

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Konstruksi Struktur Bangunan

Konstruksi struktur bangunan terdiri dari 2 komponen utama yaitu bangunan atas (*upper structur*) dan bangunan bawah (*sub structure*). Bangunan atas terdiri dari balok, kolom, pelat lantai dan atap. Sedangkan bangunan bawah berupa sloof, pilecap, dan tiang pancang.

Dimana tata cara perhitungannya akan didasarkan pada bab tinjauan pustaka mulai dari perhitungan struktur atas yang meliputi pelat lantai, balok, kolom, dan atap sampai struktur bawah yaitu pondasi tiang pancang.

2.2. Beton Bertulang

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu *massa* mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan. (Mc Cormac, 2004:1).

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Dipohusodo, 1999:1).

Beton bertulang merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batang-batang baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. (Wang, 1993:1)

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam sistem (Dipohusodo, 1999:12).

Menurut Mc Cormac (2004), ada banyak kelebihan dari beton sebagai struktur bangunan diantaranya adalah:

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain;
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaannya saja tanpa mengalami keruntuhan;
3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi;
4. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak, dinding basement, dan tiang tumpuan jembatan;
5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar;
6. Di bagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.

Lebih lanjut, Mc Cormac (2004), juga menyatakan kekurangan dari penggunaan beton sebagai suatu bahan struktur yaitu:

1. Beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik;
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras;
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur bentang panjang dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur;
4. Rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur berbentang panjang;

5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani setelah seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja dan kayu lapis.

Dalam perencanaan struktur beton bertulang, beton diasumsikan tidak memiliki kekuatan tarik sehingga diperlukan material lain untuk menanggung gaya tarik yang bekerja. Material yang digunakan umumnya berupa batang-batang baja yang disebut tulangan.

Untuk meningkatkan kekuatan lekat antara tulangan dengan beton di sekelilingnya telah dikembangkan jenis tulangan uliran pada permukaan tulangan, yang selanjutnya disebut sebagai baja tulangan *deform* atau ulir.

Mengacu SII 0136-80, Dipohusodo menyebutkan pengelompokan baja tulangan untuk beton bertulang sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1. Jenis dan kelas baja tulangan

Jenis	Kelas	Simbol	Batas Ulur Maksimum (MPa)	Kuat Tarik Minimum (MPa)
Polos	1	BJTP-24	235	382
	2	BJTP-30	294	480
Ulir	1	BJTD-24	235	382
	2	BJTD-30	294	480
	3	BJTD-35	343	490
	4	BJTD-40	392	559
	5	BJTD-50	490	610

Sumber : SII (Standart Industri Indonesia) 0136-80

Berdasarkan SNI 2847-2013, untuk melindungi tulangan terhadap bahaya korosi maka di sebelah tulangan luar harus diberi *selimut beton*. Selimut beton yaitu jarak antara permukaan terluar tulangan yang tertanam dan permukaan luar terdekat beton. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan berikut :

Tabel 2.2. Syarat selimut beton (non – prategang)

Kondisi Struktur	Tebal Selimut Minimum (mm)
a. Beton yang dicor langsung di atas tanah selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang dicor langsung di atas tanah selalu berhubungan dengan cuaca	
• Batang D-19 hingga D-56	50
• Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	40
c. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah:	
<u>Pelat dinding, pelat berusuk:</u>	
• Batang D-44 dan D-56	40
• Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
<u>Balok, kolom:</u>	
• Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat pelipat:</u>	
• Batang D-19 dan yang lebih besar	20
• Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	13

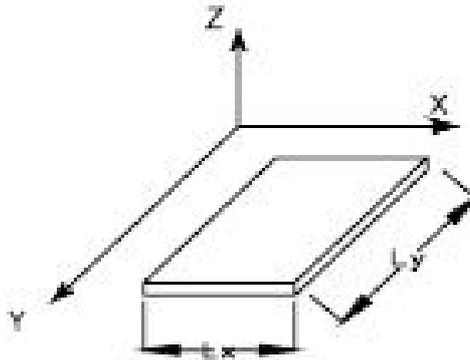
Sumber : *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013, 7.7.1 hal. 51*

2.3. Perencanaan Struktur Atas (*Upper Structure*)

2.3.1. Pelat Atap dan Lantai

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 dari 2, maka akan

mengalami lendutan pada kedua arah sumbu. Beban pelat dipikul pada kedua arah oleh balok pendukung sekeliling panel pelat, dengan demikian pelat akan 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 bila panjang tidak sama dengan lebar, balok yang lebih panjang akan memikul beban lebih besar dari balok yang pendek (penulangan satu arah).



