

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 structur*). Bangunan atas terdiri dari balok, kolom, pelat lantai dan atap. Sedangkan bangunan bawah berupa sloof, pilecap, dan pondasi.

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 di campur 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).

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, 1991).

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).

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu system struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam sistem. (Dipohusodo, 1992).

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 local yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relative 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, penguatan dan perawatan beton tidak bisa ditangani seteliti 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 sesuai SII 0136-80 (Dipohusodo:1999)

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

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, untuk melindungi tulangan terhadap bahaya korosi maka di sebelah tulangan luar harus diberi selimut beton. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan berikut:

Tabel 2.2. Batasan tabel selimut beton (BSN, 2002)

Kondisi Struktur	Tebal Selimut Minimum (mm)
a. Beton yang dicor langsung di atas tanah selalu	75
berhubungan dengan tanah	
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	15

2.3 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

2.3.1. Pembebanan

Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut, (BSN, 1989):

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.

2.3.2 Deskripsi Pembebanan

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

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

2.3.2.2. 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

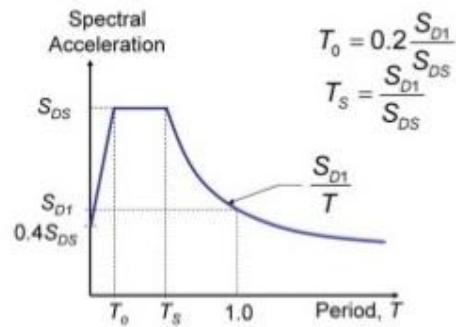
Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 250 kg/m².

b) Beban Hidup pada Atap Gedung

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

2.3.2.3. 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. Berikut ini adalah gambar 2 yang menjelaskan tentang grafik Respons Spektra untuk kondisi tanah lunak, sedang, dan keras.



Gambar 2 - Spektrum respons desain

Gambar 2.1 Spektrum respons desain (BSN, 2012)

Tabel 2.3. klarifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen Beserta faktor R dan Oo (BSN,2002).

Sistem Struktur	Deskripsi	R	Oo
Sistem Rangka yang ada pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka terutama melalui mekanisme lentur.	1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	8,5	2,8
	2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	5,5	2,8
	3. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa	3,5	2,8

Tabel 2.4. Faktor Keutamaan I (BSN, 2002).

Kategori Gedung	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 dan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara	1,5	1,0	1,5

Untuk menentukan waktu getar alami struktur gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus Rayleigh sebagai berikut:

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i \cdot d_i}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

W_i = berat lantai tingkat ke-i, termasuk beban hidup yang sesuai;

Z_i = ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral;

N = nomor lantai tingkat paling atas;

D_i = simpangan horizontal lantai tingkat ke-I dinyatakan dalam mm;

G = percepatan gravitasi sebesar 9810 mm/detik²

2.3.2.4. Arah Pembebanan Gempa

Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur sub system dan system struktur secara keseluruhan.

Untuk menstimulasikan arah pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya gempa pada struktur dianggap terpenuhi jika komponen dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan 100% gaya untuk satu arah ditambah 30% gaya untuk arah tegak lurus. Hal ini terjadi telah ditetapkan pada SNI 1726-2012 pada pasal 7.5.3.

2.4 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 1729-2002 untuk perhitungan beton, standar kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- 1) 1.4DL;
- 2) 1.2DL+1.6LL;
- 3) 1.2DL+1.0LL+1.0EX+0.3EY;
- 4) 1.2DL+1.0LL+1.0EX-0.3EY;
- 5) 1.2DL+1.0LL-1.0EX+0.3EY;
- 6) 1.2DL+1.0LL-1.0EX-0.3EY;
- 7) 1.2DL+1.0LL+0.3EX+1.0EY;
- 8) 1.2DL+1.0LL+0.3EX-1.0EY;
- 9) 1.2DL+1.0LL-0.3EX+1.0EY;
- 10) 1.2DL+1.0LL-0.3EX-1.0EY;
- 11) 0.9DL+1.0EX+0.3EY;
- 12) 0.9DL+1.0EX-0.3EY;
- 13) 0.9DL-1.0EX+0.3EY;
- 14) 0.9DL-1.0EX-0.3EY;
- 15) 0.9DL+0.3EX+1.0EY;
- 16) 0.9DL+0.3EX-1.0EY;
- 17) 0.9DL-0.3EX+1.0EY;
- 18) 0.9DL-0.3EX-1.0EY;

Keterangan:

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

2.5 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 dalam perencanaan sebelumnya.

