sedemikian agar tidak kurang dari α_{min} seperti yang telah disajikan dalam tabel SK – SNI – T – 15 – 1991 – 03 . jika nilai α_c kurang dari α_{min} , maka nilai momen harus dikalikan dengan δ_s .

$$\delta_s = 1 + \frac{2 - \beta a}{2 + \beta a} \left(1 - \frac{\alpha_c}{\alpha_{min}} \right)$$

Dimana : βa = ratio beban mati terhadap beban hidup per unit luas.

α_c = perbandingan kekakuan kolom terhadap kekakuan pelat dan balok

$$\alpha_c = \frac{\sum K_c}{\sum K_s + \sum K_b}, \text{ Dengan } \sum K_c = \frac{4EI_{c1}}{L_{c1}} + \frac{4EI_{c2}}{L_{c2}}$$

$$\sum K_s = \frac{4EIs}{L_1}, \quad Is = \sum L_2 \left(\frac{t^2}{12} \right)$$

$$\sum K_b = \frac{4Eib}{L_b}, \quad \text{nilai } E_c = E_s = E_b$$

Untuk perhitungan tulangan lentur kolom adalah sebagai berikut .

Data masukan : M_1, M_2, P_u , dimensi kolom, mutu baja, mutu beton, tulangan rencana.

Perhitungan :

$$1. P_u = P_{u_x} + P_{u_y} - W_{kolom}$$

$$P_u = P \text{ total yang diterima kolom}$$

$$P_{u_x} = P \text{ akibat portal searah sumbu x}$$

$$P_{u_y} = P \text{ akibat portal searah sumbu y}$$

2. Eksentrisitas awal ($e_o > 15 + 0,03 h$)

$$e_{ox} = M_x / P_{u_x} \quad ; \quad e_{oy} = M_y / P_{u_y}$$

$$M_x = \text{Momen akibat portal searah sumbu x}$$

$$M_y = \text{Momen akibat portal searah sumbu y}$$

$$e_{ox} = \text{Eksentrisitas awal terhadap sumbu x}$$

$$e_{oy} = \text{Eksentrisitas awal terhadap sumbu y}$$

$$3. e_{a_x} = M_{u_x} / P_{u_x}$$

$$e_{a_y} = M_{u_y} / P_{u_y}$$

$$e = e_a + h/2 - d''$$

$$e_x = e_{a_x} + h/2 - d''$$

$$e_y = e_{a_y} + h/2 - d'$$

$$4. ab = (\beta_1 * 600 * d) / (600 + f_y)$$

dimana:

β_1 = perbandingan blok tegangan terhadap tinggi garis netral

$Ab =$ tinggi balok tegangan tekan ekivalen penampang beton dalam keadaan balanced.

5. $a = P / (R_1 * b)$ dan $P = Pu / \phi$

$a =$ tinggi blok tegangan tekan ekivalen penampang beton

- Jika $a < ab$; A_s digunakan rumus :

$$A_s = A_s'' = P * \left(\frac{[(e - d) + P/2 * R_1 * B]}{f_y * (d - d')} \right)$$

- Jika $A_s = A_s'$ didapatkan hasil negatif digunakan rumus :

$$A_s = A_s'' = \frac{(P * e - F_b * b * d^2 * R_1 (1 - F_b/2))}{f_y * (d - d')}$$

$$A_s = A_s'' = \frac{P * e - K_b * b * d^2 * R_1}{f_y * (d - d')}$$

- Jika hasil $A_s = A_s'$ masih negatif digunakan rumus :

$$A_{s \text{ total}} = \frac{P - R * A_g}{f_y}$$

- Jika hasil masih negatif digunakan (syarat tulangan 1% - 6%)

$$A_s = 3\% * A_g$$

- Jika A_s hasil perhitungan $< A_s$ minimum, maka gunakan A_s minimum

b. Pemeriksaan Gaya Aksial

$$C_b = (600 * d) / (600 + f_y)$$

$$a_b = 0,85 * C_b$$

$$F_b = a_b / d$$

$$K_b = F_b (1 - F_b / 2)$$

$$M_{nb} = 0,85 * f_c' * K_b * b * d^2 + A_s' * f_y * (d - d')$$

$$P_{nb} = 0,85 * f_c' * b * a_b$$

$$e_b = M_{nb} / P_{nb}$$

$$e = e_a + h/2 - d''$$

- Jika $0,3 * (d + h/2 - d'') < e_b$, maka :

$$P_o = 0,85 * f_c' * (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}$$

$$P_x = P_o - (e_x/e_b)^2 (P_o - P_{nb})$$

$$\frac{1}{P_i} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y} - \frac{1}{P_o}$$