Gambar 2.1. Dimensi Bidang Pelat

Langkah perencanaan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

1. Menentukan syarat – syarat batas, tumpuan dan panjang bentang;
2. Menentukan tebal pelat;

Ketentuan :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$

[pers 9-12 SNI 2847-2013]

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

[pers 9-13 SNI 2847-2013]

Dan tebal tidak boleh kurang dari 90 mm.

Keterangan :

$$\beta = L_y / L_x$$

L_n = panjang bersih plat

3. Memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada pelat lantai (q_u), yang terdiri dari beban mati (DL) dan beban hidup (LL);

5. Tentukan momen yang menentukan (M_u)

- M_{lx} (momen lapangan arah X);
- M_{tx} (momen tumpuan arah X);
- M_{ly} (momen lapangan arah Y);
- M_{ty} (momen tumpuan arah Y).

6. Hitung penulangan plat arah X dan arah Y

Langkah-langkah perhitungan :

- Tulangan maksimum untuk struktur lentur

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

- Hitung momen nominal arah X dan Y

$$M_n = \frac{M_l}{\phi} \text{ kN/m}^2$$

- Hitung $R_n = \left(\frac{M_n}{b \cdot d^2} \right) \text{ kN/m}^2$

Keterangan :

b = Lebar pelat per meter panjang

d = Tinggi efektif

- Prosentase tulangan yang diperlukan

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

- Memeriksa syarat rasio penulangan

$$(\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max})$$

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

- Mencari luas tulangan yang dibutuhkan ($A_s = \rho \times b \times d \times 10^6$)

- Pilih tulangan

Dalam laporan ini perhitungan pelat menggunakan program SAP2000, dengan memasukkan input beban mati dan beban hidup pada pelat maka akan didapatkan gaya-gaya dalam berupa momen ditumpuan dan dilapangan.

2.3.2 Tangga

Konstruksi tangga direncanakan dengan menggunakan beton bertulang, sebagai balok tipis, pelat yang mana perbedaan ini akan menentukan besar gaya-gaya reaksi yang akan terjadi pada konstruksi tangga tersebut. Perletakan tangga biasanya diasumsikan sebagai jepit-jepit, jepit-sendi, sendi-sendi, dan sendi-rol. Perbedaan tersebut akan menentukan cara penulangan, konstruksi serta pengaruh terhadap struktur secara keseluruhan.

Adapun prosedur perencanaan sebagai berikut:

1. Kemiringan tangga (α)

$$\alpha = \text{arc tg} (t/i)$$

2. Ketentuan perencanaan injakan tangga dan kemiringan tangga yang memenuhi syarat adalah :

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm} \text{ dengan sudut kemiringan } 25^{\circ} \leq \alpha \leq 40^{\circ}$$

dimana t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

α = kemiringan tanjakan ($^{\circ}$)

3. Jumlah injakan (n)

$$n = (\text{perbedaan tinggi elevasi} / 2) / t$$

4. Pembebanan tangga
5. Perhitungan Moment (SAP 2000)
6. Perencanaan penulangan tangga

2.4. Ketentuan Perencanaan Pembebanan

2.4.1. Pembebanan

Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap bebab-beban berikut:

1. Beban Mati (*Dead Load*), dinyatakan dengan lambang DL;
2. Beban Hidup (*Live Load*), dinyatakan dengan lambang LL;
3. Beban Gempa (*Earthquake Load*), dinyatakan dengan lambang EL;
4. Beban Angin (*Wind Load*), dinyatakan dengan lambang WL.

2.4.2. Deskripsi Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan ini adalah sebagai berikut:

2.4.2.1. Beban Mati (DL)

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi *structural* menahan beban. Beban dari berat sendiri elemen-elemen tersebut diantaranya sebagai berikut:

- Beton = 2400 kg/m³
- Tegel (24 kg/m²) + Spesi (21 kg/m²) = 45 kg/m³
- Plumbing = 10 kg/m³
- Plafond + Penggantung = 18 kg/m³
- Dinding ½ bata = 250 kg/m²

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, tabel 2.1 hal 11-12

Beban tersebut harus disesuaikan dengan volume elemen struktur yang akan digunakan. Karena analisis dilakukan dengan program SAP2000, maka berat sendiri akan dihitung secara manual.

2.4.2.2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masa layan lebih besar daripada beban hidup pada masa konstruksi. Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut:

a) Beban Hidup pada Lantai Gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 250 kg/m².

b) Beban Hidup pada Atap Gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 100 kg/m².

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, tabel 3.1 hal 17

2.4.2.3. Beban Gempa (E)

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar.

