

BAB III

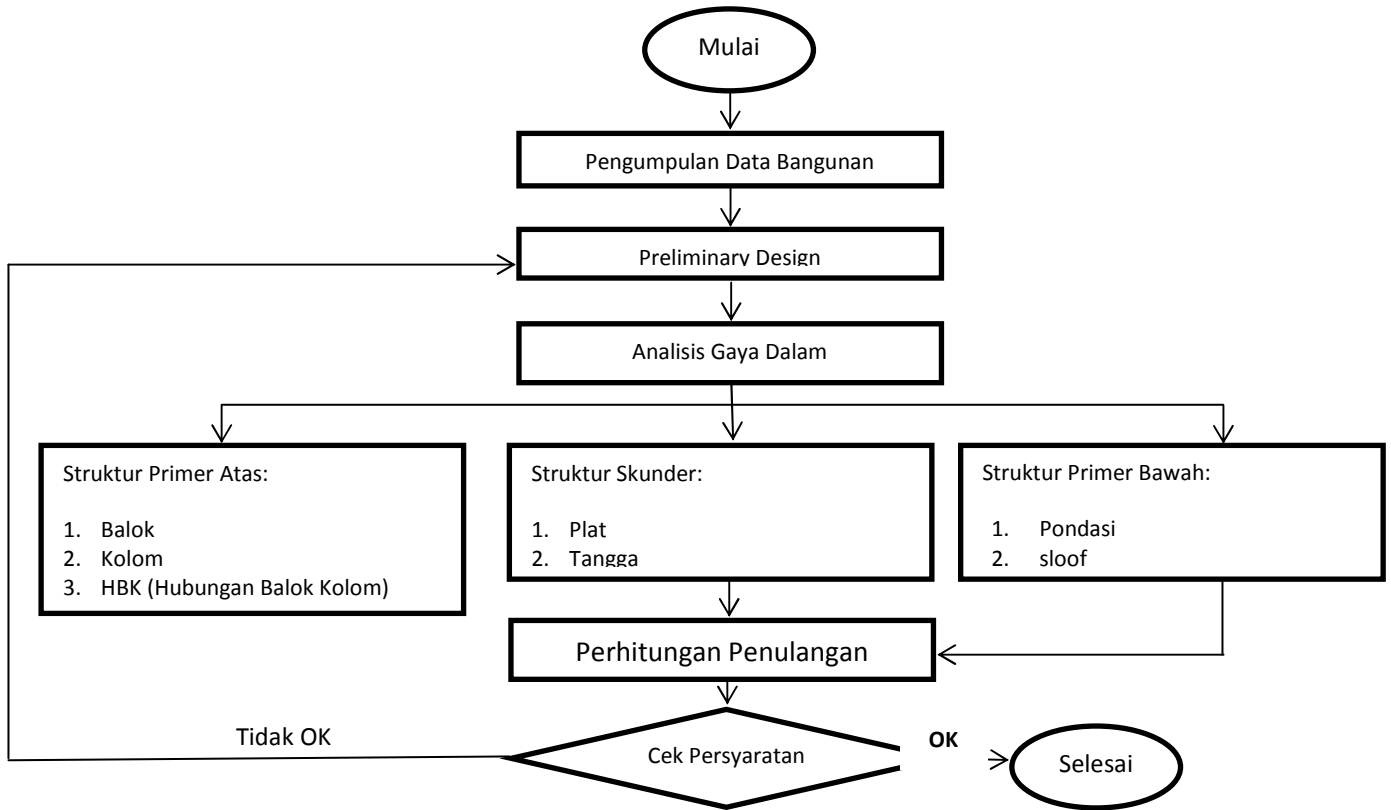
METHODOLOGI PENELITIAN

BAB III

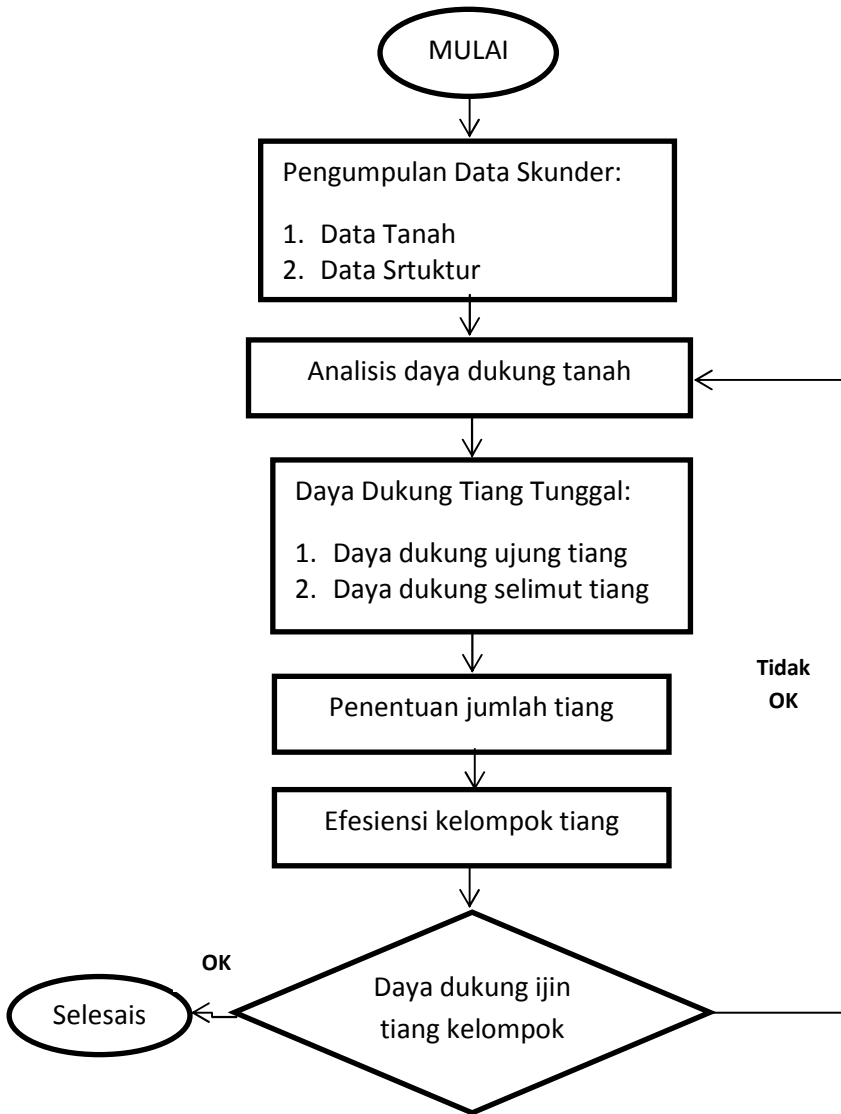
METHODOLOGI PENELITIAN

1.1. Diagram Alir Perencanaan

Langkah-langkah perencanaan ini dilakukan pada Gedung RSUDarmayu II Ponorogo dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi



Gambar 3.2 Diagram Alur Perencanaan Pondasi

1.2. Studi Literatur

Peraturan-peraturan yang digunakan dalam mengerjakan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan non gedung.
2. SNI 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
3. SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain.
4. ASCE 7/2016 tentang minimum *design loads for buildings and other structures*.
5. Buku dan jurnal yang terkait dengan penelitian ini.