Syarat $P_i > P$, maka penampang cukup kuat menahan P

Dimana :

- b = lebar penampang.
- h = tinggi penampang.
- d = tinggi efektif penampang.
- Cb = tinggi blok tegangan tekan penampang beton dalam keadaan balance.
- Ab = tinggi blok tegangan tekan ekuivalen penampang beton dalam keadaan balance.
- Pi = P total yang diterima kolom.
- Px = P akibat portal searah sumbu x.
- Py = P akibat portal searah sumbu y.
- Mn = momen total akibat portal.
- Ex = eksentrisitas awal.
- Ey = eksentrisitas akhir.

c. Perencanaan Kolom Terhadap Beban Geser

Data masukan : $f_c', f_y, b_w, h, d, V_u, M_u, N_u$

Perhitungan :

$$V_n = V_u / \phi$$

$$V_c = 0,17 (1 + 0,073 * N_u / A_g) \sqrt{f_c'} * b_w * d > 0,3 * \sqrt{f_c'} b_w * d * [1 + 0,3 * (N_u / A_g)]^{1/2}$$

$(V_n - V_c) \geq 2/3 * \sqrt{f_c'} * b_w * d$, maka ukuran penampang harus diperbesar

$(V_n - V_c) < 2/3 * \sqrt{f_c'} * b_w * d$, maka ukuran penampang mencukupi

Syarat perlu tulangan geser : $V_u > \phi * V_c$

Jika $V_u < \phi * V_c$, maka digunakan tulangan geser minimum dengan cara :

$$A_v = b_w * s / 3 * f_y$$

$$S = A_v * 3 * f_y / b_w \longrightarrow S < d/2$$

A_v = jumlah luas penampang kedua kaki sengkang.

2.6.4.3 Perencanaan Pelat dan Drop Panel

Dalam struktur drop panel ini yang menjadi tumpuan pelat adalah kolom langsung dan drop panel sebagai penguat terhadap terjadinya geser pons. Untuk perhitungan gaya dalam yang terjadi digunakan program SAP 2000.

Perencanaan tebal pelat dan drop panel disesuaikan dengan peraturan yang berlaku. Persyaratan tebal minimum plat yang dapat digunakan dalam perencanaan sistem lantai dua arah dalam pengendalian lendutan adalah sebagai berikut :

Tebal minimum plat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan – tumpuannya tergantung pada jarak antar kolom dan harus memenuhi ketentuan yang tersedia pada tabel berikut dan tidak boleh kurang dari :

- a. Pelat tanpa penebalan = 120 mm
- b. Drop Panel (penebalan plat) = 100 mm

Tabel 2.7 Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Exterior		Panel Interior	Panel Exterior		Panel Interior
	Balok Pinggir			Balok Pinggir		
Fy' (Mpa)	Ya	Tidak		Ya	Tidak	
300	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
400	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36

a. Perencanaan Tebal Pelat

1. Berdasarkan syarat lendutan :

Check tebal pelat tanpa balok interior berdasarkan tabel 2.1

$$H_{min} = l_n/36 < t \dots\dots\dots(2.6.4.3.1)$$

$$H_{max} = (l_n + (0,8+f_y/1500)) / 36 < t \dots\dots\dots(2.6.4 .3.2)$$

Ln : Panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah berhubungan dengan bentang pendek diukur dari muka ke muka tumpuan