Tabel 2.5. Faktor reduksi kekuatan

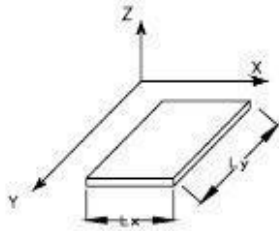
Kondisi Pembebanan	Faktor Reduksi
Beban lentur tanpa gaya aksial	0.80
Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	0.80
Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur	
- Dengan tulangan spiral	0.70
- Dengan tulangan biasa	0.65
Lintang dan torsi	0.60
Tumpuan pada beton	0.70

2.6 Perencanaan Struktur Atas

2.6.1 Pelat 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 2.2. dimensi Bidang Pelat (BSN, 2002)

Langkah perencanaan penulangan pelat adalah sebagai berikut, (BSN, 2013):

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

Ketentuan :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{III} - 0,2)} \quad (2.2)$$

Dan tebal tidak boleh kurang dari 125 mm.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2.3)$$

Dan tebal tidak boleh kurang dari 90 mm.

Keterangan :

$$= L_y / L_x$$

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);
4. Tentukan L_y/L_x ;
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 pelat arah X dan arah Y

Langkah-langkah perhitungan :

- Menetapkan tebal pelat (h);
- Menetapkan tebal selimut beton (p);
- Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y;
- Mencari tinggi efektif dalam x dan arah y;

$$d_x = h - p - 1/2 \phi \text{ tul}$$

$$d_y = h - p - 1/2 \phi \text{ tul} - \phi \text{ tul}$$

- Hitung $\left(\frac{M}{b \cdot d^2}\right)$ kN/m²

Keterangan :

b = Lebar pelat per meter panjang

d = Tinggi efektif

- Mencari rasio penulangan () dengan persamaan :

$$\frac{M}{b \cdot d^2} = \rho \cdot \phi \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \cdot \frac{f_y}{f_c}\right) 10^3 \quad (2.4)$$

- Memeriksa syarat rasio penulangan

$$\left(\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \right)$$

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

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

- 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 momen ditumpuan dan dilapangan.

2.6.2 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan balok anak disesuaikan dengan beban-beban yang bekerja menurut PPIUG 1983. Balok anak merupakan sistem struktur sekunder yang direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 yaitu : $1,2D+1,6L$.

1. Pembebanan

Untuk pembebanan direncanakan pelat menerima beban-beban sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bnagunan Gedung 1983.

- Berat sendiri balok = berat jenis x luas penampang
- Beban pelat = beban pelat x luas tributary
- Beban ultimate = beban pelat + berat balik sendiri

2. Perhitungan momen

Gaya yang terjadi pada balok merupakan gaya momen lentur akibat beban yang terjadi.

$$\text{- Momen tumpuan} = 1/12.q.l^2 \quad (2.5)$$

(Analisis Struktur Kontruksi Beton Bertulang hal 97)

$$\text{- Mome lapangan} = 1/14.q.l^2 \quad (2.6)$$

(Analisis Struktur Konstruksi Beton Bertulang hal 97)

3. Perhitungan Tulangan.

a. Tulangan Lentur Tumpuan dan Lapangan

Tinggi efektif

$$d = h - (\text{tebal selimut} + \text{tul Sengkang} + \frac{1}{2} \text{Ø tulangan})$$

Prosentase tulangan perlu

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.Rn}{f_y}} \right) \quad (2.7)$$

Pembatasan nilai ρ

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \quad (2.8)$$

b. Tulangan Geser

Gaya yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L \quad (2.9)$$

V_u^l = gaya geser pada jarak $1d$ dari tepi balok induk

$$= \frac{V}{\frac{I}{2L}} \cdot 1/2 \cdot L_n - d \quad (2.10)$$

$$V_c = 0,17\lambda \cdot \sqrt{f'c \cdot b \cdot d} \quad (2.11)$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1)

2.6.3 Perencanaan Ginding Geser

Dinding geser adalah suatu sub sitem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana. Dalam hal ini dinding geser dimodelkan sebagai kantilever yang terbebani oleh beban lateral dan beban aksial akibat beban grafitasi. Pemilihan lokasi tempat dinding geser yang direncanakan sangat memberikan pengaruh terhadap keefektifannya dalam memikul gaya horizontal akibat gempa.