Program bantu software sebagai berikut :

1. MS OFFICE
2. AUTOCAD
3. SAP 2000 V20

1.3. Pengumpulan Data

Data-data yang berhubungan dengan tugas akhir ini dasar penyelesaian perhitungan struktur beton bertulang dan data-data umum lokasi penelitian sebagai berikut:

1. Data umum gedung yang diperoleh sebagai berikut:
Nama Bangunan : RSU DARMAYU II
Lokasi Bangunan : Ponorogo
Fungsi Bangunan : Rumah Sakit
Jumlah Lantai : 10 Lantai
Zona Gempa : KDS D
Struktur Utama : Beton Bertulang
Sistem Struktur : Sistem Ganda (SRPMK dan Shearwall)
2. Data Material
Mutu Beton ($f'c$) :
Pelat : 29.05 Mpa
Balok : 29.05 Mpa (k-350)
Kolom : 29.05 Mpa (k-350)

Mutu Baja (f_y) :240 Mpa (polos)390 Mpa (ulir)

1.4. Pre-eliminary Design

Preliminary design ini menentukan perkiraan komponen struktur bangunan, sebagai berikut:

1. Balok
2. Kolom
3. Pelat
4. Balok Anak
5. Dinding Struktur
6. Pondasi

1.5. Pembebanan

Pembebanan ini mengacu pada peraturan untuk SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012. Pembebanan tersebut meliputi sebagai berikut:

1. Beban Mati (SNI 1727-2013).
Beban semua bagian di suatu gedung yang bersifat tetap atau bagian yang sudah terpasang seperti balok, kolom, dan pelat.
2. Berat Mati Tambahan (Superimposed Dead Load / SDL).
Berat mati tambahan yaitu beban mati yang ditambahkan pada struktur utama setelah selesai dibangun struktur utama dan bersifat permanen seperti keramik dan semua komponen nonstruktural.
 - a) Beban lapisan *waterproofing* = $0,05 \text{ kN/m}^2$ (ASCE 7-2016 Table C3-1, *Waterproofing Membranes Liquid Applied*)
 - b) Beban keramik + spesi = $1,10 \text{ kN/m}^2$ (ASCE 7-2016 Table C3-1, *Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25 mm mortar bed*)
 - c) Beban ducting mekanikal = $0,19 \text{ kN/m}^2$ (ASCE 7-2016 Table C3-1, *Mechanical Duct Allowance*)

- d) Beban plafon = $0,05 \text{ kN/m}^2$ (ASCE 7-2002 Table C3-1, *Acoustical Fiberboard*)
- e) Beban penggantung plafond = $0,10 \text{ kN/m}^2$ (ASCE 7-2016 Table C3-1, *Suspended steel channel system*)

3. Beban Hidup (SNI 1727-2013)

Tabel 3.1. Beban Hidup (SNI 1727-2013)

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m^2)	Terpusat Lb (Kn)
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)

4. Beban Gempa (SNI 1726-2012)

Berdasarkan SNI 1726:2012 wilayah gempa mempunyai 2 periode tingkat, yaitu untuk gempa dengan periode sangat singkat ($T = 0,2$ detik) dan gempa dengan periode 1 detik ($T = 1$ detik).

- Perhitungan koefisien respon gempa, dalam menentukan spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget pada SNI 1726:2012 pasal 6.2 tabel 4 dan tabel 5.
- Perhitungan percepatan spectral desain berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.3.
- Perhitungan respons spectrum desain mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 6.4 dan gambar 3.5.

1.6. Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen, dan fondasi dirancang dengan sedemikian rupa sehingga desainnya sama atau melebihi efek beban terfaktor dalam kombinasi berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 2.3.2

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

Beban gempa (E) dianggap bekerja 100% pada sumbu utama bersamaan dengan 30% pada daerah tegak lurus sumbu utama. Maka kombinasi beban diatas dapat dijabarkan :

1. $1,4 DL$
2. $1,2 DL + 1,6 LL$
3. $1,2 DL + LL + Fx + 0,3 Fy$
4. $1,2 DL + LL + Fx - 0,3 Fy$
5. $1,2 DL + LL - Fx + 0,3 Fy$
6. $1,2 DL + LL - Fx - 0,3 Fy$
7. $0,9 DL + Fx + 0,3 Fy$
8. $0,9 DL + Fx - 0,3 Fy$
9. $0,9 DL - Fx + 0,3 Fy$
10. $0,9 DL - Fx - 0,3 Fy$
11. $1,2 DL + LL + 0,3 Fx + Fy$
12. $1,2 DL + LL + 0,3 Fx - Fy$
13. $1,2 DL + LL - 0,3 Fx + Fy$
14. $1,2 DL + LL - 0,3 Fx - Fy$
15. $0,9 DL + 0,3 Fx + Fy$
16. $0,9 DL + 0,3 Fx - Fy$
17. $0,9 DL - 0,3 Fx + Fy$

1.7. Permodelan Struktur

1. Secara keseluruhan struktur direncanakan dengan menggunakan Sistem Ganda yaitu Sistem Rangka

Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Struktur (DS) karena proyek berada di wilayah situs E dan terdapat 10 lantai.