2. Berdasarkan persyaratan geser

Menghitung beban yang terjadi , $W = 1,2 W_d + 1,6 W_l$

Menghitung gaya geser yang terjadi ,

$$V_u = W_u \times L_1 \times L_2$$

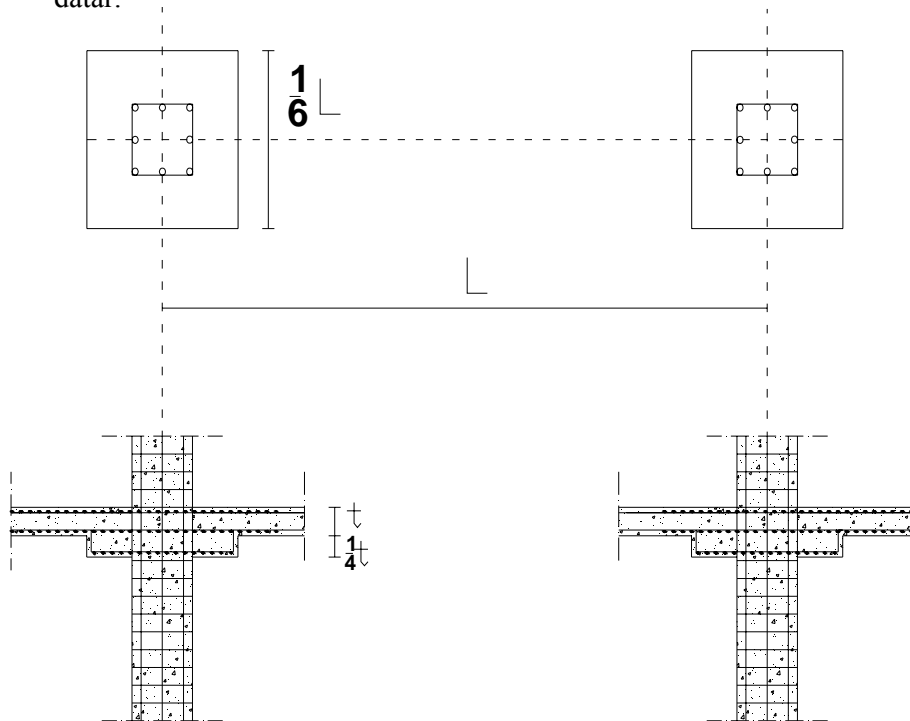
$$V_n = \phi V_c = \phi \times \sqrt{f'_c} / 6 \times b_w \times b$$

b. Perencanaan Drop Panel

Untuk pendimensian drop panel adalah sebagai berikut :

- a. Tebal Drop Panel diambil minimal $\frac{1}{4} t$ (t = tebal plat)
- b. Lebar (b) = Tinggi (h) drop panel diambil minimal $\frac{1}{6} L_n$ dari sumbu kolom kearah luar.
(L_n = jarak antar kolom dari sumbu).
- c. Dalam menghitung tulangan pelat yang diperlukan , tebal drop panel dibawah pelat tidak boleh diasumsikan lebih besar dari seperempat dari jarak antara tepi pertebalan panel sampai tepi kolom .

Pertebalan Pelat (Drop Panel) bermanfaat untuk mengurangi jumlah tulangan momen negatif yang melewati kolom dari suatu pelat datar.



Gambar 2.4 Pendimensian Drop panel

c. Perencanaan Tulangan Lentur

Langkah perencanaan penulangan lentur pelat adalah sebagai berikut ini:

1. Menentukan syarat-syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.
2. Menentukan tebal pelat lantai Memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada pelat lantai (q_u), yang terdiri dari beban mati (DL) dan beban hidup (LL).
3. Mencari gaya-gaya dalam dengan program SAP 2000.
4. Mencari tulangan ,langkah-langkah perhitungan tulangan pada pelat adalah sebagai berikut :

a. Menetapkan tebal penutup beton Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y.

b. Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y.

c. Membagi M_u dengan $b \times d^2 \left(\frac{M_u}{b \times d^2} \right)$

dimana b = lebar pelat per meter panjang

d = tinggi efektif

d. Mencari rasio penulangan (ρ) dengan persamaan :

$$\left(\frac{M_u}{b \times d^2} \right) = \rho \times \phi \times f_y \left(1 - 0,588 \times \rho \times \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

e. Memeriksa syarat rasio penulangan ($\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\max} = \frac{\beta \times 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \times f'_c}{f_y}$$