Dalam pemilihan lokasi dinding geser sebagai pemikul gaya horizontal, ada tiga tambahan aspek yang perlu diperhitungkan yaitu:

1. Untuk tahanan torsi, dinding geser sebanyak-banyaknya ditempatkan sekeliling bangunan.
2. Semakin besar beban gravitasi yang bekerja pada dinding geser, semakin sedikit tulangan lentur yang diperlukan, dan gaya semakin besar disalurkan ke pondasi untuk menahan momen guling.
3. Jika gaya horizontal terpusat pada satu atau dua dinding geser, maka gaya tersalur ke pondasi semakin besar sehingga ukuran pondasi semakin besar pula.

Adapun ketentuan untuk penulangan dinding geser:

1. Rasio minimum untuk luas tulangan vertikal terhadap luas bruto beton harus:
 -) 0,0012 untuk batang ulir D16 dengan tegangan leleh yang diisyaratkan 420 Mpa.
 -) 0,0015 untuk batang ulir lainnya.
 -) 0,0012 untuk tulangan kawat las Ø16 atau D16.

2. Rasio minimum untuk luas tulangan horizontal terhadap luas bruto beton adalah:

) 0,0020 untuk batang ulir D16 dengan tegangan leleh yang diisyaratkan 420 Mpa.

) 0,0025 untuk batang ulir lainnya.

) 0,0020 untuk jaring kawat baja las (polos atau ulir) Ø16 atau D16.

3. Kuat geser V_c dihitung berdasarkan SNI 2847-2013, yaitu:

$$V_c = 0,27\lambda\sqrt{f_c'} \cdot h \cdot d + \frac{N_u d}{4 l_w} \quad (2.12)$$

Atau

$$V_c = \left[0,05\lambda\sqrt{f_c'} + \frac{l_w(0,1\lambda\sqrt{f_c'} + 0,2\frac{N_u}{l_w h})}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] h d \quad (2.13)$$

Dimana :

h = Tebal dinding geser

l_w = Panjang keseluruhan dinding

d = $0,8 l_w$

f_c' = Mutu beton

4. Pada dinding dengan ketebalan lebih besar dari pada 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah, harus dipasang dua lapis tulangan pada masing-masing arah yang sejajar dengan bidang muka dinding dengan pengaturan sebagai berikut:

) Satu lapis tulangan yang terdiri dari tidak kurang dari pada setengah dan tidak lebih dari pada dua pertiga jumlah total tulangan yang dibutuhkan pada masing-masing arah, harus ditempatkan pada bidang yang berjarak tidak kurang dari pada 50 mm dan tidak lebih dari sepertiga ketebalan dinding dari permukaan luar dinding.

) Lapisan lainnya, yang terdiri dari sisa tulangan dalam arah tersebut diatas, harus ditempatkan pada bidang yang berjarak tidak kurang dari 20 mm dan tidak boleh lebih dari sepertiga tebal dinding dari permukaan dalam dinding.

5. Jarak antara tulangan vertikal dan antara tulangan horizontal tidak boleh lebih besar dari pada tiga kali ketebalan dinding dan tidak pula lebih besar dari pada 450 mm.
6. Tulangan vertikal tidak perlu diberi tulangan pengikat transversal bila luas tulangan vertikal tidak lebih besar dari pada 0,01 kali luas bruto penampang beton, atau bila tulangan vertikal tidak dibutuhkan sebagai tulangan tekan.
7. Pada bukaan berupa pintu, jendela dan yang lainnya, dipasang minimal dua batang tulangan D16 pada dinding yang mempunyai dua lapis tulangan dan satu tulangan D16 untuk dinding dengan satu lapis tulangan pada kedua arah.