2. Analisa struktur dibantu dengan SAP 2000 versi 20 dengan momen, geser, torsi dan aksial yang berasal dari kombinasi beban yang maksimum.

1.8. Perencanaan Sekunder

1.8.1. Perencanaan Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a):

- a. Untuk $f_y = 420$ Mpa

$$h_{min} = \frac{L}{21} \dots\dots\dots (3.1)$$

- b. Untuk f_y selain 420 Mpa

$$h_{min} = \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \dots\dots\dots (3.2)$$

- c. Untuk nilai w_c 1440 sampai 1840 kg/m^3

$$h_{min} = \frac{L}{21} (01,65 - 0,003w_c)$$

Keterangan:

h	: tinggi keseluruhan komponen struktur	(mm)
L	: panjang komponen struktur	(mm)
f_y	: mutu baja	(Mpa)

1.8.2. Perencanaan Pelat Lantai

Dimensi tebal minimum pelat satu arah mengacu berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2 tabel 9.5(c) sedangkan untuk pelat dua arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

Syarat ketebalan pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya:

- a. Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$ harus menggunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2

Tebal pelat tanpa panel drop = 125 mm SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2(a)

Tebal pelat dengan panel drop = 100 mm SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2(b)

- b. Untuk $2,0 > \alpha_{fm} > 0,2$ ketebalan pelat minimum harus memenuhi

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$
 dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3(b)

- c. Untuk $\alpha_{fm} > 0,2$ ketebalan pelat minimum harus memenuhi tidak boleh kurang dari $h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$ dan tidak boleh kurang dari 90 mm. SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3(c)

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_{fm} tidak kurang dari 0,8

Keterangan:

α_{fm} = nilai untuk rata-rata semua balok tepi panel

l_n = panjang bentang bersih

β = ratio dimensi bentang bersih untuk pelat dua arah

1.9. Perencanaan Struktur Utama

1.9.1. Perencanaan Pondasi

Daya Dukung Ultimate

$$Q_u = (A_p \cdot N_p \cdot k) + (A_s (N_s / 3 + I))$$

Harga N di lapangan yang berada di bawah muka air harus dikoreksi dahulu untuk menjadi N design(N1) dengan persamaan Terzaghi dan Peck: $N1 = 15 + 0,5 (N - 15)$

Keterangan :

- Qu = Daya dukung ultimate tiang(ton)
- A_p = Luas penampang ujung tiang (m²)
- N_p =Rata-rata dari harga SPT mulai 4D di bawah (m²)ujung tiang hingga 4D di atas tiang

Tabel 1. Nilai k

k = Koefesien yang tergantung dari jenis tanah
lihat **table 1**

A_s = Luas selimut tiang (m²)

Jenis Tanah	k (t/m ²)
Lempung	12
Lanau Lempung	20
Lanau Berpasir	25
Pasir	40

N_s =
Harga SPT
rata-rata
pada lapisan
tanah

sepanjang tiang yang ditinjau

1.9.2. Perencanaan Balok

Dimensi tabel minimum balok non pategang apabila lendutan tidak dihitung dapat dilihat SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel. Nilai pada tabel tersebut digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu fy 420 Mpa, balok yang digunakan tertumpu sederhana.