Tabel 2.3. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massa terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Sumber : SNI 1726:2012, hal. 14

Tabel 2.4. Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726:2012, hal. 16

Respons spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik / plot antara periode getar struktur T , versus respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

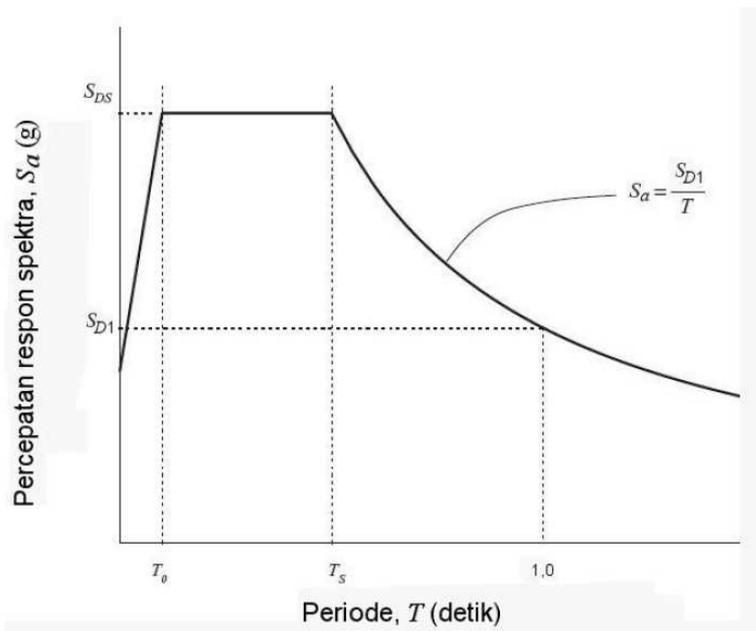
$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} \quad [\text{pers 10, 6.4 SNI 1726-2012}]$$

Keterangan :

S_{ds} = parameter respons spektral percepatan desain perioda pendek,

S_{d1} = parameter respons spektral percepatan desain perioda 1 detik,

T = perioda getar fundamental struktur



Gambar 2.2 – Spektrum respons desain

Sumber : SNI 1726:2012, hal. 23

Tabel 2.5. Kategori Desain Seismik perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012, hal. 24

Tabel 2.6. Kategori Desain Seismik perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012, hal. 25

Tabel 2.7. Pemilihan Respon Struktur dan Parameter Sistem

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber : SNI 1726:2012, hal. 36

Analisis yang digunakan dalam perencanaan gempa ini adalah metode analisis Statik Ekuivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Berdasarkan SNI 1726-2012, beban geser dasar nominal statik ekuivalen (V) yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$V = C_s \times W_t \text{ [pers 21, 7.8.1 SNI 1726-2012]}$$

Dimana:

V adalah gaya geser dasar rencana total, N

C_s adalah koefisien respons seismik yang ditentukan

W_t adalah berat seismik efektif

Berat seismik efektif struktur W_t harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya sebagai berikut ini:

- 1) Beban mati total dari struktur bangunan;
- 2) Bila digunakan dinding partisi disyaratkan dalam desain beban lantai maka diambil sebagai yang terbesar di antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar $0,48 \text{ kN/m}^2$;
- 3) Pada gudang-gudang dan tempat penyimpanan barang maka sekurang-kurangnya 25% dari beban hidup rencana harus diperhitungkan;
- 4) Beban operasional total dari peralatan yang permanen.

Gaya geser nominal V harus didistribusikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-i menurut persamaan:

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad \text{[pers 30, 7.8.3 SNI 1726-2012]}$$

$$\text{dan } C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \quad \text{[pers 31, 7.8.3 SNI 1726-2012]}$$

Keterangan:

F_x = gaya gempa lateral (kN);

C_{vx} = faktor distribusi vertikal;

V = gaya lateral desain total atau geser didasar struktur (kN).
 W_i dan W_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan pada tingkat i atau x
 h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
 k = eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut : untuk struktur \rightarrow periode sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
 untuk struktur \rightarrow periode sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
 untuk struktur \rightarrow periode sebesar 0,5 dan 2,5detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Tabel 2.8. Nilai Parameter pedekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sumber : SNI 1726:2012, hal. 56

2.4.2.4. Arah Pembebanan Gempa

Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh Gempa Rencana harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan system struktur memenuhi persyaratan secara keseluruhan.

Untuk menstimulasikan arah pengaruh Gempa Rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan

efektifitasnya hanya 30%. Hal ini telah ditetapkan pada SNI 1726-2012 pasal 7.5.