2.6.4 Perencanaan 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)

$$= \arctan (t/i)$$
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 (SAP2000)
6. Perencanaan tulangan tangga

2.7 Perencanaan Struktur Portal Utama

2.7.1 Balok Induk

1. Perhitungan momen max balok struktur beton ini menggunakan program SAP2000;
2. Perhitungan rasio tulangan

ρ dalam keadaan seimbang (ρ balance)

$$\rho b \frac{0,85\beta^1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (2.14)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85.f_c} \quad (2.15)$$

Pembatasan nilai :

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.16)$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \rho b \quad (2.17)$$

3. Perhitungan tulangan lentur
Menggunakan rumus yang sama seperti perhitungan balok anak.
4. Perhitungan tulangan geser
Menggunakan rumus yang sama seperti perhitungan balok anak.
5. Perhitungan tulangan puntir

Momen punter nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} \quad (2.18)$$

[SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.3.(5)]

T_u = Momen puntir ultimit

T_n = Momen puntir nominal

Luas penampang sisi luar :

$$A_{cp} = b \times h$$

Keliling penampang di batasi sisi luar :

$$P_{cp} = 2 \times (b+h)$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - \emptyset_{geser})$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_h = 2 \times ((b_{balok} - 2t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2t_{decking} - \emptyset_{geser}))$$

Cek pengaruh tulangan punter :

$$T_{u_{min}} = \frac{\emptyset \sqrt{f'c}}{1} \left(\frac{A}{P} \right)^2 \quad (2.19)$$

[SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.1.(a)]

Syarat :

$T_{u_{min}} \geq T_u$ = Tulangan puntir dibaikan

$T_{u_{min}} < T_u$ = Tulangan puntir ditinjau

Tulangan puntir untuk geser :

$$T_n = \frac{2x_i}{s} \times \cos \theta \quad (2.20)$$

[SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.3.(6)]

Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_1 = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta \quad (2.21)$$

[SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.3.(6)]

2.7.2 Kolom

1. Perhitungan beban aksial dan kolom dan struktur beton ini menggunakan program SAP2000;
2. Perhitungan penulangan kolom menggunakan program spColumn;
3. Pemeriksaan persyaratan “*Strong Column Weak Beam*” SNI 2847-2013

$$\sum M \geq (1,2) \sum n$$

2.8

SNI 2847:2013 8.12.2

$$B \leq \frac{1}{4} L_b$$

$$B_e \leq 8 \times t_p$$

$$B \leq \frac{1}{2} (L_b - b_w)$$

4. Menentukan daerah sendi plastis

(SNI 2847 2013 Pasal 21.6.4.1)

h

$1/6 l_n$

450 mm

5. Menentukan jarak begel (S) sepanjang sendi plastis

(SNI 2847 2013 Pasal 21.6.4.3)

$1/4 b$ terkecil

6db

S_o

6. Menentukan kebutuhan pengekangan didaerah sendi plastis

(SNI 2847 2013 Pasal 21.6.4.1b)

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s_i}{f_c} \left[\left(\frac{A}{h} \right) - 1 \right] \quad (2.22)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s_i}{f_c} \quad (2.23)$$

7. Menentukan kebutuhan tulangan geser kolom $V_e > V_u$

[SNI 2847 2013 Pasal 21.5(4(2))]

$P_u > A_g \cdot f_c / 20$

8. Penyaluran sambungan tulangan vertical kolom

[SNI 2847 2013 Pasal 12.2.3]

$$l_d = \frac{f_t}{1,1 \sqrt{f_c}} d_b \quad (2.24)$$

2.8 Perencanaan Struktur Bawah

2.8.1 Perhitungan struktur pondasi

1. Menghitung luasan dan keliling tiang pancang

2. Menghitung daya dukung ijin 1 tiang pancang berdasarkan data sondir

$$1) P = \frac{(Q \cdot A)}{3} + \frac{(11 \cdot K)}{5} \quad (2.25)$$

Dimana:

P : Daya dukung tiang pancang (Kg)

Qc : Nilai konus (Kg/cm²)

JHL : Jumlah Hambatan lekat (Kg/cm)

AP : Luas penampang tiang (cm²)

Ka : keliling penampang tiang (cm)

2) Perhitungan Efisiensi Tiang Pancang

$$E_f = 1 - \frac{\theta}{90} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right) \quad (2.26)$$

Dimana:

E_f : Efisiensi kelompok tiang

∅ : arc tan d/s dalam derajat

m : Jumlah baris tiang pancang arah x (bh)

n : Jumlah baris tiang pancang arah y (bh)

d : Diameter tiang pancang (cm)

s : Jarak antara tiang pancang (cm)

3. Menghitung poer (Pile cape)

$$\emptyset V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'} \cdot b_o \cdot d \quad (2.27)$$

Tetapi tidak boleh lebih dari:

$$\emptyset V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'} \cdot b_o \cdot d \text{ atau } \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \leq 2 \quad (2.28)$$

4. Kuat geser pons dari poer

5. Menghitung tulangan lentur poer.