a. Untuk fy = 420 Mpa

$$h_{min} = \frac{L}{16} \dots\dots\dots(3.7)$$

b. Untuk f_y selain 420 Mpa

$$h_{min} = \frac{L}{11} (0,4 + \frac{f_y}{700}) \dots\dots\dots(3.8)$$

c. Untuk nilai w_c 1440 sampai 1840 kg/m³

$$h_{min} = \frac{L}{11} (01,65 - 0,003w_c) \quad (3.9)$$

Keterangan:

h : tinggi keseluruhan komponen struktur (mm)

L : panjang komponen struktur (mm)

f_y : mutu baja (Mpa)

➤ Persyaratan tambahan untuk rangka momen khusus pada SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.3, lebar balok (b_w) tidak boleh kurang dari nilai terkecil 0,3h dan 250 mm.

➤ Cek Persyaratan komponen struktur penahan gempa dikontrol sebagai berikut (SNI 2847:2013 pasal 21.6):

a) $P_u < A_g \cdot f'_c / 10$

b) $l_n \geq 4d$

c) $b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

d) Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,3

➤ Perhitungan minimum tulangan lentur dapat dilihat sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.5

$$A_{s,min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \dots\dots\dots(3.10)$$

Dan tidak boleh lebih kecil dari $1,4b_w d / f_y$

➤ Tulangan geser harus berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi: $\Phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots(3.11)$

Keterangan :

V_n : kuat geser nominal penampang

V_u : kuat geser terfaktor pada penampang

Φ : reduksi kekuatan untuk geser = 0,75 (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

- Kuat geser nominal dari penampang merupakan sambungan dari kekuatan geser nominal beton (V_c) dan kekuatan geser nominal tulangan (V_s).



$$V_n = V_c + V_s \text{ (SNI 2847:2013 pasal 11.1.1)..}$$

(3.12)

V_n = kuat geser nominal penampang

V_c = kuat geser beton

V_s = kuat geser tulangan

Untuk

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \text{ (SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1)}$$

(3.13)

Keterangan :

V_c = kuat geser beton

f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

b_w = lebar badan (mm)

d = jarak antar tulangan longitudinal (mm)

Untuk nilai V_s

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.2)}$$

(3.14)

Keterangan:

V_s = kekuatan geser nominal oleh tulangan geser (N)

A_v = luas tulangan geser (mm^2)

f_{yt} = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

d = jarak serat tekan tulangan longitudinal (mm)

➤ Kontrol Torsi

Pengaruh torsi bisa diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari : (SNI 2847:2013 pasal 11.5.1)

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots\dots\dots (3.15)$$

ϕ = faktor reduksi kekuatan 0,75 (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2)

λ = faktor modifikasi beton normal (SNI 2847:2013 pasal 11.6.4.3)

f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

A_{cp}^2 = luas yang dibatasi keliling penampang beton (mm^2)

P_{cp} = keliling luar penampang beton (mm)

Untuk penampang terhadap torsi (SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.5)

$$\phi T_n \geq T_u \dots\dots\dots (3.16)$$

T_n = kekuatan momen torsi nominal (N-mm)

T_u = momen torsi terfaktor (N-mm)

Untuk tulangan sengkang (SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6)

$$T_n = \frac{2A_0 A_t f_{yt}}{s} \cot \theta \dots\dots\dots (3.17)$$

A_0 = luas bruto alir geser (mm^2)

A_t = luas satu kaki sengkang (mm^2)

f_{yt} = kekuatan leleh tulangan transversal (Mpa)

S = spasi tulangan (mm)

θ = sudut antara sumbu strat

1.9.3. Perencanaan Kolom

➤ Cek Persyaratan komponen struktur penahan gempa dikontrol sebagai berikut (SNI 2847:2013 pasal 21.6) :

- a. $P_u < A_g \cdot f'_c / 10$
- b. $l_n \geq 4d$

- c. $b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm
- d. Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,3
- Cek syarat “*Strong column weak beam*” SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

- Perencanaan beban aksial ϕP_n dari komponen struktur tekan tidak boleh lebih besar dari $\phi P_{n,max}$ sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.3.6.1

$$\phi P_{n,max} = 0,80\phi[0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \dots (3.5)$$