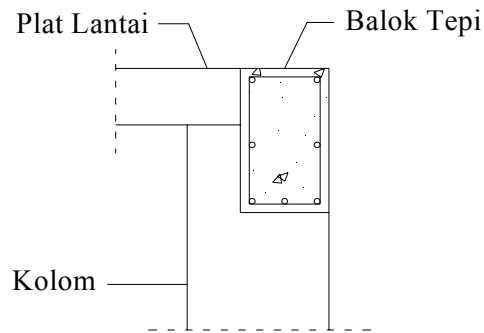
f. Mencari luas tulangan yang dibutuhkan

$$(A_s = \rho \times b \times d \times 10^6)$$

2.6.4.4 Perencanaan Balok Tepi

Dalam pra desain tinggi balok menurut SKSNI 03-1726-2002 merupakan fungsi dan bentang dan mutu beton 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 tepi yang terpenting adalah bahwa ratio kekakuan α tidak kurang dari 0,8 . Penulangan balok tepi disesuaikan dengan gaya dalam yang terjadi yang kemudian dihitung kapasitas balok menurut rumus desain kapasitas. Balok Tepi ini berfungsi sebagai penahan beban lateral.



Gambar 2.5 Perencanaan Balok Tepi

2.6.5. Pondasi

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini berdasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
- Biaya pondasi dibandingkan biaya bangunan atas

Dalam pelaksanaannya ada dua jenis pondasi yang dapat digunakan, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal digunakan untuk tanah yang mempunyai lapisan yang cukup tebal dan berkualitas baik, sehingga mampu memikul beban yang ada di atasnya. Sedangkan pondasi dalam digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar dibawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung

yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

2.6.5.1 Penentuan Parameter Tanah

Untuk dapat mengetahui susunan lapisan tanah yang ada serta sifat – sifatnya secara mendetail untuk suatu perencanaan bangunan yang akan dibangun maka dilakukan penyelidikan dan penelitian tanah, pekerjaan ini dilakukan di laboratorium dan di lapangan. Maksud dari penyelidikan dan penelitian tanah adalah melakukan investigasi pondasi rencana bangunan sehingga dapat dipelajari susunan lapisan tanah yang ada serta sifat–sifat yang berkaitan dengan jenis bangunan yang akan dibangun di atasnya.

2.6.5.2 Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung tanah diperlukan untuk mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung tanah (*Bearing Capacity*) adalah kemampuan tanah untuk mendukung beban dari struktur pondasi maupun bangunan di atasnya tanpa terjadinya keruntuhan geser. Daya dukung batas (*ultimate bearing capacity*) adalah daya dukung terbesar dari tanah dan di beri symbol q_{ult} . Daya dukung ini merupakan kemampuan tanah mendukung beban, dimana diasumsikan tanah mulai mengalami keruntuhan. Biasanya daya dukung tanah yang diijinkan sama dengan daya dukung batas dibagi angka keamanan.

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

2.6.5.3 Pondasi Dalam

Ada beberapa jenis dari pondasi dalam, antara lain adalah tiang pancang, sumuran, dan lain sebagainya. Pondasi dalam biasanya digunakan pada struktur yang menerima beban sangat besar. Selain itu juga mempertimbangkan adanya lapisan keras di lokasi bangunan yang direncanakan.

2.6.5.4 Metode Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang

1. Analisa-analisa kapasitas daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan.

a. Berdasarkan hasil Sondir dan Boring

Tes sondir (CPT) adalah untuk memperoleh tahanan ujung (q) dan tahanan selimut (c) sepanjang tiang. Tes boring disertai uji *Standart Penetration Test* (SPT) untuk mengetahui konsistensi tiap lapisan tanah dengan melihat jumlah pukulan selama pengujian. Misal $N_{SPT} < 5$ = tanah lunak dan $N_{SPT} > 60$ = tanah keras

b. Berdasarkan faktor pendukung

Berdasarkan faktor pendukungnya, daya dukung tiang pancang dapat digolongkan sebagai berikut :

1) End Bearing Pile

Tiang pancang yang dihitung berdasarkan pada tahanan ujung dan memindahkan beban yang diterima ke lapisan tanah keras di bawahnya.

a) Daya dukung tanah terhadap tiang adalah :

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \cdot P}{3}$$

Sumber : Mekanika Tanah, Dr. Ir. L.D. Wesley, 1977

Dimana : Q_{tiang} = daya dukung keseimbangan

A_{tiang} = luas penampang tiang

P = nilai konus dari hasil sondir

3 = faktor keamanan

b) Kemampuan tiang terhadap kekuatan bahan :

$$P_{\text{tiang}} = \sigma_{\text{tiang}} \cdot A_{\text{tiang}}$$

Sumber : Mekanika Tanah dr. Ir. L.D. Wesley, 1977

Dimana:

P tiang = kekuatan yang diijinkan pada tiang

σ tiang = tegangan tekan ijin bahan tiang

A tiang = luas penampang tiang

2) Friction Pile

Jika pemancangan tiang sampai lapisan tanah keras sulit dilaksanakan karena letaknya sangat dalam, dapat digunakan tiang pancang yang daya dukungnya berdasarkan peletakan antara tiang dengan tanah (*cleef*).