2.5. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726-2012 dikatakan bahwa beban yang bekerja pada struktur harus dikalikan dengan faktor beban :

- Untuk beban hidup = 1,6LL
- Untuk beban mati = 1,2LD

Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan SNI 1726-2012 untuk perhitungan beton, standar kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- 1) 1,4DL;
- 2) 1,2DL+1,6LL+0,5 (L_r atau R);
- 3) 1,2DL+1,6LL(L_r atau R) + (L atau 0,5W)
- 4) 1,2DL+1,0W + L + 0,5(L_r atau R)
- 5) 1,2D + 1,0E + L
- 6) 0,9D + 1,0W
- 7) 0,9D + 1,0E

Sumber : SNI 1726:2012, hal. 15 – 16

Keterangan:

DL= Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap;

LL= Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk beban kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain;

EL =Beban gempa;

2.6. Perencanaan Struktur Portal Utama

2.6.1. Balok

Balok adalah elemen struktur yang menahan beban lentur dan menyalurkan beban-beban dari slab lantai ke kolom penyangga yang vertikal. Balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom. Pada balok berlaku pula panjang bentang teoritis l harus dianggap sama dengan bentang bersih L ditambah dengan

setengah panjang perletakan yang telah ditetapkan. Berdasarkan SNI 2847-2013, telah diatur Tata Cara Perencanaan Penampang Minimum Balok Non-Prategang :

1. Lebar slab efektif sebagai sayap balok-T tidak boleh melebihi $\frac{1}{4}$ panjang bentang balok dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi :

[Sumber : SNI 2847:2013 8.12.2]

- $Be \leq \frac{1}{4} Lb$ 0,5L
- $Be \leq 8 \times tp$
- $Be \leq \frac{1}{2} (Lb - bw)$

2. Balok dengan slab pada satu sisi, lebar sayap efektif yang menggantung tidak boleh melebihi :

[Sumber : SNI 2847:2013 8.12.3]

- $\frac{1}{12}L$
- $6h$
- $0,5L$

3. Menentukan tulangan lentur

- $M_n = \frac{Mu}{\phi}$ kN/m²
- $R_n = \frac{Mn}{bd^2}$ kN/m²
- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$
- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$

4. Prosentase tulangan yang diperlukan

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$
- $A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$

5. Menentukan tulangan geser

[Sumber : SNI 2847 2013 11.2.1.1]

- $\Phi V_c = \Phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$ [persamaan 11-3]
- $A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n$ kaki

6. Menentukan jarak begel

- $V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$ [persamaan 11-15]

7. Perhitungan momen torsi (T)

[Sumber : SNI 2847 2013 11.5.3.5]

- $Tu_{\min} = \phi \times 0,083\lambda\sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$
- $Tu_{\max} = \phi \times 0,033\lambda\sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$
- $\phi Tn \geq Tu$ atau $Tn = \frac{Tu}{\phi}$ [persamaan 11-20]

2.6.2 Kolom

1. Perhitungan beban aksial dan kolom dan struktur beton ini menggunakan program SAP2000;
2. Perhitungan penulangan kolom menggunakan diagram interaksi;
3. Pemeriksaan persyaratan “*Strong Coloumn Weak Beam*” dan dilengkapi dengan penjelasan pada kekuatan lentur minimum kolom

[Sumber : SNI 2847-2013 21.6.2]

- $\Sigma Mnc \geq (1,2)\Sigma nb$ [persamaan 21-1]

4. Menentukan daerah sendi plastis

[Sumber : SNI 2847 2013 21.6.4.1]

- h
- $1/6 l_n$
- 450 mm

5. Menentukan tulangan utama

- Sumbu horizontal $\frac{Mu}{\phi b h^2 0,85 f'c}$ (diagram interaksi kolom)
- Sumbu horizontal $\frac{Pu}{\phi b h 0,85 f'c}$ (diagram interaksi kolom)
- $As \text{ perlu} = \rho \times b \times h$
- Kebutuhan tulangan $\frac{As \text{ perlu}}{As}$

6. Menentukan tulangan geser

[Sumber : SNI 2847 2013 11.2.1.1]

- $\Phi Vc = \Phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$ [persamaan 11-3]
- $Av = 1/4 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$

7. Menentukan jarak begel

[Sumber : SNI 2847 2013 21.6.4.3]

- $1/4 b$ terkecil

- 6db
- $S_o = 100 + (350 - Hx/3)$
- $V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$ [persamaan 11-15]

8. Menentukan rasio volume begel spiral / sengkang bulat

- $\rho_s = 0,12 \left(\frac{f'c}{f_{yt}} \right) \leq \rho_s$ [persamaan 21-3]

2.7. Perencanaan Struktur Bawah (Sub Structure)

2.7.1. Pondasi

1. Mengitung daya dukung 1 tiang pancang

$$1) PU = \frac{A \cdot Cn}{3Me} + \frac{K \cdot JHP}{5}$$

2) Perhitungan Effisiensi Tiang Pancang

$$Eff = 1 - \frac{\Phi}{90^\circ} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right)$$

2. Menghitung *poer* (Pile cap)

[Sumber : SNI 2847-2013 11.11.2.1]

$$\Phi V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \text{ [persamaan 11-31]}$$

Tetapi tidak boleh lebih dari :

$$\Phi V_c = \frac{1}{3} \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \text{ [persamaan 11-33]}$$

3. Kuat geser pons dari poer;

4. Menghitung tulangan lentur poer.