Keterangan:

ϕ = faktor reduksi kekuatan 0,65 (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2)

f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

A_g = luas bruto penampang (mm²)

A_{st} = luas total tulangan longitudinal (mm²)

f_y = kuat leleh tulangan (Mpa)

- Kekuatan geser beton dengan adanya beban aksial tekan dapat dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2, sebagai berikut:\

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.6)$$

Keterangan:

V_c = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton (N)

N_u = gaya aksial terfaktor tegak lurus (N)

A_g = luas bruto penampang (mm²)

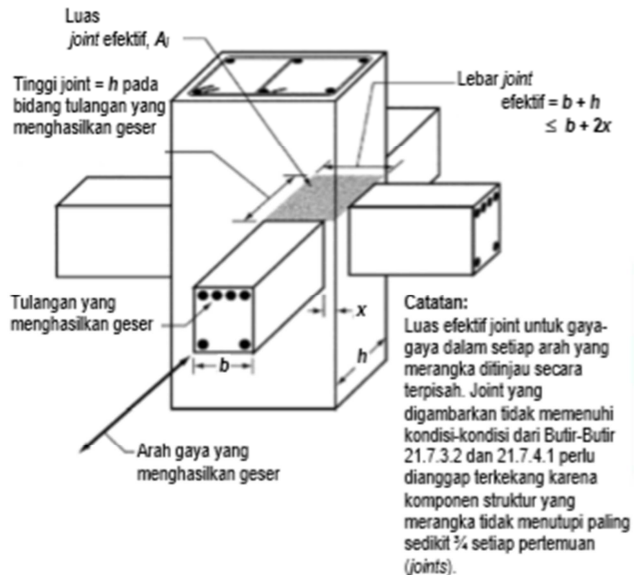
f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

b_w = lebar badan (mm)

- d = jarak serat tekan tulangan longitudinal (mm)
- Ukuran dimensi dan spasi sengkang untuk kolom sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 7.10.5
- Kontrol torsi bisa diabaikan apabila momen torsi terfaktor T_u kurang dari : (SNI 2847:2013 pasal 11.5.1)

1.10. Hubungan Balok dan Kolom

Pada SNI 2847:2013 untuk rangka pemikul momen khusus harus membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama menahan lentur. Kekuatan lentur kolom harus memenuhi *strong column weak beam* sesuai pasal 21.6.2.2 SNI 2847 : 2013 ($\sum M_{nc} \geq (1,2)\sum M_{nb}$), dimana $\sum M_{nc}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*. $\sum M_{nb}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.



Gambar 3.2 Hubungan Balok Kolom SRPMK(SNI 2847:2013, 21.7.4)

1.11. Perencanaan Dimensi Dinding Struktur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 persyaratan tebal dinding penumpu tidak boleh lebih kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

a) Penulangan

- Kuat geser nominal maksimum dinding berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 :

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f'c} \dots\dots\dots (3.21)$$

Keterangan:

A_{cw} = luas penampang dinding segmen horizontal (mm^2)

- Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.2 :
 - 1) ρ_l dan $\rho_t > 0,0025$, kecuali V_u tidak melebihi $0,083\lambda A_{cv}\sqrt{f'c}$, ρ_l dan ρ_t diizinkan untuk direduksi menjadi nilai-nilai yang diisyaratkan dalam pasal 14.3.
 - 2) Spasi tulangan < 450 mm
 - 3) V_u harus diperoleh dari analisis beban lateral sesuai dengan beban terfaktor.

b) Kekuatan Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4 V_n dinding stuktur tidak boleh melebihi dari :

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \lambda \sqrt{f'c} + \rho_t f_y) \dots\dots\dots (3.22)$$

Keterangan:

A_{cv} = Luas penampang total dinding struktur

$\alpha_c = 0,25$ untuk $h_w/l_w \leq 1,5$ = $0,17$ untuk $h_w/l_w \leq 2,0$

Λ = faktor modifikasi beton normal

ρ_t = Rasio penulangan tegak