Persamaan daya dukung yang diijinkan terhadap tiang adalah :

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{\Theta \cdot TF}{5}$$

Sumber : Mekanika Tanah, Dr. Ir. L.D. Wesley, 1977

Dimana :

Q tiang = daya dukung tiang pancang

Θ = keliling tiang pancang

TF = jumlah tahanan geser

5 = faktor keamanan

3) End bearing and Friction Pile

Jika perhitungan tiang pancang didasarkan terhadap tahanan ujung dan hambatan pelekat, persamaan daya dukung yang diijinkan adalah

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \cdot P}{3} + \frac{\Theta \cdot TF}{5}$$

Sumber : Mekanika Tanah, Dr. Ir. L.D. Wesley, 1977

Dimana :

Q tiang = daya dukung keseimbangan tiang

P = nilai konus dari hasil sondir

Θ = keliling tiang pancang

TF = jumlah tahanan geser

3 & 5 = Faktor keamanan

2.7. DASAR TEORI TEKNIK NILAI

2.7.1. Pengertian Nilai (*Value*)

Pengertian nilai dapat dibedakan atas :

- a Nilai bagi pemakai produk (konsumen), dan
- b Nilai bagi pembuat produk.

Nilai bagi pemakai merupakan ukuran sampai sejauh mana pemakai bersedia mengorbankan sesuatu untuk memiliki suatu produk. Sedangkan nilai bagi produsen menunjukkan pengorbanan yang diberikan produsen dalam menawarkan suatu produk kepada konsumennya.

Pengertian nilai masih dapat dibedakan lagi atas :

- a Nilai kegunaan : menyatakan tingkat kegunaan dan pelayanan yang dapat diberikan oleh suatu produk.
- b Nilai *prestise* : nilai yang mengaitkan suatu produk dengan image yang menyebabkan daya tarik untuk memilikinya.
- c Nilai tukar : merupakan ukuran pengorbanan finansial yang diberikan konsumen untuk dapat memiliki suatu produk.
- d Nilai biaya : merupakan hasil penjumlahan dari biaya-biaya seperti bahan, tenaga, biaya tak langsung, dan biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat produk tersebut.

Sumber: Manajemen, Ali Basyah Siregar dan Tma Ari Samadhi,1987.

2.7.2. Teknik Nilai (*Value Engineering*)

Teknik nilai (*Value engineering*) adalah suatu teknik yang dalam merencanakan suatu produk dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu tanpa mengorbankan kualitas produk

Sumber: Manajemen, Ali Basyah Siregar dan Tma Ari Samadhi,1987.

2.7.3. Prinsip - Prinsip Rekayasa Nilai

Tujuan utama penciptaan suatu produk pada dasarnya adalah untuk kepuasan kepada pemakainya. Dengan demikian para perancang produk seharusnya tidak menciptakan fungsi – fungsi

produk yang berlebihan yang pada akhirnya tidak berguna. Jadi gagasan harus dikembangkan dengan bertitik tolak dari :

- a Penghematan biaya,
- b Penghematan waktu,
- c Penghematan bahan,

dengan memperhatikan aspek kualitas dari produk jadi.

Dalam merancang suatu produk, permasalahan yang dihadapi dapat dirumuskan sebagai berikut : apabila fungsi pokok telah terpenuhi sampai sejauh mana perancang dapat menambahkan fungsi–fungsi sekunder. Hal ini perlu diperhatikan mengingat penambahan fungsi pada produk akan selalu berarti penambahan biaya. Kiranya dapat dipahami bahwa dalam hal tertentu mungkin saja konsumen lebih menyukai produk yang sederhana, lebih rasional, dan murah.

Sumber: Manajemen, Ali Basyah Siregar dan Tma Ari Samadhi,1987.